





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 โดยเริ่มตีพิมพ์ฉบับแรก (ปีที่ 1 ฉบับที่ 1) ในเดือนเมษายน 2562

นโยบายการจัดพิมพ์

รับบทความวิชาการด้านการเกษตร หรือสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร เช่น นวัตกรรมและเทคโนโลยีด้านการเกษตร เป็นต้น ตีพิมพ์ในรูปแบบ บทความวิจัยเต็มรูปแบบ (Full length article) แบบเนื้อหาสั้น (Short communication) รวมถึงบทความประมวลความรู้เชิงวิเคราะห์ (Review article) หรือบทความปริทัศน์ โดยบทความดังกล่าวจะต้องไม่เคยได้รับการตีพิมพ์ หรืออยู่ระหว่างการพิจารณาเพื่อตีพิมพ์ในวารสารอื่นมาก่อน บทความอาจจะเขียนโดยใช้ภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่บทความจะต้องมีทั้งสองภาษา บทความที่ตีพิมพ์ในวารสารจะต้องส่งในรูปแบบการเขียนตามที่กำหนด (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในคำแนะนำการเตรียมต้นฉบับสำหรับตีพิมพ์) ทุกบทความที่จะได้รับการตีพิมพ์ จะทำการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 3 ท่าน และเมื่อผ่านการประเมินแล้ว กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการตรวจแก้ไขเรื่องที่จะส่งพิมพ์ตามที่เห็นสมควร และไม่รับพิจารณาต้นฉบับที่ไม่เป็นไปตามหลักเกณฑ์การตีพิมพ์ของวารสาร สำหรับผู้สนใจบทความสามารถเข้าถึงเนื้อหาผลงานตีพิมพ์ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย (Open access) มีค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์แบบปกติ 3,500 บาท หรือแบบเร่งด่วน 7,000 บาท ทั้งนี้ค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์ดังกล่าว จะไม่ได้รับคืนไม่ว่าจะเป็นกรณีใดๆ และไม่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาคุณภาพเพื่อตอบรับการตีพิมพ์

เนื้อหาของบทความในวารสารนี้ เป็นความคิดเห็นของผู้เขียน โดยผ่านความเห็นชอบจากผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจอ่าน คณะผู้จัดทำไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยและมีใช้ความรับผิดชอบของคณะผลิตกรรมการเกษตร 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

“ความหลากหลายทางพันธุกรรมอันชั้น ของโครงการอนุรักษ์พันธุ์พืช ศูนย์พัฒนาพันธุ์พืช
จักรพันธ์เพ็ญศิริ ในพื้นที่ของกองพลทหารราบที่ 7 อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่”

ที่ปรึกษา

อธิการบดี มหาวิทยาลัยแม่โจ้

รองอธิการบดี (ผู้ช่วยศาสตราจารย์พาวิน มะโนชัย)

ผู้อำนวยการสำนักวิจัยและส่งเสริมวิชาการการเกษตร

ศาสตราจารย์ ดร.สัญญา จตุรสีทา

คณะกรรมการอำนวยการ

คณบดีคณะผลิตกรรมการเกษตร (รองศาสตราจารย์ ดร.พุมิตรศ์ เครือคำ)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการและวิเทศสัมพันธ์ คณะผลิตกรรมการเกษตร (รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ เจริญกิจ)

รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ คณะผลิตกรรมการเกษตร (อาจารย์ ดร.วินัย แสงแก้ว)

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรณัฐ เจริญกิจ

บรรณาธิการผู้ช่วย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมา หาญนอก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหมฮัก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ผานิตย์ นาขยัน

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.ดนัย บุญเกียรติ

ศาสตราจารย์ ดร.กมล เลิศรัตน์

ศาสตราจารย์ ดร.อานัฐ ตันโช

ศาสตราจารย์ ดร.เกรียงศักดิ์ เม่งอำพัน

รองศาสตราจารย์ ดร.ทศพล พรพรหม

รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย รัตน์ขเลศ

รองศาสตราจารย์ ดร.สุรพล เศรษฐบุตร

รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐา โพธิ์ธารณ

รองศาสตราจารย์ ดร.ยศ บริสุทธิ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชิตี ศรีตันทิพย์

รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ

รองศาสตราจารย์ ดร.พุมิตรศ์ เครือคำ

รองศาสตราจารย์ ว่าที่ร้อยตรี ดร.นครเศ รังควัต

รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อ่าทอง

รองศาสตราจารย์ ดร.สิริวัฒน์ สาครวาสี

รองศาสตราจารย์ ดร.พีระศักดิ์ ฉายประสาท

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะศักดิ์ ชุ่มพุก

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร ไรจน์ทินกร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พหล ศักดิ์คะหะ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยนเรศวร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

คณะกรรมการดำเนินงาน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะ พละปัญญา

นางสาวเขมินทรา ดีปัญญา

นายกานต์พนธ์ ชุมภู

นางอภิชนา วงศ์วารเดชะ

นายอนุศิษฐ์ บุญทาแดง

นางสาวนวลทิพย์ ชัยลั่นฟ้า

รายนามผู้พิจารณาผลงานทางวิชาการ

วารสารผลิตภัณฑ์เกษตร ปีที่ 5 พ.ศ. 2566

.....

- | | |
|---|---|
| 1. ศาสตราจารย์ ดร.ตอกรัก มารอด | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 2. รองศาสตราจารย์ ประวิตร พุธานนท์ | ข้าราชการบำนาญ |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ทองดีเลิศ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ สุขสอาด | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนเชษฐ์ ม้าลำพอง | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อับดุลลาฮาซิม | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรวิชัย วรรณไกรโรจน์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.พัชรียา บุญกอบแก้ว | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.บุญมี ศิริ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 10. รองศาสตราจารย์ ดร.ยศ บริสุทธิ์ | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 11. รองศาสตราจารย์ ดร.วุฒิไกร บุญคุ้ม | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 12. รองศาสตราจารย์ ดร.กวรรณ ศรีงาม | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 13. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 14. รองศาสตราจารย์ ดร.วรทัศน์ อินทร์คัมพร | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 15. รองศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ พรสุริยา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก |
| 16. รองศาสตราจารย์ ดร.ชิตี ศรีตนทิพย์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 17. รองศาสตราจารย์ ดร.อนุชา จันทบุรณ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |
| 18. รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก | มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| 19. รองศาสตราจารย์ ดร.จรรย์ธร บุญญาณภาพ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 20. รองศาสตราจารย์ จักรพงษ์ พิมพ์พิมล | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 21. รองศาสตราจารย์ ดร.จตุรภัทร วาฤทธิ์ | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 22. รองศาสตราจารย์ ดร.ชนกันต์ จิตมนัส | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 23. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร อมรเลิศพิศาล | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 24. รองศาสตราจารย์ ดร.พุดิสสรค์ เครือคำ | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 25. รองศาสตราจารย์ ดร.ศุภธิดา อำทอง | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 26. รองศาสตราจารย์ ดร.บำเพ็ญ เขียวหวาน | มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช |
| 27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธามาลย์ วงศ์ชาวจันท | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธำนิษฐ์ คงศิลา | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิสา เหล็กสูงเนิน | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิจิตร แก้วสอน | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 31. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาสันต์ ศารทูลทัต | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน |
| 32. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิตยา ชูเกาะ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 33. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจนจิรา ชุมพุกคำ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน |
| 34. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุจิภาณูจน์ ศิริวัลย์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร |
| 35. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิรวัฒน์ สนิทชน | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 36. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโนมา ดงแสนสุข | มหาวิทยาลัยขอนแก่น |
| 37. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงศกร ศุภกิจไพศาล | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 38. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ใจ สีहनาม | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 39. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 40. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 41. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรินทร์ นิลสำราญจิต | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 42. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พจนา สีขาว | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 43. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สันติ ช่างเจรจา | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา |

43. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อารักษ์ ชีระอำพน
44. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรชัย ทาระโคตร
45. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา เทพศิลป์สุทธิ์
46. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ เจริญพันธ์
47. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุญฤทธิ์ สีนคำงาม
48. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา พิทักษ์พล
49. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนิษฐา เสถียรพิระกุล
50. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนกวรรณ ตาลดี
51. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กังสดาล กนกหงส์
52. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กาญจนา นาคประสม
53. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางไสกา
54. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิราพร โรจนทินกร
55. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดารชาติ เขียมเมือง
56. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาลิ ขมุรรัตน์
57. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาวิณี อารีศรีสม
58. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ยุวดี อันพาพรหม
59. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รัชณี พุทธา
60. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา วิรุณรัตน์
61. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย วิริยะอลงกรณ์
62. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถาพร แสงสุโพธิ์
63. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุตาพร ตงศิริ
64. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุบรรณ ฝอยกลาง
65. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์วัลย์ เมฆมงคล
66. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานาภาพ วรณคนาพล
67. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฑามาศ นิวัฒน์
68. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงใจ พุทธเชม
69. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรพรรณ สุขุมพินิจ
70. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จำเนียร มีสำลี
71. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณี จันทร์ตา
72. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณพัฑฐอร บัวฉวน
73. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุลิสสาณ พาชีศรีพาพล
74. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิงอร ไชยยศ
75. อาจารย์ ดร.นริศรา อินทะสิริ
76. อาจารย์ ดร.อนุรักษ์ เครือคำ
77. อาจารย์ ดร.ภารดี ธรรมมาภิชัย
78. อาจารย์ ดร.สุกิจ กันจินะ
79. อาจารย์ ดร.พรพรรณ อร่ามแสงเทียนชัย
80. อาจารย์ ดร.เทิดศักดิ์ โทณลักขณ์
81. อาจารย์ ดร.ธิดารัตน์ ศิริบุรณ์
82. อาจารย์ ดร.ปรมิณทร์ นาระทะ
83. อาจารย์ ดร.รัชชานนท์ สมบูรณ์ชัย
84. อาจารย์ ดร.รัชณี พุทธา
85. อาจารย์ ดร.นภารักษ์ เวชสิทธิ์นิกรัย
86. อาจารย์ ดร.ทัศน์ัย หลวงหาญ
87. อาจารย์ ดร.ภาคจิรัตน์ สิงหะบุตร
88. ดร.วรภรณ์ อุดมดี
89. นายพทพร วิวาจารย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยพะเยา

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ឧបនាយករដ្ឋមន្ត្រី

ឧបនាយករដ្ឋមន្ត្រី

អរគុណច្រើន ដល់អ្នកបោះឆ្នោត

សព្វវិសេស ប្រែប្រួល

[illegible]

มาดามเตย เตยแม่เง
มาดามเตย เตยแม่เง

..... ๑๕๒

มหาวิทยาลัยสุโขทัย

มหาวิทยาลัยสุโขทัยวิทยา

มหาวิทยาลัยสุโขทัยวิทยาธิการสุโขทัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
 ปีที่ ฉบับที่
 วันที่ พ.ศ.มหาวิทยาลัยราชภัฏสุราษฎร์ธานี
 อ. ชัยพร อ. ชัยพร อ. ชัยพรมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระราชูปถัมภ์
จ.สิงห์บุรี

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตสกลนคร

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่โจ้

มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

กรมวิชาการเกษตร

ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติฯ สกลนคร

เรื่องเล่า ... เล่มนี้

JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

MIU

สวัสดีค่ะผู้อ่านทุกท่าน ฉบับนี้เป็นฉบับสุดท้ายของปีที่ 5 (2566) เป็นฉบับที่ทำให้บรรณาธิการต้องตระหนักถึงคำพูดที่ว่า ในโลกนี้ ไม่มีอะไรที่จะไม่เปลี่ยนแปลง มันเป็นกฎธรรมชาตินะคะ เพราะจะเริ่มปีที่ 6 (2567) เป็นต้นไปรูปแบบการบริหารจัดการวารสารผลิตภัณฑ์การเกษตรจะมีการปรับเปลี่ยนหลายประเด็น เพื่อให้สอดคล้องกับเกณฑ์การประเมินคุณภาพของวารสาร ตามข้อกำหนดใหม่ของศูนย์ดัชนีอ้างอิงวารสารไทย (TCI) เนื่องจากวารสารผลิตภัณฑ์การเกษตรจะครบรอบต้องยื่นขอรับการประเมินใหม่ในปี 2567 ซึ่งประเด็นที่จะมีการปรับปรุงแก้ไข หรือเปลี่ยนแปลงตัวอย่างเช่น ยกเลิกการจัดเก็บค่าธรรมเนียมการตีพิมพ์แบบเร่งด่วน หรือ Fast track เพื่อให้ไม่เกิดความแตกแยกหรือไม่เป็นธรรมต่อระยะเวลาพิจารณาบทความ หรือการใช้ชื่อเต็มของวารสาร ในรายการเอกสารอ้างอิงท้ายบทความแทนคำย่อ เนื่องจากในระบบการบันทึกข้อมูลเพื่อทำดัชนีสืบค้นของระบบ ThaiJo กำหนดให้ใช้ชื่อเต็มของวารสารค่ะ อันนี้เป็นสองเรื่องของตัวอย่างที่จะมีการเปลี่ยนแปลงในปี 2567 เป็นต้น แต่ไม่ว่าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร สิ่งหนึ่งที่ยังคงต้องยึดมั่นและควบคุมให้ได้อยู่ตามเดิมคือคุณภาพของวารสาร และบทความที่ดีพิมพ์อยู่ในเล่มค่ะ

ใน 15 เรื่องของฉบับสุดท้ายของปี 2566 นี้ ยังคงมีเนื้อหาครอบคลุมเกือบทุกสาขาในด้านการเกษตร ทั้งพืชสวน พืชไร่ พืชผัก หรือไม้ผล แต่ที่น่าจะมีสัดส่วนค่อนข้างมากกว่าหัวข้ออื่น ๆ คือด้านการส่งเสริมการเกษตร แต่ไม่ว่าจะบทความด้านใด ก็ยังเชื่อว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากก็น้อยนะคะ พบกันใหม่ฉบับหน้า ขึ้นสู่ปีที่ 6 ในปี 2567 มีอะไรใหม่ ๆ รออยู่นะคะ

สวัสดีค่ะ



รองศาสตราจารย์ ดร.ธีรनुช เจริญกิจ
บรรณาธิการ

สารบัญ

วารสารผลิตภัณฑ์
การเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL
PRODUCTION



การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อน (<i>Morus alba</i> L.) แผ่นผสมสาหร่ายผมนาง (<i>Gracilaria</i> spp.) และข้าวหอมกระดังงา (<i>Oryza sativa</i> cv. Hom Kradang Ngah) เป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพ มาตินา น้อยทับทิม วรธรรมน วัฒนายน วิจิตรา เcheidมัม ดัชนีสมวงศ์ และ วุฒิชัย ศรีช่วย	1
ผลของปริมาณน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ทุตัง อัญชลินทร์ สิงห์คำ ณัฐชา พงศ์รัตน์ และ มินธิรา ไทยภักดี	10
ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและความแน่นเนื้อของเปลือกผลนอกต่อองค์ประกอบน้ำมันของทะเลาปาล์มน้ำมัน รุจิรา สุขโหดุ เพิ่มสิทธิ์ ขาติกุลวัฒน์ พานิชย์ เกตุชาติ วิชนีย์ ออมทรัพย์สิน และ กาญจนา ทองนะ	20
การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจำแนกศักยภาพพื้นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคา (<i>Bretschneidera sinensis</i> Hemsl.) ในธรรมชาติบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน ต่อลาภ คำโย แผลมไทย อาษานอก คณิติน สมานมิตร และ วิภากรณ์ ไบยา	29
ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกร ผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สายยัน จิตตะวง ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล ณัฐิดากานต์ พัยคมา และ แสงทิวา สุริยงค์	40
ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ชินอัครเรศ ฐิติชาตินันท์ ปิยะ พละปัญญา นครเรศ รังควัต และ พุฒิสรรค์ เครือคำ	50
ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จันทะวงศ์ ลอจำเอย พุฒิสรรค์ เครือคำ พหล ศักดิ์คะทัศน์ กอบลาภ อารีศรีสม และ พอนสะหวัน พุทธิไชย	58
ผลของการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้อนุภาคซิลเวอร์นาโนต่อคุณภาพผลส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง อำพล สอนสระเกษ นพพร บุญปลอด ระพีพันธ์ แดงตันกี Wolfram Spreer ประพนอม ยิ่งคำมัน และ ดรณีนี นาวพรหม	66
ผลของอัตราส่วนประชากรระหว่างข้าวและข้าววัชพืชต่อความสามารถในการแข่งขันเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 เจนจิรา หม่องอัน บุญฤทธิ์ เข้มลัมฤทธิ์ และ ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว	74
การตรวจสอบการตอบสนองความยาววันต่อการชักนำและพัฒนาตาดอกของเบญจมาศ สุกชัย สุรณารณชัย ธีรนิติ พวงเกษ นฤมล เข้มกลัดเงิน ปฏิกาน สุทธิกุลบุตร และ เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี	84

สารบัญ (ต่อ)



ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมทนแล้งพันธุ์นครสวรรค์ 4 สุรพัฒน์ ไทยเทศ ศิวีไล ลาภบรรจบ ทศนีย์ บุตรทอง และ กัญจนชญา ตัดโส	92
ผลของการเตรียมหัวเชื้อและวัสดุเพาะที่มีต่อผลผลิตของเห็ดนางรมฮังการี ธัญญา ทะพิงค์แก นริศรา วิจิต และ วรณพร ทะพิงค์แก	102
การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มจากพืชที่มีกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็นจากถั่ว งา และดาวอินคา กุลชญา สิวหงวน จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง อุทัยวรรณ ฉัตรธง และ เกตุการ ดาจันทร์หา	111
Time of Flowering and Quality of Flowers in Thai Commercial Chrysanthemums as Affected by Photoperiod and high night temperature <i>Piyatida Amnuaykan and Thanawat Rawdkhao</i>	126
อิทธิพลของปุ๋ยมูลวัวและลีโอนาร์ไดต์ต่อการเจริญเติบโตและสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ของกระเจียวแดง สมหมาย ปะติตั้งโช ครุปกรณ์ ละเอียดอ่อน และ กิ่งแก้ว ปะติตั้งโช	135
คำแนะนำในการเตรียมต้นฉบับ	145
Guide for Authors	149

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อน (*Morus alba* L.) แผ่นผสมสาหร่าย พม nang (*Gracilaria* spp.) และข้าวหอมกระดังงา (*Oryza sativa* cv. Hom Kradang Ngah) เป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพ

Product Development of Mulberry Leaf (*Morus alba* L.) Sheet mixed with Pom-Nang Seaweed (*Gracilaria* spp.) and Hom-Kradang- Ngah Rice (*Oryza sativa* cv. Hom Kradang Ngah) for Healthy Snack

มาตีนา น้อยทับทิม* วรชมน วัทฒนายน วิจิตรา เชิดฉิม ดัชนี สมวงศ์ และ วุฒิชัย ศรีช่วย
Madeena Noitubtim* Wassamon Wattanayon Wijitra Choedchim Tasneem Somwong and
Wutthichai Srichuay

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จังหวัดนราธิวาส 96000
Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat 96000

* Corresponding author: madeena.n@pnu.ac.th

(Received: 4 January 2022; Revised: 8 August 2022; Accepted: 30 August 2022)

Abstract

The objective of this research was to determine the appropriate ratio for the development of mulberry leaf sheet mixed with Pom-Nang seaweed and mulberry leaf sheet mixed with Hom-Kradang-Ngah rice as healthy snacks. It was found that the mulberry leaf sheet mixed with Hom-Kradang-Ngah rice formula No. 4 received the highest overall acceptance score, followed by the mulberry leaf sheet mixed with Hom-Kradang-Ngah formula No. 2. Both formulas were at the slightly favorable level. The shelf life evaluated of mulberry leaf sheet mixed with Pom-Nang seaweed and mulberry leaf sheet mixed with Hom-Kradang-Ngah rice which stored at room temperature for 3 months in 2 types of packaging. There are aluminum foil bags and aluminum foil bag with desiccant. It was found that the water activity, moisture content and total microbial content of the product tended to increase with longer storage period. The quality of product was in accordance with Thai community product standards (Roasted Seaweed). This research, mulberry leaf products are recommended to be packed in aluminum foil bags with desiccant.

Keywords: Mulberry leaf, Pom-Nang seaweed, Hom-Kradang-Ngah rice, healthy snack

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายพม nang และผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพ พบว่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด รองลงมาคือ ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายพม nang สูตรที่ 2

ซึ่งทั้งสองสูตรอยู่ในระดับขอบเล็กน้อย การประเมินอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผสมนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือนในบรรจุภัณฑ์ 2 ลักษณะ คือ ซองอลูมิเนียมฟอยล์และซองอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้น พบว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความชื้น และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น คุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสาหร่ายทะเลอบ การวิจัยนี้แนะนำให้บรรจุผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นในซองอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้น

คำสำคัญ: ใบหม่อน สาหร่ายผสมนาง ข้าวหอมกระดังงา อาหารว่างเพื่อสุขภาพ

คำนำ

ขนมขบเคี้ยวหรืออาหารว่างเป็นของทานเล่นระหว่างมื้ออาหาร ซึ่งมักจะถูกมองว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่ไม่ดีต่อสุขภาพ เป็นผลิตภัณฑ์อาหารที่มีโซเดียมและพลังงานสูงแต่มีปริมาณสารอาหารต่ำ (Ciurzyńska *et al.*, 2019) สำหรับประเทศไทย ขนมขบเคี้ยวประเภท สาหร่าย ผัก ผลไม้ ธัญพืช ถั่ว เป็นขนมขบเคี้ยวที่มีศักยภาพและเริ่มเป็นที่ตลาดของผู้บริโภค (ศูนย์กลีกรไทย, 2563) ปัจจุบันผู้บริโภคใส่ใจเรื่องสุขภาพมากขึ้นจึงมีความต้องการบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เราจึงเห็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพในหลากหลายรูปแบบ นอกจากนี้ได้มีการนำวัตถุดิบในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพ เช่น ผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบ (ปาลิตา และคณะ, 2561) ผลิตภัณฑ์ผักแผ่นจากกระเจี๊ยบขาวและผักบุ้งจีน (วันเพ็ญ และคณะ, 2558) จังหวัดนครราชสีมามีวัตถุดิบท้องถิ่นที่น่าสนใจหลายชนิดสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ผักแผ่นซึ่งเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพได้ เช่น ใบหม่อน สาหร่ายผสมนาง และข้าวหอมกระดังงา เป็นต้น หม่อน (*Morus alba* L.) เป็นพืชที่ปลูกได้ในลักษณะภูมิอากาศเขตร้อน กึ่งเขตร้อน และเขตอบอุ่น (Srivastava *et al.*, 2003) สามารถพบได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย นอกจากนี้ใบหม่อนเลี้ยงตัวไหมแล้วมีการนำใบหม่อนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชาใบหม่อนเนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระ (Sarkhel and Manvi, 2021) สาหร่ายผสมนาง (*Gracilaria* spp.) พบในประเทศไทย 19 ชนิด กระจายตัวทั้งฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทย (Lewmanomont, 1994; Chirapart, 2008; Muangmai *et al.*, 2014; Muangmai *et al.*, 2017) สามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้หลากหลาย มีคุณค่าทางโภชนาการ ประกอบด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต กรดไขมันที่ไม่อิ่มตัว เกลิโอแร วิตามิน และมีเส้นใยอาหารสูง (พลากร และปฐวิชัย, 2559) และยังพบสารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น สารต้านอนุมูลอิสระ สารฟีนอลิก และสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Ganeshamoorthy, 2019; Chan *et al.*, 2014) ข้าวหอมกระดังงาเป็น

พันธุ์ข้าวพื้นเมืองของจังหวัดนครราชสีมา มีกลิ่นหอมเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวคล้ายดอกกระดังงา (ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ, 2557) มีคุณค่าทางโภชนาการและวิตามินสูง มีโปรตีน ธาตุเหล็ก และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (เอกราช และคณะ, 2557) งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผสมนางและผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพ ซึ่งมีแนวคิดการนำพืชผักจากท้องถิ่นที่มีคุณค่าทางโภชนาการมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบทางการเกษตรและสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารว่างที่ดีต่อสุขภาพ และศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ 2 ลักษณะ คือ ซองอลูมิเนียมฟอยล์ และซองอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

ใบหม่อนพันธุ์บุรีรัมย์ 60 ปลูกในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เลือกใบหม่อนที่สะอาดปราศจากโรคและแมลง เก็บใบหม่อนตำแหน่งที่ 3-8 นับจากใบยอด แล้วมาทำความสะอาดจัดเรียงใบ ตัดก้านใบตรงกลางออก ต้มใบหม่อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที แล้วแช่น้ำเย็นทันที ปั่นใบหม่อนด้วยเครื่องปั่น (Panasonic รุ่น MX-GX1561, China) กรองด้วยผ้าขาวบางและเก็บใบหม่อนในภาชนะบรรจุสุญญากาศ

สาหร่ายผสมนางซื้อจากตลาดสดในพื้นที่อำเภอสายบุรี จังหวัดปัตตานี นำสาหร่ายผสมนางมาทำความสะอาดโดยเอาสิ่งแปลกปลอมออก ล้างด้วยน้ำสะอาดประมาณ 10 ครั้งเพื่อให้ทรายและเปลือกหอยออกหมด แช่น้ำผสมน้ำส้มสายชู 5% โดยน้ำหนัก เป็นเวลา 2 วัน เพื่อดับกลิ่นคาวของสาหร่ายผสมนาง ทำความสะอาดอีกครั้งด้วยน้ำสะอาด แล้วสะเด็ดน้ำออก จากนั้นนำสาหร่ายผสมนางวางบนถาดและอบด้วยตู้อบลมร้อน (Mettmert รุ่น UF75, Germany) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง บดสาหร่าย

ผมนางและร่อนด้วยตะแกรง 80 Mesh แล้วเก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิท

ข้าวหอมกระดังงาปลูกในพื้นที่อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส นำข้าวหอมกระดังงามาทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด วางข้าวหอมกระดังงาที่ทำความสะอาดแล้วให้แห้ง จากนั้นนำมาบดให้เป็นเนื้อแป้งแล้วร่อนด้วยตะแกรง 80 Mesh และเก็บในภาชนะบรรจุปิดสนิท

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่น

ทำการชั่งน้ำหนักส่วนผสมด้วยเครื่องชั่งไฟฟ้า (รุ่น PL402-L, Switzerland) ตามอัตราส่วนดังแสดงใน

Table 1 นำใบหม่อนที่ผสมตามอัตราส่วนมาเติมซอสปรุงรสในปริมาณที่เท่ากันทุกสูตร เพื่อเพิ่มรสชาติก่อนนำไปขึ้นรูปเป็นแผ่นดังแสดงใน Figure 1 ใส่ตัวอย่างที่ผสมแล้วในถุงพอลิโพรพิลีน เปลี่ยนให้เป็นแผ่นโดยให้ความสม่ำเสมอประมาณ 0.1-0.2 เซนติเมตร นำมาวางบนถาดแล้วอบด้วยตู้อบลมร้อน (Memmert รุ่น UF75, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (อบผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นให้มีลักษณะกรอบและความชื้นมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 7) เมื่ออบครบตามเวลาที่กำหนด นำใบหม่อนแผ่นออกมาตัดขนาดประมาณ 3×6 เซนติเมตร



Figure 1 Process of mulberry leaf sheet

Table 1 Formula of mulberry leaf sheet

Formula	Percentage			
	Mulberry leaf	Pom-Nang seaweed	Hom-Kradang-Ngah rice	Tapioca starch
Control	90	0	0	10
1	75	15	0	10
2	80	10	0	10
3	85	5	0	10
4	70	0	30	0
5	80	0	20	0
6	90	0	10	0

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวม

ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวมด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale โดยคะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ความไม่ชอบมากที่สุด โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คนเป็นบุคคลทั่วไป อายุระหว่าง 18-50 ปี การศึกษา

ครั้งนี้ผู้วิจัยได้คำนึงถึงความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นโดยเลือกผู้ทดสอบชิมเป็นผู้ที่มีสุขภาพดี เพศหญิงหรือเพศชาย และจะต้องเป็นผู้ที่ไม่มีประวัติการแพ้อาหารชนิดใดชนิดหนึ่ง มีเกณฑ์การประเมินการยอมรับด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส (ความกรอบ) และความชอบโดยรวม ทำการเสิร์ฟตัวอย่างให้ผู้ทดสอบชิมทีละตัวอย่าง ทั้งนี้ผู้ทดสอบชิมจะต้องล้างปากด้วยน้ำเปล่าก่อนทดสอบ

ตัวอย่างถัดไป วางแผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test

การศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงา

เลือกใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาที่ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุดในแต่ละประเภทมาศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ในบรรจุภัณฑ์ 2 ลักษณะ คือ ซองอลูมิเนียมฟอยล์ และซองอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้น (ซองกันชื้น) เก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง (28 ± 2 °C) เป็นเวลา 3 เดือน ตรวจวัดตัวอย่างทุก 1 เดือน ได้แก่ วัดค่าปริมาณน้ำอิสระด้วยเครื่องวัด a_w (Decagon, รุ่น Pawkit, USA) วัดค่าความชื้น (AOAC, 2000) และทดสอบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC, 2000) วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (CBD) และวิเคราะห์ผลการทดลองด้วย Analysis of variance (ANOVA) และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Duncan's Multiple Range Test

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงา

ลักษณะของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาที่ได้พัฒนาขึ้น มีลักษณะปรากฏคล้ายกับผลิตภัณฑ์สาหร่ายทะเลอบ ผลการวิเคราะห์ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความชื้น และผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาดังแสดงใน Table 2 พบว่าค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางอยู่ในช่วง 0.39-0.41 และใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาอยู่ในช่วง 0.47-0.48 ค่าปริมาณน้ำอิสระของใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ค่าปริมาณน้ำอิสระของใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูงกว่าใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางเล็กน้อย

ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระของใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสาหร่ายทะเลอบ ซึ่งปริมาณน้ำอิสระต้องไม่เกิน 0.6 (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางอยู่ในช่วงร้อยละ 5.34-5.46 และใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาอยู่ในช่วงร้อยละ 5.21-5.39 ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเทียบกับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนผักและผลไม้แห้ง หากพิจารณาค่าความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ 12 ดังนั้นค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558) ซึ่งค่าปริมาณน้ำอิสระและความชื้นจะมีความสัมพันธ์อายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์โดยจะเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ค่าปริมาณน้ำอิสระช่วง 0.6-0.7 จุลินทรีย์ที่จะทำให้อาหารเกิดการเน่าเสียได้ คือ ราและยีสต์ (Cousin *et al.*, 2005)

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวม พบว่าคุณภาพทางประสาทสัมผัส ความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ส่วนความชอบด้านกลิ่น และเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาได้รับคะแนนความชอบด้านสีอยู่ในช่วง 5.26-5.56 ความชอบด้านกลิ่นอยู่ในช่วง 5.28-5.56 คะแนนความชอบด้านรสชาติอยู่ในช่วง 5.22-5.62 ความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติอยู่ในระดับเฉย ๆ คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส (ความกรอบ) อยู่ในช่วง 6.04-6.26 ความชอบอยู่ในระดับชอบเล็กน้อย คะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 5.52-6.36 ความชอบอยู่ในระดับเฉย ๆ และชอบเล็กน้อย ทั้งผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงา มีคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าใบหม่อนแผ่น (Control) โดยผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด คือ 6.36 รองลงมาคือผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผงนางสูตรที่ 2 เท่ากับ 5.68

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาโดยใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมาพัฒนาเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพ ซึ่งเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบในท้องถิ่น ลักษณะเด่นของตัวผลิตภัณฑ์คือไม่มีส่วนประกอบ

ของน้ำมันพืช อาหารว่างเพื่อสุขภาพนั้นได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่มีแนวโน้มใส่ใจต่อสุขภาพ เช่น การพัฒนาอาหารว่างจากผักราคาถูกและมีต้นทุนต่ำเพื่อแก้ไขการขาดสารอาหารในเด็ก (Ignacio *et al.*, 2016)

Table 2 Water activity (a_w), %moisture content and sensory evaluation score of mulberry leaf sheet mixed with Pom-Nang seaweed and Hom-Kradang-Ngah rice

Formula	Water activity ^{ns}	%moisture ^{ns}	sensory score				
			Color	Odor ^{ns}	Flavor	Crispness ^{ns}	Overall liking
Control	0.40±0.01	5.36±0.08	5.28 ^{ab} ±1.07	5.20±0.83	5.18 ^a ±0.63	5.98±0.51	5.30 ^a ±0.46
1	0.39±0.01	5.46±0.05	5.44 ^{ab} ±0.67	5.28±0.54	5.26 ^{ab} ±0.59	6.10±0.61	5.58 ^a ±0.49
2	0.41±0.12	5.34±0.05	5.56 ^{ab} ±0.73	5.44±0.64	6.24 ^c ±0.79	6.04±0.53	5.68 ^{ab} ±0.89
3	0.41±0.15	5.44±0.49	5.26 ^a ±0.88	5.32±0.62	5.22 ^a ±0.65	6.10±0.61	5.52 ^a ±0.50
4	0.47±0.01	5.39±0.49	5.50 ^{ab} ±0.84	5.56±0.50	5.62 ^b ±0.66	6.26±0.72	6.36 ^c ±0.63
5	0.48±0.01	5.21±0.45	5.32 ^a ±0.87	5.40±0.57	5.54 ^{ab} ±0.61	6.20±0.57	6.12 ^c ±0.77
6	0.48±0.01	5.25±0.02	5.41 ^b ±0.67	5.42±0.61	5.28 ^{ab} ±0.67	6.12±0.52	6.00 ^{bc} ±0.78

Remarks: ^{a-c} Means with the different letters in the same column were significant at $p \leq 0.05$

^{ns} Means not statistically significant

Values are the mean±SD (n = 3)

การศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางและใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงา

เลือกผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 และผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 โดยได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุดในแต่ละประเภทมาศึกษาอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์ในช่องอุณหภูมิเย็นพอยล์ ซึ่งของอุณหภูมิเย็นพอยล์มีคุณสมบัติสามารถป้องกันแสง อากาศ กลิ่นรส และความชื้นได้ดีจึงเป็นที่นิยมใช้บรรจุอาหาร (Sarkar and Aparna, 2020) ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 เดือน พบว่าเมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 0, 1, 2 และ 3 ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 (Figure 2 (a)) ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 บรรจุของอุณหภูมิเย็นพอยล์มีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เท่ากับ 0.41 ± 0.03 , 0.44 ± 0.02 , 0.49 ± 0.01 และ 0.53 ± 0.02 ตามลำดับ ค่าปริมาณน้ำอิสระของใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 บรรจุของอุณหภูมิเย็นพอยล์ที่มี

สารดูดความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เท่ากับ 0.41 ± 0.03 , 0.42 ± 0.02 , 0.44 ± 0.02 และ 0.49 ± 0.01 ตามลำดับ ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 (Figure 2 (b)) ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 บรรจุของอุณหภูมิเย็นพอยล์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เท่ากับร้อยละ 5.43 ± 0.09 , 5.67 ± 0.06 , 6.00 ± 0.08 และ 6.15 ± 0.05 ตามลำดับ ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 บรรจุของอุณหภูมิเย็นพอยล์ที่มีสารดูดความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติเท่ากับ 5.43 ± 0.09 , 5.51 ± 0.04 , 5.61 ± 0.04 และ 5.72 ± 0.03 ตามลำดับ ค่าปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Table 3) สำหรับผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 บรรจุของอุณหภูมิเย็นพอยล์ เท่ากับ น้อยกว่า 10 , 1.2×10^2 , 3.0×10^2 และ 5.2×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 บรรจุของอุณหภูมิเย็นพอยล์ที่มีสารดูดความชื้น เท่ากับ น้อยกว่า 10 , น้อยกว่า 100 ,

2.1×10^2 และ 3.8×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสาหร่ายทะเล โดยปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อ

ตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

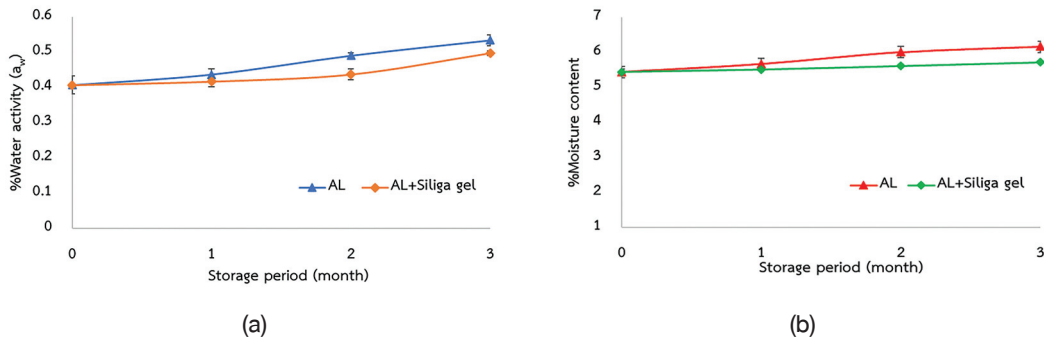


Figure 2 Water Activity (a) and %Moisture Content (b) of Mulberry Leaf Sheet mixed with Pom-Nang Seaweed at Storage Period

ผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงา สูตรที่ 4 เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เป็นระยะเวลา 0 1 2 และ 3 เดือน มีค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 (Figure 3 (a)) ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเท่ากับ 0.49 ± 0.01 , 0.51 ± 0.01 , 0.52 ± 0.01 และ 0.53 ± 0.01 ตามลำดับ ค่าปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติเท่ากับ 0.48 ± 0.02 , 0.49 ± 0.01 , 0.49 ± 0.01 และ 0.50 ± 0.01 ตามลำดับ สำหรับค่าความชื้นผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 (Figure 3 (b)) ค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เท่ากับร้อยละ 5.21 ± 0.08 , 5.45 ± 0.03 , 5.56 ± 0.03 และ 5.97 ± 0.15 ตามลำดับ ค่าความชื้นของ

ผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติเท่ากับ 5.21 ± 0.08 , 5.36 ± 0.05 , 5.42 ± 0.08 และ 5.51 ± 0.07 ตามลำดับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (Table 2) สำหรับผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ เท่ากับ น้อยกว่า 10 , 2.2×10^2 , 4.8×10^2 และ 6.2×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้น เท่ากับ น้อยกว่า 10 , 1.5×10^2 , 2.6×10^2 และ 4.8×10^2 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสาหร่ายทะเล ซึ่งปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดต้องไม่เกิน 1×10^4 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)

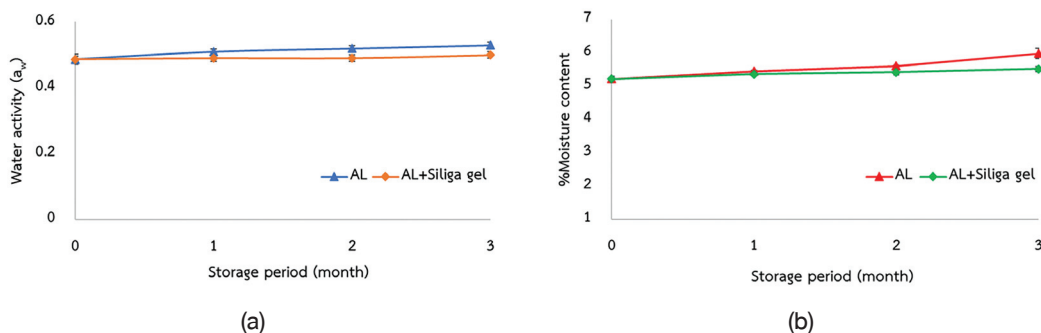


Figure 3 Water Activity (a) and %Moisture Content (b) of Mulberry Leaf Sheet mixed with Hom-Kradang-Ngah Rice at Storage Period

ค่าปริมาณน้ำอิสระ และค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายผมนางสูตรที่ 2 และผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 บรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ และของอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้น ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ค่าปริมาณน้ำอิสระและค่าความชื้นบรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์ที่มีสารดูดความชื้นจะมีค่าต่ำกว่า เนื่องจากสามารถป้องกันความชื้นได้ดีจึงทำให้คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์มีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่า ค่าปริมาณน้ำอิสระ ค่าความชื้น และปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาการเก็บนานขึ้น คุณสมบัติของบรรจุภัณฑ์มีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหารเนื่องจากบรรจุภัณฑ์เป็นสิ่งที่ป้องกันออกซิเจน ความชื้น แสง

ช่วยในการขนส่ง และป้องกันการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ (Morris *et al.*, 2006) หากเลือกบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อคุณภาพและการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เช่น ข้าวเกรียบปลาดิบเสริมรำข้าวบรรจุของอลูมิเนียมฟอยล์จะมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์น้อยกว่าการบรรจุของพอลิโพรพิลีน เนื่องจากสามารถป้องกันความชื้นและไอน้ำได้ดีกว่า (รอมลี, 2560) การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผักทองอบแห้งในภาชนะปิดสนิทแบบสุญญากาศ มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์น้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการเก็บในสภาวะอื่น (Hyun *et al.*, 2018) บรรจุภัณฑ์แบบสุญญากาศมีความเหมาะสมต่อการเก็บรักษาอาหารแห้ง เนื่องจากป้องกันความชื้นได้ดี (Zhou *et al.*, 2003)

Table 3 Microbial quality of mulberry leaf sheet at storage condition (CFU/g)

Storage period (month)	mulberry leaf sheet mixed with Pom-Nang seaweed		mulberry leaf sheet mixed with Hom-Kradang-Ngah rice	
	Aluminium foil bag	Aluminium foil bag and silica gel	Aluminium foil bag	Aluminium foil bag and silica gel
0	<10	<10	<10	<10
1	1.2×10^2	<100	2.2×10^2	1.5×10^2
2	3.0×10^2	2.1×10^2	4.8×10^2	2.6×10^2
3	5.2×10^2	3.8×10^2	6.2×10^2	4.8×10^2

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพโดยใช้วัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นนั้นพบว่าผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นผสมข้าวหอมกระดังงาสูตรที่ 4 ได้รับคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด รองลงมาคือ ใบหม่อนแผ่นผสมสาหร่ายฝมนางสูตรที่ 2 ทั้งสองสูตรอยู่ระดับชอบเล็กน้อย เนื่องจากผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้นมีการปรุงแต่งรสชาติไม่มากนัก การวิจัยนี้แนะนำให้บรรจุผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นในซองออลูมิเนียมพอยล์ที่มีสารดูดความชื้น เพราะมีการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของผลิตภัณฑ์น้อยกว่าซองออลูมิเนียมพอยล์ เมื่อเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นเป็นระยะเวลา 3 เดือนพบว่าผลิตภัณฑ์ยังมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนเรื่องสาหร่ายทะเลอบ งานวิจัยครั้งต่อไปเพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ใบหม่อนแผ่นมากขึ้นจึงต้องพัฒนาสูตรให้มีรสชาติดี ศึกษาคุณค่าทางโภชนาการและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ ศูนย์หม่อนไหมเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ จังหวัดนครราชสีมา ที่อนุเคราะห์ให้ใบหม่อนเพื่อการวิจัย คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์ ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ อินทริลา จิกันทรพร และนันท์ชนก นันทะไชย. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ใบบัวแผ่นทอดกรอบ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 49(2): 657-660.
พลาการ สัตย์เชื้อ และปฐวิษฐ์ พิษญาพินันท์. 2559. การวิเคราะห์สภาพแวดล้อมในการเพาะเลี้ยงสาหร่ายฝมนาง (*Gracilaria* spp.) ของเกษตรกรในตำบลคลองแดน อำเภอรอบนอก จังหวัดสงขลา. วารสารหาดใหญ่วิชาการ 14(2): 171-184.
รอมลี เจดอเลาะ. 2560. ผลของบรรจุภัณฑ์และอายุการเก็บรักษาต่อคุณภาพและสมบัติต้านอนุมูลอิสระของข้าวเกรียบปลาดิบเสริมกากรำข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์ 6(2): 47-64.
วันเพ็ญ แสงทองพินิจ ศิริญา ทาคำ พรทิพย์ เทพทับทิม และปรีดา เพื่องฟู. 2558. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ผักแผ่นเพื่อสุขภาพจากกระเจี๊ยบ. รายงานการประชุมวิชาการ

ครั้งที่ 7, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม 30 มีนาคม-31 มีนาคม. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, จังหวัดนครปฐม. น. 771-780.

ศูนย์กสิกรไทย. 2563. ตลาดขนมขบเคี้ยวในอินโดนีเซีย. แหล่งข้อมูล https://www.kasikornbank.com/SiteCollectionDocumentsbusinesssmeknowledgearticleKSMEAnalysisThaisnackSMETHaisnack_SME.pdf (20 เมษายน 2564).
ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองอันเนื่องมาจากพระราชดำริ. 2557. การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดเพื่อปลูกข้าวหอมกระดังงา. แหล่งข้อมูล <http://www.rdpb.go.th/UploadNew/Documents/.pdf> (31 มกราคม 2564).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2547. สาหร่ายทะเลอบ. แหล่งข้อมูล https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps515_47.pdf (31 มกราคม 2564).

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2558. ผักและผลไม้แห้ง. แหล่งข้อมูล https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps0136_58.pdf (31 มกราคม 2564).

เอกราช แก้วนางโอ นิธิศ แสงอรุณ สมบูรณ์ สุวรรณโณ อัมพร ทองไชย สำเร็จ แซ่ตัน รชนิต พานิชกิจ วัฒนาโพธิ์ศิริ วรรณญา ด้านทวีศิลป์ สมทรง โชติชื่น กัญญาเชื้อพันธุ์ สุนันทา วงศ์ปิยชน ภคินี อัครเวสสะพงศ์ เกรียงไกร พันธุ์วรรณ บุญนะ หนูคง จรุงยุ ศรีสุวรรณ กัญธิกานต์ ปลอดปล้อง และมาเรียม มุนะ. 2557. หอมกระดังงาข้าวพื้นเมืองสายพันธุ์ดีจังหวัดนครราชสีมา. รายงานการประชุมวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาวครั้งที่ 31, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. น. 105-117.

AOAC. 2000. Official methods of analysis of AOAC International. 15th Edition. Arlington: AOAC International.

Chan, P. T., P. Matanjun, S. M. Yasir and T. T. Song. 2014. Antioxidant and hypolipidaemic properties of red seaweed, *Gracilaria changii*. Journal of Applied Phycology 25(5): 1-11.

Chirapart, A. 2008. A review of *Gracilaria* (sensu lato) from Thailand. pp. 45-61. In: S. M. Phang, K. Lewmanomont, and P. E. Lim (eds.). Taxonomy of Southeast Asian Seaweeds,

- Institute of Ocean and Earth Sciences Monograph Series 2. University of Malaya Press, Kuala Lumpur, Malaya.
- Ciurzyńska, A., P. Ciesluk, M. Barwinska, W. Marczak, A. Ordyniak, A. Lenart and M. Janowicz. 2019. Eating habits and sustainable food production in the development of innovative “healthy” snacks (running title: innovative and “healthy” snacks). *Journal Sustainability* 11(2800): 1-20.
- Cousin, M. A., R. T. Riley and J. J. Pestka. 2005. Foodborne mycotoxins: Chemistry, biology, and toxicology. pp. 163-226. *In*: P. M. Fratamico, A. K. Bhunia and J. L. Smith (eds.). Foodborne pathogens: Microbiology and molecular biology. Caister Academic Press, Norfolk, UK.
- Ganeshamoorthy, U. 2019. Effect of different processing conditions on antioxidant activity of *Gracilaria Edulis* (Rhodophyceae) in Sri Lanka. *Journal of Biomedical Engineering and Medical Imaging* 6(5): 65-90.
- Hyun, J-E., J-H. Kim, Y-S. Choi, E-M. Kim, C-J. Kim and S-Y. Lee. 2018. Evaluation of microbial quality of dried foods stored at different relative humidity and temperature and effect of packaging methods. *Journal of Food Safety* 38(2): 1-9.
- Ignacio, M. C. B., M. H. Somera, C. P. Fider, L. P. Tabu and A. L. Montesines. 2016. Development of affordable vegetable-based snack food recipes for grade school and high school students. Available: [http://twc.tesda.gov.ph/researchanddevelopment/researches/12%20TWC_2.tech%20research%20paper_vegie%20snacks%20\(2\).pdf](http://twc.tesda.gov.ph/researchanddevelopment/researches/12%20TWC_2.tech%20research%20paper_vegie%20snacks%20(2).pdf) (March 3, 2021).
- Lewmanomont, K. 1994. The species of *Gracilaria* from Thailand. pp. 135-148. *In*: I. A. Abbott (eds.). Taxonomy of economics seaweeds with Reference to Some Pacific and Caribbean Species. California Sea Grant College Program, La Jolla, California.
- Morris, A., A. Barnett and O.J. Burrows. 2006. Food spoilage packaging and storage. Available: http://vvssnutrition.weebly.com/uploads/7/7/8/1/7781538/food_spoilage.pdf (March 3, 2021).
- Muangmai, N., G. C. Zuccarello, T. Noiraksa and K. Lewmanomont. 2014. A new flat *Gracilaria*: *Gracilaria lantaensis* sp. nov. (*Gracilariales*, *Rhodophyta*) from the Andaman coast of Thailand. *Phycologia* 53(2): 137-145.
- Muangmai, N., K. Lewmanomont, A. Prathep, R. Terada and G. C. Zuccarello. 2017. *Gracilaria coppejansii* sp. nov. (*Gracilariales*, *Rhodophyta*) a new flattened species from the Andaman coast of southern Thailand. *Botanica Marina* 60(5): 533-541.
- Sarkar, S. and K. Aparna. 2020. Food packaging and storage. *In*: Research Trends in Home Science and Extension. AkiNik Publications.
- Sarkhel, S. and D. Manvi. 2021. Processing of mulberry leaves: A review. *International Journal of Chemical Studies* 9(1): 859-865.
- Srivastava, S., R. Kapoor, A. Thathola and R.P. Srivastava. 2003. Mulberry (*Morus alba*) leaves as human food: A new dimension of sericulture. *International Journal of Food Science and Nutrition* 54(6): 411-416.
- Zhou, Z., K. Robards, S. Helliwell and C. Blanchard. 2003. Effect of rice storage on pasting properties of rice flour. *International Food Research Journal* 36(6): 625-634.

ผลของปริมาณน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง

Effects of Mahajanok Mango Juice as a Substitute for Pasteurized Milk on Quality of Pudding Products

อัญชลินทร์ สิงห์คำ* ณัฐชา พงศ์รัตน์ และ มินธิรา ไทยภักดี

Unchalins Singkhum* Natchaya Pongratana and Mintrira Thaipakdee

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี 12130

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: 26 January 2022; Revised: 2 August 2022; Accepted: 6 September 2022)

Abstract

The purposes of this research were to study the effects of Mahachanok mango juice and pasteurized milk on the physicochemical properties and sensory evaluation of pudding. The study determined the appropriate ratio of Mahachanok mango juice as a substitute for pasteurized milk in five recipes: 0 (control formula), 30, 50, 70, and 100%. The results indicated that the addition of Mahachanok mango juice increased redness (a^*), yellowness (b^*), total soluble solids ($^{\circ}\text{Brix}$), crude fiber, and carbohydrate content but decreased pH, firmness, springiness, moisture content, total ash, total protein, and crude fat ($p \leq 0.05$). Sensory evaluation results showed that the addition of Mahachanok mango juice decreased odor, texture, and acceptability scores ($p \leq 0.05$), while there was no significant difference in color and taste scores ($p > 0.05$). The suitable 50% Mahachanok mango juice had the highest texture and overall acceptance and obtained similar color and taste scores to that of 100% pasteurized milk (control). Therefore, the pudding using 50% Mahachanok mango juice and 50% pasteurized milk was the optimum formula for Mahajanok mango juice pudding.

Keywords: Mango, Mahachanok mango (*Mangifera indica* L. cv. Mahachanok), pudding, physicochemical properties

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง โดยใช้น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ 5 ระดับ ดังนี้ ร้อยละ 0, 30, 50, 70 และ 100 ตามลำดับ ผลการศึกษา พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมะม่วงมหาชนกมากขึ้น และลดปริมาณนมพาสเจอร์ไรส์ในสูตรการผลิต มีผลต่อค่าความเป็นสีแดง (a^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) ปริมาณของแข็ง

ที่ละลายน้ำได้ ปริมาณเส้นใย และคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3 ค่าความแน่นเนื้อ ค่าการคั้นตัว ปริมาณความชื้น แก้ว โปรตีน ไขมัน มีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) ผลประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณของน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในส่วนผสม มีผลต่อคะแนนความชอบด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ค่าคะแนนความชอบด้านสีและรสชาติไม่แตกต่างทางสถิติ โดยสูตรการใช้ น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 50 ได้คะแนนความชอบในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมมากที่สุด และมีค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น และรสชาติใกล้เคียงกับพุดดิ้งนมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 100 (สูตรควบคุม) ดังนั้นปริมาณน้ำมะม่วงที่เหมาะสมในการใช้ทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในพุดดิ้ง คือ นมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 50 น้ำมะม่วงมหาชนกร้อยละ 50 ต่อ 1 สูตรการผลิต

คำสำคัญ: มะม่วง มะม่วงพันธุ์มหาชนก พุดดิ้ง คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี

คำนำ

มะม่วง (*Mangifera indica* L.) มีชื่อสามัญว่า Mango จัดอยู่ในวงศ์ Anacardiaceae เป็นไม้ผลเมืองร้อนที่มีความสำคัญของประเทศไทย เกษตรกรนิยมปลูกกันมาก เพราะเป็นพืชที่ปลูกง่าย สามารถเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิด ทนต่ออากาศร้อนได้ดี (ปิยดา, 2558) มะม่วงเป็นผลไม้เศรษฐกิจสำคัญของไทย รองลงมาจากทุเรียน ลำใย และมังคุด ซึ่งในประเทศไทยมีมะม่วงมากกว่า 170 สายพันธุ์ที่แตกต่างกันทั้งรูปร่างลักษณะและรสชาติ แต่ที่เป็นที่นิยมสำหรับการค้าและการส่งออก ได้แก่ มะม่วงน้ำดอกไม้สีทอง มะม่วงฟ้าลั่น มะม่วงมันชายติ๊ก มะม่วงเขียวเสวย มะม่วงโชคอนันต์ มะม่วงมหาชนก มะม่วงทวายเดือน 9 และมะม่วง R2E2 (สายพันธุ์จากออสเตรเลีย) ไทยส่งออกมะม่วงทั้งในรูปแบบผลสดและแปรรูปเพื่อการบริโภคประเภทต่าง ๆ ได้แก่ มะม่วงแช่แข็ง มะม่วงอบแห้ง และมะม่วงกระป๋อง ซึ่งมะม่วงของประเทศไทยเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคในต่างประเทศเป็นอย่างมาก โดยตลาดส่งออกส่วนใหญ่เป็นตลาดในโซนเอเชีย ได้แก่ มาเลเซีย เกาหลีใต้ เวียดนาม ญี่ปุ่น ฮองกง สิงคโปร์ จีน รัสเซีย ลาว และเมียนมา (กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก, 2564) ในประเทศญี่ปุ่น ประเทศไทยส่งออกมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ไม่มากที่สุด รองลงมาคือ มะม่วงพันธุ์มหาชนก (พิสุทธิ, 2563)

มะม่วงมหาชนก (*Mangifera indica* L. cv. Mahachanok) ต้นกำเนิดอยู่ในประเทศไทย เป็นมะม่วงพันธุ์ใหม่ที่เกิดจากการผสมกันระหว่างมะม่วงพันธุ์ชั้นเทพของอเมริกา และพันธุ์หนังกวางวันของไทย มะม่วงมหาชนกมีผิวสวย รสชาติดี รูปทรงดี ทนทานต่อการขนส่ง วางจำหน่ายได้นาน เนื้อเมื่อผลดิบมีสีขาว เนื้อละเอียดมีเส้นใยน้อย รสชาติเปรี้ยว และมีกลิ่นยาง เนื้อเมื่อผลสุกมีสีเหลืองอมส้ม เนื้อละเอียดมีเส้นใยน้อย เนื้อแน่น มีรสหวานอมเปรี้ยว

มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว กลิ่นฉุนเมื่อสุกงอมเต็มที่ซึ่งเป็นลักษณะที่แตกต่างจากมะม่วงพันธุ์อื่นที่นิยมปลูกกันในปัจจุบัน (นงลักษณ์, 2561) มะม่วงพันธุ์มหาชนกมีคุณค่าทางอาหาร (ต่อปริมาณ 100 กรัม) ดังนี้ พลังงาน 60 กิโลแคลอรี โปรตีน 0.6 กรัม ไขมัน 0.3 กรัม คาร์โบไฮเดรต 15.9 กรัม โยอาหาร 0.5 กรัม แคลเซียม 10.0 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 15.0 กรัม ธาตุเหล็ก 0.3 มิลลิกรัม 29 วิตามินเอ 133.0 หน่วยสากล และวิตามินซี 36.0 มิลลิกรัม (สมเดช และคณะ, 2558) จากรายงานวิจัยของ ดวงพร (2558) ที่ศึกษาองค์ประกอบทางเคมี การต้านอนุมูลอิสระในผลสุกของมะม่วงพันธุ์มหาชนกที่ปลูกในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า มะม่วงพันธุ์มหาชนกสุกมีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูงถึง 50.32 มิลลิกรัม/100 กรัม ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมทั้งหมดมีปริมาณ 6.23 มิลลิกรัม/100 กรัม ปริมาณไลโคปีน 0.22 มิลลิกรัม/100 กรัม ปริมาณฟลาโวนอยด์ที่ตรวจพบปริมาณมาก คือ kaempferol มีปริมาณ 13.72 มิลลิกรัม/100 กรัม และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH 1.85 มิลลิโมล/100 กรัม

ผลไม้ที่ผ่านการแปรรูปขั้นต่ำ (Minimally processed fruit) หรือผลไม้สดตัดแต่ง (Fresh-cut fruit) หมายถึงผลไม้สดที่นำมาล้าง ปอกเปลือก ผ่าซีก เอาไส้และเมล็ดออก ตัดแต่ง หั่นเป็นชิ้น บรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ และวางจำหน่ายให้ผู้บริโภคเลือกซื้อ (พินิตา, 2560) ในปัจจุบันผู้บริโภคนิยมเลือกซื้อมากขึ้นเพราะสามารถนำไปบริโภคได้ทันที ซึ่งสามารถประหยัดเวลาได้ ทำให้ในท้องตลาดมีผลไม้สดตัดแต่งแช่เย็นจำหน่ายเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นในตลาดสด ซูเปอร์มาร์เก็ต และส่งออกไปยังตลาดต่างประเทศ ผลไม้สดที่นิยมนำมาตัดแต่งแช่เย็นและจำหน่าย ได้แก่ สับปะรด แตงโม แคนตาลูป ส้มโอ มะละกอสุก มะม่วง ชมพู ขนุน และฝรั่ง เป็นต้น (นรินทร์

และคณะ, 2563) ในโรงงานแปรรูปผลไม้สดแต่งมักมีเศษเหลือทิ้งภายหลังจากการตัดแต่งเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์มะม่วงมหาชนกตัดแต่งพร้อมบริโภคแช่เย็น แช่แข็ง ในโรงงานแปรรูปแห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี ซึ่งหลังจากการตัดแต่งมะม่วงมหาชนกสุกทำให้เกิดเศษเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะเนื้อที่เรียกว่า “เนื้อข้างแก้ม” ซึ่งเป็นเศษที่ไม่เหมาะที่จะนำไปจำหน่ายในรูปผลไม้หั่นชิ้นแช่เย็น และแช่แข็งได้

พุดดิ้ง (Pudding) เป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวาน ที่มีส่วนประกอบหลักคือ นมวัว น้ำตาลทราย สารให้ความคงตัว นิยมใช้เจลาติน เพื่อช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะกึ่งของแข็ง มีความคงตัว เนื้อเนียนนุ่ม พุดดิ้งนิยมรับประทานเป็นอาหารว่างที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงเหมาะสำหรับทุกเพศ ทุกวัย (Lim and Narsimhan, 2006; Alamprese and Mariotti, 2011) หากเป็นผู้บริโภคที่แพ้นม หรือผู้บริโภคที่ขาดเอนไซม์แลคเตสที่ใช้ในการย่อยน้ำตาลแลคโตสในนม พุดดิ้งอาจจะไม่เหมาะแก่การบริโภค อีกทั้งในนมวัวมีปริมาณไขมันสูงจึงไม่เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ และควบคุมน้ำหนัก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งให้เหมาะสมกับผู้บริโภคแต่ละกลุ่ม โดยมีการปรับปรุงส่วนผสมที่ใช้วัตถุดิบอื่นมาทดแทนนํ้ามัน เช่น งานวิจัยของ ณัฐธญาณ (2559) ที่ศึกษาผลของนมและอินูลินที่มีต่อสมบัติทางเคมี กายภาพของพุดดิ้งข้าวเสริมโพรไบโอติก โดยมีส่วนผสมของพุดดิ้งข้าว จำนวน 4 สูตร คือ นม น้ำ เติมนมและไม่เติมนมอินูลินลงในส่วนผสม และเสริมจุลินทรีย์โพรไบโอติก สายพันธุ์ *Lactobacillus rhamnosus* TISTR 047, *L. rhamnosus* TISTR 108 หรือ *L. plantarum* TISTR 951 ผลการทดลองพบว่า องค์ประกอบของพุดดิ้งข้าวที่แตกต่างกัน ได้แก่ นม น้ำ และอินูลิน มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ทั้งหมด ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณกรดทั้งหมด ปริมาณความชื้น ค่าความหนืดปรากฏ และค่าความคงตัวของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมการรอดชีวิตของโพรไบโอติกให้อยู่ในระดับที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ สามารถนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์พุดดิ้งข้าวเสริมโพรไบโอติกที่ไม่ใช้นม ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งด้านรสชาติและการรอดชีวิตของโพรไบโอติกตลอดอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นที่ระดับอุณหภูมิต่ำ ในขณะที่งานวิจัยของ ฤทัย และคณะ (2559) ที่พัฒนาสูตรพุดดิ้งนมสดที่ทดแทนด้วยนํ้ามันข้าวโพด พบว่า ขนมพุดดิ้งที่ใช้ นํ้ามัน

ข้าวโพดร้อยละ 100 ได้รับการยอมรับมากที่สุดและมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับพุดดิ้งสูตรควบคุม และงานวิจัยของ พรทิพย์ และคณะ (2561) ที่พัฒนาสูตรพุดดิ้งโดยการทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ด้วยนํ้ามันถั่วขาว ซึ่งทำการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของนมพาสเจอร์ไรส์ที่ถูกทดแทนด้วยนํ้ามันถั่วขาวจำนวน 5 สูตร คือ ร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) 25, 50, 75 และ 100 จากผลการวิจัยพบว่า พุดดิ้งที่เตรียมจากสูตรที่ทดแทนด้วยนํ้ามันถั่วขาวร้อยละ 75 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุดและมีลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพมีความใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเกิดแนวคิดในการนำเศษเนื้อข้างแก้มที่เหลือทิ้งจากกระบวนการตัดแต่งผลิตภัณฑ์มะม่วงมหาชนกพร้อมบริโภคแช่เย็นในโรงงานแปรรูปผลไม้แช่เย็นแช่แข็งมาทดแทนนํ้ามันพาสเจอร์ไรส์ที่เป็นส่วนผสมหลักในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง ทั้งนี้เป็นการเพิ่มทางเลือกแก่ผู้บริโภคในการบริโภคผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปมาจากผลไม้ ผู้บริโภคจะได้ประโยชน์จากเส้นใยอาหารที่มาจากนํ้ามันมะม่วง จึงเหมาะกับผู้บริโภคที่มีปัญหาเรื่องการขับถ่าย นอกจากนี้การใช้ประโยชน์จากเศษเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมการแปรรูปมะม่วงแช่เย็น แช่แข็งจึงเป็นการเพิ่มมูลค่าของเนื้อมะม่วงอีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเนื้อมะม่วงมหาชนก

นำเศษเนื้อข้างแก้มที่เหลือทิ้งจากกระบวนการตัดแต่งผลิตภัณฑ์มะม่วงมหาชนกพร้อมบริโภคแช่เย็นจากโรงงานแปรรูปผลไม้แช่เย็นแช่แข็ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี บรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิท และเก็บรักษาในกล่องโฟมที่มีการควบคุมอุณหภูมิไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส โดยควบคุมเวลาการขนส่งจากโรงงานจนถึงห้องปฏิบัติการเพื่อทำการแปรรูปแปรรูปพุดดิ้งไม่เกิน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำเศษเนื้อข้างแก้มมาบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบด กรองด้วยกระชอน จะได้นํ้ามันมะม่วงมหาชนกที่มีกากใยน

การเตรียมส่วนผสม

เตรียมส่วนผสมในการผลิตพุดดิ้งตามสูตรการผลิต ดังนี้ นํ้ามันพาสเจอร์ไรส์ (ดัชชี) เจลาตินผง (Mcgarrett gelatin (Food additive) วิปปิงครีม (Anchor whipping cream) น้ำตาลทราย (มิตรผล)

การศึกษาปริมาณน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง

ศึกษาการใช้ปริมาณน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งในปริมาณที่ต่างกัน 5 ระดับ ได้แก่ ปริมาณน้ำมะม่วงมหาชนกร้อยละ 0 (ชุดควบคุม) 30, 50, 70 และ 100 ส่วนผสมทั้งหมดในแต่ละสูตรแสดงดัง Table 1 ขั้นตอนการผลิตเริ่มจากแช่เจลาตินผงในน้ำเย็น ประมาณ 5-10 นาที ให้ความร้อนนํ้านมและน้ำมะม่วงมหาชนกโดยการตุ๋นจนได้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

นาน 5 นาทีในขณะเดียวกันนำวิปปิ้งครีมและน้ำตาลทรายมาตีด้วยเครื่องตีผสมอาหาร ให้ความเร็วปานกลาง เป็นเวลา 10 นาที หรือจนตั้งยอดอ่อน จากนั้นนำไปผสมกับนมพาสเจอร์ไรส์ คนให้เข้ากัน บีบน้ำออกจากเจลาตินที่แช่ไว้ นำมาผสมในนํ้านมพาสเจอร์ไรส์และน้ำมะม่วงที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว คนผสมให้เจลาตินละลาย เทใส่ภาชนะที่เตรียมไว้ปิดฝาให้สนิท นำไปแช่ในตู้เย็นนานประมาณ 4 ชั่วโมง เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติด้านต่าง ๆ ต่อไป

Table 1 Ingredient of milk pudding with different levels of Manachanok mango juice

Ingredient (%)	Formula				
	1	2	3	4	5
Manachanok mango juice	0.00	12.45	20.75	29.05	41.50
Pasteurized milk	41.50	29.05	20.75	12.45	0.00
Whipping cream	41.50	41.50	41.50	41.50	41.50
Gelatin	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Sugar	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Total	100	100	100	100	100

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมีของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์

ก. ค่าสี (L^* , a^* , b^*)

วิเคราะห์ค่าสีตามระบบ CIE (L^* , a^* , b^*) ด้วยเครื่องวัดสี (Color Meter Chroma, CR200, Japan) กำหนดให้ค่า L^* คือ ค่าความสว่าง a^* คือ ค่าความเป็นสีแดง หรือสีเขียว b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน

ข. วิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solid; TSS)

นำพุดดิ้งน้ำมะม่วงมหาชนกแต่ละสูตรมาวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่างโดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH-Meter) และวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble Solids; TSS) โดยใช้เครื่องดิจิตอลรีแฟรกโตมิเตอร์ (Digital Refractometer; ATAGO PR101, Japan) รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ ($^{\circ}\text{Brix}$) ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำต่อ 1 สูตรการผลิต

ค. วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์เนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyzer (TX.XT plus stable micro system, England) ตัดแปลงจากวิธีของ พรทิพย์ และคณะ (2561) และกรรณิการ์ (2563) โดยใช้หัววัดรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ระยะทางในการกดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความเร็วของหัวกด (Test speed) ชนกะด และกลับสู่ตำแหน่งเดิม เท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรต่อวินาที รายงานผลเป็นค่าความแน่นเนื้อ (Firmness) โดยอ่านค่าสูงสุดที่ทำให้วัตถุแตก และค่าการคืนตัว (Springiness) ซึ่งอ่านจากระยะทางที่วัตถุแตกออกเมื่อได้รับแรงกด ทำการตรวจวิเคราะห์ 6 ซ้ำ

ง. วิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของอาหาร (Proximate analysis)

นำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งน้ำมะม่วงมหาชนก ทั้ง 5 สูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบเบื้องต้นของอาหาร ได้แก่ ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตตามวิธี AOAC (2000)

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 50 คน ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point hedonic scale) ค่าคะแนนแสดงได้ดังนี้ 1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง 4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = เฉย ๆ 6 = ชอบเล็กน้อย 7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก และ 9 = ชอบมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์พุดดิ้งน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ ทั้ง 5 สูตร วางแผนการทดลองสุ่มแบบสมบูรณ์ (Complete randomized design; CRD) การประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design; RCBD) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance; ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและวิจารณ์

สมบัติทางกายภาพ และเคมีของพุดดิ้งที่ใช้น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์

การใช้น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 5 สูตร ดังนี้ ร้อยละ 0, 30, 50, 70 และ 100 ตามลำดับ และนำไปสังเกตลักษณะปรากฏโดยใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้า ดังแสดงใน Figure 1 พบว่า การใช้น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งในปริมาณที่ต่างกันทั้ง 5 สูตร

ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งที่ได้มีสีเหลืองมากขึ้น มีกลิ่นของมะม่วงมากขึ้น รสชาติเปรี้ยว และลักษณะเนื้อสัมผัสมีความคงตัวลดน้อยลงตามปริมาณน้ำมะม่วงที่มากขึ้น นำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งทั้ง 5 สูตร วิเคราะห์ค่า L^* คือ ค่าความสว่าง a^* คือ ค่าความเป็นสีแดง หรือสีเขียว b^* คือ ค่าความเป็นสีเหลือง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ค่าสี แสดงผลดัง Table 2 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์มากขึ้น ส่งผลให้เนื้อพุดดิ้งมีค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดง และค่าความเป็นสีเหลืองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เพราะมะม่วงมหาชนกเมื่อสุกอมจะมีสีเหลืองอมส้ม หรือสีเหลืองส้มปนแดง ซึ่งการสุกและเปลี่ยนสีของมะม่วงเมื่อสุกจากสีเขียวเป็นสีเหลืองส้มหรือสีแดงนั้นเกิดจากคลอโรฟิลล์เสื่อมสลาย ทำให้สีเขียวจางลง ในขณะที่สารสีแอนโทไซยานินและแคโรทีนอยด์ถูกสร้างขึ้น (นงลักษณ์, 2561) ในมะม่วงพันธุ์มหาชนกในระยะผลสุกมีปริมาณสารแคโรทีนอยด์มากถึง 8.2 กรัมต่อน้ำหนัก 100 กรัม สารสำคัญที่อยู่ในกลุ่มแคโรทีนอยด์คือ เบต้า-แคโรทีน มีปริมาณ 7.38 ไมโครกรัมต่อกรัม และปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 0.23 มิลลิกรัมของน้ำหนักสด (นวลอนงค์ และลำแพน, 2555; วชิรี และคณะ, 2556) ส่วนนมพาสเจอร์ไรส์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 738-2547) หมายถึง นมสดที่ผ่านกรรมวิธีการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนไม่ต่ำกว่า 63 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือทำให้ร้อนประมาณ 72 องศาเซลเซียส และคงอยู่ที่อุณหภูมิไม่น้อยกว่า 15 นาที แล้วทำให้เย็นลงทันทีถึงอุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส บรรจุในภาชนะบรรจุที่ปราศจากเชื้อและปิดสนิท ลักษณะทั่วไปต้องมีสีขาวหรือสีครีม ดังนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมะม่วงที่เป็นสีเหลืองเพิ่มมากขึ้นจึงไปทดแทนสีขาวของน้ำนม ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีค่าความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดงและค่าความเป็นสีเหลืองเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด



Figure 1 Pudding product with different levels of Manachanok mango juice substitute pasteurized milk

Table 2 Physical properties of Pudding product with different levels of Manachanok mango juice substitute pasteurized milk

mango juice (%)	Color			pH	Total Soluble Solids; TSS (°Brix)	Firmness (g)	Springiness (mm)
	(L*)	(a*)	(b*)				
0	87.31±2.5 ^{2a}	1.43±0.19 ^b	20.67±1.13 ^c	5.37±0.28 ^a	23.56±0.51 ^c	95.55±7.3 ^a	9.85±0.8 ^a
30	82.89±4.68 ^{ab}	4.23±1.14 ^a	29.27±1.53 ^b	5.16±0.15 ^b	25.06±0.25 ^b	87.19±1.9 ^a	8.70±0.2 ^b
50	78.29±1.45 ^b	5.16±0.68 ^a	34.45±2.11 ^{ab}	5.02±0.89 ^c	25.26±0.60 ^b	80.96±3.5 ^b	8.15±1.05 ^b
70	78.86±1.93 ^b	5.50±1.48 ^a	37.91±4.82 ^a	4.82±0.03 ^d	25.70±0.60 ^b	75.58±1.6 ^b	7.84±1.22 ^b
100	79.08±2.54 ^b	5.54±1.04 ^a	39.22±3.03 ^a	4.77±0.30 ^e	27.03±0.40 ^a	58.25±1.9 ^c	7.02±0.94 ^c

Remarks: ^{a-e} Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมีของพุดดิ้งที่ใช้ น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์

ผลการวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ
วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Total Soluble
Solids; TSS) ของพุดดิ้งที่ใช้ น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนม
พาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 0, 30, 50, 70 และ 100 แสดงผลดัง
Table 2 พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมะม่วงทดแทนนม
พาสเจอร์ไรส์มากขึ้นในสูตรการผลิต ส่งผลให้ค่าความเป็น

กรด-ด่าง (pH) และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีลดลง
เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม (นมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ
100) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยมีค่าความเป็นกรด-
ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 4.77-5.37 และปริมาณของแข็งที่
ละลายน้ำได้ 22-26 องศาบริกซ์ เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพ
ของน้ำนมพาสเจอร์ไรส์ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 364
พ.ศ. 2556 กำหนดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 6.7
ซึ่งอยู่ในระดับค่อนข้างเป็นกลาง มีรสหวานเล็กน้อย เนื่องจาก

น้ำตาลแล็กโทส (Lactose) และมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวของไขมันนม (Butter fat) ในขณะที่น้ำมันมะม่วงมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 3.96 ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในระดับค่อนข้างเป็นกรดสูง และมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 14 องศาบริกซ์ (วัชร และคณะ, 2556) จึงทำให้น้ำมันมะม่วงมีรสชาติเปรี้ยวอมหวาน เมื่อนำมาทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในผลิตภัณฑ์จึงส่งผลให้ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มลดลงและมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งที่ใช้ไขมันมะม่วงมาแทนนมพาสเจอร์ไรส์จึงมีรสหวานเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำมันมะม่วงที่เพิ่มมากขึ้น

จากการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของพุดดิ้งที่ใช้ไขมันมะม่วงมาแทนนมพาสเจอร์ไรส์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แสดงผลดัง Table 2 โดยสูตรที่มีการใช้นมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 100 (สูตรควบคุม) มีค่าความแน่นเนื้อ และค่าการคืนตัวสูงที่สุด และเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้นส่งผลให้ค่าความแน่นเนื้อ และการคืนตัวมีแนวโน้มที่ลดลง ทั้งนี้เป็นเพราะในน้ำมันวัวมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.3-3.5 และไขมันร้อยละ 4 น้ำตาลในน้ำมันโค มีประมาณร้อยละ 5 จัดเป็นสารอาหารที่มีปริมาณสูงที่สุด ชนิดของน้ำตาลในน้ำมันคือแล็กโทส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลคู่คล้ายซูโครส (น้ำตาลทราย) เมื่อร่างกายย่อยแล้วจะได้กลูโคสและกาแล็กโทสที่ร่างกายนำไปใช้เป็นพลังงานได้ (Biong *et al.*, 2005; วิสิฐ, 2564) ซึ่งมีสมบัติทางเคมีตรงกันข้ามกับมะม่วงมาแทนนมที่มะม่วงจะสะสมอาหารไว้ในรูปสารประกอบคาร์โบไฮเดรต หลังจากการเก็บเกี่ยว แป้งจะเกิดการสลายตัวเป็นน้ำตาล น้ำตาลที่พบมากในผลไม้คือ กลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส (นงลักษณ์, 2561) โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ที่มีความแข็งแรง และมีความยืดหยุ่นของเจลมาจากน้ำมันวัวที่มีปริมาณโปรตีนและไขมันสูง โปรตีนเมื่ออยู่ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง โมเลกุลของโปรตีนจะเรียงตัวเป็นเส้นยาว และเมื่อลดอุณหภูมิลงจะเกิดการสร้างพันธะเพื่อยึดโครงสร้าง ทำให้เกิดการรวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันของส่วนผสมต่าง ๆ ส่งผลให้ความแข็งแรงของเจลเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นเมื่อลดปริมาณน้ำมันแทนที่ด้วยน้ำมันมะม่วง จึงเป็นการลดปริมาณโปรตีน

และไขมัน ซึ่งเป็นสมบัติทางเคมีหลักที่ทำหน้าที่ให้ความแน่นเนื้อและความยืดหยุ่นของเจลเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งที่เมื่อเพิ่มปริมาณน้ำมันมะม่วง ความแน่นเนื้อ และความยืดหยุ่นของเจลมีแนวโน้มที่ลดลง (พรทิพย์ และคณะ, 2561) สอดคล้องกับการทดลองของ ฤทัย และคณะ (2559) ที่ศึกษาการใช้น้ำมันข้าวโพดทดแทนนมสดในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง พบว่า สูตรที่ใช้ไขมันข้าวโพดร้อยละ 100 ในนมสดและวิปปิ้งครีม มีความแข็งแรงและค่าความยืดหยุ่นของเจลด้อยที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำมันข้าวโพดมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรต (สตาร์ช) ซึ่งมีอยู่ร้อยละ 12.15 และมีปริมาณโปรตีนและไขมัน ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ให้ความแน่นเนื้อและค่าความยืดหยุ่นของเจลเพียงร้อยละ 1.53 และ 1.02-1.07 ตามลำดับเท่านั้น

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของพุดดิ้งที่ใช้ไขมันมะม่วงมาแทนนมพาสเจอร์ไรส์

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพื้นฐานของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะม่วงทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ แสดงดัง Table 3 ผลการทดลอง พบว่า การเพิ่มน้ำมันมะม่วงในปริมาณที่มากขึ้นในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ มีผลต่อปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรตที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยน้ำมันมะม่วงที่เพิ่มขึ้นในสูตรการผลิตแทนนมพาสเจอร์ไรส์ส่งผลให้ปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน มีแนวโน้มที่ลดลง ในขณะที่ปริมาณเส้นใย และคาร์โบไฮเดรตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะในน้ำมันพาสเจอร์ไรส์อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ในน้ำมันวัวมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 3.3-3.5 และไขมันร้อยละ 4 ซึ่งมากกว่ามะม่วงมาแทนนมที่มีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 0.6 และไขมันร้อยละ 0.3 ดังนั้นการเพิ่มปริมาณน้ำมันมะม่วงจึงส่งผลให้คุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีน ไขมันมีแนวโน้มลดลง หากพิจารณาองค์ประกอบด้านปริมาณเส้นใย พบว่า การเพิ่มน้ำมันมะม่วงส่งผลให้ปริมาณเส้นใยในผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มสูงมากขึ้น ทั้งนี้มะม่วงมาแทนนมมีปริมาณเส้นใยร้อยละ 0.5 ต่อปริมาณ 100 กรัม ซึ่งตรงกันข้ามกับน้ำมันวัวที่ไม่มีปริมาณเส้นใยในน้ำมันเลย (สมเดช และคณะ, 2558)

Table 3 Chemical composition of Pudding product with different levels of Manachanok mango juice substitute pasteurized milk

Mango juice (%)	Chemical composition (%)					
	Moisture	Ash	Protein	Fat	Crude fiber	Carbohydrate
0	83.95±0.99 ^a	0.36±0.05 ^{ab}	3.91±0.06 ^a	2.67±0.25 ^a	0.16±0.04 ^e	8.95±0.04 ^e
30	83.77±0.14 ^a	0.32±0.02 ^b	3.25±0.01 ^b	2.52±0.14 ^b	0.50±0.01 ^d	9.67±0.01 ^d
50	81.67±0.15 ^b	0.42±0.05 ^a	3.16±0.02 ^c	2.65±0.04 ^c	0.77±0.07 ^c	11.33±0.07 ^c
70	80.60±0.22 ^b	0.21±0.03 ^c	3.09±0.03 ^d	2.19±0.05 ^d	0.87±0.01 ^b	13.04±0.01 ^b
100	80.09±0.78 ^c	0.29±0.05 ^b	2.34±0.02 ^e	2.11±0.01 ^e	0.91±0.02 ^a	14.26±0.02 ^a

Remarks: ^{a-e} Values with different letters in the same column are significantly different ($p \leq 0.05$)

การประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

เมื่อนำผลิตภัณฑ์พุดดิ้งน้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ทุกสูตรมาประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส แสดงผลดัง Table 4 พบว่า การเพิ่มปริมาณน้ำมะม่วงมากขึ้นมีผลต่อค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่น ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของกลุ่มตัวแทนผู้ทดสอบชิมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผลต่อความชอบด้านสี และรสชาติ โดยกลุ่มตัวแทนผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งที่มีการใช้น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 50 มากที่สุด มีค่าคะแนนเท่ากับ 7.32 และ 7.74 ตามลำดับ ส่วนค่าคะแนนความชอบด้านกลิ่นพุดดิ้งที่มีการใช้น้ำมะม่วงมหาชนกทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 50 อยู่ในอันดับรองจากผลิตภัณฑ์พุดดิ้งที่มีการใช้นมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 100 ซึ่งมีค่าคะแนนเท่ากับ 7.54 ค่าคะแนนที่ได้จากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมะม่วงในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งแทนนมพาสเจอร์ไรส์มีผลต่อความชอบของผู้ทดสอบชิมที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น และการใช้วัตถุดิบอื่น เช่น น้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ สามารถกระทำได้โดยไม่จำเป็นต้องทดแทนโดยใช้วัตถุดิบที่มีคุณสมบัติคล้ายน้ำนมหรือวัตถุดิบประเภทอื่นๆ ซึ่งในงานวิจัยของ

พรทิพย์ และคณะ (2561) ได้ศึกษาการใช้น้ำนมถั่วขาวทดแทนนมสดในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง พบว่า พุดดิ้งที่ใช้น้ำนมถั่วขาวทดแทนนมสดร้อยละ 75 มีค่าคะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด และมีคุณสมบัติทางกายภาพด้านต่าง ๆ ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ในขณะที่งานวิจัยของชนิกา และคณะ (2562) ที่พัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งผักเพื่อผู้สูงอายุ โดยใช้ผักผง 3 ชนิด ได้แก่ มันเทศหวาน ข้าวโพดหวาน และฟักทอง ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 8 เติมลงในพุดดิ้งสูตรต้นแบบ พบว่า แต่ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งทุกสูตรยังได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยมีความชอบโดยรวมที่ระดับความชอบปานกลาง ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งผักที่ได้จะมีสีเข้มกว่าพุดดิ้งสูตรต้นแบบ งานวิจัยของฤทัย และคณะ (2559) ที่พัฒนาสูตรขนมพุดดิ้งโดยใช้น้ำนมข้าวโพดทดแทนนมสด พบว่า พุดดิ้งที่เตรียมจากน้ำนมข้าวโพดร้อยละ 100 ได้รับการยอมรับมากที่สุด และงานวิจัยของอลงกต และคณะ (2561) ที่ได้พัฒนาตำรับพุดดิ้งนมถั่วเหลืองสูตรโปรตีนสูงโดยใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาล 3 ชนิด ได้แก่ น้ำตาลทราย น้ำตาลซูคราโลส และหญ้าหวาน พบว่า คะแนนความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ ของพุดดิ้งทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ยกเว้นด้านสีที่พบว่ามีความแตกต่างกันของคะแนนความพึงพอใจเฉลี่ย

Table 4 Sensory attributes evaluation of Pudding product with different levels of Manachanok mango juice substitute pasteurized milk (N = 50)

Mango juice (%)	sensory evaluation				
	Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptance
0	7.16±1.16	7.98±0.82 ^a	7.06±1.03	7.14±0.14 ^{ab}	7.24±0.08 ^b
30	7.24±1.31	7.28±0.21 ^b	7.18±1.18	6.74±0.09 ^c	7.10±0.17 ^b
50	7.18±1.22	7.54±0.81 ^b	7.16±1.05	7.32±0.16 ^a	7.74±0.19 ^a
70	6.84±1.11	7.12±0.09 ^b	7.09±1.35	7.12±0.07 ^{ab}	7.48±0.43 ^{ab}
100	7.00±1.16	7.09±0.23 ^c	7.34±0.98	6.78±0.11 ^c	6.08±0.39 ^c

Remarks: ^{a-c} Values with different letters in the same column are significantly different (p<0.05)

สรุปผลการวิจัย

การใช้น้ำมะม่วงทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ในผลิตภัณฑ์พุดดิ้ง ร้อยละ 50 เป็นสูตรที่กลุ่มตัวแทนผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับด้านลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงมากที่สุด โดยปริมาณน้ำมะม่วงที่มากขึ้นไม่มีผลต่อความชอบด้านสี และรสชาติ ที่มีค่าคะแนนอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงปานกลาง สูตรการผลิตพุดดิ้งที่ใช้น้ำมะม่วงทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 50 มีองค์ประกอบเบื้องต้นของอาหารคือ ปริมาณความชื้น เกล็ด โปรตีน ไขมัน เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 81.67, 0.42, 3.16, 2.65, 0.77 และ 11.33 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามน้ำมะม่วงที่มีปริมาณมากขึ้นส่งผลให้ความชอบด้านกลิ่นมีแนวโน้มลดลง ทำให้การใช้น้ำมะม่วงในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งมีปริมาณจำกัด หากวิเคราะห์ถึงคุณค่าทางโภชนาการ ผลิตภัณฑ์พุดดิ้งน้ำมะม่วงมหาชนกประกอบไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถช่วยชะลอหรือป้องกันการเกิดโรคต่าง ๆ ได้แก่ สารประกอบกลุ่มแคโรทีนอยด์ เบต้าแคโรทีน และแอนโทไซยานินที่ได้จากมะม่วง ซึ่งแตกต่างจากพุดดิ้งนมสดต้นตำรับ ดังนั้นพุดดิ้งน้ำมะม่วงทดแทนนมพาสเจอร์ไรส์จึงอาจจัดอยู่ในกลุ่มอาหารเพื่อเสริมสร้างสุขภาพ (Healthy food)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางกายภาพ เคมีในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรณิกการ อ่อนสำลี. 2563. การใช้สารสกัดจากกล้วยหวานในผลิตภัณฑ์พุดดิ้งนมสดมะพร้าวอ่อน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 28(6): 1075-1085.
- กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก. 2564. วิเคราะห์สถานการณ์เศรษฐกิจการค้าไทยรายภูมิภาค. กลุ่มพัฒนาเศรษฐกิจฐานราก กองนโยบายการสร้างความเข้มแข็งทางการค้า, สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า, กระทรวงพาณิชย์.
- ชนิกา ฉิมเกิด น้ำผึ้ง รุ่งเรือง ภรณ์ยา ชัยะใจ ศศิอำไพ พฤฒิพรธานี ยุราพร สหสกุล ดุลยพร ตราชูธรรม และชญ์ณลิน วิญญูประสิทธิ์. การพัฒนาผลิตภัณฑ์พุดดิ้งผักสำหรับผู้สูงอายุและผลของการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ต่อปริมาณโพลีฟีนอลทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 11(21): 64-76.
- ณัฐธัญญา ศรีสุวอ. 2559. ผลของนมและอินูลินที่มีต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของพุดดิ้งข้าวเสริมโพรไบโอติก. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 39(3): 395-406.
- ดวงพร ภู่มะกา. 2558. การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีบางประการ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกของมะม่วงพื้นเมืองจังหวัดฉะเชิงเทรา. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 43(2): 267-283.
- นงลักษณ์ พยัคชศิรินาวัน. 2561. ปัจจัยที่มีผลต่อการพัฒนาสีผิวและคุณภาพของผลมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

- นรินทร์ เจริญพันธ์ คักดีชัย เศรษฐ์อ่อนวัช และสามารถ สายอุต.
2563. องค์ประกอบทางเคมีและแนวโน้มการใช้ประโยชน์จากผลพลอยได้และเศษเหลือทิ้งจากการแปรรูปผลไม้แช่ดร้อน 4 ชนิด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ 28(1): 113-128.
- นวลอนงค์ ปุเรนเต และลำแพน ขวัญพล. 2555. การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและกิจกรรมการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชันในมะม่วงพันธุ์มหาชนก. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 30(2): 68-77.
- ปิยดา บุสดี. 2558. การจำแนกพันธุ์และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของมะม่วงในประเทศไทยโดยใช้ลำดับดีเอ็นเอ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- พนิดา งามเชื้อชิด. 2560. เนื้อมะม่วงสดตัดแต่ง: สรีรวิทยาและปัจจัยสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพ. วารสารเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยสยาม 12(1): 17-34.
- พรทิพย์ พสุกลมเศรษฐ์ อำพร แจ่มผล สุนิสา ด้วนุ่ม และพิศชา ชาญณรงค์. 2561. คุณลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการของพุดดิ้งที่ทดแทนด้วยน้ำมันถั่วขาว. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว. 34(1): 126-137.
- พิสุทธิ์ กุลธนีวิทย์. 2563. โครงการการส่งออกมะม่วง กล้วยทุเรียน และมังคุดของไทยไปญี่ปุ่น ภายใต้ความตกลงหุ้นส่วนเศรษฐกิจไทย-ญี่ปุ่น (JTEPA). รายงานการวิจัย, คณะเศรษฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 738-2547). 2547. นมสด. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, กระทรวงอุตสาหกรรม.
- ฤทัย เรื่องธรรมสิงห์ พรทิพย์ ปิยะสุวรรณยิ่ง และน้องนุช ศิริวงศ์. 2559. การพัฒนาสูตรพุดดิ้งนมสดที่ทดแทนด้วยน้ำมันข้าวโพด. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 44(2): 345-354.
- วัชร เทพโยธิน นวลจรี คำมูลสืบ และมณฑิรา แก้วฟู. 2556. ผลของสารก่อให้เกิดโฟมที่มีต่อคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกอบแห้งแบบโฟมเมท. รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 15-16 กรกฎาคม 2556. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ. น. 308-318.
- วัชร เทพโยธิน วาสนา รุ่งตระกูลไทย และสายสมร บุตรพรม. 2556. การยอมรับของผู้บริโภคและคุณภาพของน้ำมะม่วงมหาชนกพร้อมดื่ม. รายงานการประชุมวิชาการครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล 15-16 กรกฎาคม 2556. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, กรุงเทพฯ. น. 406-413.
- วิสิฐ จะวะสิต. 2564. นม: ความจริง ความซัง ความเชื่อ (ตอนที่ 1). แหล่งข้อมูล <https://www.fostat.org/communication/FSCM00364/> (4 กุมภาพันธ์ 2564).
- สมเดช ศรีชัยรัตน์กุล ธวัช แด่โสถกกุล หทัยรัตน์ ธัญชัย ดวงตา กาญจนโพธิ์ และปาริฉัตร สุริฉัตรไชยยันต์. 2556. คุณค่าทางอาหารและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของมะม่วงพันธุ์มหาชนก. รายงานการวิจัย, คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- อลงกต สิงห์โต พรเพ็ญ เมธาจิตติพันธ์ อุไรภรณ์ บุรณสุขสกุล และนริศา เรืองศรี. 2561. การพัฒนาตำรับพุดดิ้งนมถั่วเหลืองสูตรโปรตีนสูงโดยใช้สารให้ความหวานแทนน้ำตาลสำหรับผู้ติดเชื้อเอชไอวีที่มีปัญหาทางช่องปาก. รายงานการประชุมมหาดใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 9, มหาวิทยาลัยหาดใหญ่ 20-21 กรกฎาคม 2561. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, สงขลา. น. 785-799.
- Alamprese, C. and M. Mariotti. 2011. Effects of different milk substitutes on pasting, rheological and textural properties of puddings. LWT-Food Science and Technology 44(10): 2019-2025.
- AOAC. 2000. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Method of Analysis. 17th ed. Arrington Virginia.
- Biong, A.S., M.B. Veierd, J. Ringstad, D.S. Thelle and J.I. Pedersen. 2005. Intake of Milk Fat, Reflected in Adipose Tissue Fatty Acids and Risk of Myocardial Infarction: A Case-Control Study. European Journal of Clinical Nutrition 60(2): 236-244.
- Lim, H.S. and G. Narsimhan. 2006. Pasting and rheological behavior of soy protein-based pudding. LWT-Food Science and Technology 49(4): 343-349.

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาและความแน่นเนื้อของเปลือกผลนอก ต่อองค์ประกอบน้ำมันของทะลายปาล์มน้ำมัน

Relationship between Thickness and Firmness of Mesocarp on Oil Palm Bunch Component

รุจิรา สุขโหตุ^{1*} เพลิมสิทธิ์ ชาตกุลวัฒน์¹ พาณิษฐ์ เกตุชาติ¹ วิชนีย์ ออมทรัพย์สิน² และกาญจนา ทองนะ¹
Rujira Sukhotu^{1*} Permsit Chatkunawat¹ Panit Ketchat¹ Vichanee Ormzubsin² and Karnjana Thongna¹

¹ ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันกระบี่ ตำบลห้วยน้ำขาว อำเภอคลองท่อม จังหวัดกระบี่ 81000

¹ Tambon Huai Nam Khao Amphoe Khlong Thom Krabi 81120

² ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี ตำบลท่าอุแท อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี 84340

² Tambon Tha Uthae, Amphoe Kanchanadit, Chang Wat Surat Thani 84340

* Corresponding author: rujira22@yahoo.com

(Received: 10 January 2022; Revised: 18 August 2022; Accepted: 26 September 2022)

Abstract

Harvesting oil Palm's fresh fruit bunch (FFB) at right stage of ripeness is to ensure optimum quality, quantity of oil production, and profitability of the industry. Therefore, the objective of this research was to determine the relationship between thickness and firmness of mesocarp of oil palm bunch component at different of maturity stages. Oil palm FFB was harvested and grouped into three maturity stages by numbering the fruits detached from bunch including from 1 to 10, 11 to 30, and 30 to 40 fruits, respectively. The inner and outer fruitlets of spikelet were collected from bottom, middle, and top parts of FFBs the samples. Fruitlets of FFB samples were used to thickness of mesocarp, firmness, percentage of oil per fruit, and the percentage of oil per bunch. Results of current study showed that the firmness value of the bunch, for 30 to 40 fruits was related to the top part of the bunch (outer spikelet) with 49.43 newton (N). The correlation between the percentage of oil per bunch and thickness was $r = 0.57$ and the average thickness value of fruits in middle part of bunch (outer spikelet) was 0.8 centimeter. Moreover, the relationship between percentage of oil per fruit and the thickness values of mesocarp in different regions were correlated which represents that higher thickness leads to higher percentage of oil per fruit. Ripeness stages of oil palm bunch affect the percentage of oil palm per bunch.

Keywords: Ripening, tenera, oil content, physiology

บทคัดย่อ

การเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มในระยะสุกแก่ที่เหมาะสมจะช่วยเพิ่มคุณภาพและปริมาณน้ำมันปาล์ม และยังเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์ม ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเนื้อและความแน่นเนื้อของเปลือกนอกต่อองค์ประกอบทะลายที่ระดับความสุกแตกต่างกัน ทะลายปาล์มน้ำมันถูกเก็บเกี่ยวและแบ่งกลุ่มโดยใช้เกณฑ์จำนวนผลร่วงจากทะลายออกเป็น 3 ระยะ ดังนี้ 1-10 11-30 และ 30-40 ผล ตามลำดับ โดยผลส่วนล่างและบนของข้อผลถูกเก็บมาจากส่วนโคน กลาง ปลายของทะลายปาล์มน้ำมันทุกทะลาย ผลของทะลายปาล์มน้ำมันถูกนำมาวิเคราะห์หาความหนาเนื้อของเปลือกนอก ความแน่นเนื้อ เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล และเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย ผลการทดลองแสดงว่า ความแน่นเนื้อของทะลายที่มีผลร่วง 30-40 ผล พบว่ามีความสัมพันธ์กับผลส่วนปลายทะลาย (ข้อบน) มีค่าเท่ากับ 49.43 นิวตัน ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายและความหนาเนื้อของผลในส่วนกลางทะลาย (ข้อบน) มีค่า r เท่ากับ 0.57 โดยมีค่าความหนาเนื้อเฉลี่ย 0.8 เซนติเมตร นอกจากนี้เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลมีความสัมพันธ์กับความหนาของเปลือกนอกของผลในส่วนต่าง ๆ ของทะลาย ซึ่งความหนาเนื้อมีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลสูง ระยะความสุกของทะลายปาล์มน้ำมันพบว่ามีผลต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย

คำสำคัญ: การสุกแก่ เทเนอรา ปริมาณน้ำมัน สรีรวิทยา

คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นพืชน้ำมันที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมน้ำมันพืช น้ำมันปาล์มเป็นน้ำมันบริโภคที่สำคัญที่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องสำอาง น้ำมันปาล์มที่มีคุณภาพมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมและความต้องการบริโภคภายในประเทศ การผลิตปาล์มน้ำมันเพื่อให้ผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุนนอกจากต้องอาศัยปัจจัยการผลิตที่เหมาะสมแล้ว ยังจำเป็นต้องมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ถูกต้องและมีคุณภาพ การเก็บเกี่ยวเมื่อมีผลหลุดร่วงเป็นเกณฑ์สำคัญในการเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันคุณภาพเพื่อให้ได้ปริมาณและคุณภาพน้ำมันที่ดีที่สุดทะลายที่สุกพอที่จะมีผลร่วงประมาณ 10-15 ผล (Azis, 1990)

เกณฑ์ที่สามารถวัดความสุกและสัมพันธ์กับปริมาณน้ำมันจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาลักษณะทางกายภาพซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่ดีและค่อนข้างแม่นยำ สามารถนำมาใช้ในการประเมินช่วงเวลาที่เหมาะสมสำหรับเก็บเกี่ยวทะลายปาล์มน้ำมันในระยะที่น้ำมันมีคุณภาพและปริมาณมาก ในปัจจุบันนี้มีการศึกษาโดยใช้สีผลสัมพันธ์กับความสุกแก่และการแบ่งระดับความสุกแก่ของปาล์มน้ำมันเป็นจำนวนมาก (Abdullah *et al.*, 2011, 2002; Sunilkumar *et al.*, 2013) อย่างไรก็ตามการคาดคะเนความสุกด้วยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีผลอาจไม่เพียงพอจะบ่งชี้ถึงเปอร์เซ็นต์น้ำมันได้ชัดเจนแม่นยำ เนื่องจากอาจมีพันธุกรรมและปัจจัยภายนอก เช่น ทะลายเสียหาย หรือแสงต้นกำเนิด

ไม่สอดคล้องกันทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสี (Hazir, *et al.*, 2012)

การทดลองครั้งนี้สนใจหาวิธีในการประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายโดยไม่ทำลายตัวอย่างทะลาย ด้วยการใช้ลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาและความแน่นเนื้อของเปลือกนอกของผลปาล์ม โดยสุ่มตัวอย่างผลจากตำแหน่งต่าง ๆ ของทะลาย เนื่องจากการปาล์มน้ำมันเริ่มสุกจากส่วนปลายทะลายลงมาถึงส่วนโคนทะลาย (Keshvadi *et al.*, 2011) ดังนั้นวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของความหนาและความแน่นเนื้อของเปลือกนอกของผลปาล์มน้ำมันในส่วนโคน กลาง ปลายของทะลายกับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายในระยะผลร่วงต่างกัน เพื่อเป็นประโยชน์ในการประเมินเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

วัสดุทดลอง ประกอบด้วย ทะลายปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์สุราษฎร์ธานี เครื่องวัดความแน่นเนื้อ (Fruit penetrometer) เวอร์เนียคาลิเปอร์ และเครื่องวิเคราะห์ไขมันแบบอัตโนมัติ

วิเคราะห์องค์ประกอบทะลายตามวิธีการของ Hartley (1988) ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง ดำเนินการตามวิธีการของ Ooi (1978) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เลือกทะลายปาล์มที่มีผลร่วง 1-10 ผลต่อทะลาย 10-30 ผลต่อทะลาย และ 30-40 ผลต่อทะลาย อย่างละ 30 ทะลาย โดยแบ่งทะลายเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนโคน ส่วนกลาง และ

ส่วนปลาย (Figure 1) นำข้อผลจากแต่ละส่วนของทะลาย มา 5 ก้านข้อ รวมเป็น 15 ก้านข้อ สุ่ม 25 ผล เพื่อวิเคราะห์ ปริมาณน้ำมันองค์ประกอบทะลาย ได้แก่ การติดผลต่อ ทะลาย ขนาดผลหรือน้ำหนักเฉลี่ยของผล เปลือกสต่อผล เปลือกแห้งต่อผล กะลาต่อผล เนื้อในต่อผล น้ำมันต่อ เปลือกแห้ง และน้ำมันต่อทะลาย

การวัดความแน่นเนื้อ สุ่มข้อผลจาก 3 ส่วนของ ทะลาย ส่วนละ 2 ก้านข้อ โดย 1 ก้านข้อผล สุ่มผลจากส่วน ปลาย 3 ผล และโคนก้าน 3 ผล นำมาหาค่าความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Fruit penetrometer (Figure 2) ขนาดหัวกด 3.5 มิลลิเมตร

การวัดความหนาเนื้อ สุ่มข้อผลจาก 3 ส่วนของ ทะลาย ส่วนละ 2 ก้านข้อ โดย 1 ก้านข้อผล สุ่มผลจาก ส่วนปลาย 3 ผล และโคนก้าน 3 ผล นำมาหาค่าการวัด ความหนาเนื้อด้วยเวอร์เนียคาลิเปอร์

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างความหนาเปลือก ความแน่นเนื้อ ความสุกแก่ ต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันจากทะลายปาล์มน้ำมัน โดยใช้การ วิเคราะห์การถดถอย (regression analysis) และวิเคราะห์ ความแตกต่างระหว่างกลุ่มตัวอย่างด้วย t-test



Figure 1 Sampling regions on oil palm bunches



Figure 2 Fruit penetrometer

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความแน่นเนื้อต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย

การเก็บเกี่ยวปาล์มน้ำมันในระยะผลร่วงแตกต่างกัน และสุ่มผลปาล์มน้ำมันจากแต่ละส่วนของทะลายได้แบ่งเป็นส่วนโคน กลาง ปลาย และตำแหน่งบนและล่างของก้านช่อผล นำมาวิเคราะห์ความแน่นเนื้อดังแสดงผลใน Table 1 พบว่าทะลายที่มีผลร่วง 1-10 และ 11-30 ผลต่อทะลาย มีความแน่นเนื้อใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 55-65 และ 54-64 นิวตัน ตามลำดับ ส่วนทะลายที่มีผลร่วง 30-40 ผลต่อทะลาย มีความแน่นเนื้อต่ำสุด 49 นิวตัน ความแน่นเนื้อของผล

ในตำแหน่งต่าง ๆ ของทะลายที่มีผลร่วง 1-10 11-30 และ 30-40 ผลต่อทะลาย พบว่า ช่อผลส่วนบนของกลางทะลายที่มีผลร่วง 30-40 ผล และผลที่อยู่ส่วนล่างของช่อผลส่วนโคนทะลาย มีความแตกต่างกับผลของทะลายที่มีผลร่วง 1-10 และ 11-30 ผลต่อทะลายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Chuchee et al. (2019) พบว่าแรงกดผลปาล์มน้ำมันลูกผสมพันธุ์คอมแพคและชีราดจากทะลายสุกและกึ่งสุกมีค่าน้อยกว่าทะลายดิบ โดยแรงกดของทะลายกึ่งสุกและสุกที่ลดลงเกิดจากการเพิ่มขึ้นของเปอร์เซ็นต์น้ำมันของเปลือกนอก

Table 1 Mean values of different parts of bunch for firmness values at ripening stages

Total number of empty fruitlet sockets	Fruits from layers of each region	Firmness (N) of fruits from three regions		
		Bottom	Middle	Top
1-10	outer spikelet	59.59±11.3	56.26±12.2	55.46±11.6
	inner spikelet	65.88±10.8	65.18±10.6	64.6±10.1
11-30	outer spikelet	58.37±12.4	56.81±13.0	54.97±12.8
	inner spikelet	64.49±11.0	64.39±10.3	63.76±9.6
31-40	outer spikelet	51.65±13.4	51.95±12.7	49.43±14.9
	inner spikelet	53.87±17.3	54.3±15.7	52.56±16.4

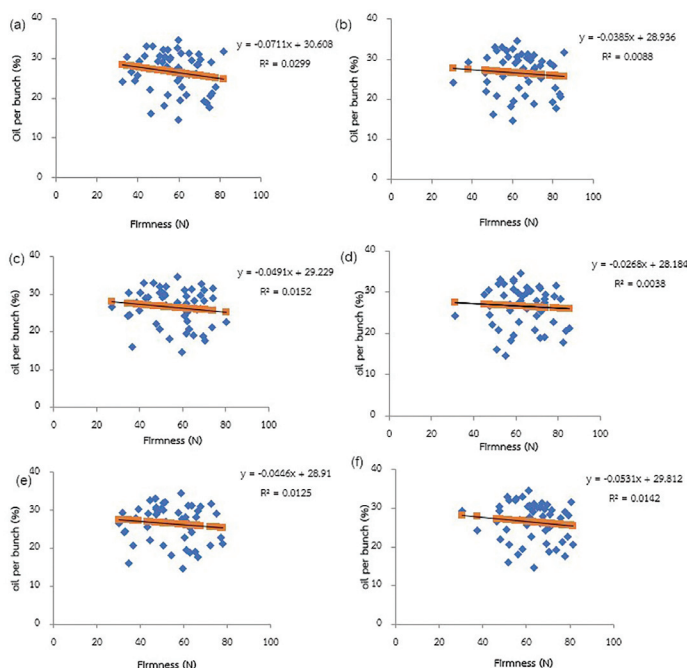


Figure 3 Relationship between oil per bunch (%) and the firmness values of mesocarp in different regions of oil palm fruit bunch; the outer (a) and inner (b) fruits in bottom part of bunch; the outer (c) and inner (d) fruits in middle part of bunch; the outer (e) and inner (f) fruits in top part of bunch

ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นเนื้อในส่วนผลช่อบน และช่อล่างในส่วนโคน กลาง ปลาย ของทะลายกับเปอร์เซ็นต์ น้ำมันต่อทะลาย (Figure 3) พบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าต่ำ แสดงว่าความหนาแน่นเนื้อผลปาล์มน้ำมันในระยะ สุกแก่ต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายต่ำ อาจเป็นไปได้ว่าผลปาล์มน้ำมันมีความแปรปรวนในการสุกค่อนข้างสูง

ความหนาแน่นต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย

ความหนาแน่นพบว่า ทะลายที่มีผลร่วง 31-40 ผลต่อทะลาย มีค่าความหนาแน่นเลือกผลช่อบนและช่อล่างเฉลี่ย 0.8 และ 0.63 เซนติเมตรตามลำดับ ตำแหน่งผลในช่อ ส่วนบนของปลายทะลายมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด 0.82 ± 0.24 เซนติเมตร และส่วนช่อล่างส่วนโคนมีค่าความหนาแน่นเฉลี่ย 0.67 ± 0.23 เซนติเมตร แต่อย่างไรก็ตามความหนาแน่นของผลปาล์มน้ำมันของทะลายที่มีผลร่วง 1-10 และ 11-30 และ 30-40 ผลต่อทะลายไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2)

Table 2 The thickness values of fruitlet in different regions of oil palm fruit bunch

Total number of empty fruitlet sockets	Fruits from layers of each region	Thickness (cm.) of fruits from three regions		
		bottom	middle	top
1-10	outer spikelet	0.75 ± 0.18	0.79 ± 0.18	0.80 ± 0.18
	inner spikelet	0.53 ± 0.10	0.53 ± 0.10	0.54 ± 0.10
11-30	outer spikelet	0.77 ± 0.20	0.8 ± 0.19	0.80 ± 0.20
	inner spikelet	0.57 ± 0.15	0.55 ± 0.10	0.55 ± 0.12
31-40	outer spikelet	0.8 ± 0.21	0.8 ± 0.23	0.82 ± 0.24
	inner spikelet	0.67 ± 0.23	0.61 ± 0.07	0.62 ± 0.18

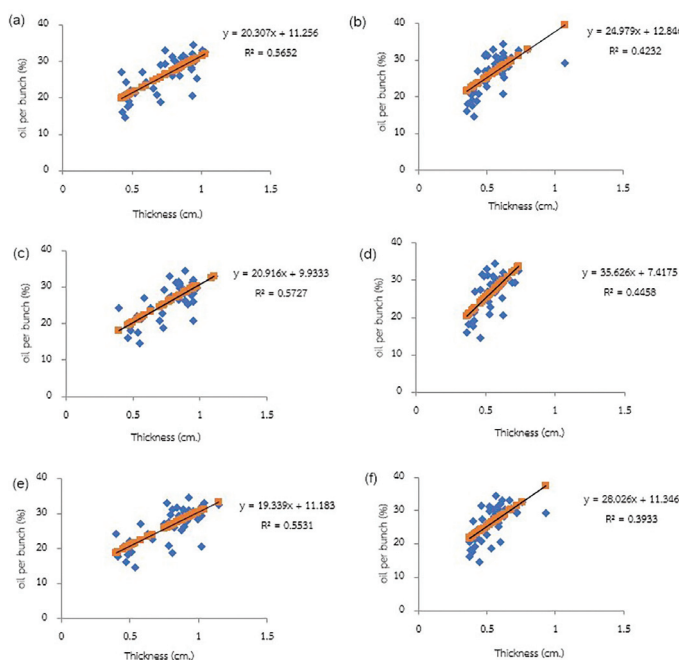


Figure 4 Relationship between oil per bunch (%) and the thickness values of mesocarp in different regions of oil palm fruit bunch; the outer (a) and inner (b) fruits in bottom part of bunch; the outer (c) and inner (d) fruits in middle part of bunch; the outer (e) and inner (f) fruits in top part of bunch

ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเนื้อต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย พบว่า ความหนาเนื้อส่วนผลข้อบนและข้อล่างในส่วนโคน กลาง ปลาย ของทะลายมีแนวโน้มมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลาย โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.565, 0.423, 0.573, 0.446, 0.553 และ 0.393 ตามลำดับ (Figure 4) จากผลการทดลองแสดงว่า ผลข้อบนของทะลายมีค่าใกล้เคียงกัน อาจเป็นไปได้ว่า หลังจากดอกบาน 100-130 วัน ผลปล้ำมน้ำมันเริ่มมีการเกิดกระบวนการสะสมไขมันที่เปลือกนอก เป็นช่วงที่มีการพัฒนาเปลือกนอกและมีการเพิ่มความหนาของเปลือกนอก จนกระทั่งหลังจากดอกบาน 130 วัน เป็นระยะใกล้สิ้นสุดการสะสมไขมันและการพัฒนาของเปลือกนอก หลังจากนั้น เมื่อการสังเคราะห์น้ำมันจะสิ้นสุดและเปลือกนอกไม่เพิ่มขนาด ผลเริ่มหลุดร่วงจากทะลาย (Ngalle *et al.*, 2013;

Thomas *et al.*, 1971) ดังนั้นความหนาของเปลือกนอกของทะลายที่ระยะผลร่วงต่าง ๆ จึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของเปลือกนอกผลข้อบนและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายก็ใกล้เคียงกัน จึงมีแนวโน้มเป็นตัวอย่างในการประเมินได้

ความแน่นเนื้อและความหนาเนื้อต่อเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล

เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลของปล้ำมน้ำมันในระยะความสุกต่างกัน (Table 3) พบว่า ในทุกระยะของการสุกแก่ผลในตำแหน่งข้อผลบนและล่าง ส่วนโคน กลาง และปลายทะลาย มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ (29-34 เปอร์เซ็นต์ต่อผล) อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อทะลายมีผลร่วง ผลปล้ำมน้ำมันมีการหยุดการสังเคราะห์น้ำมัน

Table 3 Percentage oil per fruitlets in different regions of oil palm fruit bunch

Total number of empty fruitlet sockets	Fruits from layers of each region	oil per fruitlets (%) from three regions		
		bottom	middle	top
1-10	outer spikelet	32.89±6.7	33±6.2	32.82±6.8
	inner spikelet	31.67±7.7	31.88±7.2	31.5±7.4
11-30	outer spikelet	34±8.8	33.62±8.5	34.09±8.6
	inner spikelet	33.40±8.6	32.82±8.4	33.26±8.3
31-40	outer spikelet	30.09±6.7	29.06±5.6	30.64±6.4
	inner spikelet	27.44±14.5	27.78±14.8	32.19±5.9

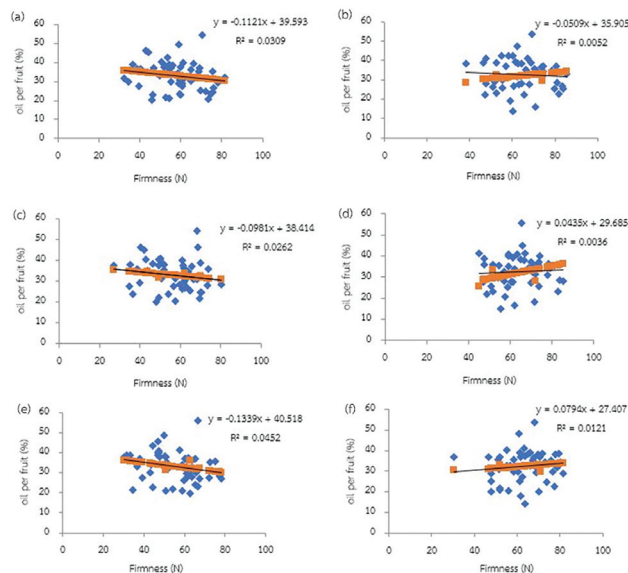


Figure 5 Relationship between oil per fruit (%) and the firmness values of mesocarp in different regions of oil palm fruit bunch; the outer (a) and inner (b) fruits in bottom part of bunch; the outer (c) and inner (d) fruits in middle part of bunch; the outer (e) and inner (f) fruits in top part of bunch

ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลและความแน่นเนื้อ (Figure 5) พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลกับความแน่นเนื้อผลขอบและขอล่าง ส่วนโคนทะลายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.0309 และ 0.0052 ตามลำดับ ส่วนขอบบนและขอล่าง

ในส่วนกลางทะลายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.0262 และ 0.0036 ตามลำดับ ผลขอบบนและขอล่าง ส่วนปลายทะลายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.0452 และ 0.0121 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลและความแน่นเนื้อไม่มีความสัมพันธ์กัน

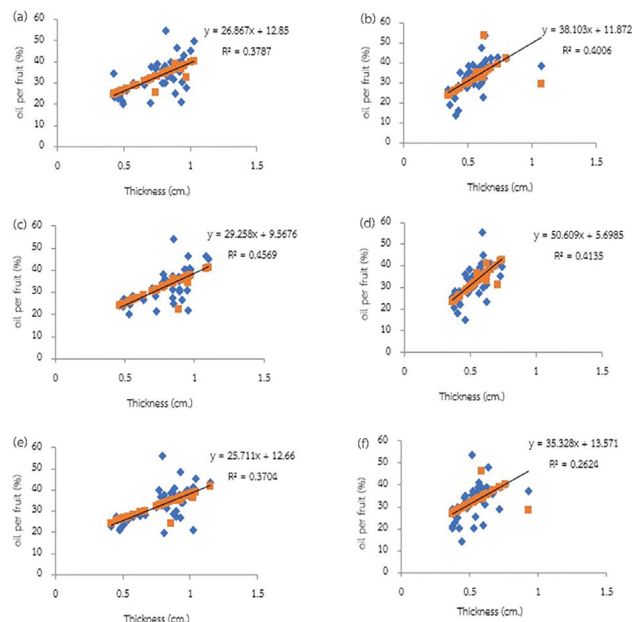


Figure 6 Relationship between oil per fruit (%) and the thickness values of mesocarp in different regions of oil palm fruit bunch; the outer (a) and inner (b) fruits in bottom part of bunch; the outer (c) and inner (d) fruits in middle part of bunch; the outer (e) and inner (f) fruits in top part of bunch

ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลและความหนาเนื้อมีความสัมพันธ์กันค่อนข้างต่ำ ดังแสดงใน Figure 6 โดยผลชอบและซ่อล่างส่วนโคนทะลายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.3787 และ 0.4006 ตามลำดับ ผลชอบและซ่อล่างในส่วนกลางทะลายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.4569 และ 0.4135 ตามลำดับ ส่วนชอบและซ่อล่างในส่วนปลายทะลายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.3704 และ 0.2624 ตามลำดับ จากการศึกษาความสัมพันธ์ลักษณะทางกายภาพและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล จะเห็นได้ว่าความหนาเนื้อมีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลมากกว่าความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเนื้อและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผล

อาจเป็นไปได้ว่าในการวิเคราะห์ความหนาเนื้ออาจมีความแปรปรวนของเปลือกนอกน้อยกว่าการวิเคราะห์ความหนาเนื้อที่มีความแปรปรวนจากเส้นใยในผลปาล์มน้ำมัน

เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายของปาล์มน้ำมันในระยะสุกแก่ต่าง ๆ

เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายของปาล์มน้ำมันในระยะสุกแก่ต่างกัน (Table 4) พบว่า ทะลายที่มีผลร่วง 1-10 ผล และผลร่วง 11-30 ผล มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายใกล้เคียงกันเท่ากับ 25.20 และ 26.34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนทะลายที่มีผลร่วง 31-40 ผล มีเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายสูง (27.09 เปอร์เซ็นต์)

Table 4 Palm oil per bunch (%) at different stages of ripeness

Total number of empty fruitlet sockets	Oil per bunch (%)
1-10	25.20
11-30	26.34
31-40	27.09

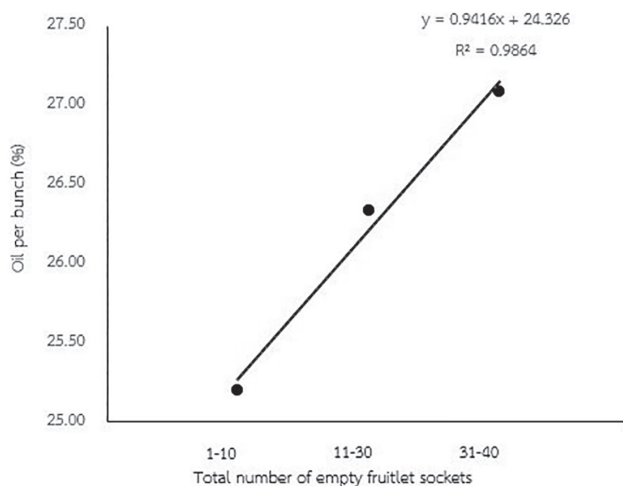


Figure 7 Percentage of oil per bunch at different stages of oil palm

ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายต่อระยะความสุกต่าง ๆ (Figure 7) มีสมการค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.9864 แสดงให้เห็นว่าเมื่อทะลาย

มีความสุกมากขึ้นพบว่ามีค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายสูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

1. ผลของทะลายที่มีผลร่วง 30-40 ผล มีความแน่นเนื้อต่ำที่สุดและแตกต่างทางสถิติกับผลของทะลายที่มีผลร่วง 1-10 และ 11-30 ผล ตำแหน่งผลที่อยู่ส่วนข้อบนของปลายทะลายที่มีผลร่วง 30-40 ผลต่อทะลายมีความแน่นเนื้อต่ำและมีความหนาเนื้อเฉลี่ยสูงกว่าผลที่อยู่ตำแหน่งอื่นของทะลาย (49.43 นิวตัน และ 0.82 เซนติเมตร)

2. เปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อผลมีแนวโน้มความสัมพันธ์กับความหนาเนื้อมากกว่าความแน่นเนื้อ ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาเนื้อและเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายมีค่าใกล้เคียงกัน โดยผลในตำแหน่งข้อบนของทะลายมีความหนาเนื้อที่สัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์น้ำมันต่อทะลายมากกว่าผลข้อล่าง แต่อย่างไรก็ตามการนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มาใช้ประโยชน์ ควรเพิ่มตัวอย่างทะลายมาวิเคราะห์เพื่อความแม่นยำมากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณผู้ช่วยนักวิจัย และคณะทำงานศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันกระบี่ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยกระทั่งสำเร็จลงได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Abdullah, M.Z., L.C. Guan and B.M.N. MohdAzemi. 2001. Stepwise discriminant analysis for colour grading of oil palm using machine vision system. *Food and Bioproducts Processing* 79(4): 223-231.

Abdullah, M.Z., L.C. Guan, A.M.D. Mohamed and M.A.M. Noor. 2002. Color vision system for ripeness inspection of oil palm *Elaeis guineensis*. *Journal of Food Processing and Preservation* 26(3): 213-235.

Azis, A.A. 1990. A simple floatation technique to gauge ripeness of oil palm fruits and their maximum oil content. *In: Proceeding of the International Palm Oil Development Conference (PORIM '90)*, Kuala Lumpur, Malaysia. 87-91.

Chuchee, T., N. Mahathaninwong, S. Limhengha, D. Petchui, and P. Templong. 2019. Ripeness Inspection of Oil Palm Fruits by Applying Hardness Test Technique. In *Proceedings of the 16th ASEAN Food Conference*. 279-283.

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

Keshvadi, A., J.B. Endan, H. Haniff, D. Ahmad and F. Saleena. 2011. The Relationship Between Palm Oil Index Development and Mechanical Properties in the Ripening Process of Tenera Variety Fresh Fruit Bunches. *Res. Journal of Applied Science and Emerging Technology* 3(3): 218-226.

Hazir, M.H.M., A.R.M. Shariff and M.D. Amiruddin. 2012. Determination of oil palm fresh fruit bunch ripeness based on favonoids and anthocyanin content. *Industrial Crops and Products* 36(1): 466-475.

Ngalle H.B., J. M. Bell, G.F.N. Ebongue, L. Nyobe, F.C. Ngangnou and G.N. Ntsomboh. 2013. Morphogenesis of Oil Palm Fruit (*Elaeis guineensis* Jacq.) in Mesocarp and Endocarp Development. *Journal of Life Sciences* 7(2): 153-158.

Ooi S.C. 1978. Variability in the Deli dura breeding population of the oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). IV. Growth and physiological parameters. *Malaysian Journal of Sustainable Agriculture* 51: 359-365.

Sunilkumar, K. and D.S. SparjanBabu. 2013. Surface color based prediction of oil content in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) fresh fruit bunch. *Afr. Thai Journal of Agricultural Science Research* 8(6): 564-569.

Thomas, R.L., P. Sew, C.K. Mok, K.W. Chan, P.T. Easau and S.C. NG. 1971. Fruit Ripening in the Oil-palm *Elaeis guineensis*. *Annals of Botany* 35: 1219-1225.

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจำแนกศักยภาพพื้นที่ขึ้น ของต้นชมพูภูคา (*Bretschneidera sinensis* Hemsl.) ในธรรมชาติ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน

Application of Geographic Information Systems for *Bretschneidera* *sinensis* Hemsl. Natural Potential Site Identification in Doi Phu Kha National Park Nan Province

ต่อลาภ คำโย^{1*} แผลมไทย อาษานอก¹ คณิติน สมานมิตร² และ วิภาภรณ์ ไบยา³

Torlarp Kamyo^{1*} Lamthai Asanok¹ Khanitin Samanmit² and Wipaporn Baiya³

¹ สาขาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

¹ Division of Agroforestry, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140

² สาขาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่เฉลิมพระเกียรติ จังหวัดแพร่ 54140

² Division of Basic science, Maejo University, Phrae Campus, Phrae 54140

³ สำนักบริหารพื้นที่อนุรักษ์ที่ 13 กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืชจังหวัดแพร่ 54000

³ The 13th Conservation Area Administration Office, Department of National Park Wildlife and Plant Conservation, Phrae 54000

* Corresponding author: torlarp66@gmail.com

(Received: 7 June 2022; Revised: 16 August 2022; Accepted: 26 September 2022)

Abstract

The objectives focus on 1) clarify the forest structure with existed of *Bretschneidera sinensis* Hemsl. in natural site 2) to detect the relationship between some physical and soil properties and of *B. sinensis* Hemsl. and 3) to apply GIS for classification of natural potential site of *B. sinensis* Hemsl. in Doi Phu Kha National Park, Nan province.

The result shows that plant community of *B. sinensis* Hemsl. was identified as hill evergreen forest. It was consisted of plant in 18 families, 26 genus and 28 species. The most important species were *Macaranga denticulate*, *Bretschneidera sinensis*, *Elaeocarpus braceanus*, *Schima wallichii* and *Syzygium helferi* at the IVI of 62.25, 41.85, 25.71, 22.90 and 16.52 respectively. The relationship model of some physical factors and soil properties using linear regression analysis has shown the accuracy level of 51%. The significant factors are including slope, aspect, elevation, distance from surface water, particle of sand, silt, clay, soil reaction, organic matter, phosphorus, potassium, magnesium, and calcium. The natural potential site identification for *B. sinensis* Hemsl. Using GIS has shown the high potential levels of 315,532.81 rais or 504.85 km², moderately potential levels of 448,798.44 rais or 718.08 km² and low potential levels of 294,029.68 rais or 470.45 km²

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), *Bretschneidera sinensis* Hemsl., Doi Phu Kha National Park

บทคัดย่อ

การศึกษาวิจัย เรื่อง การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจำแนกศักยภาพถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคา (*Bretschneidera sinensis* Hemsl.) ในธรรมชาติบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะสังคมพืชในถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติ 2) เพื่อสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพและคุณสมบัติดินทางเคมีบางประการกับการปรากฏของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติ และ 3) เพื่อประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จำแนกศักยภาพความเหมาะสมของถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติ โดยการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ มาวิเคราะห์ เพื่อนำมาสร้างแบบจำลองศักยภาพของพื้นที่ที่เหมาะสมของต้นชมพูภูคา ในพื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยภูคา

ผลการศึกษา พบว่า ต้นชมพูภูคาที่ขึ้นกระจายอยู่ในธรรมชาติส่วนใหญ่พบขึ้นอยู่ในป่าดิบเขา ซึ่งมีความหลากหลายของพรรณไม้ที่พบจำนวนทั้งหมด 18 วงศ์ (Families) 26 สกุล (Genera) และ 28 ชนิด (Species) พรรณไม้ที่มีดัชนีความสำคัญในสังคม 5 ลำดับแรก ได้แก่ เต่าเลื่อม (*Macaranga enticulate*) ชมพูภูคา (*Bretschneidera sinensis*) มะมูน (*Elaeocarpus braceanus*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) และ หว่าหิน (*Syzygium helferi*) โดยมีค่าดัชนีความสำคัญเท่ากับ 62.25, 41.85, 25.71, 22.90 และ 16.52 ตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงการรบกวนพื้นที่ป่าเนื่องจากชนิดไม้เด่นที่พบทั้งเต่าเลื่อมและทะโล้นั้นเป็นกลุ่มไม้เบิกนำในป่าดิบเขา ผลการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของปัจจัยสิ่งแวดล้อมกับการปรากฏของต้นชมพูภูคา พบว่า ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ในถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคา ที่ระดับความถูกต้องร้อยละ 51 ประกอบด้วย ความลาดชัน ระดับความสูง ระยะห่างจากแหล่งน้ำ ทิศด้านลาด อนุภาคดินทราย อนุภาคดินร่วน อนุภาคดินเหนียว ความเป็นกรดด่าง อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม การจำแนกศักยภาพของถิ่นที่ขึ้นของไม้ชมพูภูคด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า มีพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมาก เท่ากับ 315,532.81 ไร่ หรือ 504.85 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เหมาะสมปานกลาง เท่ากับ 448,798.44 ไร่ หรือ 718.08 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อย เท่ากับ 294,029.68 ไร่ หรือ 470.45 ตารางกิโลเมตร

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ชมพูภูคา อุทยานแห่งชาติดอยภูคา

คำนำ

ประเทศไทยถือได้ว่าเป็นประเทศที่อยู่ในภูมิภาคที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงมากประเทศหนึ่งของโลก (Kamyo, 2016) และยังมีพรรณไม้ที่สำคัญที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษยชาติอย่างมากมายหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นพืชเพื่อเป็นแหล่งอาหาร พืชเพื่อการใช้เป็นยารักษาโรคภัยไข้เจ็บ หรือแม้แต่พืชพรรณที่มีความสวยงามเพื่อใช้ดึงดูดใจนักท่องเที่ยวให้เข้ามาเที่ยวชมทำให้เกิดประโยชน์ต่อทั้งชุมชนในพื้นที่ที่มีพืชพรรณที่สำคัญเหล่านั้นอยู่ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ (Office of Environmental and Pollution Control 13, 2018) แต่ในปัจจุบันการบุกรุกทำลายป่าเกิดขึ้นค่อนข้างรุนแรง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ในภาคเหนือของประเทศไทย ก่อให้เกิดการทำลายความหลากหลายทางชีวภาพอย่างรู้เท่าไม่ถึงการณ์ ทำให้พืชพรรณบางชนิดที่เป็นพืชถิ่นเดียวถูกทำลายอย่างรวดเร็ว ส่งผลทำให้ไม้ถิ่นเดียวบางชนิดอาจสูญพันธุ์ได้โดยพื้นที่ป่าไม้ทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2561-2562 มีจำนวน 102,484,072.71 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 31.68

ของประเทศ ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2560-2561 จำนวน 4,229.48 ไร่ (Seub Nakhasathien Foundation, 2020)

อุทยานแห่งชาติดอยภูคา ในจังหวัดน่าน ก็เป็นสถานที่หนึ่งที่มีพืชที่มีความสวยงามและยังเป็นพืชถิ่นเดียวที่มีความสำคัญต่อจังหวัดน่าน นั่นคือ ต้นชมพูภูคา ซึ่งเป็นพืชถิ่นเดียวของประเทศ (endemic plant) เป็นพืชที่มีเขตการกระจายพันธุ์ที่ถูกจำกัดโดยปัจจัยทางระบบนิเวศ ประกอบด้วย ลักษณะภูมิประเทศ ลักษณะภูมิอากาศ และชีวปัจจัย โดยพืชกลุ่มนี้มีการปรับตัวและเจริญในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งซึ่งไม่พบประชากรในพื้นที่อื่น จึงทำให้พืชถิ่นเดียวพบได้ในพื้นที่จำเพาะเท่านั้น เช่น เกาะในทะเล ภูเขาหินปูน พืชถิ่นเดียวในประเทศไทยหลายชนิดส่วนใหญ่จัดเป็นพืชหายาก (rare plant) และใกล้สูญพันธุ์ (endangered) (Chitale *et al.*, 2014; Santisuk, 2005) อีกทั้งนักท่องเที่ยวจากทั้งไทยและต่างประเทศเข้ามาชื่นชมความสวยงามของต้นชมพูภูคานี้ ในปีหนึ่ง ๆ จำนวนนักท่องเที่ยวที่เข้ามาเยี่ยมชมมีจำนวนมาก ส่งผลต่อเศรษฐกิจของจังหวัดน่านเป็นอย่างมาก ซึ่งจำนวนนักท่องเที่ยวในปี พ.ศ. 2561

เพิ่มมากขึ้นกว่าปี พ.ศ. 2557 ถึงร้อยละ 48.83 (Nan Provincial Office, 2020) แต่จังหวัดน่านก็ได้ขึ้นชื่อว่ามีพื้นที่ที่ถูกบุกรุกทำลายป่าเป็นจำนวนมาก จากข้อมูล Royal Forest Department (2017) พบว่า พื้นที่ป่า 6.06 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่ที่มีสภาพป่า 4.39 ล้านไร่ และพื้นที่ป่าที่ถูกบุกรุก/เสื่อมโทรม 1.66 ล้านไร่ จึงส่งผลต่อพื้นที่ที่เป็นแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติของต้นชมพูภูคา

ดังนั้นการศึกษาวิจัยถิ่นที่ขึ้นของไม้ชมพูภูคาในครั้งนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการอนุรักษ์และฟื้นฟูพื้นที่ตามธรรมชาติของไม้ชมพูภูคา รวมไปถึงแนวทางการจัดการพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อการช่วยเหลือในการขยายพื้นที่ที่สามารถปลูกชมพูภูคาได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถที่จะทำให้มีต้นชมพูภูคาเพิ่มมากขึ้นในพื้นที่ที่เหมาะสม รวมไปถึงการจัดการระบบนิเวศพื้นที่ที่เหมาะสมกับต้นชมพูภูคา เพื่อที่จะได้มีต้นชมพูภูคาเพื่อรับรองการท่องเที่ยวของอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่านได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน

อุปกรณ์และวิธีการ พื้นที่ศึกษา

อุทยานแห่งชาติดอยภูคา มีพื้นที่ครอบคลุมในท้องที่ 8 อำเภอของจังหวัดน่าน ได้แก่ อำเภอปัว อำเภอท่าวังผา อำเภอทุ่งช้าง อำเภอเชียงกลาง อำเภอบ่อเกลือ อำเภอสันติสุข อำเภอเฉลิมพระเกียรติ และอำเภอแม่จริม ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 1,704 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเทือกเขาสูงชัน สลับซับซ้อน พื้นที่ราบอยู่ตามบริเวณโดยรอบ มียอดดอยภูคา

เป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในจังหวัดน่าน โดยมีความสูง 1,980 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โดยในพื้นที่ป่าแห่งนี้ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์เป็นพื้นที่ต้นน้ำลำธารชั้น 1 A (National Park Office, 2022)

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษารั้วนี้แบ่งการดำเนินการออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

การเก็บข้อมูล

1) โครงสร้างสังคมพืชในถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคา

ทำการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยการวางแปลงตัวอย่างขนาด 20 เมตร x 50 เมตร จำนวน 10 จุดตัวอย่างตามความผันแปรของระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (elevation) ศึกษาการปกคลุมของเรือนยอด และศึกษาในแปลงตัวอย่าง แบ่งเป็นแปลงย่อยขนาดต่าง ๆ เพื่อสำรวจสังคมพืช (Kamyo *et al.*, 2017) ดังนี้

แปลงขนาด 10x10 เมตร เพื่อสำรวจไม้ยืนต้น (tree) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอก (diameter at breast high, DBH) มากกว่า 4.5 เซนติเมตร และสูงมากกว่า 1.30 เมตร

แปลงขนาด 4x4 เมตร เพื่อสำรวจไม้พุ่ม (polling or sapling) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระดับอกน้อยกว่า 4.5 เซนติเมตร มีความสูงมากกว่า 1.30 เมตร (Figure 1)

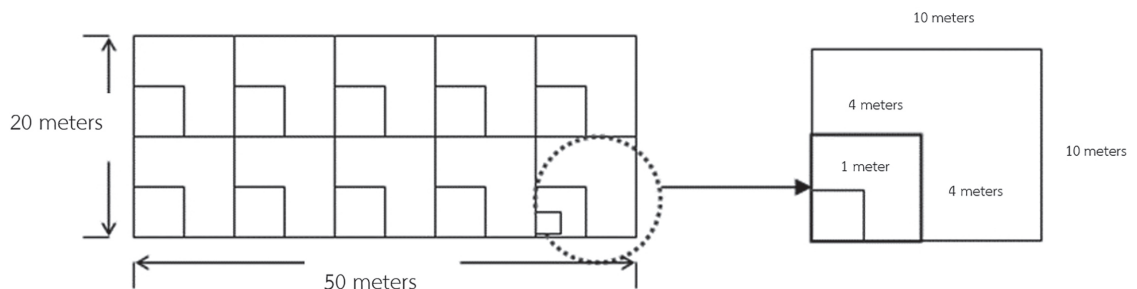


Figure 1 Plant community data collection plot (size 20 meters x 50 meters)

2) ความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏของต้นชมพูภูคาตามธรรมชาติ

2.1) ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 80 จุดกระจายครอบคลุมในพื้นที่ศึกษา แบ่งเป็นจุดที่พบและไม่พบต้นชมพูภูคา จำนวน 17 และ 63 จุด ตามลำดับ

2.2) การจำแนกชนิดพันธุ์จากคู่มือจำแนกชนิดพรรณไม้ (Office of the plant, 2019)

การสร้างแบบจำลอง (Model) ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและคุณสมบัติดินทางเคมีบางประการกับการปรากฏของต้นชมพูภูคาตามธรรมชาติ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน (Kamyo *et al.*, 2016)

1) ข้อมูลทางด้านกายภาพ ประกอบด้วย ความสูงจากระดับน้ำทะเล องศาทิศด้านลาด ความลาดชัน และระยะห่างจากแหล่งน้ำ

2) ข้อมูลคุณสมบัติของดิน ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินโดยกระบอกเก็บดิน (soil core) ที่ระดับ 0-30 เซนติเมตร เพื่อนำไปวิเคราะห์ความเป็นกรดต่าง อนุภาคดินทราย ดินร่วน ดินเหนียว อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม (Table 1)

การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดไม้ (importance value index, IVI) เป็นผลรวมของค่าความถี่สัมพัทธ์ ค่าความเด่นสัมพัทธ์ และค่าความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Marod and Kutintara, 2009)

2) สร้างแผนภูมิการจำแนกชั้นเรือนยอด (profile diagram) ในแนวตั้ง (vertical) และแนวนอน (horizontal) และการปกคลุมเรือนยอด (crown cover diagram) สังคมพืชตัวแทนที่มีการขึ้นของต้นชมพูภูคา อ้างตามวิธีการของ Marod and Kutintara (2009) และ Whittaker (1970) ได้แก่ วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับเพียงอก (DBH) วัดขนาดความสูง (Ht) ทั้งหมด วัดขนาดความสูงกิ่งแรก (Hb) วัดขนาดความกว้างของเรือนยอด

3) วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ทั้งในส่วนของเนื้อดิน (อนุภาคดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว) ความเป็นกรดต่าง อินทรีย์วัตถุในดิน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ซึ่งมีวิธีการวิเคราะห์เฉพาะของแต่ละค่าดังแสดงใน Table 1

Table 1 Analysis of soil properties obtained from survey sites (Blakemore *et al.*, 1987)

Soil properties	Method of analysis
1. pH	pH meter
2. Sand	Hydrometer method of particle-size analysis
3. Silt	Hydrometer method of particle-size analysis
4. Clay	Hydrometer method of particle-size analysis
5. Organic matter	Walkly and Black
6. Phosphorus	Bray I
7. Potassium	Atommic absorption spectrophotometer
8. Calcium	Atommic absorption spectrophotometer
9. Magnesium	Atommic absorption spectrophotometer
10. CaCO ₃	Atommic absorption spectrophotometer

4) ความสัมพันธ์หาปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏ
ของต้นชมพูภูคา

ดำเนินการโดยใช้สมการถดถอยเชิงเส้นตรง
(linear regression analysis: LRA) ดังนี้

ตัวแปรตาม (Y) ได้แก่ การปรากฏและไม่ปรากฏ
ของต้นชมพูภูคา

ตัวแปรต้น (X) ได้แก่

X1 = (elevation) ระดับชั้นความสูงจาก
น้ำทะเล (เมตร)

X2 = (slope) ร้อยละความลาดชัน

X3 = (aspect) องศาทิศด้านลาด (องศา)

X4 = (distance water) ระยะห่างจากแหล่งน้ำ
ผิวดิน (เมตร)

X5 = (pH) ความเป็นกรดต่าง

X6 = (exchangeable magnesium)
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)

X7 = (sand) ร้อยละของอนุภาคทราย

X8 = (silt) ร้อยละของอนุภาคทรายแป้ง

X9 = (clay) ร้อยละของอนุภาคเหนียว

X10 = (organic matter) อินทรีย์วัตถุในดิน

X11 = (available phosphorus) ฟอสฟอรัส
ที่เป็นประโยชน์ (ppm)

X12 = (exchangeable potassium)
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)

X13 = (exchangeable calcium) แคลเซียม
ที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)

X14 = (exchangeable CaCO_3) แคลเซียม
คาร์บอเนต (CaCO_3)

โดยที่สมการเชิงเส้น หรือสมการที่แสดงความ
สัมพันธ์ระหว่าง Y และ X จะอยู่ในรูปสมการเชิงเส้น โดยใช้โปรแกรม R (Development Core Team, 2010) ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{14} x_{14} + e$$

$$\text{หรือ } E(Y) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_{14} x_{14}$$

$$\text{โดยที่ } -\alpha < E(Y) < \alpha$$

เมื่อ e คือ ความคลาดเคลื่อนอย่างสุ่ม

β_0 คือ ส่วนตัดแกน Y หรือ ค่าของ Y

เมื่อ X มีค่าเป็น 0

β_1 คือ ความชัน (slope) หรือค่าสัมประสิทธิ์
ความถดถอย

ซึ่งมีสมการความสัมพันธ์ คือ

$$Y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14})$$

5) ศักยภาพความเหมาะสมการปรากฏต้นชมพูภูคา
ทำโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
ด้วยการจัดสร้างข้อมูลให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิง
พื้นที่ (spatial data) รูปแบบโครงสร้างราสเตอร์ (raster
format) ขนาดของกริด เท่ากับ 25 เมตร $\times$ 25 เมตร
(Kamyo *et al.*, 2016) เพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่ได้จาก
ภาพถ่ายเทียมที่จะนำมาใช้ในการทำปัจจัยทางกายภาพ
ซึ่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือและวิเคราะห์เชิงพื้นที่มีดังนี้

5.1) เส้นชั้นความสูง (contour line) นำเข้าจาก
แผนที่สภาพภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน
1:50,000 ในรูปของข้อมูลเชิงเส้น (linear feature)
ดำเนินการจัดสร้างข้อมูลในลักษณะ 3 มิติ โดยใช้แบบ
จำลองวิเคราะห์เส้นชั้นความสูงเชิงเลข (digital elevation
model) เพื่อวิเคราะห์และจัดทำข้อมูลเชิงพื้นที่ของปัจจัย
ความสูงระดับน้ำทะเล ความลาดชัน และทิศด้านลาด
(Kamyo *et al.*, 2020)

5.2) ข้อมูลระยะห่างจากแหล่งน้ำ นำเข้าข้อมูล
เชิงพื้นที่ในรูปแบบจุด (point feature) มาตราส่วน
1:50,000 ดำเนินการจัดสร้างข้อมูลระยะห่างจากแหล่งน้ำ
หาจุดเก็บตัวอย่างในพื้นที่ด้วยวิธีการสร้างเส้นระยะทางจริง
(buffering) โดยเป็นการกำหนดค่าคงที่สำหรับการสร้าง
ระยะกันชนในพื้นที่ศึกษา

5.3) ปัจจัยคุณสมบัติดิน ดำเนินการจัดทำข้อมูล
เชิงพื้นที่ในรูปเส้นเท่า (interpolation) เป็นการทำนาย
ค่าตัวเลขบริเวณที่ไม่มีข้อมูลเพื่อให้มีความต่อเนื่องของ
ข้อมูลในทุกพื้นที่ โดยการประมาณค่าข้อมูลเชิงพื้นที่ด้วย
เทคนิคทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ จะให้ผลลัพธ์ออกมา
เป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ (raster Format)

5.4) การจำแนกศักยภาพหาพื้นที่ต่อการปรากฏ
ของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติดำเนินการโดยวิธีทาง
คณิตศาสตร์ (arithmetic operations) โดยใช้สมการความ
สัมพันธ์ที่ได้จากการสร้างแบบจำลองใน ข้อ 2 มาวิเคราะห์
เพื่อหาค่าศักยภาพเชิงพื้นที่ของความเหมาะสมในการ
ปรากฏของต้นชมพูภูคา โดยแบ่งระดับศักยภาพออกเป็น
3 ระดับด้วยการจำแนกชั้นโดยค่าพิสัย (Kamyo *et al.*,
2017)

$$\text{ค่าระดับศักยภาพ} = \frac{\text{ค่าสูงสุด}-\text{ค่าต่ำสุด}}{\text{จำนวนระดับชั้น}}$$

ระดับศักยภาพเหมาะสมมาก

เท่ากับ 0.67-1

ระดับศักยภาพเหมาะสมปานกลาง

เท่ากับ 0.34-0.66

ระดับศักยภาพเหมาะสมน้อย

เท่ากับ 0-0.33

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. โครงสร้างสังคมพืชในพื้นที่ขึ้นในธรรมชาติของต้นชมพูภูคา

ต้นชมพูภูคาส่วนใหญ่พบขึ้นในป่าดิบเขาที่มีโครงสร้างและองค์ประกอบพรรณไม้ในระดับไม่ใหญ่ ในการศึกษาค้นคว้าพบว่า มีพรรณไม้ทั้งหมด 28 ชนิด 26 สกุล 18 วงศ์ ความหนาแน่น (density) และพื้นที่หน้าตัดต้นไม้ (basal area) เท่ากับ 700 ต้นต่อเฮกเตอร์ และ 28.88 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ไม้เด่นในสังคมที่มีค่าดัชนีความสำคัญ (importance value index, IVI) สูงใน 10 ลำดับแรก ได้แก่ เต่าเลื่อม (*Macaranga denticulata*) ชมพูภูคา (*Bretschneidera sinensis*) มะมุ่น (*Elaeocarpus braceanus*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) หว้าหิน (*Syzygium helferi*) เขียด (*Cinnamomum iners*) อินทวา (*Persea gamblei*) เหมือดดอย (*Symplocos macrophylla*) หมักฟักก้านใส (*Mastixia pentandra*) และนูดตัน (*Prunus arborea*) มีค่าเท่ากับ 62.25, 41.85, 25.71, 22.90, 16.52, 13.07, 10.77, 10.66, 9.72 และ 8.61 ตามลำดับ

ระดับไม้อ่อน (sapling) พบว่า มีไม้อ่อนทั้งหมด 14 ชนิด 14 สกุล 10 วงศ์ ความหนาแน่น (density) เท่ากับ 1354.17 ต้นต่อเฮกเตอร์ ไม้อ่อนเด่นในสังคมที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงใน 10 ลำดับแรก ได้แก่ เมียดตัน (*Litsea martabanica*) พะอง (*Calophyllum polyanthum*) เต่าเลื่อม (*Macaranga denticulata*) กายาน (*Styrax benzoides*) สตรีตัน (*Sloanea sigun*) มะนอดน้ำ (*Ficus subincisa*) แข็งกวาดง (*Wendlandia tinctoria*) ปลายสาน (*Eurya acuminata*) อินทวา (*Persea gamblei*) และทองหลาง

ป่า (*Erythrina subumbrans*) มีค่าเท่ากับ 50.56, 41.58, 35.13, 10.17, 10.17, 10.17, 7.39, 5.85, 5.85 และ 5.85 ตามลำดับ

ระดับกล้าไม้ (Seedling) พบว่า มีกล้าไม้ทั้งหมด 17 ชนิด 17 สกุล 10 วงศ์ ความหนาแน่น (density) เท่ากับ 30,666.67 ต้นต่อเฮกเตอร์ กล้าไม้เด่นในสังคมที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูงใน 10 ลำดับแรก ได้แก่ เมียดตัน (*Litsea martabanica*) ปลายสาน (*Eurya acuminata*) ค่าพุด (*Engelhardtia spicata*) พะอง (*Calophyllum polyanthum*) มาง (*Canarium euphyllum*) ปอแดง (*Sterculia guttata*) เต่าเลื่อม (*Macaranga denticulata*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) เมียงผี (*Pyrenaria diospyricarpa*) และมะนอดน้ำ (*Ficus subincisa*) มีค่าเท่ากับ 36.96, 26.09, 25.00, 23.91, 17.39, 8.70, 8.70, 8.70, 8.70 และ 6.52 ตามลำดับ จากศึกษาการปกคลุมเรือนยอด (crown cover) และโครงสร้างทางด้านตั้ง (profile diagram) สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชั้นเรือนยอด (Figure 2)

สำหรับโครงสร้างด้านตั้งป่าดิบเขาธรรมชาติที่มีพื้นที่เปิดโล่งเล็กน้อย เมื่อพิจารณาจากการจำแนกชั้นเรือนยอด (Figure 2) สามารถจำแนกชั้นเรือนยอดได้ 2 ชั้นเรือนยอด คือ 1) เรือนยอดชั้นบน มีความสูงประมาณ 10-18 เมตร พันธุ์ไม้สำคัญในชั้นเรือนยอดนี้ ได้แก่ เต่าเลื่อม (*Macaranga denticulata*) ชมพูภูคา (*Bretschneidera sinensis*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) อินทวา (*Persea gamblei*) พิกุลป่า (*Adinandra integerrima*) และหมักฟักก้านใส (*Mastixia pentandra*) เป็นต้น และ 2) เรือนยอดชั้นรอง มีความสูงประมาณ 5-10 เมตร ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มไม้พุ่ม พันธุ์ไม้สำคัญในชั้นเรือนยอดนี้ยังคงพบไม้ในเรือนยอดชั้นบนขึ้นปะปนอยู่ทั่วไป ที่สำคัญได้แก่ กายาน (*Styrax benzoides*) มะมุ่น (*Elaeocarpus braceanus*) เหมือดดอย (*Symplocos macrophylla*) ไม้เถื่อน (*Mischocarpus pentapetalus*) มะกอกพราวน (*Turpinia pomifera*) และแข้งกวาดง (*Mastixia pentandra*) เป็นต้น ขณะที่การปกคลุมเรือนยอดบริเวณป่ามีลักษณะเป็นเรือนยอดค่อนข้างปิด มีการปกคลุมของเรือนยอดน้อยกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

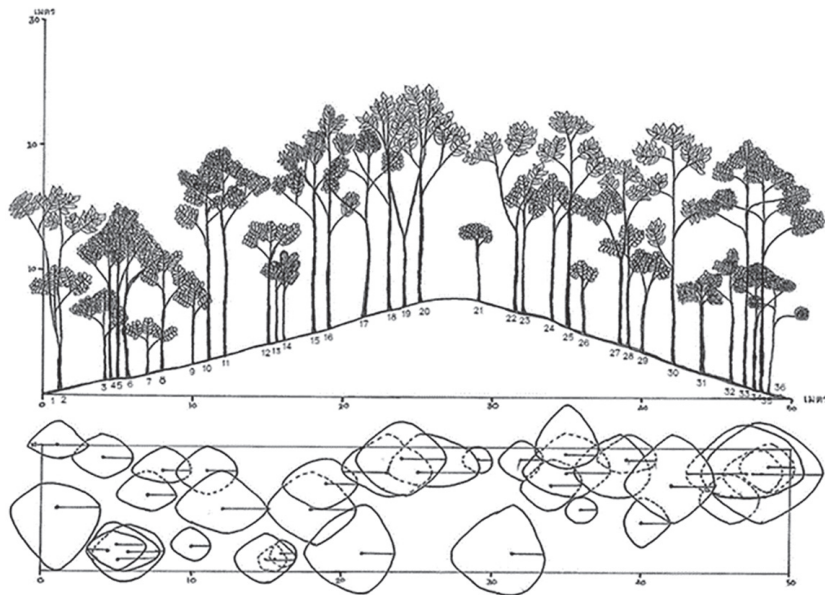


Figure 2 Crown cover and profile diagram of the *Bretschneidera sinensis* Hemsl.

2. ความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏของต้นชมพูภูคา

การศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและคุณสมบัติดินบางประการกับการปรากฏของต้นชมพูภูคา ดำเนินการโดยวิธีวิเคราะห์จากหน่วยตัวอย่างทั้งหมด 80 ตัวอย่าง โดยเป็นตัวแทนของการปรากฏต้นชมพูภูคา 17 ตัวอย่าง ปรากฏอยู่ในบริเวณตอนบนของพื้นที่อุทยาน เนื่องจากพื้นที่มีสภาพความเป็นหินปูนน้อย ดินสภาพเป็นกรด ได้รับพลังงานจากแสงน้อย โดยมีทิศด้านลาดไปทางทิศเหนือและตะวันออก และไม่ปรากฏต้นชมพูภูคา 63 ตัวอย่าง โดยไม่ปรากฏในบริเวณตอนกลางของอุทยาน เนื่องจากมีความสูงจากน้ำทะเลมากกว่าบริเวณอื่น และในบริเวณตอนใต้ของอุทยานพบเส้นทางน้ำเป็นจำนวนมาก ผลการศึกษาสามารถได้สมการแบบจำลอง (Figure 1) ซึ่งสมการของแบบจำลองความสัมพันธ์ตามวิธีการวิเคราะห์แบบลดถอยเชิงเส้น สามารถอธิบายได้ดังนี้

$$\text{Bret_S} = 4.51 + 0.028 \text{ PH} - 0.000057 \text{ CaCo} - 0.0493 \text{ Sand} - 0.0659 \text{ Silt} - 0.0422 \text{ Clay} + 0.00103 \text{ Organic_ma} + 0.00042 \text{ P} - 0.000387 \text{ K} + 0.000020 \text{ Ca} + 0.000186 \text{ Mg} - 0.0235 \text{ Curvature} + 0.000922 \text{ Aspect} + 0.00468 \text{ slope} + 0.000051 \text{ Dist_water} + 0.000392 \text{ Elevation}$$

เมื่อ $R^2 = 0.51$

จากสมการสามารถอธิบายได้ว่า ค่าสหสัมพันธ์ (correlation, R^2) เพื่อคาดการณ์การปรากฏของต้นชมพูภูคา มีความแม่นยำร้อยละ 51 โดยปัจจัยที่มีผลในเชิงบวกต่อถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคา ได้แก่ ความเป็นกรดต่ำ อนุภาคดินทราย อนุภาคดินร่วน อนุภาคดินเหนียว และแคลเซียม ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลในเชิงลบ คือ ความต้องการปูน ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน ทิศด้านลาด อินทรีย์วัตถุระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม แสดงว่าต้นชมพูภูคาขึ้นได้ดีในพื้นที่ที่มีความเป็นกรดค่อนข้างต่ำ มีพื้นที่ที่ต้องการปูนน้อย ที่มีสัดส่วนของดินทราย ดินร่วน และดินเหนียว ในสัดส่วนที่สมดุลกัน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง พบปริมาณแคลเซียมที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ในพื้นที่ค่อนข้างมาก มีฟอสฟอรัสในสัดส่วนที่มาก โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม มีปริมาณค่อนข้างน้อย พื้นที่ที่ขึ้นอยู่ชอบสภาพที่ราบเรียบ พื้นที่ส่วนมากอยู่ในพื้นที่ทางทิศตะวันตก อยู่ในพื้นที่สูงชันอยู่ห่างไกลแหล่งน้ำ และชอบพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล สอดคล้องกับงานวิจัยของ Hu *et al.* (2014) และ Wang *et al.* (2018) ที่พบว่าการขึ้นอยู่ของไม้ชมพูภูคาขึ้นอยู่ในพื้นที่สูงตั้งแต่ 500-1,500 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง มีธาตุโพแทสเซียมระหว่าง 40-340 กรัม/กิโลกรัม แคลเซียมระหว่าง 440-3,040 กรัม/กิโลกรัม แมกนีเซียมระหว่าง 100-540 กรัม/กิโลกรัม

3. ศักยภาพความเหมาะสมของการปรากฏของต้น ชมพูภูคาตามธรรมชาติ

จากการนำแบบจำลองความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อม (ภูมิประเทศและสมบัติดินบางประการ) กับการปรากฏของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติ มาวิเคราะห์ศักยภาพเชิงพื้นที่ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยการซ้อนทับปัจจัยที่อยู่ในรูปแบบเชิงพื้นที่ที่สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

ศักยภาพของพื้นที่ในการปรากฏของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติ บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยภูคา พบว่า มีพื้นที่ที่มีศักยภาพมาก คิดเป็นพื้นที่ 315,532.81 ไร่ หรือ 504.85 ตารางกิโลเมตร (29.81%) ศักยภาพปานกลางกระจายอยู่ทั่วทั้งพื้นที่อุทยาน พบที่บริเวณหุบเขา แหล่งน้ำ 448,798.44 ไร่ หรือ 718.08 ตารางกิโลเมตร (42.41%) และศักยภาพน้อยกระจายอยู่บริเวณตอนกลางของพื้นที่อุทยาน 294,029.68 ไร่ หรือ 470.45 ตารางกิโลเมตร (27.78%) (Figure 3 และ Table 2)

Table 2 Suitability area for *Bretschneidera sinensis* Hemsl. by Linear Regression analysis

Suitability level	Regression Analysis		
	Rai	Km ²	%
Low	294,029.68	470.45	27.78
Moderate	448,798.44	718.08	42.41
High	315,532.81	504.85	29.81
Total	1,058,360.93	1,693.38	100.00

สรุปผลการวิจัย

1. โครงสร้างสังคมพืชในถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคา

ถิ่นที่พบชมพูภูคาในธรรมชาติเป็นสังคมป่าดิบเขาที่พบกระจายตั้งแต่ระดับความสูงตั้งแต่ 1,040-1,700 เมตรจากระดับน้ำทะเล พื้นที่ป่าส่วนใหญ่ผ่านการบุกรุกและอยู่ระหว่างการฟื้นตัวตามธรรมชาติ โดยพบพรรณไม้ค่อนข้างน้อย (28 ชนิด 26 สกุล 18 วงศ์) ชนิดไม้เด่นเป็นกลุ่มไม้ดั้งเดิมและชนิดไม้เบิกนำที่สำคัญ โดยมีค่าความหนาแน่น (density) และพื้นที่หน้าตัดของไม้ในป่า (basal area) เท่ากับ 700 ต้นต่อเฮกเตอร์ และ 28.88 ตารางเมตรต่อเฮกเตอร์ ตามลำดับ ชนิดไม้เด่นในสังคม ได้แก่ เต่าเลื่อม (*Macaranga denticulata*) ชมพูภูคา (*Bretschneidera sinensis*) มะมุ่น (*Elaeocarpus braceanus*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) หัวหิน (*Syzygium helferi*) เขียด (*Cinnamomum iners*) อินทวา (*Persea Gamblei*) เสม็ดดอย (*Symplocos macrophylla*) หมักพิก้านไส (*Mastixia pentandra*) และ นุดตัน (*Prunus arborea*) มีค่าเท่ากับร้อยละ 62.25, 41.85, 25.71, 22.90, 16.52, 13.07, 10.77, 10.66, 9.72 และ 8.61 ตามลำดับ

2. ความสัมพันธ์ของปัจจัยแวดล้อมกับการปรากฏของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติ

ปัจจัยแวดล้อมที่มีผลในเชิงบวกต่อถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคา ได้แก่ ความเป็นกรดต่ำ อนุภาคดินทราย อนุภาคดินร่วน อนุภาคดินเหนียว และแคลเซียม ส่วนปัจจัยที่มีอิทธิพลในเชิงลบ คือ ความต้องการปุ๋ย ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน ทิศด้านลาด อินทรียัตถุ ระยะห่างจากแหล่งน้ำผิวดิน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียม

3. ศักยภาพถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพูภูคาในธรรมชาติ

อุทยานแห่งชาติชมพูภูคา มีศักยภาพในการพบชมพูภูคาในระดับความเหมาะสมปานกลาง คิดเป็นพื้นที่ 448,798.44 ไร่ หรือ 718.08 ตารางกิโลเมตร (42.41% ของพื้นที่ทั้งหมด) ในขณะที่ระดับความเหมาะสมมากและน้อย มีพื้นที่ใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 29.81 และ 27.78% ตามลำดับ) เนื่องจากชมพูภูคาเป็นพืชถิ่นเดียวที่มีความต้องการปัจจัยแวดล้อมเฉพาะในการตั้งตัว ประกอบกับพื้นที่ป่าตามธรรมชาติมีการถูกรบกวนจึงทำให้มีโอกาสมพบชมพูภูคาได้ต่ำกว่าที่ควรจะเป็นในสภาพธรรมชาติ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการฟื้นฟูและป้องกันถิ่นอาศัยที่มีศักยภาพดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพ

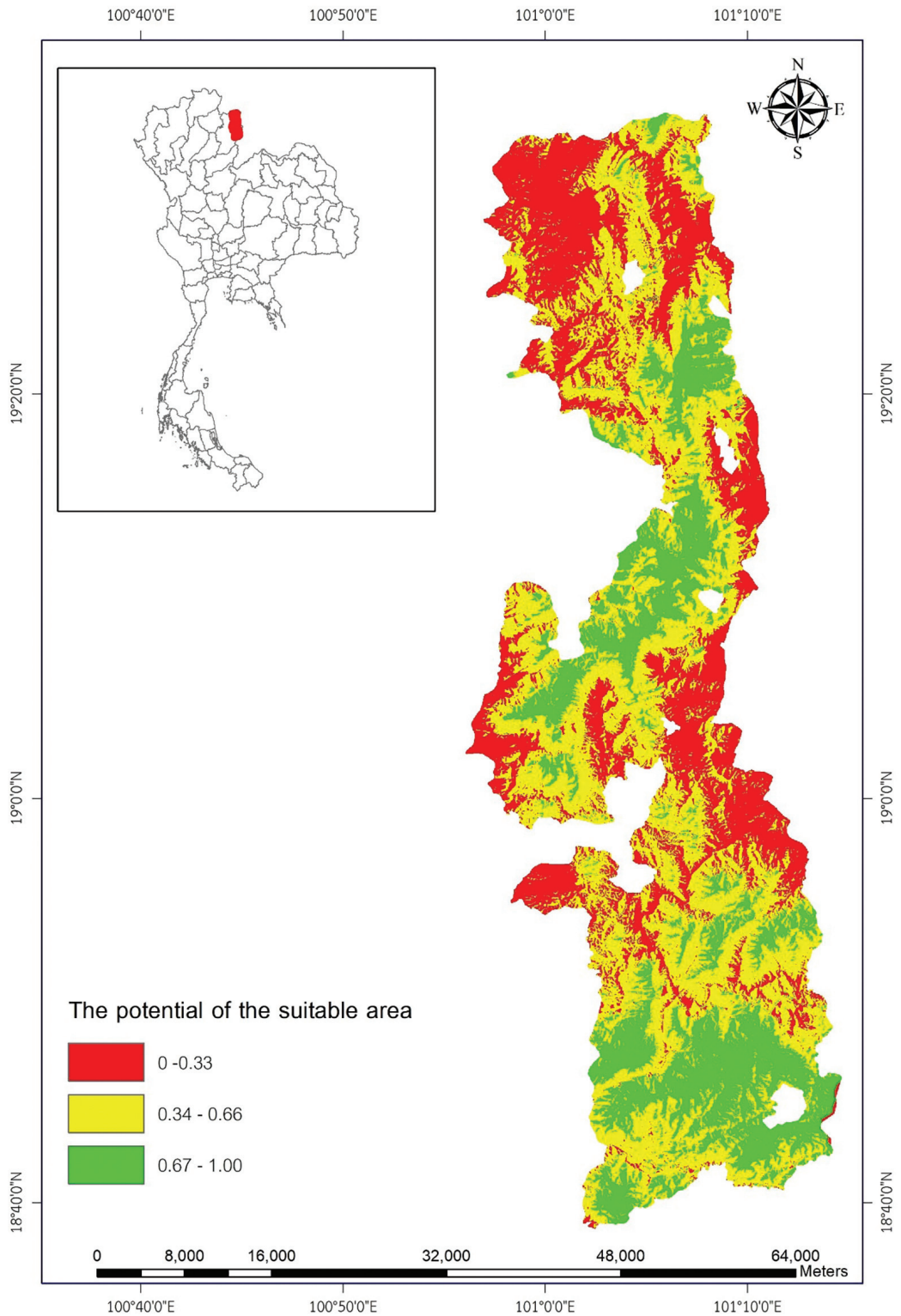


Figure 3 The potential of the suitable area of the *Bretschneidera sinensis* Hemsli.

มากขึ้นก็จะเป็นการช่วยอนุรักษ์ชนิดและพันธุ์กรรมของ
ชมพู่คาได้อย่างยั่งยืนต่อไป

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการกระจายของถิ่นที่ขึ้นต้นชมพู่คาหรือ
พันธุ์พืชชนิดต่าง ๆ นั้นไม่สามารถที่จะพบได้ง่าย ๆ เนื่องจาก
ไม่ทราบตำแหน่งที่ต้นชมพู่คาที่อยู่ในธรรมชาติขึ้นอยู่ใน
พื้นที่ เนื่องจากทั้งขนาดของพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ทำให้การ
เก็บข้อมูลมีปัญหาในการเดินทาง และเปลืองงบประมาณ
รวมไปถึงต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญหลายสาขา หากต้องการข้อมูล
ภาคสนามที่สมบูรณ์ขึ้น ควรวางแผนสำรวจข้อมูลในพื้นที่
ได้อย่างครอบคลุมมากที่สุด เพื่อป้องกันการเข้าถึงพื้นที่
ที่อ่อนไหวของชาวบ้าน และผู้ปลูกในพื้นที่อุทยานควรมี
การวางแผนการจัดแผนการลาดตระเวนที่เข้มงวดมากขึ้น
ในพื้นที่ที่เป็นแหล่งที่เหมาะสมสำหรับต้นชมพู่คา และ
ทำการส่งเสริมการฟื้นฟูการปลูกต้นชมพู่คาในพื้นที่
ที่เหมาะสม พร้อมทั้งประชาสัมพันธ์ในพื้นที่เพื่อการอนุรักษ์
อย่างยั่งยืนต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศ
ภูมิศาสตร์เพื่อการจำแนกศักยภาพถิ่นที่ขึ้นของต้นชมพู่คา
ในธรรมชาติบริเวณอุทยานแห่งชาติดอยภูคา จังหวัดน่าน
ได้สำเร็จลุล่วง โดยได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักวิจัย
และส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ประจำปี
งบประมาณ 2561 รหัสวิจัย มจ.1-61-098 ผู้วิจัยขอ
ขอบคุณ สาขาวิชาเกษตรป่าไม้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้-แพร่
เฉลิมพระเกียรติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้และกรมอุทยานแห่งชาติ
สัตว์ป่า และพันธุ์พืช รวมถึงอุทยานแห่งชาติดอยภูคา
เจ้าของสถานที่วิจัยที่อนุเคราะห์เรื่องสถานที่ และเจ้าหน้าที่
ทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเดินทางเก็บข้อมูลและ
สำรวจ และอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินการวิจัย
ให้เสร็จสมบูรณ์

เอกสารอ้างอิง

Blakemore, L.C., P.L. Searle and B.K. Daly. 1987.
Methods for Chemical Analysis of Soils. NZ
Soil Bureau Scientific Report 80. Lower Hutt,
New Zealand.

Chitale, V.S., M.D. Behera and P.S. Roy. 2014. Future
of endemic flora of biodiversity hotspots in
India. PLoS ONE 9(12): e115264.

Development Core Team. 2010. R Development
Core Team R: a language and environment
for statistical computing 3-900051-07-0, R
Foundation for Statistical Computing. Vienna,
Austria. Available: <http://www.R-project.org/>
Hu, Z.Y., L. Lin, J.F. Deng and S.H. Wang. 2014.
Genetic diversity and differentiation among
populations of *Bretschneidera sinensis*
(Bretschneideraceae), a narrowly distributed
and endemic species in China, detected by
inter-simple sequence repeat (ISSR).
Biochemical Systematics and Ecology 56:
104-110.

Kamyo, T. 2016. Geo-Informatics Modeling on
Tropical Seasonal Forest Dynamics in Mae
Klong Watershed Research Station,
Kanchanaburi Province. Ph.D. dissertation,
Department of Forest Biology, Faculty of
Forestry Kasetsart University Bangkok.

Kamyo, T., K. Samanmit and A. Chuapaiboon. 2018.
Application of Geographic Information
Systems for *Tectona grandis* L.f. Natural
Potential Site Identification in Mae Yom
National Park Phrae Province. Journal of
Science and Technology Nakhon Sawan
Rajabhat University (8): 61-72.

Kamyo, T., K. Samanmit and S. Chantophas. 2017.
Appropriate area forecasting of *Ma Kuen*
(*Zanthoxylum limonella* Alston) in nature in
Mae Charim National Park, Nan Province by
using a species distribution model. plant.
Journal of Science and Technology 9(1):
432-438.

Kamyo, T., S. Pattanakiat, L. Asanok, K. Samanmit,
A. Cherpaiboon, S. Thinkamphaeng and D.
Marod. 2021. Predicting the Natural Suitability
of Teak (*Tectona grandis* L.f.) at Mae Yom

- National Park, Phrae Province, Thailand Using Logistic Regression Model. *Journal of Environmental Science and Management* 24(2): 48-53.
- Marod, D. and U. Kutintara. 2009. *Forest ecology*. Siam Print, Bangkok.
- Nan Provincial Office. 2020. Briefing of Nan Province for the year 2020. Available: <http://www.nan.go.th/upload/1617260755.pdf> (Jan 10, 2022).
- National Park Office. 2022. Phu Hin Rong Kla National Park. Available: http://park.dnp.go.th/visitor/nationparkshow.php?PTA_CODE=1048 (Jan 10, 2022).
- Office of Environmental and Pollution Control 13. 2018. Forest resources. Available: <http://reo13.mnre.go.th/th/news/detail/9367> (Jan 10, 2022).
- Office of the plant. 2019. Plant classification guide. Available: https://www.dnp.go.th/botany/PDF/publications/Plant_Identification_Handbook2.pdf (Jan 10, 2022).
- Royal Forest Department. 2017. Guidelines for forest area management in the case of Nan Province. Available: <https://www.forest.go.th/nursery/wp-content/uploads/sites/.pdf> (Jan 10, 2022).
- Santisuk, T. 2005. Endemic and rare plants of Thailand: criteria for status analysis and conservation guidelines. *Forest and Wildlife Biodiversity Workshop: Progress of Research Results and Activities Yearly*. Date 21-24 August 2005, Regent Cha-am Hotel, Phetchaburi Province.
- Seub Nakhasathien Foundation. 2020. Report on the situation of Thai forests for the year 2019-2020. Available: <https://www.seub.or.th/document> (Jan 10, 2022).
- Wang, M.N., L. Duan, Q. Qiao, Z.F. Wang, E.A. Zimmer, Z.C. Li and H.F. Chen. 2018. Phylogeography and conservation genetics of the rare and relict *Bretschneidera sinensis* (Akaniaceae). *PLoS ONE* 13(1): 1-17.
- Whittaker, R.H. 1970. *Communities and Ecosystems*. London: Macmillan.

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Factors Related to Knowledge and Practices in Using Medicinal Herbs to Control Insect Pest of Organic Vegetable Farmers in Vientiane Capital, Lao PDR

สายนัน จิตตะวงษ์¹ ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล^{1*} ณฐิตากานต์ พัยคณา¹ และ แสงทิวา สุริยงค์²

Sayyan Chitthavong¹ Panuphan Prapatigul^{1*} Nathitakarn Phayakka¹ and Sangtiwa Suriyong²

¹ สาขาวิชาส่งเสริมการเกษตรและพัฒนาชนบท ภาควิชาพัฒนาเศรษฐกิจการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

¹ Division of Agricultural Extension and Rural Development, Department of Agricultural Economy and Development, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

² Division of Agronomy, Department of Plants and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: panuphan69@gmail.com

(Received: 29 April 2022; Revised: 16 August 2022; Accepted: 26 September 2022)

Abstract

The objective of this study was to study the factors related to knowledge and practices in using medicinal herbs of organic vegetable farmers in Vientiane Capital, Lao PDR. The samples used in this study were 134 organic vegetable farmers in Vientiane Capital, Lao PDR. The data was collected with interview forms and questionnaires with a confidence value of 0.75. The data was analyzed by descriptive statistics and enter method of multiple regression analysis.

The results showed that most of the farmers were male with an average age of 46.7 years, with the education level of secondary school (M3). Their average organic vegetable farming experience was 6.25 years. There were 5.3 household members and the average household workers were 2.6 people. All of them spent their own funds to invest the organic vegetable farming, and most of them had no debt in 2020. The average income of selling organic vegetables in 2020 was THB 148,150.55 with the average cost of growing organic vegetables at THB 44,607.25. In 2020, they had not contacted with the agricultural extension officers, but they received news via the channels of farmer friends and the internet. The hypotheses testing showed that the farmer's experience was statistically significant correlated at 0.01 level with the knowledge of organic vegetable farmers. While the education was

statistically significant correlated at 0.05 level and the experience of growing organic vegetables was statistically significant correlated at 0.01 level with the practices of using the medicinal herb in organic vegetable growing.

Keywords: Knowledge, practices, organic vegetable, medicinal herb

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืช ของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว กลุ่มตัวอย่างคือเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ จำนวน 134 คน ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.75 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนาและการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณแบบคัดเลือกเข้า

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 46.7 ปี มีระดับการศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสบการณ์ปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ย 6.25 ปี มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.3 คน และมีแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2.6 คน โดยเกษตรกรทั้งหมดใช้ทุนตนเองในการปลูกผักอินทรีย์ และส่วนใหญ่ไม่มีภาระหนี้สิน ในปี พ.ศ. 2563 มีรายได้จากการจำหน่ายผลผลิตผักอินทรีย์ เฉลี่ย 148,150.55 บาท เกษตรกรมีค่าใช้จ่ายในการปลูกผักอินทรีย์ เฉลี่ย 44,607.25 บาท และพบว่าส่วนใหญ่ไม่ได้ติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร แต่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรผ่านช่องทางเพื่อนเกษตรกรและอินเทอร์เน็ต เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ในการปลูกผักอินทรีย์อยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด และมีการปฏิบัติถูกต้องอยู่ในระดับปานกลางมากที่สุด และจากการทดสอบสมมติฐาน พบว่า ประสบการณ์ในการปลูกผักอินทรีย์มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ส่วนระดับการศึกษาและประสบการณ์ในการปลูกผักอินทรีย์มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 0.01 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ความรู้ การปฏิบัติ ผักอินทรีย์ สมุนไพร

คำนำ

ในปัจจุบันเกษตรกรอินทรีย์ได้รับความนิยมจากผู้บริโภคที่เริ่มหันมาเอาใจใส่กับการรักษาสุขภาพมากขึ้น จนส่งผลทำให้ผักอินทรีย์กลายเป็นสินค้าทางเลือกที่สำคัญ รวมไปถึงกระแสการผลิตที่มุ่งสู่ความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมควบคู่กับการตระหนักถึงความปลอดภัยของทั้งผู้บริโภคและผู้ผลิตเอง ทำให้หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้องได้สนับสนุนนโยบายในการควบคุมและกำหนดมาตรฐานการผลิตพืชผักให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น เช่น การรับรองการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดีสำหรับพืช หรือ GAP (Good Agricultural Practice) ส่งผลทำให้เกษตรกรผู้ผลิตได้เริ่มปรับเปลี่ยนระบบการผลิตจากการทำเกษตรที่พึ่งพาการใช้สารเคมี (กิตติพงษ์, 2563) มาเป็นระบบการผลิตที่พึ่งพากลไกระบบนิเวศธรรมชาติหรือเกษตรอินทรีย์มากขึ้น

สำหรับ สปป.ลาว นั้น มีพื้นที่สำหรับการผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์อยู่ประมาณ 20,000 ไร่ มีผลผลิตสินค้าเกษตรอินทรีย์ 900,000-1,000,000 ตันต่อปี (สำนักงาน

นโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (สนค.) กระทรวงพาณิชย์ ประเทศไทย, 2564) ซึ่งถือว่ามีส่วนแบ่งตลาดอีกมาก (สถานกงสุลใหญ่ ณ แขวงสะหวันนะเขต, 2563) ทำให้เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักเริ่มให้ความสนใจกับการปลูกพืชผักแบบอินทรีย์มากขึ้น เนื่องจากมองเห็นช่องทางความก้าวหน้า ประกอบกับรัฐบาลของ สปป.ลาว มีนโยบายส่งเสริมให้ประชาชนบริโภคผักอินทรีย์มากขึ้น รวมถึงส่งเสริมการจัดทำและการนำมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ไปใช้ให้เกิดประโยชน์และเกิดคุณค่ามากขึ้น (กรมปลูกฝัง กระทรวงกลาโหมและป่าไม้ สปป.ลาว, 2005) จึงทำให้การผลิตผักอินทรีย์ได้รับความสนใจจากเกษตรกรมากยิ่งขึ้น

นครหลวงเวียงจันทน์ถือเป็นพื้นที่ที่มีเกษตรกรปลูกผักอินทรีย์มากที่สุดใน สปป.ลาว โดยมีแปลงปลูกพืชผักอินทรีย์มากในเมืองปากงึม เมืองไซหานี เมืองสีโคตตะบอง เมืองไซเสดถา เมืองหาดชายฟอง และเมืองนาชายทอง โดยมีพื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ประมาณ 847.94 ไร่ และสามารถให้ผลผลิตผักอินทรีย์ประมาณ 695.17 ตัน โดยมีการส่งเสริม

การจำหน่ายสินค้าผักอินทรีย์ในตลาดที่สำคัญ ๆ ในนครหลวงเวียงจันทน์ (Laoin, 2021) แต่ปัญหาสำคัญของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์คือ แมลงศัตรูพืชเนื่องจากเกษตรกรหลายรายยังขาดความรู้และทักษะในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืช จนเป็นสาเหตุทำให้แมลงศัตรูพืชเข้าทำลายผักอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว และทำให้ผลผลิตผักอินทรีย์ที่ผลิตไม่ได้คุณภาพตรงตามที่ตลาดต้องการ และอาจเป็นปัญหาสำคัญที่ส่งผลต่อการพัฒนาและส่งเสริมการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกร (Kethongsat et al., 2004)

ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เพื่อให้ทราบข้อมูลพื้นฐานของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในพื้นที่นครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ระดับความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืช และเพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืช ตลอดจนปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะในการส่งเสริมความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว และพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณประชากรที่ใช้ในการวิจัยคือเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ 6 เมือง ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว จำนวน 201 คน ทำการคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยการปรับใช้สูตรของ Yamane (1967) ความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ที่ระดับ 0.05 เนื่องจากประชากรมีความคล้ายคลึงกัน (บุญธรรม, 2540) ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 134 คน และทำการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple random sampling) ด้วยวิธีแบบจับสลากแบบไม่ใส่กลับคืน (Lottery method) เก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนตุลาคมถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ทั้งนี้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ที่มีค่าความเชื่อมั่น 0.75 ตามวิธี Cronbach ที่ประกอบด้วยลักษณะคำถามแบบปลายปิดและคำถามแบบปลายเปิด โดยแบ่งเนื้อหาของการสัมภาษณ์ออกเป็น 3 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐาน

ส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว โดยใช้ลักษณะคำถามแบบปลายเปิด ตอนที่ 2) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ โดยใช้ลักษณะคำถามแบบปลายปิดแบบการประมาณค่า ทั้งนี้ ผู้วิจัยใช้มาตรวัดที่ปรับมาจากวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) โดยได้กำหนดค่าคะแนน ดังนี้ ตอบถูก หรือ ปฏิบัติ เท่ากับ 1 คะแนน ตอบผิด หรือ ไม่ปฏิบัติ เท่ากับ 0 คะแนน หลังจากนั้นผู้วิจัยนำคะแนนที่ได้มาทำการแบ่ง 3 ระดับ เพื่อใช้ในการแปลผลความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ ดังนี้ ความรู้และการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย (0.00-7.00 คะแนน) ระดับปานกลาง (7.01-14.00 คะแนน) ระดับมาก (14.01-21.00 คะแนน) ตามลำดับ และตอนที่ 3) แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะ ในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ โดยใช้ลักษณะคำถามแบบปลายเปิด ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าต่ำสุด ค่าสูงสุด และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้สถิติเชิงอ้างอิงเพื่อทดสอบสมมติฐาน คือ การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) แบบวิธีคัดเลือกเข้าทั้งหมด (Enter Method) ทั้งนี้ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระหลายตัวกับตัวแปรตาม (ความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมบางประการของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์

ผลการวิจัยพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย (ร้อยละ 59) มีอายุเฉลี่ย 46.7 ปี ทั้งนี้เกษตรกรสำเร็จการศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มากที่สุด (ร้อยละ 35.8) มีสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.3 คน เกษตรกรมีประสบการณ์ปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ย 6.25 ปี มีจำนวนแรงงานในครัวเรือนที่ทำการปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ย 2.6 คน มีแรงงานจ้างในการปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ย 1.63 คน ในปี พ.ศ. 2563 พบว่าเกษตรกรมีต้นทุนการปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ย 44,607.25 บาท โดยมีต้นทุนในการปลูกผักอินทรีย์ในด้านค่าจ้างแรงงาน ค่าซื้อเมล็ดพันธุ์ และค่าซื้อสมุนไพรเพื่อนำมาทำน้ำสกัด

เป็นต้น ทั้งนี้เกษตรกรทั้งหมดใช้ทุนตนเอง รายได้สุทธิจากการจำหน่ายผลผลิตผักอินทรีย์เฉลี่ย 148,150.55 บาท เกษตรกรไม่มีภาระหนี้สิน (ร้อยละ 61.9) และในส่วนเกษตรกรที่มีหนี้สิน พบว่า จะมีหนี้สินเฉลี่ย 17,239.98 บาท ด้านสังคม พบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร (ร้อยละ 77.6) แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชจากเพื่อนเกษตรกร (ร้อยละ 73.1) รองลงมาคือ อินเทอร์เน็ต (ร้อยละ 65.6) และสภาพการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกร พบว่า ส่วนใหญ่ปลูกในพื้นที่ของตนเอง (ร้อยละ 88.81) และมีจำนวนรอบการปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ย 4 รอบต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2563 การปลูกผักรอบที่ 1 พบว่า เกษตรกรปลูกผักกวางตุ้งมากที่สุด (ร้อยละ 80.60) การปลูกผักรอบที่ 2 พบว่า เกษตรกรปลูกผักชีมากที่สุด (ร้อยละ 42.54) การปลูกผักรอบที่ 3 พบว่า เกษตรกรปลูกสลัด มากที่สุด (ร้อยละ 47.01) การปลูกผักรอบที่ 4 พบว่า เกษตรกรปลูกกะหล่ำปลีมากที่สุด (ร้อยละ 64.18) และในปี พ.ศ. 2563 เกษตรกรมีผลผลิตผักอินทรีย์เฉลี่ย 3,154.13 กิโลกรัม

ความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกร

จากการวิเคราะห์ความรู้ในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านสรรพคุณของสมุนไพร พบว่า ประเด็นที่เกษตรกรตอบถูกมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ได้แก่ 1) สารสกัดยาสูบมีสารนิโคตินสูง สามารถใช้ฆ่าแมลงได้ ตลอดจนสามารถขับไล่และป้องกันกำจัดเชื้อราได้ คิดเป็นร้อยละ 88.81 รองลงมาคือ 2) สารสกัดบอระเพ็ดสามารถออกฤทธิ์ทำลายรังไข่ (ระบบสืบพันธุ์) ขัดขวางการกินอาหาร และหยุดการเจริญเติบโตของตัวแมลงได้ คิดเป็นร้อยละ 85.07 และ 3) สารสกัดจากข่ามีฤทธิ์ฆ่าแมลงศัตรูพืชและป้องกันกำจัดแมลงวันทอง คิดเป็นร้อยละ 74.63 ตามลำดับ ส่วนประเด็นความรู้ที่เกษตรกรตอบผิดมากที่สุด ได้แก่ สะเดา มีสารออกฤทธิ์ประเภทเป็นพิษทางกระเพาะอาหารและ

ระบบดูดซึมของแมลงศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 44.78 อาจเนื่องจากสะเดามีรสขมสำหรับมนุษย์ (สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, 2556) อาจทำให้เกษตรกรเข้าใจว่าสามารถกำจัดแมลงด้วยการพ่นใส่ลำตัวได้

2. ด้านการสกัดสมุนไพร พบว่า ประเด็นที่เกษตรกรตอบถูกมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ได้แก่ 1) สะเดา บอระเพ็ด ดาวเรือง พริก ยาสูบ ตะไคร้หอม และข่า ใช้วิธีการสกัดสารที่แตกต่างกันก่อนการนำไปใช้ และ 2) การสกัดสมุนไพรควรหมักในถังไม่มีฝาปิดและเก็บรักษาไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิสูงได้ คิดเป็นร้อยละ 91.79 เท่ากัน รองลงมาคือ 3) วิธีการสกัดสะเดา ตะไคร้หอม และข่า คือการนำมาหั่นให้เป็นชิ้นเล็กแล้วแช่น้ำทิ้งไว้ 1 ปี จึงจะใช้ได้ คิดเป็นร้อยละ 91.04 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่เกษตรกรตอบผิด ได้แก่ กระบวนการสกัดบอระเพ็ด คือ การนำบอระเพ็ดที่มีอายุ 10 เดือนขึ้นไปมาใช้ คิดเป็นร้อยละ 83.58 อาจเนื่องจากเกษตรกรมีความคิดว่าสามารถนำเครือบอระเพ็ดที่มีอายุเท่าใดก็ได้มาใช้ในการกำจัดแมลง

3. ด้านการนำสารสกัดไปใช้ พบว่า ประเด็นที่เกษตรกรตอบถูกมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ได้แก่ 1) การนำน้ำสกัดจากสมุนไพรไปใช้กับพืชที่กำลังแตกใบอ่อน เกษตรกรควรผสมในอัตราส่วนที่เจือจางกว่าปกติ คิดเป็นร้อยละ 98.51 2) น้ำสกัดสมุนไพรมีความเข้มข้นสูง ควรเจือจางน้ำก่อนฉีดพ่น คิดเป็นร้อยละ 85.82 และ 3) ภายหลังการฉีดพ่นน้ำสกัดสมุนไพร ควรสำรวจการเข้าทำลายของแมลงศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 85.07 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่เกษตรกรตอบผิด ได้แก่ หากฉีดพ่นน้ำสกัดสมุนไพรในช่วงเวลาแดดจัดหรือฝนตก จะทำให้ประสิทธิภาพของสารออกฤทธิ์เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 93.28 อาจเนื่องจากเกษตรกรไม่ทราบว่าหากฉีดน้ำสกัดตอนแดดจัด จะทำให้น้ำสกัดถูกทำให้ระเหยทันทีโดยแสงแดด และหากฉีดตอนฝนตก จะทำให้น้ำสกัดถูกชะล้างทันทีโดยน้ำฝน

โดยภาพรวม เกษตรกรส่วนใหญ่มีความรู้ในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์อยู่ในระดับ ‘ปานกลาง’ คิดเป็นร้อยละ 65.67 มีคะแนนเฉลี่ย 13.51 (Table 1)

Table 1 The total score of number and percentage of knowledge about using medicinal herbs to control insect pest of organic vegetable farmers

Level	No. of farmers	%
Low (between 0.00-7.00 score)	1	0.75
Medium (between 7.01-14.00 score)	88	65.67
High (between 14.01-21.00 score)	45	33.58
Total	134	100.00
$\bar{X}$ = 13.51 SD = 2.386 Min-Max = 5-18 Level = Medium		

จากการวิเคราะห์การปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ดังนี้

1. ด้านสรรพคุณของสมุนไพร พบว่า ประเด็นที่เกษตรกรปฏิบัติมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ได้แก่ 1) การใช้ น้ำสกัดจากสมุนไพรที่ต้องการและเหมาะสมกับพืชที่ปลูก ในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ปลูกในแปลง คิดเป็นร้อยละ 98.51 รองลงมาได้แก่ 2) การใช้ น้ำสกัดจาก สะเดาเพื่อป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ปลูก คิดเป็น ร้อยละ 83.58 และ 3) การใช้ น้ำสกัดจากพริกเพื่อป้องกัน และกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ปลูกในแปลง คิดเป็นร้อยละ 74.63 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่เกษตรกรไม่ปฏิบัติ ได้แก่ เกษตรกรมีการใช้น้ำสกัดจากยาสูบ เพื่อป้องกันและกำจัด แมลงศัตรูพืชในแปลงผัก คิดเป็นร้อยละ 72.39 อาจเนื่องจาก ยาสูบมีราคาแพงเกินกว่าที่จะนำมาทำเป็นสารสกัดสมุนไพร

2. ด้านการสกัดสมุนไพร พบว่า ประเด็นที่เกษตรกร ปฏิบัติมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ได้แก่ การสกัดสมุนไพร ที่ต้องการและเหมาะสมกับพืชที่ปลูก แล้วจึงกรองเอากาก ออกก่อนนำน้ำสกัดไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 92.54 ส่วนประเด็น

ที่เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ปฏิบัติ ได้แก่ การนำดาวเรืองมาสกัด ด้วยน้ำร้อน หลังจากนั้นจึงกรองเอากากออกก่อนนำ น้ำสกัดไปใช้ คิดเป็นร้อยละ 82.09 อาจเนื่องจากเกษตรกร ไม่ต้องการเพิ่มขั้นตอนที่ยุ่งยากในการสกัดสมุนไพร เช่น การต้มน้ำร้อน การกรองกากดาวเรือง เป็นต้น

3. ด้านการนำสารสกัดไปใช้ พบว่า ประเด็นที่ เกษตรกรปฏิบัติมากกว่าร้อยละ 50 ขึ้นไป ได้แก่ 1) การ สกัดแมลงที่ทำลายผักก่อนฉีดพ่นน้ำสกัด คิดเป็นร้อยละ 99.25 2) การนำน้ำสกัดสมุนไพรที่มีความเข้มข้นไปเจือจาง ด้วยน้ำก่อนนำไปพ่น คิดเป็นร้อยละ 96.27 และ 3) การ เก็บรักษาน้ำสกัดสมุนไพรไว้ในที่ร่ม อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส คิดเป็นร้อยละ 93.28 ตามลำดับ ส่วนประเด็นที่ เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ปฏิบัติ ได้แก่ การสวมชุดป้องกัน ตนเองก่อนที่จะพ่นน้ำสกัด คิดเป็นร้อยละ 85.82 อาจ เนื่องจากเกษตรกรคิดว่าน้ำสกัดไม่มีพิษร้ายแรงเหมือน สารเคมี จึงไม่สวมชุดป้องกันในขณะที่พ่นน้ำสกัด

โดยภาพรวม เกษตรกรส่วนใหญ่มีการปฏิบัติการใช้ สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์อยู่ใน ระดับ ‘ปานกลาง’ คิดเป็นร้อยละ 73.13 มีคะแนนเฉลี่ย 12.44 (Table 2)

Table 2 The total score of number and percentage of practices about using medicinal herbs to control insect pest of organic vegetable farmers

Level	No. of farmers	%
Low (between 0.00-7.00 score)	0	0
Medium (between 7.01-14.00 score)	98	73.13
High (between 14.01-21.00 score)	36	26.87
Total	134	100.00
$\bar{X}$ = 12.44 SD = 2.674 Min-Max = 8-20 Level = Medium		

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ในการศึกษาปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว โดยใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบคัดเลือกเข้าทั้งหมด ทั้งนี้ เพื่อหาว่าตัวแปรอิสระจำนวน 12 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ การศึกษา จำนวนแรงงานในครัวเรือน ค่าใช้จ่ายในการปลูกผักอินทรีย์ในปี พ.ศ. 2563 รายได้สุทธิจากการปลูกผักอินทรีย์ในปี พ.ศ. 2563 ภาระหนี้สิน การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรในปี พ.ศ. 2563 การรับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรในปี พ.ศ. 2563 ประสบการณ์การปลูกผักอินทรีย์ ณ ปี พ.ศ. 2563 ขนาดพื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ในปี พ.ศ. 2563 ผลผลิตผักอินทรีย์ในปี พ.ศ. 2563 กับตัวแปรตามคือ ความรู้และการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืช มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และส่งผลในเชิงบวกหรือเชิงลบกับตัวแปรตาม ในส่วนของการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยกันเอง (multicollinearity) โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า ไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีความสัมพันธ์กันมากกว่า 0.80 ซึ่งเป็นการละเมิดเงื่อนไขเบื้องต้นของการวิเคราะห์ถดถอยพหุ (สุชาติ, 2546)

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้ในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว พบว่า

ค่า $F = 5.344$ แสดงให้เห็นว่ามีตัวแปรอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในรูปแบบเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple coefficient of determination, R^2) พบว่า ค่า $R^2 = 0.346$ หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 34.6 และพบว่า มีตัวแปรอิสระจำนวน 1 ตัวแปร ได้แก่ ประสบการณ์ในการปลูกผักอินทรีย์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความรู้ในการใช้สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งอาจเนื่องมาจากการที่เกษตรกรมีประสบการณ์การปลูกผักอินทรีย์มานาน ทำให้มีความรู้เกี่ยวกับการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์มากขึ้นตามไปด้วย เกษตรกรมีการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเอง ย่อมส่งผลให้บุคคลนั้นมีการรับรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์ที่ได้รับนั้นดียิ่งขึ้นไป และประสบการณ์ได้ช่วยสร้างความรู้ ทักษะ และเจตคติแก่เกษตรกร ด้วยการนำเอาประสบการณ์เดิมของเกษตรกรผู้นั้นมาบูรณาการเพื่อสร้างการเรียนรู้ใหม่ ๆ ขึ้น โดยมีจุดเด่นที่เพิ่มขึ้นมาคือ การนำสิ่งที่เคยปฏิบัติให้สามารถนำไปต่อยอดความรู้เดิมให้ดียิ่งขึ้นได้ (Table 3) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ชนิตา และคณะ (2562) พบว่าประสบการณ์การใช้สมุนไพรมีความสัมพันธ์กับความรู้และพฤติกรรม การใช้สมุนไพรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเมื่อมีการเจ็บป่วยเล็กน้อย คนมักจะใช้พืชสมุนไพรนั้นในการบำบัดรักษาตนเองเบื้องต้น เมื่อใช้รักษาได้ผล ก็เกิดการเรียนรู้ถึงประโยชน์และรู้ว่าสมุนไพรชนิดนั้นใช้รักษาอาการได้ เมื่อมีอาการนั้นอีก ก็จะใช้สมุนไพรชนิดเดิมเข้ามารักษาอาการนั้นอีกครั้งตามประสบการณ์ที่เคยพบเจอ

Table 3 An analysis of the relationship between independent variables and farmers' knowledge in using medicinal herbs to control insect pest of organic vegetable farmers (N = 134)

Variables	Unstandardized Coefficients	t	Sig.
(Constant)	10.423	8.002	0.000
(1) GENDER	0.753	1.813	0.072
(2) AGE	-0.009	-0.411	0.682
(3) EDU	0.032	0.474	0.636
(4) LABOR	-0.053	-0.263	0.793
(5) EXPENSE	4.095E-06	0.503	0.616
(6) INCOME	-3.580E-07	-0.120	0.905
(7) DEBT	-5.977E-06	-0.876	0.383
(8) OFFICER	0.389	0.825	0.411
(9) MEDIA	0.498	0.942	0.348
(10) EXPERIENCE	0.348	4.756	0.000**
(11) AREA (rai)	0.035	0.836	0.405
(12) OUTPUT (kg)	1.007E-05	0.111	0.912
R = 0.589 R ² = 0.346 SEE = 2.022 F = 5.344 Sig. of F = 0.000			

Remarks: **Statistically significant level at 0.01

จากผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว พบว่าค่า $F = 4.064$ แสดงให้เห็นว่ามีตัวแปรอย่างน้อย 1 ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามในรูปแบบเชิงเส้น เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจเชิงพหุ (Multiple coefficient of determination, R^2) พบว่า ค่า $R^2 = 0.287$ หมายความว่า ตัวแปรอิสระทั้งหมดสามารถอธิบายการผันแปรของตัวแปรตามได้ร้อยละ 28.7 และพบว่า มีตัวแปรอิสระจำนวน 2 ตัวแปร ได้แก่ ระดับการศึกษาของเกษตรกรมีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และประสบการณ์ปลูกผักอินทรีย์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ตามลำดับ ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ระดับการศึกษา มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า เกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงกว่า จะมีการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์มากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า อาจเนื่องจากเกษตรกรที่มีระดับ

การศึกษาสูงนั้น อาจจะเข้าถึงข้อมูลและได้รับความรู้เกี่ยวกับสมุนไพรและการเกษตรอินทรีย์ในช่วงที่ศึกษาเล่าเรียนอยู่ในขณะที่เกษตรกรผู้ที่มีระดับการศึกษาต่ำกว่า อาจจะได้ศึกษาวิทยาการด้านสมุนไพรและการเกษตรอินทรีย์ในสถานศึกษาระดับชั้นต้น อีกทั้งเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาสูงนั้น อาจมีการศึกษาหาความรู้หรือค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้หลากหลายแหล่งและรอบด้านมากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาน้อยกว่า จึงทำให้เกษตรกรผู้มีความรู้สูงกว่าสามารถปฏิบัติในการใช้สมุนไพรในการปลูกผักอินทรีย์มากกว่า (Table 6) สอดคล้องกับ อาจริย์และคณะ (2563) พบว่าเกษตรกรที่มีการศึกษาสูง จะมีแหล่งการศึกษาหาความรู้หรือข้อมูลจากหลายแหล่งและรอบด้านในเรื่องการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ทั้งยังมีการรับรู้และเข้าใจมากกว่าเกษตรกรที่มีระดับการศึกษาน้อย และยังสอดคล้องกับการศึกษาของ ธนภูมิ และคณะ (2563) พบว่า การศึกษาเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่เข้าสู่วัยผู้สูงอายุ ทั้งยังได้รับการศึกษาแบบสมัยใหม่ จึงยังมีความสนใจพร้อมรับแนวทางใหม่และยอมรับเกี่ยวกับความรู้ด้านเกษตรอินทรีย์ และอาจนำมาปฏิบัติให้เกิดผลได้

2. ประสบการณ์ปลูกผักอินทรีย์ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์ปลูกผักอินทรีย์มากกว่า จะมีการปฏิบัติด้านการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์มากกว่าเกษตรกรที่มีประสบการณ์น้อย อาจเนื่องมาจากเกษตรกรที่มีประสบการณ์ปลูกผักอินทรีย์มากกว่า ได้ผ่านการลองผิดลองถูกในการใช้สมุนไพรเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืชมาแล้ว โดยได้เรียนรู้จากความผิดพลาดและความสำเร็จของตนเองในอดีต จึงมีความมั่นใจในการปฏิบัติด้านการใช้สมุนไพรเพื่อกำจัดแมลงศัตรูพืช และจึงลงมือทำ

มากกว่า (Table 4) สอดคล้องกับ ณัฐวุฒิ และพหล (2563) พบว่า ประสบการณ์ในการปลูกมะม่วงมีผลต่อการยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม เนื่องจากเกษตรกรที่มีประสบการณ์ในการปลูกมะม่วง เป็นผู้มีความรู้และความชำนาญ และพร้อมที่จะพัฒนาตนเองตลอดเวลา ทั้งยังสอดคล้องกับการศึกษาของ ชัยรัตน์ และพัชรหทัย (2563) พบว่า เกษตรกรที่มีประสบการณ์การเพาะปลูกมาเป็นเวลานาน จะตระหนักถึงความสำคัญของการเลือกซื้อปุ๋ยเคมีเพื่อนำมาพัฒนาพื้นที่การเกษตร และขยายฐานการเกษตรของตน

Table 4 An analysis of the relationship between independent variables and farmers' practices in using medicinal herbs to control insect pest of organic vegetable farmers (N = 134)

Variables	Unstandardized Coefficients	t	Sig.
(Constant)	7.360	4.829	0.000
(1) GENDER	0.401	0.826	0.410
(2) AGE	-0.003	-0.138	0.890
(3) EDU	0.171	2.151	0.033*
(4) LABOR	0.177	0.754	0.453
(5) EXPENSE	-3.917E-07	-0.041	0.967
(6) INCOME	4.601E-06	1.319	0.190
(7) DEBT	-5.667E-06	-0.710	0.479
(8) OFFICER	-0.031	-0.056	0.956
(9) MEDIA	0.728	1.177	0.241
(10) EXPERIENCE	0.289	3.380	0.001**
(11) AREA (rai)	-0.024	-0.483	0.630
(12) OUTPUT (kg)	7.010E-05	0.657	0.512
R = 0.536 R ² = 0.287 SEE = 2.366 F = 4.064 Sig. of F = 0.000			

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

ปัญหา ความต้องการ และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ปัญหาในการใช้สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชของเกษตรกร

จากผลการวิจัย พบว่า ปัญหาหลักในการใช้สมุนไพรที่เกษตรกรประสบมี 4 ประเด็น ดังนี้ 1) ปัญหาด้านการขาด

ความรู้ในการนำสมุนไพรมาใช้รวมถึงวิธีการสกัดสมุนไพรที่ไม่มีประสิทธิภาพ คิดเป็นร้อยละ 82.08 2) ปัญหาด้านสื่อการเผยแพร่ข่าวสาร และการแนะนำที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับการนำเสนอความรู้และวิธีการปฏิบัติด้านการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชในการปลูกผักอินทรีย์ที่เข้าใจง่ายต่อเกษตรกรและสามารถนำไปปฏิบัติจริง คิดเป็นร้อยละ 41.04 3) ปัญหาด้านต้นทุนและแหล่งจัดหาสมุนไพร คิดเป็นร้อยละ 33.58 และ 4) ปัญหาด้านองค์ความรู้เดิมเกี่ยวกับใช้สมุนไพร

ของเกษตรกร ไม่สอดคล้องต่อการเปลี่ยนแปลงของยุคสมัย และเหตุการณ์ เช่น เรื่องแมลงที่ถูกลำเลียงและก่อให้เกิดโรคพืชที่เกิดขึ้นใหม่ การระบาดของเพลี้ยบางชนิดและด้วงหมัดดินที่เกษตรกรไม่สามารถควบคุมได้ ฯลฯ คิดเป็นร้อยละ 33.58 ตามลำดับ

ความต้องการและข้อเสนอแนะของเกษตรกรในการใช้สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

เกษตรกรมีความต้องการด้านการใช้สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช ดังนี้ 1) เทคนิควิชาการด้านการปลูกผักอินทรีย์แบบใหม่ คิดเป็นร้อยละ 93.28 2) การจัดหาเมล็ดพันธุ์ผักที่มีคุณภาพและทนทานต่อแมลงศัตรูพืช คิดเป็นร้อยละ 40.29 3) การตั้งกลุ่มสมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช และการรวมตัวกันเพื่อการร่วมมือทางด้านสมุนไพรที่จะนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์กับการปลูกผักอินทรีย์ คิดเป็นร้อยละ 37.31 และ 4) การขยายสถานที่หรือตลาดสำหรับการจำหน่ายผลผลิตผักอินทรีย์ คิดเป็นร้อยละ 33.58 ตามลำดับ โดยเกษตรกรเสนอแนะ ดังนี้ 1) ควรจัดฝึกอบรมการใช้สมุนไพรแบบวิชาการสมัยใหม่สมุนไพรทางเลือก และสารชีวภัณฑ์อื่น ๆ แก่เกษตรกร คิดเป็นร้อยละ 89.55 2) สนับสนุนให้เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีการจัดทำและแบ่งปันคลิปนำเสนอทางสื่อสังคมออนไลน์ คิดเป็นร้อยละ 55.97 3) ควรสนับสนุนให้กลุ่มเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีกองทุนและมีเครือข่ายเพิ่มเติม คิดเป็นร้อยละ 37.31 และ 4) ควรสนับสนุนให้เกษตรกรเพิ่มทักษะด้านการนำสมุนไพรในท้องถิ่นไปใช้เพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชให้มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.58 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีประสบการณ์ปลูกผักเฉลี่ยคนละ 6.25 ปี มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 5.3 คน จำนวนแรงงานในครัวเรือนที่ทำการปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ย 2.6 คน ไม่ได้จ้างแรงงานจ้างในการปลูกผักอินทรีย์ และค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมทุกด้านในการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกรในปี พ.ศ. 2563 เฉลี่ยรายละ 44,607.25 บาท เกษตรกรทั้งหมดใช้ทุนตนเองในการปลูกผักอินทรีย์ และทำการเพาะปลูกในพื้นที่ตนเอง โดยปลูกผักอินทรีย์เฉลี่ยปีละ 4 รอบ รายได้เฉลี่ยสุทธิของเกษตรกรจากการขาย

ผลผลิตผักอินทรีย์ในปี พ.ศ. 2563 คือ 148,150.55 บาท ไม่มีภาระหนี้สิน เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ติดต่อเจ้าหน้าที่ และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยผ่านช่องทางเพื่อนเกษตรกรและช่องทางอินเทอร์เน็ต

เกษตรกรมีความรู้ด้านสรรพคุณของสมุนไพรในระดับสูง มีความรู้ด้านการสกัดสมุนไพรในระดับปานกลาง และมีความรู้ในด้านการนำสารสกัดไปใช้ในระดับปานกลาง และมีการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชเกี่ยวกับด้านสรรพคุณของสมุนไพรในระดับปานกลาง การปฏิบัติด้านการสกัดสมุนไพรในระดับน้อย แต่มีการปฏิบัติด้านการนำสารสกัดไปใช้ในระดับสูง สำหรับปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับความรู้นในการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ในนครหลวงเวียงจันทน์ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ประสิทธิภาพการปลูกผักอินทรีย์โดยมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ ระดับการศึกษาซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และประสิทธิภาพปลูกผักอินทรีย์ ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยเกษตรกรพบปัญหาที่สำคัญเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืช คือ ปัญหาด้านการขาดความรู้ในการนำสมุนไพรมาใช้ รวมถึงวิธีการสกัดสมุนไพรให้มีประสิทธิภาพ ปัญหาด้านสื่อสำหรับเผยแพร่ข่าวสารความรู้และวิธีการปฏิบัติด้านการใช้สมุนไพร ปัญหาด้านต้นทุนและแหล่งจัดหาสมุนไพร รวมทั้งปัญหาด้านองค์ความรู้เดิมไม่สอดคล้องต่อการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์การปลูกผักอินทรีย์

ข้อเสนอแนะ

1. เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้ติดต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร และได้รับข่าวสารเกี่ยวกับการใช้สมุนไพรควบคุมแมลงศัตรูพืชจากช่องทางเพื่อนเกษตรกร และช่องทางอินเทอร์เน็ต ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมปลูกผัก กระทรวงกลาโหมและป่าไม้ บริษัทรับซื้อผักอินทรีย์ ฯลฯ ควรสนับสนุนให้เกษตรกรร่วมกันจัดทำสื่อด้านการใช้สมุนไพรในการปลูกผักอินทรีย์ และแบ่งปันข้อมูลในช่องทางทางสังคมออนไลน์ เพื่อส่งเสริมให้เกษตรกรแลกเปลี่ยนความรู้และแนวทางการปฏิบัติในการพัฒนาการเกษตรของตนเอง เพื่อให้ได้ผลดีมากขึ้น

2. การที่เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีประสบการณ์มาก จะทำให้เกิดความรู้และการปฏิบัติในการใช้สมุนไพรมากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น หน่วยงานภาครัฐและเอกชนที่เกี่ยวข้อง เช่น กรมปลูกผัก กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้ บริษัทรับซื้อผักเกษตรอินทรีย์ ฯลฯ ควรสนับสนุนให้เกษตรกรพบปะและร่วมกันแบ่งปันประสบการณ์อย่างสม่ำเสมอ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ด้านการใช้สมุนไพรในการปลูกผักอินทรีย์

3. ห้องการกสิกรรมเมือง ของแต่ละเมืองในนครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว ควรติดตามและส่งเสริมการใช้สมุนไพรในการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกรอย่างใกล้ชิด เพื่อนำผลมาปรับปรุงการส่งเสริมการเกษตรอย่างต่อเนื่อง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ (Thailand International Cooperation Agency: TICA) แห่งประเทศไทย และวิทยาลัยเทคนิคกสิกรรมดงคำซำง สปป.ลาว ที่ให้การสนับสนุนการศึกษาวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมปลูกผัก กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้ สปป.ลาว. 2005. กสิกรรมอินทรีย์. Organic Matters 1(1): 1-4.
กิตติพงษ์ พิพิฑกุล. 2563. เกษตรอินทรีย์วิถีสู่สังคมเกษตรยั่งยืน: ยุทธศาสตร์พัฒนาข้าวอินทรีย์. วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 10(1): 116-130.
ชนิดา มัททวงกูร ขวัญเรือน กำวิฑู สุธิดา ดีหนู และสิริณัฐ สีนวรรณกุล. 2562. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับพฤติกรรมการใช้สมุนไพรของประชาชนในเขตภาคเหนือ. วารสารพยาบาลศาสตร์มหาวิทยาลัยสยาม 20(39): 99-109.
ชัยรัตน์ ถึงสาคร และพัชรหทัย จารุทวีผลบุญ. 2563. ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อปุ๋ยเคมีของเกษตรกรผู้ปลูกข้าวในเขตจังหวัดปทุมธานี. การประชุมนำเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาครั้งที่ 15 ปีการศึกษา 2563 มหาวิทยาลัยรังสิต 13 สิงหาคม 2563, มหาวิทยาลัยรังสิต, กรุงเทพฯ. น. 991-1002.
ณัฐภูมิ จันทอง และพล ศักดิ์คะหัง. 2563. การยอมรับการผลิตมะม่วงตามหลักเกษตรที่ดีและเหมาะสม

ของเกษตรกรในอำเภอสามโก้ จังหวัดอ่างทอง. วารสารเกษตร 32(1): 19-27.

ธนภูมิ เวียตตัน นครศร รังควัด พุฒิสรรค์ เครือคำ และสายสกุล พองมูล. 2563. การยอมรับเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตมะม่วงอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. วารสารผลิตกรรมการเกษตร 3(3): 81-92.
บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2540. ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 7. เจริญผล. กรุงเทพฯ.

สถานกงสุลใหญ่ ณ แขวงสะหวันนะเขต. 2563. เกษตรอินทรีย์ โอกาสของธุรกิจไทยใน สปป.ลาว: กรณีน้ำตาลออร์แกนิก. แหล่งข้อมูล <https://savannakhet.thaiembassy.org/th/content/เกษตรอินทรีย์> (22 มีนาคม 2565).

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 2556. การผลิตและการใช้สารสกัดสะเดาในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูพืช. บริษัททริปเพิล กรุ๊ป จำกัด. ปทุมธานี.

สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า (สนค.). กระทรวงพาณิชย์. 2564. ภาพรวมตลาดสินค้าเกษตรอินทรีย์. แหล่งข้อมูล https://www.tracethai.com/data_vientiane.pdf (5 มกราคม 2565).

สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. 2546. ระเบียบวิธีการวิจัยทางสังคมศาสตร์. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์. กรุงเทพฯ.

อาจิย์ วันเมือง วรทัศน์ อินทรคัมพร ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล และแสงทิศา สุริยงค์. 2563. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารผลิตกรรมการเกษตร 3(3): 57-66.

Kethongsa, S., T. Khamtanh, and M. Paule. 2004. Vegetable marketing in Vientiane (Lao PDR). Vien Nghien cuu Rau qua, Hanoi.

Lao, P. 2021. Xaythany farmers form cooperative to boost supply of organic produce. Available: https://www.vientianetimes.org.la/freeContent/FreeContent_Xaythany206.php (January 5, 2022.)

Yamane, T. 1967. Statistics: An Introductory Analysis. 2nd Edition, Harper and Row, New York.

ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

Factors Effecting Rice Cultivation under Organic Farming Standards of Farmers Mueang District, Phayao Province

ชินอิศเรศ ฐิติชาตินันท์ ปิยะ พละปัญญา* นครเรศ รังควัต และ พุฒิสรรค์ เครือคำ

Chinaitaret Thitichattinan Piya Palapanya* Nakarate Rungkawat and Phutthisun Kruekum

สาขาส่งเสริมการเกษตรและการพัฒนาชนบท คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัด
เชียงใหม่ 50290

Division of Agricultural Extension and Rural Development, Faculty of Agricultural Production, Maejo
University, sansai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: piya_p@mju.ac.th.

(Received: 25 July 2022; Revised: 29 August 2022; Accepted: 26 September 2022)

Abstract

The study was conducted to investigate: 1) socio-economic attributes and knowledge about organic agriculture standards of farmers; 2) rice growing practice under organic agriculture standards of the farmers; 3) factors effecting organic rice growing practice of the farmers; and 4) problems encountered and suggestions about organic rice growing practice of the farmers. A set of questionnaires was used for data collection administered with a sample group of 125 organic rice farmers in Mueang district, phayao province. Obtained data were analyzed by using Multiple regression and descriptive statistics.

Results of the study revealed that most of the respondents were male, 59 years old on averages, married, and elementary school graduates or below. They had 4 household members and 4 workforce on average. The respondents had 6.01 rai of an agricultural area and earned an income from organic rice growing for 30,732.46 baht per year on average. The respondents perceived new or information about organic rice growing for 87 times per year on average and mainly through the television. They contacted the agricultural extension worker twice a year and the organic rice farmer group twice a year on average. The respondents attended a training or rice growing under organic agriculture standards twice a year on average. Most of the respondents were not village committee members and they did not have any social position.

Findings showed that the respondents had a moderate level of organic rice growing practice. The following factors had on effect on organic rice growing practice with a statistical significance level: age, training on rice growing under organic agriculture standards, and knowledge about organic agriculture standards. The following were problems encountered: complicated data recording system, diseases, insects/weeds, and low price of yields. The following were suggestions by the respondents: 1) concerned

agency should prepare a simple data recording system; 2) a training on pest prevention and control; and 3) support the price of organic rice to be higher than general rice.

Keywords: Organic agriculture, organic-rice farmers, Phayao province

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม และความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร 2) ศึกษาการปฏิบัติการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร 3) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติในการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร และ 4) ศึกษาปัญหา และข้อเสนอแนะในการปฏิบัติตามมาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกร กลุ่มตัวอย่าง คือ เกษตรกรผู้ผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ในอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ซึ่งได้จากการสุ่มกลุ่มตัวอย่างโดยทราบขนาดประชากรโดยใช้สูตร Yamane (1973) ได้จำนวน 125 ราย เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามที่มีค่าความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติอนุมาน การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณแบบคัดเลือกเข้า

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 59.23 ปี ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส จบการศึกษาระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน มีจำนวนแรงงานเฉลี่ย 4 คน มีพื้นที่ผลิตข้าวเฉลี่ย 6.01 ไร่ ในปี พ.ศ. 2564 เกษตรกรมีรายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 30,732.46 บาท มีหนี้สินในครัวเรือนเฉลี่ย 232,581.94 บาท มีประสบการณ์ในการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 7 ปี เกษตรกรรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 87 ครั้งต่อปี โดยรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์จากสื่อโทรทัศน์เป็นหลัก ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ติดต่อกับกลุ่มผู้ผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ทั้งในกลุ่มเดียวกันและระหว่างกลุ่มเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี เข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นคณะกรรมการหมู่บ้าน ไม่มีตำแหน่งทางสังคม และเกษตรกรมีการปฏิบัติในการผลิตข้าวอินทรีย์อยู่ในระดับปานกลาง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ได้แก่ อายุ การเข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ สำหรับปัญหาในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรที่สำคัญ คือ ระบบการบันทึกข้อมูลยุ่งยาก ปัญหาโรค แมลงและวัชพืช และราคาข้าวต่ำ ซึ่งเกษตรกรมีข้อเสนอแนะให้หน่วยงานที่รับผิดชอบจัดทำแบบบันทึกข้อมูลที่ง่ายและสะดวกต่อเกษตรกร อบรมให้ความรู้เรื่องการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ และช่วยพยุงราคาข้าวอินทรีย์เพื่อจำหน่ายได้ในราคาสูงกว่าราคาข้าวที่ปลูกแบบทั่วไป

คำสำคัญ: เกษตรอินทรีย์ เกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ จังหวัดพะเยา

บทนำ

การผลิตข้าวอินทรีย์เพื่อการค้าในประเทศไทย เริ่มต้นเมื่อปี พ.ศ. 2534 โดยความร่วมมือของภาครัฐ เอกชน และเกษตรกร แต่พื้นที่การผลิตยังมีขนาดเล็ก เนื่องจากพื้นที่ที่เหมาะสมตามเงื่อนไขมีจำกัด รวมถึงการวางระบบการผลิต การตรวจสอบและรับรองผลผลิตยังไม่สมบูรณ์ ช่วงเริ่มต้นมีพื้นที่ผลิตข้าวอินทรีย์ประมาณปีละ 6,000 ไร่ ในพื้นที่ 3 อำเภอ คือ อำเภอลี้ อำเภอยางตลาด จังหวัดพะเยา และอำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย ผลิตข้าวพันธุ์หอมมะลิ ได้ผลผลิตข้าวเปลือกปีละ 2,000-3,000 ตันต่อปี ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 400 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการผลิตในปี พ.ศ. 2541 มีพื้นที่ปลูก 3,000 ไร่ ใน 2 อำเภอ คือ อำเภอลี้ จังหวัดพะเยา

และอำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย ได้ผลผลิตรวมประมาณ 1,500 ตัน ซึ่งการตรวจสอบคุณภาพข้าว และสารพิษตกค้างในเมล็ดข้าวแปรรูปเพื่อจำหน่ายนั้น ขาดมีคุณภาพดี ไม่มีสารพิษตกค้าง นอกจากนี้ราคาจำหน่ายข้าวหอมมะลิอินทรีย์มีราคาสูงกว่าข้าวหอมมะลิที่มีการใช้สารเคมี (อาจริย และคณะ, 2564)

การผลิตข้าวอินทรีย์เป็นระบบการผลิตข้าวที่ไม่ใช้สารเคมีทางการเกษตรทุกชนิด เช่น ปุ๋ยเคมี สารเคมีควบคุมการเจริญเติบโต สารเคมีควบคุมและกำจัดวัชพืช สารเคมีป้องกันกำจัดโรค แมลงและศัตรูข้าว ตลอดจนสารเคมีที่ใช้รมเพื่อป้องกันกำจัดแมลงศัตรูข้าวในโรงเก็บ การผลิตข้าวอินทรีย์นับเป็นระบบการเกษตรและการผลิตแบบ

องค์กรร่วม ทำให้เกิดความปลอดภัยในระบบนิเวศ ผู้ผลิต และผู้บริโภค

การผลิตข้าวอินทรีย์มีหลักการว่า จะต้องหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีและสารที่ผ่านกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมีทุกชนิดในทุกขั้นตอนการผลิตและเก็บรักษาสผลผลิต แต่ให้ใช้ความอุดมสมบูรณ์จากอินทรีย์วัตถุในสภาพธรรมชาติ และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินด้วยวัสดุอินทรีย์ ส่วนการป้องกันกำจัดศัตรูข้าว ใช้แมลงศัตรูธรรมชาติเพื่อควบคุมการระบาด ใช้ข้าวพันธุ์ต้านทาน วิธีปลูก และวิธีการจัดการข้าวที่เหมาะสม เพื่อสร้างสมดุลธาตุอาหารในต้นข้าวทำให้ต้นข้าวมีความแข็งแรงต้านทานโรคได้ดีและอาจใช้สารสกัดจากพืชในกรณีที่มีการระบาดรุนแรง ส่วนศัตรูข้าวให้ใช้วิธีกลและศัตรูธรรมชาติ ทั้งนี้ต้องเลือกพื้นที่ให้เหมาะสมต่อการผลิตข้าวอินทรีย์ด้วย (กรมการข้าว, 2558)

จังหวัดพะเยา เป็นจังหวัดชายแดน ตั้งอยู่ทางภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย มีเนื้อที่รวมประมาณ 6,335.06 ตารางกิโลเมตร มีขนาดพื้นที่ใหญ่เป็นลำดับที่ 5 ของภาคเหนือ โดยมีพื้นที่คิดเป็นร้อยละ 4 ของภาคเหนือและคิดเป็นร้อยละ 1.2 ของประเทศ อาณาเขตติดต่อกับจังหวัดใกล้เคียง ได้แก่ ทิศเหนือติดต่อกับอำเภอพาน อำเภอป่าแดด และอำเภอเทิง จังหวัดเชียงราย ทิศใต้ติดต่อกับอำเภอจาง จังหวัดลำปาง และอำเภอสอง จังหวัดแพร่ ทิศตะวันออกติดต่อกับอำเภอสองแคว อำเภอท่าวังผา อำเภอเมืองน่าน อำเภอบ้านหลวง จังหวัดน่าน ทิศตะวันตกติดต่อกับอำเภอจาง อำเภอวังเหนือ จังหวัดลำปาง ลักษณะภูมิประเทศโดยทั่วไปล้อมรอบไปด้วยเทือกเขาทั้งด้านตะวันออก ด้านตะวันตก ด้านใต้ และตอนกลางของจังหวัด เทือกเขาเหล่านี้จะทอดตัวเป็นแนวยาวจากเหนือลงใต้มีที่ราบเหมาะแก่การเพาะปลูก อยู่สองข้างเทือกเขาและระหว่างลำน้ำมีเนื้อที่ภูเขาสูงและสูงมากที่สุดประมาณร้อยละ 47 ของพื้นที่จังหวัด มีพื้นที่เนินเขาเหมาะที่ราบประมาณร้อยละ 35 และมีที่ราบลุ่มน้อยที่สุดประมาณร้อยละ 18 เท่านั้น (สำนักงานคณะกรรมการข้อมูลข่าวสารของราชการ, 2565)

พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดพะเยา ได้แก่ ข้าวนาปี (ข้าวหอมมะลิ ข้าวเจ้าทั่วไป ข้าวเหนียว และข้าวอื่น ๆ) ข้าวนาปรัง (ข้าวเจ้าพิษณุโลก 2 และข้าวเหนียวสันป่าตอง) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ลิ้นจี่ ยางพารา ลำไย และมันสำปะหลัง โรงงาน ปัจจุบันจังหวัดพะเยามีนโยบายเพิ่มพื้นที่การผลิตข้าวอินทรีย์ เพื่อรองรับความต้องการข้าวอินทรีย์ของผู้บริโภคทั้งภายในประเทศและการส่งข้าวอินทรีย์จำหน่ายไปยัง

ต่างประเทศ (สำนักงานคณะกรรมการข้อมูลข่าวสารของราชการ, 2565)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา โดยพิจารณาถึงลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร ศึกษาความรู้และการปฏิบัติตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการปฏิบัติตามมาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ รวมถึงการยอมรับปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะของเกษตรกรเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์ เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยไปใช้ในการวางแผนงานส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ในพื้นที่จังหวัดพะเยาและพื้นที่ใกล้เคียงต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปริมาณเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา รวมทั้งหมด 15 ตำบล ดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2564 ถึงเดือนกรกฎาคม 2565 โดยมีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษา คือ เกษตรกรที่ขึ้นขอการรับรองระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ในปี พ.ศ. 2564-2565 จำนวน 181 ราย จากนั้นทำการกำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้สูตร Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างของสมาชิกเท่ากับ 125 คน

การเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เก็บรวบรวมข้อมูลเกษตรกรที่ขึ้นขอการรับรองระบบการผลิตข้าวอินทรีย์ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ในปี พ.ศ. 2564/2565 จำนวน 125 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย ซึ่งมีจำนวน 4 ตอน ดังนี้ ตอนที่ 1 ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมบางประการของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ อำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา ตอนที่ 2 แบบสอบถามความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร ตอนที่ 3 แบบสอบถามเกี่ยวกับการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร และ

ตอนที่ 4 ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล ลักษณะทางเศรษฐกิจ ลักษณะทางสังคมบางประการ ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร รวมถึงการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร โดยใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2) การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร โดยใช้สถิติการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) แบบ Enter ซึ่งใช้โปรแกรมสถิติเพื่อสังคมศาสตร์ช่วยในการวิเคราะห์ และ 3) การวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร โดยใช้วิธีการบรรยายในการวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนา

การปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร ได้แบ่งระดับการปฏิบัติออกเป็น 5 ระดับ และให้คะแนน 1-5 คะแนน ตามระดับการปฏิบัติ น้อยที่สุดไปยังมากที่สุด และนำมาหาค่าเฉลี่ยของระดับการปฏิบัติ ได้ค่าดังต่อไปนี้

ค่าคะแนน ระดับการปฏิบัติ

4.51 – 5.00	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับมาก
2.51 – 3.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อย
1.00 – 1.50	มีการปฏิบัติอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ในส่วนการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ใช้การวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) เพื่อหาว่าตัวแปรอิสระใดมีผลต่อตัวแปรตาม คือ การปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และมีความสัมพันธ์กันในทิศทางใดกับตัวแปรตาม (เชิงบวกหรือเชิงลบ) ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้ใช้ตัวแปรอิสระจำนวน 17 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ

สถานภาพทางการสมรส ระดับการศึกษาสูงสุด จำนวนสมาชิกในครัวเรือน จำนวนแรงงานในครัวเรือน พื้นที่ผลิตข้าว รายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์ จำนวนหนี้สินในครัวเรือน ประสบการณ์ในการผลิตข้าวอินทรีย์ การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์ การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร การติดต่อกับกลุ่มผู้ผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ การเข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ การเป็นคณะกรรมการหมู่บ้านหรือชมรมตำแหน่งทางสังคม และความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ โดยใช้การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า ไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีความสัมพันธ์กันสูงกว่า 0.80 ที่จะก่อให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระด้วยตนเอง (Multicollinearity) อันเป็นการละเมิดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยพื้นฐานส่วนบุคคลเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร ประกอบด้วย 17 ตัวแปร ได้แก่ เพศ (SEX) อายุ (AGE) สถานภาพทางการสมรส (STAT) ระดับการศึกษาสูงสุด (EDU) จำนวนสมาชิกในครัวเรือน (FAM) จำนวนแรงงานในครัวเรือน (LAB) พื้นที่ผลิตข้าว (AREA) รายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์ (INCOM) จำนวนหนี้สินในครัวเรือน (DEBT) ประสบการณ์ในการผลิตข้าวอินทรีย์ (EXP) จำนวนการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์ (INFORM) การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร (OFFICER) การติดต่อกับกลุ่มผู้ผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (CONT) การเข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (TRAIN) การเป็นคณะกรรมการหมู่บ้านหรือชมรม (COMM) ตำแหน่งทางสังคม (POSIT) และความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (KNOW) ต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา (PRACTICE) ดังแสดงได้จากสมการถดถอยพหุ ดังนี้

$$\begin{aligned} PRACTICE = & b_0 + b_1SEX + b_2AGE + b_3STAT + b_4EDU \\ & + b_5FAM + b_6LAB + b_7AREA + b_8INCOM \\ & + b_9DEBT + b_{10}EXP + b_{11}INFORM + \\ & b_{12}OFFICER + b_{13}CONT + b_{14}TRAIN + \\ & b_{15}COMM + b_{16}POSIT + b_{17}KNOW \end{aligned}$$

โดยที่ b_0 คือ ค่าคงที่ $b_1, b_2, \dots, b_{17}$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแปรอิสระ

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของเกษตรกร

ผลการศึกษาพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 59.23 ปี ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส จบการศึกษาในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน มีจำนวนแรงงานเฉลี่ย 4 คน มีพื้นที่ผลิตข้าวเฉลี่ย 6.01 ไร่ ในปี พ.ศ. 2564 เกษตรกรมีรายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 30,732.46 บาท มีหนี้สินในครัวเรือนเฉลี่ย 232,581.94 บาท มีประสบการณ์ในการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 7 ปี เกษตรกรรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 87 ครั้งต่อปี โดยรับรู้ข้อมูลข่าวสารจากสื่อโทรทัศน์เป็นหลัก ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร

เฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ติดต่อกับกลุ่มผู้ผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี เข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นคณะกรรมการหมู่บ้าน ไม่มีตำแหน่งทางสังคม

การปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

ผลการศึกษาการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรพบว่า มีค่าเฉลี่ยการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรเท่ากับ 4.43 ซึ่งอยู่ในระดับมาก โดยมีรายละเอียดปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรในแต่ละด้านดังแสดงใน Table 1

Table 1 Practice on rice cultivation under organic farming standards of farmers Mueang district, Phayao province (n = 125)

Practice on rice cultivation under organic farming standards of farmers	$\bar{X}$	S.D.	Description
1. Rice growing area	4.53	0.35	Highest
2. Water source	4.14	0.23	High
3. Soil and fertilizer management	4.64	0.42	Highest
4. Quality management on production process before harvest	4.85	0.29	Highest
5. Harvesting and post-harvest practices	4.05	0.56	High
6. Yield transportation, keeping and collecting	4.65	0.40	Highest
7. Processing	4.56	0.54	Highest
8. Sorting for packaging	4.33	0.56	High
9. Data recording and filing	4.11	0.41	High
Total	4.43	0.29	High

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

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร

ผลการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณพบว่า ตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม คือ การปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา มีจำนวนทั้งหมด 3 ตัวแปร โดยเป็นตัวแปรที่มีผลทางบวกทั้ง 2 ตัวแปร ได้แก่ อายุ และการเข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งมีความ

สัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และเป็นตัวแปรที่มีผลทางลบอีก 1 ตัวแปร คือ ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ตัวแปรอิสระทั้งหมด สามารถอธิบายความแปรผันของตัวแปรตามหรือการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรได้ร้อยละ 25.7 ส่วนที่เหลือร้อยละ 74.3 เป็นอิทธิพลจากตัวแปรอื่นๆ (Table 2)

การอธิบายตัวแปรอิสระทั้งหมด 3 ตัวแปร ที่มีผลต่อตัวแปรตามคือ การปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา สามารถอธิบายได้ดังนี้

1. อายุ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่แล้ว เกษตรกรที่มีอายุมากขึ้น 1 ปี จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 0.008 คะแนน ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคลที่ศึกษาพบว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 59.23 ปี โดยเกษตรกรมีอายุมาย่อมจะมีการปฏิบัติการผลิตข้าวตามมาตรฐานอินทรีย์มากกว่าเกษตรกรที่มีอายุน้อยกว่า อาจเนื่องมาจากผู้ที่มีอายุมาย่อมเริ่มตระหนักถึงการดูแลสุขภาพมากขึ้น ไม่ต้องการสัมผัสกับสารเคมีจำนวนมากที่มาจากการทำการเกษตรแบบปกติ อีกทั้งข้าวที่ผลิตส่วนหนึ่งก็นำมาบริโภคในครัวเรือน จึงทำให้ผู้ที่มีอายุมาย่อมสนใจผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ ยุพิน และนิษฐา (2559) ที่ได้ทำการศึกษารการพัฒนาเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอินทรีย์ในจังหวัดอุดรธานี: กรณีศึกษาตำบลวังกะพือ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี อธิบายว่าในอดีตการทำนามักจะใช้สารเคมีแทบทุกครัวเรือน จึงส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายในการทำนาสูงตามไปด้วยเนื่องจากราคาสารเคมีทางการเกษตรสูงขึ้นทุกปี อีกทั้งสุขภาพของเกษตรกรมักจะทรุดโทรมลงอันเนื่องมาจากการใช้สารเคมีในปริมาณมากต่อเนื่องกันมายาวนานและมีการสะสมสารพิษในร่างกายจำนวนมาก ปัจจุบันเกษตรกรจึงได้หันมาสนใจการผลิตเกษตรอินทรีย์มากขึ้นเนื่องจากเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศที่ต่างหันมาสนใจในสุขภาพ

2. การเข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่แล้ว เกษตรกรที่มีการเข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น 1 ครั้งต่อปี จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรเพิ่มขึ้น 0.046 คะแนน อาจเนื่องมาจากเกษตรกรที่ได้เข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์

ย่อมจะมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์มากกว่า สอดคล้องกับการศึกษาของ สายฝน และคณะ (2560) พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการฝึกอบรมจำนวนครั้งมากขึ้น เป็นโอกาสที่จะได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจในเรื่องของการใช้สารอินทรีย์ทางการเกษตร และยังเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันระหว่างผู้เข้าร่วมอบรมเองในเรื่องของการนำไปใช้การผลิตด้วยเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่ค้นพบ จึงเป็นอีกหนึ่งตัวแปรที่สร้างความเชื่อมั่นในการใช้สารอินทรีย์เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร เช่นเดียวกับการศึกษาของ กนกกานต์ และคณะ (2564) พบว่า การเข้าร่วมอบรมถือเป็นพื้นฐานในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานที่ได้รับการส่งเสริมได้อย่างถูกวิธี และสามารถปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ได้ดียิ่งขึ้น

3. ความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อทุกค่าคงที่แล้ว เกษตรกรที่มีความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เพิ่มขึ้น 1 คะแนน จะมีผลทำให้ค่าเฉลี่ยของการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรลดลง 0.136 คะแนน อาจเนื่องมาจากเมื่อเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ทำให้เกษตรกรรับรู้เมื่อนำความรู้ไปปฏิบัติจริงจะมีความยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งแตกต่างจากการผลิตข้าวแบบปกติที่เกษตรกรมีความคุ้นเคยและเคยประสบความสำเร็จในอดีตมาก่อน สอดคล้องกับการศึกษาของ ศานิต และคณะ (2564) พบว่า เกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะพร้าวอินทรีย์อยู่ในระดับปานกลาง เป็นสัดส่วนสูงสุดคิดเป็นร้อยละ 56.80 โดยความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะพร้าวอินทรีย์มีผลต่อการยอมรับการผลิตมะพร้าวอินทรีย์ของในเชิงลบ นั่นคือ เมื่อเกษตรกรมีความรู้เกี่ยวกับการผลิตมะพร้าวอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น การยอมรับการผลิตมะพร้าวอินทรีย์จะลดลง ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อเกษตรกรมีความรู้ความเข้าใจในการผลิตมะพร้าวอินทรีย์ อาจทำให้รู้สึกเมื่อนำไปปฏิบัติจริงอาจมีความยุ่งยากและซับซ้อน ใช้เวลานาน จึงจะเห็นผลสำเร็จ แตกต่างจากการผลิตมะพร้าวแบบใช้สารเคมีที่เกษตรกรมีความคุ้นเคยและปฏิบัติมาอยู่ก่อนแล้ว

Table 2 Factors Affecting Rice Cultivation under Organic Farming Standards of Farmers Mueang District, Phayao Province

Independent variables	Dependent variable		
	rice cultivation under organic farming standards of farmers		
	B	t	Sig.
1. SEX	.075	1.394	.166
2. AGE	.008	2.142	.035*
3. STAT	.016	.375	.708
4. EDU	.017	.737	.463
5. FAM	-.003	-.161	.873
6. LAB	.011	.953	.343
7. AREA	-.001	-.075	.940
8. INCOM	8.544E-9	.007	.995
9. DEBT	8.095E-8	.607	.545
10. EXP	.002	.625	.534
11. INFORM	7.713E-6	.040	.968
12. OFFICER	.001	.097	.923
13. CONT	.006	.501	.617
14. TRAIN	.046	2.054	.042*
15. COMM	.087	1.384	.169
16. POSIT	.104	1.616	.109
17. KNOW	-.136	-.232	.014*
Constant	3.614	11.836	<.001
R ² = 0.257 (25.7%) F = 2.112 Sig. of F = 0.011 ^b			

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

ปัญหาและข้อเสนอแนะในการปฏิบัติในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา

สำหรับปัญหาในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรที่สำคัญ คือ ระบบการบันทึกข้อมูลยุ่งยาก แหล่งน้ำสำหรับการเกษตรมีไม่พอสำหรับทั้งปี แรงงานมีจำนวนไม่เพียงพอ มีปัญหาโรค แมลง และวัชพืช ส่งผลให้ผลผลิตข้าวตกต่ำ อีกทั้งราคาข้าวต่ำ สอดคล้องกับการศึกษาของ เจริญ และคณะ (2559) พบว่า ปัญหาที่เกษตรกรกลุ่มตัวอย่างให้ความสำคัญมากที่สุด ได้แก่ การป้องกัน และการจัดการศัตรูพืช โรคพืช วัชพืช เนื่องจากสาเหตุที่ยังคงมีการระบาดของศัตรูพืชในทุกฤดูการผลิตที่ผ่านมา มีเพียงการใช้วิธีทางชีวกลและชีววิธี เช่น กับดักแสงไฟ พืชสมุนไพรไล่แมลงศัตรูพืช แต่ก็ไม่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวให้หมดไปได้ โดยมีสาเหตุหลักคือ

ศัตรู พืชมีภูมิคุ้มกันต้านทานต่อสารเคมีปราบศัตรูพืชมากขึ้น เมื่อพื้นที่ทำนาเคมีมีการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชก็จะหันมายังพื้นที่นาข้าวอินทรีย์ซึ่งยากแก่การป้องกัน

เกษตรกรมีข้อเสนอแนะให้หน่วยงานที่รับผิดชอบจัดทำแบบบันทึกข้อมูลที่ยง่ายและสะดวกต่อเกษตรกร อบรมให้ความรู้เรื่องการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ อบรมให้ความรู้เรื่องการปลูกข้าวแบบปักดำโดยการใส่รถปลูก แทนการหว่านแบบแห้ง ทำให้อายุที่ปลูกออกมาเป็นแถว การกำจัดวัชพืชทำได้ง่าย ลดการสะสมของโรคและแมลง และช่วยพยุงราคาข้าวอินทรีย์เพื่อจำหน่ายได้ในราคาสูงกว่าราคาข้าวที่ผลิตแบบทั่วไป

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า เกษตรกรส่วนใหญ่เป็นเพศชาย มีอายุเฉลี่ย 59.23 ปี ส่วนใหญ่มีสถานภาพสมรส จบการศึกษ

ในระดับประถมศึกษาหรือต่ำกว่า มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนเฉลี่ย 4 คน มีจำนวนแรงงานเฉลี่ย 4 คน มีพื้นที่ผลิตข้าว 6.01 ไร่ มีรายได้จากการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 30,732.46 บาทต่อปี มีหนี้สินในครัวเรือนเฉลี่ย 232,581.94 บาท มีประสบการณ์ในการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 7 ปี เกษตรกรรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการผลิตข้าวอินทรีย์เฉลี่ย 87 ครั้งต่อปี โดยรับรู้ข้อมูลข่าวสารจากสื่อโทรทัศน์เป็นหลัก ติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ติดต่อกับกลุ่มผู้ผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี เข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์เฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ส่วนใหญ่ไม่ได้เป็นคณะกรรมการหมู่บ้าน ไม่มีตำแหน่งทางสังคม และเกษตรกรมีการปฏิบัติในการผลิตข้าวอินทรีย์อยู่ในระดับปานกลาง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรอำเภอเมืองพะเยา จังหวัดพะเยา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุ การเข้าร่วมอบรมการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และความรู้เกี่ยวกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ สำหรับปัญหาในการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรที่สำคัญ คือ ระบบการบันทึกข้อมูลยุ่งยาก ปัญหาโรค แมลงและวัชพืช และราคาข้าวต่ำ ซึ่งเกษตรกรมีข้อเสนอแนะให้หน่วยงานที่รับผิดชอบจัดทำแบบบันทึกข้อมูลที่ง่ายและสะดวกต่อเกษตรกร อบรมให้ความรู้เรื่องการป้องกันกำจัดศัตรูข้าวในระบบเกษตรอินทรีย์ และช่วยพยุงราคาข้าวอินทรีย์เพื่อจำหน่ายได้ในราคาสูงกว่าราคาข้าวที่ผลิตแบบทั่วไป

ข้อเสนอแนะ

1. เจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ควรมุ่งเน้นการจัดฝึกอบรมเกี่ยวกับมาตรฐานการผลิตข้าวอินทรีย์ เพื่อให้เกษตรกรที่สนใจได้ฝึกปฏิบัติจริง รวมถึงการจัดพี่เลี้ยงหรือที่ปรึกษาในการผลิตข้าวอินทรีย์ให้เกษตรกรแบบตัวต่อตัว เพื่อให้เกษตรกรมีความเข้าใจในขั้นตอนการผลิตข้าวอินทรีย์มากกว่าการส่งเสริมโดยการให้ความรู้เพียงอย่างเดียว
2. ในการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ ควรมุ่งเน้นไปที่การสร้างเกษตรกรรุ่นใหม่ที่จะเริ่มตระหนักถึงการดูแลสุขภาพสภาพ ในการปฏิบัติการผลิตข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เพื่อประโยชน์ทางด้านสุขภาพและห่างไกลจากใช้สารเคมีในปริมาณมากต่อเนื่องกันเป็นระยะเวลานาน

เอกสารอ้างอิง

- กนกกานต์ วงศ์ษา พุฒิสรรค์ เครือคำ นครศร รังควัต และสายสกุล ฟองมูล. 2564. การปฏิบัติในการปลูกข้าวตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรในพื้นที่อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม ครั้งที่ 2, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. น. 805-815.
- กรมการข้าว. 2558. ข้าวมีสีข้าวมีค่าที่คู่ควร. ข้าวไทย 7(1): 41-49.
- เจริญ ดาวเรือง ขวสวรรค์ เครือคำ พหล ศักดิ์เคหะทัศน์ และนครศร รังควัต. 2559. ปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวอินทรีย์ ในอำเภอสังขะทอง นครหลวงเวียงจันทน์ สปป.ลาว. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 11(2): 51-66.
- ยุพิน เกื้อนศรี และนิชาภา ไมราบล. 2559. การพัฒนาเครือข่ายเกษตรกรผู้ปลูกข้าวอินทรีย์ในจังหวัดอุตรดิตถ์: กรณีศึกษาดำบลวังกะพ้อ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์. วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง 5(2): 116-132.
- ศานิต ปันทอง นรินทร์ ยิ่งยวด และวรรณิ์ เนียมหอม. 2564. ปัจจัยที่มีผลต่อการยอมรับการผลิตมะพร้าวอินทรีย์ของเกษตรกร อำเภอบางสะพาน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์. วารสารสังคมศาสตร์วิจัย 12(1): 192-211.
- สายฝน ขอพิมาย เบญจมาศ อยู่ประเสริฐ และบำเพ็ญ เขียวหวาน. 2560. ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้สารอินทรีย์เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร ของเกษตรกรจังหวัดสระแก้ว. แก่นเกษตร 45 ฉบับพิเศษ 1: 1605-1610.
- สำนักงานคณะกรรมการข้อมูลข่าวสารของราชการ. 2565. ประวัติจังหวัดพะเยา. แหล่งข้อมูล <http://www.oic.go.th/FILEWEB/CABINFOCENTER66/DRAWER028/GENERAL/DATA0000/00000005.PDF> (23 สิงหาคม 2565).
- อาจรีย์ วันเมือง วรทัศน์ อินทรคัมพร ภาณุพันธุ์ ประภาติกุล และแสงทิศา สุริยงค์. 2564. ความต้องการการส่งเสริมการผลิตข้าวอินทรีย์ของเกษตรกรในจังหวัดเชียงใหม่. วารสารผลิตกรรมการเกษตร 3(3): 57-66.
- Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rd. New York: Harper and Row Publications.

ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

Factor Affecting the Participation in Vegetable Production Extension under Organic Farming System of Farmer at Luangprabang Province, Lao People's Democratic Republic

จันทะวงศ์ ลอจำเยอ พุฒิสรรค์ เครือคำ* พหล ศักดิ์กะทัศน์ กอบลาก อารีศรีสม และ พอนสะหวัน พุทธิไชย
Chanthavong Lochamyau Phutthisun Kruekum* Phahol Sakkatat Koblap Areesrisom and
Phonesavanh Phouthaxai

สาขาวิชาพัฒนาทรัพยากรและส่งเสริมการเกษตร คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Major of Resources Development and Agricultural Extension, Faculty of Agricultural Production Maejo University, San sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: lochamyau@gmail.com

(Received: 4 March 2022; Revised: 9 August 2022; Accepted: 26 September 2022)

Abstract

The objectives of the study were farmer's participation in vegetable production extension under organic farming system and factors affecting of farmer's participation. Data were collected by questionnaires with a sample of 246 farmers in Luangprabang Province, Lao People's Democratic Republic. Statistical techniques user were percentage, mean and multiple regression analysis. The results found that the farmers had a high level of participation in extension of vegetable farming under organic farmers system (on average 3.55). The aspect with the highest mean was the benefit received, followed by the evaluation, decision and practice aspect, respectively. The factors affecting farmer's participation with a positive statistically significant level was agricultural income and experience in organic vegetable farming. While, a negative one was organic vegetable farming area.

Keywords: Participation, Vegetable production Extension, Organic agriculture

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ และปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ กลุ่มตัวอย่างคือ เกษตรกรแขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จำนวน 246 คน เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามสถิติที่ใช้ คือ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ ผลการศึกษา พบว่า เกษตรกรมีค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วม

ในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.55) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการได้รับผลประโยชน์ รองลงมา ได้แก่ ด้านการประเมินผล ด้านการตัดสินใจ และด้านการปฏิบัติ ตามลำดับ และปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงบวก คือ รายได้จากการทำเกษตรกรรม และประสบการณ์ในการผลิตผักอินทรีย์ และตัวแปรมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเชิงลบ คือ พื้นที่ปลูกผักอินทรีย์

คำสำคัญ: การมีส่วนร่วม การส่งเสริมการผลิตพืชผัก ระบบเกษตรอินทรีย์

บทนำ

การปลูกผักในแขวงหลวงพระบางได้ผลิตภายใต้รูปแบบเกษตรเคมีมาเป็นระยะเวลายาวนานหลายปี ทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนจากการบริโภคผักที่มีการตกค้างของสารเคมี ตลอดจนเป็นการทำลายสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติที่ในระบบห่วงโซ่อาหารและที่สำคัญผลกระทบดังกล่าวยังเกิดขึ้นกับเกษตรกรผู้ผลิตผักเอง รวมถึงส่งผลกระทบต่อเชิงเศรษฐกิจในระดับประเทศเนื่องจากการกีดกันทางการค้าจากการพบสารตกค้างของสารเคมีในอาหารที่เป็นผลิตผลทางการเกษตร (Ministry of Agriculture and Forestry, 2013)

จากสถานการณ์ข้างต้น รัฐบาลสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาวได้มีนโยบายในการดำเนินการสร้างหลักประกันความมั่นคงและความปลอดภัยทางอาหารของประเทศ โดยมุ่งเน้นให้เกิดการมีส่วนร่วมของหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนทุกภาคส่วน รวมถึงสนับสนุนให้ประชาชนที่ประกอบอาชีพทางการเกษตรได้เข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนร่วมผลักดันนโยบายการสร้าง ความมั่นคงและความปลอดภัยทางอาหารไปสู่การปฏิบัติ ได้อย่างจริงจังและมีประสิทธิภาพ ด้วยการส่งเสริมให้เกิดความตระหนักรู้ถึงผลกระทบเชิงลบในการใช้สารเคมีทางการเกษตร และการเผยแพร่ความรู้ในการใช้สตูดอินทรีย์แทนการใช้สารเคมีทางการเกษตรอย่างถูกต้องและเหมาะสมแก่เกษตรกร รวมทั้งส่งเสริมการเรียนรู้และรณรงค์ให้เกษตรกรปฏิบัติตามมาตรฐานการปฏิบัติเกษตรอินทรีย์ (Organic Agriculture) และให้สอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์เพื่อประกอบอาชีพเกษตรกรรมเกี่ยวกับการสร้างกลไกการเกื้อหนุนและขับเคลื่อนอาชีพเกษตรเพื่อการพัฒนาผู้ประกอบการเกษตรกรรม รวมทั้งการปรับเปลี่ยนกระบวนการจัดการเรียนรู้ ภายใต้การหนุนเสริมจากภาคส่วนต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง (อภิชาติ, 2018)

จากนโยบายดังกล่าวข้างต้น ทำให้หน่วยงานภาคการเกษตรโดยเฉพาะแผนกสิกรรมและป่าไม้แขวง

หลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรผู้ปลูกผักซึ่งเป็นกลุ่มเกษตรกรส่วนใหญ่ของแขวงหลวงพระบางได้เข้าสู่กระบวนการผลิตภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เพื่อสร้างหลักประกันความมั่นคงและความปลอดภัยทางอาหาร โดยเฉพาะการยกระดับคุณภาพของผักสู่การเป็นวัตถุดิบสำหรับประกอบอาหารให้มีความปลอดภัย และการสร้างมูลค่าของอาหารสำหรับการรองรับการเป็นเมืองมรดกโลกที่มีความโดดเด่นด้านการท่องเที่ยว อย่างไรก็ตามการส่งเสริมการผลิตผักตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ยังจำเป็นต้องมีการศึกษาระดับและปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกร แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญในการผลักดันนโยบายการสร้าง ความมั่นคงทางอาหารด้วยการส่งเสริมการผลิตผักอินทรีย์ให้เกษตรกรผู้ผลิตให้มีส่วนร่วมมากยิ่งขึ้นทั้งในมิติการตัดสินใจ การปฏิบัติ การได้รับผลประโยชน์ และการประเมินผล และการเป็นข้อมูลประกอบแผนและการสร้างโครงการเกี่ยวกับการส่งเสริมการทำเกษตรกรรมตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของแขวงในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ เกษตรกรผู้ปลูกพืชผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ ของแผนกสิกรรมแขวงหลวงพระบาง และป่าไม้แขวง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยให้มีการสุ่มกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ผลิตผักจำนวนสองขั้นตอน (Two-stages sampling) (Suwatthi, 1998) มีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสุ่มเมืองในแขวงหลวงพระบาง โดยกำหนดให้มีการสุ่มเมืองจำนวน 5 เมือง ได้ผลการสุ่มคือ เมืองเชียงเงิน เมืองนครหลวงพระบาง เมืองจอมเพ็ด เมืองปากอู และเมืองสาละภูณู มีประชากรเกษตรกรผู้ผลิตผัก

ภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์จำนวนทั้งหมด 639 คน จากนั้นกำหนดขนาดตัวอย่างจากการคำนวณจากสูตร Yamane (1973) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยยอมให้เกิดความคลาดเคลื่อนที่ระดับ 0.05 ได้ตัวอย่างเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์จำนวน 246 คน

ขั้นตอนที่ 2 การสุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ในแต่ละเมือง หลังจากการคำนวณขนาดตัวอย่างจึงได้ทำการเทียบสัดส่วนประชากร เพื่อหาขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์เกษตรกรแต่ละเมือง จากนั้นเมื่อได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรแต่ละเมืองแล้วจึงทำการสุ่มเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ โดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยการใช้ตารางเลขสุ่มตามรายชื่อเกษตรกรแต่ละเมือง

การเก็บรวบรวมข้อมูล

โดยใช้แบบสอบถามเกษตรกรผู้ผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งเป็นข้อมูลในระดับปฐมภูมิ (Primary Data) ที่มีลักษณะคำถามแบบปลายปิด (close-ended questions) สำหรับข้อมูลพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคม และการศึกษาการมีส่วนร่วมในการ

ส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ 4 ด้าน คือ ด้านการตัดสินใจ ด้านการปฏิบัติ ด้านการได้รับผลประโยชน์ และด้านการประเมินผล โดยให้เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์แสดงระดับการมีส่วนร่วมแบบมาตรประมาณค่าแบบตัวเลข 5 ระดับ คือ 5=ระดับการมีส่วนร่วมมากที่สุด 4=ระดับการมีส่วนร่วมมาก 3=ระดับการมีส่วนร่วมปานกลาง 2=ระดับการมีส่วนร่วมน้อย และ 1=ระดับการมีส่วนร่วมน้อยที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ข้อมูลลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ สังคม และการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ ใช้สถิติเชิงพรรณนาในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์การมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ กำหนดให้เกษตรกรระบุคะแนนการมีส่วนร่วมออกเป็น 5 ระดับ คือ 5=มีส่วนร่วมมากที่สุด 4=มีส่วนร่วมมาก 3=มีส่วนร่วมปานกลาง 2=มีส่วนร่วมน้อย และ 1=มีส่วนร่วมน้อยที่สุด จากนั้นนำคะแนนที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและแบ่งช่วงสำหรับการพิจารณาระดับการมีส่วนร่วมของเกษตรกร (Table 1)

Table 1 Level of participation

Average score	Level of participation
4.21-5.00	the most
3.41-4.20	a lot
2.61-3.40	moderate
1.81-2.60	little
1.00-1.80	minimal

2. การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ใช้สถิติการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis) โดยเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป กับตัวแปรตาม 1 ตัว คือ การมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ ว่าตัวแปรอิสระตัวใดมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

และมีระดับความสัมพันธ์มากที่สุดน้อยเพียงใด โดยการวิเคราะห์ในครั้งนี้ได้คัดเลือกตัวแปรอิสระจำนวนทั้งหมด 13 ตัวแปร ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา สถานภาพทางสมรส จำนวนสมาชิกที่เป็นแรงงานในครัวเรือน พื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ รายได้จากการทำเกษตรกรรม การรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับเกษตรอินทรีย์ ประสบการณ์ในการผลิตผักอินทรีย์ การติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรเกี่ยวกับการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ การเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำ

เกษตรกรอินทรีย์ การเข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่มการเกษตร และ ความรู้เกี่ยวกับการผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ซึ่งจากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระแต่ละคู่ ใช้วิธีการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation) (Saipatthana and Piyapimonsit, 2004) พบว่า ไม่มีตัวแปรอิสระคู่ใดที่มีค่าความสัมพันธ์ (r) สูงกว่า 0.80 ที่จะทำให้เกิดปัญหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร อิสระด้วยกันเองสูง (Multicollinearity) และส่งผลให้เกิด การละเมิดเงื่อนไขของการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Prasitratin, 2003)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะพื้นฐานส่วนบุคคล เศรษฐกิจ และสังคมของ เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์

ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างเกินกว่าครึ่งหนึ่งเป็น เพศชาย (ร้อยละ 64.2) อายุเฉลี่ย 48 ปี สำเร็จการศึกษา ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีสถานภาพสมรส มีสมาชิก ที่เป็นแรงงานในครัวเรือนเฉลี่ย 2 คน มีขนาดพื้นที่ปลูกผัก อินทรีย์เฉลี่ย 2 ไร่ มีรายได้จากการทำเกษตรกรรมเฉลี่ย

60,383 บาทต่อปี มีการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับเกษตร อินทรีย์เฉลี่ย 21.76 ครั้งต่อปี มีประสบการณ์ในการผลิต ผักอินทรีย์เฉลี่ย 12 ปี มีการติดต่อกับเจ้าหน้าที่ส่งเสริม การเกษตรเกี่ยวกับการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ 1 ครั้งต่อปี มีการเข้าร่วมฝึกอบรมเกี่ยวกับการทำเกษตร อินทรีย์เฉลี่ย 2 ครั้งต่อปี ส่วนใหญ่เข้าร่วมเป็นสมาชิกกลุ่ม การเกษตร และเกษตรกรตัวอย่างส่วนใหญ่มีความรู้เกี่ยวกับ การผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์อยู่ในระดับ ปานกลาง

การมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบ เกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์

ผลการศึกษาพบว่า เกษตรกรมีส่วนร่วมในการส่งเสริม การผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์โดยรวมอยู่ใน ระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 3.55 คะแนน) โดยด้านที่มีค่าเฉลี่ยการ มีส่วนร่วมมากที่สุด คือ ด้านการได้รับผลประโยชน์ รองลงมา ได้แก่ ด้านการประเมินผล ด้านการตัดสินใจ และด้านการ ปฏิบัติตามลำดับ (Table 2)

Table 2 Farmer's Participation in Extension of Vegetable farming under organic agriculture system in Luangprabang Province, Lao People's Democratic Republic (n = 246)

Participation in Extension of Vegetable farming under organic agriculture system	$\bar{X}$	S.D.	Level of
1. decision-making activity	3.45	.513	Neither agree nor disagree
2. operational activities	3.54	.499	Agree
3. benefit	3.62	.535	Agree
4. evaluation activities	3.61	.506	Agree
Total	3.55	.513	Agree

Remarks: 4.21-5.00 = Strongly agree 3.41-4.20 = Agree 2.61 -3.40 = Neither agree nor disagree
1.81-2.60 = Disagree 1.00-1.80 = Strongly disagree

ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิต ผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรอิสระทั้ง 13 ตัวแปร สามารถ อธิบายความผันแปรของตัวแปรตามได้ คือ การมีส่วนร่วม ในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของ

เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐ ประชาธิปไตยประชาชนลาว อยู่ร้อยละ 20.40% ($R^2 = .244$) และเมื่อพิจารณาตัวแปรอิสระที่มีผลต่อการมีส่วนร่วม ในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์อย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ พบว่า มีจำนวน 3 ตัวแปร โดยเป็น ตัวแปรที่มีความสัมพันธ์เชิงบวก ได้แก่ รายได้จากการทำ เกษตรกรรม และประสบการณ์ในการผลิตผักอินทรีย์ และ

ในขณะที่พื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ มีความสัมพันธ์ในเชิงลบ โดยสามารถอธิบายและวิจารณ์ผลการศึกษา ได้ดังนี้

1. รายได้จากการทำเกษตรกรรม สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีรายได้จากการทำเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น จะมีผลทำให้เกิดการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์สูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการที่เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีรายได้จากการทำเกษตรกรรมสูงขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากการจำหน่ายผักอินทรีย์มีราคาที่สูงกว่าผักที่ผลิตในระบบเกษตรทั่วไปหรือผลิตโดยใช้สารเคมี จึงทำให้เกษตรกรเกิดแรงจูงใจที่จะเข้าร่วมการผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ตามการส่งเสริมของหน่วยงานด้านการเกษตร รวมถึงการมีรายได้จากการทำเกษตรกรรมที่เพิ่มขึ้นยังสามารถสะท้อนถึงการมีความมั่นคงทางอาหารอย่างหนึ่ง โดยเฉพาะการมีเงินที่สามารถเข้าถึงอาหารหรือวัตถุดิบอื่น ๆ ที่ตนเองไม่สามารถผลิตได้ และการนำผักอินทรีย์ที่ปลอดสารเคมีไปใช้ประโยชน์ในการผลิตอาหาร โดยเหตุผลดังกล่าวสามารถเทียบเคียงกับการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความมั่นคงด้านอาหารของครัวเรือนเกษตรไทยของ Masawas *et al.* (2016) ที่พบว่า การเพิ่มขึ้นของรายได้ภาคเกษตรจะส่งผลให้ความมั่นคงด้านอาหารเพิ่มขึ้น

2. ประสิทธิภาพในการผลิตผักอินทรีย์ โดยอธิบายได้ว่า ถ้าเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีประสิทธิภาพหรือมีระยะเวลาในการปลูกผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์มากขึ้น จะส่งผลให้เกิดการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์เพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย ทั้งนี้การมีประสิทธิภาพในการปลูกผักอินทรีย์ของเกษตรกรนั้นย่อมทำให้เกษตรกรเกิดความชำนาญหรือได้เรียนรู้เทคนิคหรือวิธีดำเนินการผลิตผักตั้งแต่การเริ่มเพาะปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวในระบบเกษตรอินทรีย์ได้เป็นอย่างดี ตลอดจนยังสามารถสะท้อนถึงปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นในขั้นตอนของการผลิตผักอินทรีย์ต่อเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตรจาก

หน่วยงานของภาครัฐได้อย่างละเอียดและครอบคลุม ซึ่งผลการศึกษาได้สอดคล้องกับการศึกษาของ Sorphimai (2017) ที่พบว่า ประสิทธิภาพด้านการเกษตรเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติต่อการใช้สารอินทรีย์เพื่อลดการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกร จังหวัดสระแก้ว

3. พื้นที่ปลูกผักอินทรีย์ สามารถอธิบายได้ว่า ถ้าเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีขนาดพื้นที่สำหรับการปลูกผักอินทรีย์เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้เกิดการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ลดลง ทั้งนี้การมีพื้นที่ปลูกผักอินทรีย์เพิ่มขึ้นนั้นทำให้เกษตรกรต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายในการจ้างแรงงาน หรือซื้อปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ยอินทรีย์ สารชีวภัณฑ์ หรืออุปกรณ์การเกษตร เป็นต้น สำหรับการดูแลรักษาผลผลิตมากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งเพิ่มการขนาดพื้นที่การปลูกผักอินทรีย์นั้นยังส่งผลให้เกษตรกรไม่สามารถดูแลผลผลิตอย่างทั่วถึง ทำให้ผลผลิตไม่ได้อุณหภูมิมาตรฐานเกษตรอินทรีย์หรือตามที่ตลาดต้องการ ตลอดจนการขาดแคลนแหล่งน้ำที่จะนำมาใช้ ในกระบวนการผลิตอย่างเพียงพอ (Table 3) ซึ่งปัญหาเหล่านี้ล้วนทำให้การมีส่วนร่วมโดยเฉพาะด้านการปฏิบัติลดลง โดยผลการศึกษาสามารถสะท้อนได้จากการศึกษาของ Paunglad (2019) ในหัวข้อชื่อว่า ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอการนำนโยบายเกษตรอินทรีย์ไปปฏิบัติ: กรณีศึกษาการปลูกข้าวอินทรีย์พื้นที่บ้านดงบัง ตำบลหนองบ่อ จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งพบว่า ปัญหาหลักในการปลูกข้าวอินทรีย์ที่กลุ่มผู้ปลูกข้าวอินทรีย์ได้ประสบคือ ปัญหาเรื่องน้ำ ปัญหาเรื่องเงินทุน ปัญหาปัจจัยการผลิต และปัญหาเรื่องการตลาด และยังสอดคล้องกับการเสนอของ Nooprom (2015) ที่กล่าวถึงข้อจำกัดของการผลิตผักอินทรีย์ในด้านเศรษฐศาสตร์ว่า เกษตรกรต้องประสบกับการมีต้นทุนสูงในตอนเริ่มกิจการ การมีค่าจ้างแรงงานสูง ค่าขนส่งแพง และการจำกัดของตลาด

Table 3 factors affecting farmer's participation in Extension of Vegetable farming under organic agriculture system in Luangprabang Province, Lao People's Democratic Republic

Independent variables	Dependent variable		
	Participation in Extension of Vegetable farming under organic agriculture system		
	B	t	Sig.
1. SEX	.035	.644	.520
2. Age	.000	-.060	.952
3. Educational attainment	.001	.028	.978
4. Marital status	.041	.706	.481
5. No. of household members	.065	2.677	.008
6. Household land holding	-.054	-1.988	.048
7. Incomes earned from the agricultural sector	1.021E-6	1.909	.049
8. Information perception about organic vegetable production	-.001	-.400	.690
9. Experience in organic vegetable growing	.010	2.291	.023
10. Agricultural Extension worker contact	.136	-1.725	.086
11. Training/education trip on crop production under organic agriculture system	.024	.314	.754
12. Participation member of an agricultural group	.046	-.911	.363
13. Knowledge of vegetable production under organic agriculture standards	-.004	-.360	.719
Constant	3.159	7.966	.000
$R^2 = .244$ (20.40%) $F = 3.263$ Sig. $F = 0.000^{**}$			

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

สรุปผลการวิจัย

เกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์มีการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์อยู่ในระดับมาก โดยด้านการรับผลประโยชน์เป็นด้านที่มีค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมของเกษตรกรมากที่สุด เนื่องจากการปลูกผักอินทรีย์ทำให้เกษตรกรได้รับประโยชน์ในหลายด้าน เช่น การปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่เสื่อมโทรมให้สมบูรณ์ ลดต้นทุนการผลิต ทำให้เกษตรกรได้กำไรมากขึ้น ผลิตขายได้ราคาสูง ผลผลิตปลอดภัยต่อผู้ผลิต และผู้บริโภค รองลงมาคือ ด้านการประเมินผล เนื่องจากการผลิตผักอินทรีย์ได้รับการยอมรับทางด้านผลตอบแทนอย่างสูง ทำให้เกษตรกรมีความพึงพอใจมาก ด้านการตัดสินใจ เนื่องจากเกษตรกรได้เข้าร่วมดำเนิน

กิจกรรมการผลิตผักอินทรีย์มาก และด้านที่มีค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมน้อยที่สุด คือ ด้านปฏิบัติ เพราะมีการปฏิบัติเสนอแนวทางน้อย โดยมีข้อค้นพบที่สำคัญคือ การที่เกษตรกรมีรายได้จากการทำเกษตรกรรมเพิ่มขึ้น และมีประสบการณ์ในการผลิตผักอินทรีย์ที่มากขึ้น ถือเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการเพิ่มขึ้นของการมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ ในขณะเดียวกัน การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ในการปลูกผักอินทรีย์กลับทำให้การมีส่วนร่วมในการส่งเสริมการผลิตผักภายใต้ระบบเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักอินทรีย์ แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ลดลงอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ เพราะเกษตรกรมีการเพิ่มพื้นที่ทำการเกษตรมากขึ้นก่อให้เกิดเกษตรกรเข้าร่วมทำเกษตรอินทรีย์ขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการศึกษาสะท้อนให้เห็นถึงการมีส่วนร่วมด้านการปฏิบัติที่มีค่าน้อยที่สุด ดังนั้นแผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบางควรมีการจัดทำโครงการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับข้อกำหนดในการผลิตผักตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ให้แก่เกษตรกรอย่างสม่ำเสมอ และควรจัดฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการเกี่ยวกับการจัดการพื้นที่การเพาะปลูก การดูแลรักษา ตลอดจนการเก็บเกี่ยวให้ถูกต้องตามหลักมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพการปฏิบัติในการผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์แก่เกษตรกรในระยะยาว

2. เพื่อขยายพื้นที่การปลูกผักอินทรีย์ให้เพิ่มมากขึ้นโดยไม่ส่งผลให้การมีส่วนร่วมในการผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ของเกษตรกรผู้ปลูกผักลดลงนั้น แผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบางภายใต้การควบคุมกำกับ และดูแลโดยกระทรวงสิกรรมและป่าไม้ของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ควรมีการดำเนินการร่วมกับแหล่งทุนหรือธนาคาร เพื่อสนับสนุนเงินทุนกู้ยืมที่มีดอกเบี้ยต่ำสำหรับเป็นทางเลือกให้เกษตรกรที่ประสงค์จะเพิ่มขนาดพื้นที่การปลูกผักอินทรีย์ได้เลือกใช้ หรือมีการสนับสนุนปัจจัยการผลิตเบื้องต้น หรือการส่งเสริมองค์ความรู้และทักษะเกี่ยวกับการผลิตปุ๋ย หรือสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชในระบบเกษตรอินทรีย์ที่เกษตรกรสามารถนำมาผลิตใช้เองสำหรับการปลูกผักอินทรีย์ของตนเอง เพื่อเป็นการลดภาระค่าใช้จ่ายในอีกทางหนึ่ง

3. แผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบางควรมีการเปิดโอกาสให้เกษตรกรที่มีประสบการณ์การปลูกผักอินทรีย์มาในระยะเวลานาน และเกษตรกรที่กำลังเปลี่ยนเข้าสู่กระบวนการผลิตผักภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์เข้ามามีส่วนร่วมในการสะท้อนปัญหาในการผลิต ตลอดจนเข้ามามีส่วนสำคัญในการตัดสินใจกำหนดแผนหรือโครงการให้สอดคล้องและสามารถแก้ไขปัญหาคือพัฒนาการผลิตผักตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ให้ตรงกับความต้องการของเกษตรกรมากยิ่งขึ้น ตลอดจนเปิดโอกาสให้เกษตรกรเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งในการสังเกตการณ์หรือมีส่วนร่วมในการประเมินคุณภาพการผลิตผักในระบบเกษตรอินทรีย์ร่วมกับหน่วยงานของภาครัฐ

4. เพื่อเป็นการยกระดับและเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตผักอินทรีย์ของเกษตรกร แผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบางควรส่งเสริมการแปรรูปสินค้าจากผลผลิตผักอินทรีย์ เพื่อให้เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการสร้างรายได้ นอกเหนือจากการจำหน่ายผลผลิตแบบสด และเห็นสิ่งอื่นใด แผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบางควรสร้างความร่วมมือกับภาคธุรกิจด้านการเกษตรหรือด้านอาหารให้เข้ามามีส่วนร่วมกับเกษตรกรในการสร้างเครือข่ายด้านการตลาด รวมถึงการพัฒนาตราสินค้าและบรรจุภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความนิยมของผู้บริโภคและตลาดรับซื้อสินค้าเกษตรทั้งในระดับพื้นที่ ระดับประเทศ จนถึงระดับนานาชาติ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลงได้ด้วยดีจากการได้รับความร่วมมือจากเกษตรกรผู้ผลิตผักอินทรีย์ ผู้นำชุมชน และเจ้าหน้าที่แผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงหลวงพระบาง สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ที่ช่วยเหลือในการอนุเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการเป็นส่วนหนึ่งในการร่วมดำเนินการวิจัย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

เอกสารอ้างอิง

- Apichart, J. 2018. Guidelines to promote organic agriculture to food security and safety for Community: reflection from the operating sector Silpakorn University Journal. Available: <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sujthai/article/view/152550> (March 3, 2022).
- Masawas, P., P. Sirisupaluxana and I.N. Bunyasiri. 2016. Factors Affecting Food Security of Thai Agricultural Households. Journal of Humanities and Social Sciences Valaya Alongkorn 11(2): 347-356.
- Ministry of Agriculture and Forestry. 2013. Agricultural Strategy to 2020 Lao PDR. Vientiane: Ministry of Agriculture and Forestry.
- Nooprom, K. 2015. Organic Vegetable Production. Thai Journal of Science and Technology 23(SUPPL. 6): 955-969.

- Paunglad, B. 2019. Problems, Obstacles, and Approaches to Implement Organic Agriculture Policy: Case Study of Growing Organic Rice at Baan Dong Bang, Nong Bo, Ubon Ratchathani. NIDA Case Research Journal 11(1): 1-32.
- Prasitratsin, S. 2003. Social Research Methodology. Bangkok: National Institute of Development Administration.
- Saipatthana, U and C. Piyapimonsit, 2004. Collinearity. Parichart Journal 17(1): 55-62.
- Sorphimai, S., B. Yooprasert and B. Keawwan. 2017. Factors Affecting Organic Substance Utilization to Reduce Chemical Substance Utilization of Farmers in Sa Kaeo Province. Khon Kaen Agriculture Journal 45 (SUPPL. 1): 1605-1610.
- Suwatthi, P. 1998. Principles of statistics. NIDA Development Journal 38(3): 103-130.
- Yamane, T. 1973. Statistics: An Introductory Analysis. 3rd. New york: Harper and Row Publication.

ผลของการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้อนุภาคซิลเวอร์นาโนต่อคุณภาพผลส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง

Effects of Pruning Combined with The Application of Silver Nanoparticles on Fruit Quality of Oranges with Greening Disease

อำพล สอนสระเกษ¹ นพพร บุญพลอด^{1*} ระพีพันธ์ แดงตันกี² Wolfram Spreer² ประพนอม ยังกำมัน¹ และ
ดรุณี นาทรม³

Ampol Sornsaket¹ Nopporn Boonplod¹ Rapeephun Dangtungee² Wolfram Spreer² and
Pranom Yangkhamman¹ and Daruni Naphrom³

¹ สาขาวิชาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

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

² วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² International College, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

³ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200

³ Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Muang, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: nopporn@mju.ac.th

(Received: 9 June 2022; Revised: 13 August 2022; Accepted: 30 September 2022)

Abstract

This study was about the effects of pruning combined with the application of silver nanoparticles on fruit quality of oranges with greening disease. The experiment plan used 2x3 Factorial in Completely Randomized Design. The first factor consisted of pruning and no pruning. The second factor consisted of 3 types of silver nanoparticles injections: 1. Only one injection, 2. Two injections 7 days apart, and 3. Two injections 14 days apart. As a result, pruning affected to fruit drop of oranges which was less than no pruning, with an average of 8.68% and the oranges contained vitamin C which was as high as 21.25 mg per 100 g of fresh weight. When considering the mutual influences between the factors, it was found that pruning combined with silver nanoparticles had no effects on fruit drop, circumference, amount of total soluble solid (TSS), amount of Titratable acidity (TA), ratio of TSS/TA and the amount of vitamin C. However, pruning combined with a onetime injection of silver nanoparticles resulted in the yield of oranges with the maximum fresh weight of 76.36 g/fruit.

Keywords: Greening disease, pruning, silver nano

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้อนุภาคซิลเวอร์นาโนต่อคุณภาพผลส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Completely Randomized Design ปัจจัยแรกประกอบด้วย การตัดแต่งกิ่ง และการไม่ตัดแต่งกิ่ง ปัจจัยที่ 2 ประกอบด้วย การฉีดซิลเวอร์นาโน 3 แบบ 1. ฉีดเพียง 1 ครั้ง 2. ฉีด 2 ครั้งห่างกัน 7 วัน และ 3. ฉีด 2 ครั้งห่างกัน 14 วัน ผลการทดลอง พบว่า การตัดแต่งกิ่งส่งผลให้ผลส้มมีอัตราการร่วงน้อยกว่าการไม่ตัดแต่งกิ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 8.68 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณวิตามินซีสูงถึง 21.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างปัจจัย พบว่า การตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้ซิลเวอร์นาโนไม่มีผลต่อการร่วงของผล เส้นรอบวง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ อัตราส่วนของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ และปริมาณวิตามินซี แต่การตัดแต่งกิ่งร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนจำนวน 1 ครั้ง มีผลทำให้ผลให้ผลผลิตส้มหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณน้ำหนักสดสูงสุดคือ 76.36 กรัมต่อผล

คำสำคัญ: โรคกรีนนิ่ง การตัดแต่งกิ่ง ซิลเวอร์นาโน

คำนำ

ส้มเขียวหวาน *Citrus reticulata* Blanco เป็นไม้ผลเขตกึ่งร้อน ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย จากการสำรวจในปี 2562 พบว่า พื้นที่การปลูกส้มภายในประเทศไทยมีสูงถึง 104,500 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกส้มกำลังเผชิญปัญหาการแพร่ระบาดของโรคกรีนนิ่งเกือบทุกพื้นที่ ซึ่งโรคกรีนนิ่งจะเข้าทำลายบริเวณปลายยอดจากแบคทีเรีย *Candidatus Liberibacter* spp. ที่มีเพลี้ยไก่แจ้ส้ม เป็นแมลงพาหะ โดยเชื้อแบคทีเรียชนิดนี้จะเข้าไปสะสมอยู่ในท่ออาหารของพืช เมื่อมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจะทำให้การเคลื่อนย้ายอาหารภายในต้นเกิดขึ้นได้อย่างไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เกิดลักษณะอาการใบด่างเหลือง หากเป็นมากต้นส้มจะยืนต้นตายในที่สุด (อรพรรณ, 2559) ปัจจุบันได้มีการคิดค้นการใช้ยาปฏิชีวนะ (ampicillin) เข้ามาบำบัดรักษาในการรักษาโรคกรีนนิ่งของพืชตระกูลส้ม โดยพบว่า เมื่อทำการฉีดแอมพิซิลลินเข้าในต้นที่เป็นโรค จะช่วยลดอาการของโรคและสามารถทำให้ต้นฟื้นตัวได้หลังการฉีดรักษา (ศรัญญู และคณะ, 2559) โดย นันทรัตน์ (2558) ได้ทำการทดสอบการตกค้างหลังการฉีด พบว่า ในผลผลิตส้มที่ฉีดสารปฏิชีวนะแอมพิซิลลิน ความเข้มข้น 15,000 ล้านในล้านส่วน ในอัตราที่ต่ำกว่า 200 มิลลิลิตรต่อต้น พบว่า ในระยะ 1 เดือนหลังการฉีดสาร พบสารตกค้างเพียง 0.22 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัม และต่ำกว่า 0.20 ไมโครกรัมต่อกิโลกรัมในระยะเวลา 2 เดือนหลังฉีดสาร จึงทำให้มีการศึกษาวิธีการต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อเป็นตัวเลือกสำหรับการใช้รักษาโรคกรีนนิ่งในส้ม โดย ปวีณา และคณะ (2559) ได้ทำการศึกษารักษาสังเคราะห์อนุภาคซิลเวอร์นาโนสำหรับการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย พบว่า

ซิลเวอร์นาโนที่มีขนาด 100-200 นาโนเมตร สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย *Staphylococcus aureus* และ *Escherichia coli* ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ได้ นอกจากนี้ การตัดแต่งกิ่งก็ถือเป็นอีกเทคโนโลยีชนิดหนึ่งที่สามารถช่วยลดการเกิดโรค และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตส้มได้ด้วยเช่นกัน โดย กวิศร์ (2546) กล่าวว่า หนึ่งในประโยชน์ของการตัดแต่งกิ่งคือการกำจัดกิ่งที่ได้รับความเสียหายจากการเข้าทำลายของโรค และการป้องกันการลุกลามของโรคภายในต้น ทั้งนี้ ัญญกาญจน์ และคณะ (2560) ยังพบว่า การตัดแต่งกิ่งยังสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพผลผลิตทางด้าน น้ำหนักผล เส้นรอบวง ความกว้าง และความยาวของผลผลิตในส้มโอพันธุ์มณีอีสานได้อีกด้วย ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการใช้เทคโนโลยีซิลเวอร์นาโนในการกำจัดเชื้อสาเหตุการเกิดโรคกรีนนิ่ง โดยศึกษาร่วมกับการตัดแต่งกิ่ง เพื่อดูการพัฒนาของผล และคุณภาพของผลผลิตหลังการทดลองในต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง เพื่อเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรในการรักษาดูแลต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ณ สวนส้ม ตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ในเดือนเมษายน 2564 ถึงเดือนมกราคม 2565 วางแผนการทดลองแบบ 2x3 Factorial in Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ 1. การจัดการทรงต้น 2 แบบ คือ การไม่ตัดแต่งกิ่ง และการตัดแต่งกิ่ง ทำการตัดแต่งกิ่งเฉพาะกิ่งที่แสดงอาการเกิดโรคออก 100 เปอร์เซ็นต์เมื่อเทียบกับต้นที่แสดงอาการเกิดโรคที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง 2. การฉีดซิลเวอร์นาโน ความเข้มข้น 90 ล้านในล้านส่วน จำนวน 3 แบบ (ฉีดเพียง

1 ครั้ง, ฉีด 2 ครั้งห่างกัน 7 วัน และฉีด 2 ครั้งห่างกัน 14 วัน) โดยทำการฉีดสารเข้าลำต้นระยะแตกใบอ่อน ในปริมาณ 500 มิลลิลิตรต่อต้น มีสิ่งทดลองทั้งหมด 6 สิ่งทดลอง จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น จากนั้นบันทึกการพัฒนาผลและคุณภาพของผลส้มหลังการฉีดจำนวน 10 ผลต่อต้น ดังนี้

1. การพัฒนาของผลส้ม

- 1.1 อัตราการร่วงของผล (เปอร์เซ็นต์)
- 1.2 เส้นผ่านศูนย์กลางผล (มิลลิเมตร)
- 1.3 เส้นรอบวง (มิลลิเมตร)
- 1.4 น้ำหนักผล (กรัม)

2. คุณภาพของผลส้ม

- 2.1 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (TSS)
- 2.2 ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TA)
- 2.3 อัตราส่วนของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA)
- 2.4 ปริมาณวิตามินซี (Ascorbic acid)

วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลอง Factorial in Completely Randomized Design และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การร่วงและคุณภาพของผล

จากการศึกษาการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนในต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง พบว่า การฉีดซิลเวอร์นาโนทั้ง 3 รูปแบบ ไม่มีผลต่ออัตราการร่วงของผล โดยมีอัตราการร่วงเฉลี่ย 9.07-9.65 เปอร์เซ็นต์ ด้านการตัดแต่งกิ่ง พบว่า การตัดแต่งกิ่งต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งส่งผลให้การร่วงของผลส้มมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการตัดแต่งกิ่งมีอัตราการร่วงของผลเพียง 8.68 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณที่น้อยกว่าการไม่ตัดแต่งกิ่ง แต่เมื่อทำการทดสอบทั้ง 2 ปัจจัยร่วมกัน พบว่า ปัจจัยด้านการตัดแต่งกิ่ง และปัจจัยด้านรูปแบบการฉีดซิลเวอร์นาโน ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยมีอัตราการร่วงของผลส้มอยู่ระหว่าง 8.55-10.64 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) การหลุดร่วงของผลอาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น ธาตุอาหารไม่เพียงพอ ต้นพืชขาดน้ำ โดรนลมกระโชกแรง การเข้าทำลายของโรคและแมลงศัตรูพืช (ฉลองชัย, 2553) ซึ่งจากการศึกษาต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งจะพบว่า ต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งจะมีการหลุดร่วงของผลส้มเป็นจำนวนมากก่อนถึงอายุการเก็บเกี่ยว (ไมตรี, 2548)

โดยการทดลองในครั้งนี้พบว่า เมื่อทำการตัดแต่งกิ่งสัมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนยังส่งผลให้อัตราการร่วงของผลมีค่าต่ำสุดเฉลี่ยเพียง 8.55 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้อาจเกิดจากการตัดแต่งกิ่งเป็นการตัดวงจรการแพร่ระบาดของโรค ถือเป็น การกำจัดโรคไปพร้อมกัน อีกทั้งการใช้ซิลเวอร์นาโนยังเป็นการช่วยยับยั้งการทำงานของแบคทีเรียเชื้อสาเหตุ จึงทำให้ต้นส้มมีความแข็งแรงมากกว่าต้นส้มที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง นอกจากนี้ ซิลเวอร์ยังสามารถยับยั้งการทำงานของเอทิลีนที่เป็นตัวกระตุ้นการหลุดร่วงของผล โดย นพดล (2536) รายงานว่า การหลุดร่วงของผลเกิดจากฮอร์โมนเอทิลีนและ ABA (abscisic acid) แต่จะถูกควบคุมโดยออกซิน ซึ่งในผลที่มีการหลุดร่วงก่อนการเก็บเกี่ยวเมื่อนำมาตรวจสอบจะพบว่ามีปริมาณออกซินไม่เพียงพอจึงทำให้เกิดการสร้างเอทิลีนจำนวนมาก จึงส่งผลให้เกิดการหลุดร่วงก่อนการเก็บเกี่ยว ซึ่งเมื่อทำการทดสอบด้วยการให้ silver thiosulfate (STS) ในดอกไม้พบว่า หลังการใช้ในดอกไม้หลายชนิดส่งผลให้มีการร่วงของดอกกลดน้อยลง (ปารณนา และคณะ, ม.ป.ป.) ด้านขนาดของผล พบว่า การตัดแต่งกิ่งและการใช้ซิลเวอร์นาโนไม่มีผลต่อขนาดของผลส้มทั้งเส้นผ่านศูนย์กลาง และเส้นรอบวง โดยการตัดแต่งกิ่งส่งผลให้ผลส้มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และเส้นรอบวง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 52.89-54.44 และ 166.21-171.10 มิลลิเมตร ตามลำดับ การใช้ซิลเวอร์นาโนส่งผลให้ผลส้มมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และเส้นรอบวง มีค่าเฉลี่ยระหว่าง 53.52-53.88 และ 168.21-169.33 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งปัจจัยทั้ง 2 ไม่มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ (Table 1) ทั้งนี้การตัดแต่งกิ่งมีแนวโน้มให้ขนาดของผลส้มมีขนาดใหญ่กว่าต้นที่ไม่ตัดแต่งกิ่ง คล้ายกับ ทะนุพงศ์ (2556) ที่รายงานว่า การตัดแต่งกิ่งในต้นส้มโอจะไม่สามารถกำหนดรูปแบบการตัดแต่งกิ่งได้อย่างตายตัว ขึ้นอยู่กับลักษณะของต้นในแต่ละต้นและรูปแบบการผลิตของเกษตรกรแต่ละพื้นที่ แต่หากตัดแต่งกิ่งได้ตามความเหมาะสมจะส่งผลให้ผลส้มโอมีขนาดผลที่ใหญ่มากกว่าต้นที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในครั้งนี้ที่ทดสอบการตัดแต่งกิ่งที่เป็นโรคร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโน พบว่าผลส้มมีแนวโน้มขนาดผลใหญ่กว่าต้นที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง โดยมีค่าเฉลี่ยเส้นรอบวงถึง 171.10 มิลลิเมตร และเมื่อตรวจสอบน้ำหนักของผลส้มหลังการเก็บเกี่ยว พบว่า ต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งมีปริมาณน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงถึง 75.25 กรัมต่อผล ส่งผลให้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง

แต่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่งที่มีปริมาณน้ำหนัสดเฉลี่ยเพียง 70.94 กรัมต่อผล ด้านการฉีดซิลเวอร์นาโน พบว่า รูปแบบการฉีดซิลเวอร์นาโนทั้ง 3 รูปแบบ ในต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งส่งผลให้ผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณน้ำหนัสดเฉลี่ยอยู่ที่ 72.65-73.79 กรัมต่อผล ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ยังพบว่า ปัจจัยทั้ง 2 มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนเพียง 1 ครั้ง ทำให้ผลส้มมีปริมาณน้ำหนัสดเฉลี่ย 76.36 กรัมต่อผล ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนเพียง 1 ครั้ง ที่มีปริมาณน้ำหนัสดเฉลี่ยเพียง 69.33 กรัมต่อผล (Table 2) ทั้งนี้ Stephano-Hornedo *et al.* (2020)

ได้กล่าวว่า การใช้ซิลเวอร์นาโนสามารถลดจำนวนเชื้อแบคทีเรียสาเหตุการเกิดโรคกรีนนิ่งได้สูงถึง 90 เปอร์เซ็นต์ และการตัดแต่งกิ่งยังเป็นการลดการระบาดของโรคภายในต้น (วรวรรณ, 2527) จึงทำให้ต้นส้มที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนมีปริมาณน้ำหนัสดเฉลี่ยสูงกว่าต้นที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ Chiti *et al.* (2006) ที่รายงานว่า การตัดแต่งกิ่งมีผลทำให้ข้อผลลำไยจำนวนผล น้ำหนักผล และขนาดผลมีปริมาณมากกว่าการไม่ตัดแต่งกิ่ง โดย พิรเดช (2529) กล่าวว่า การตัดแต่งกิ่งที่ถูกต้องจะเป็นการลดการแย่งอาหารระหว่างกิ่ง จึงทำให้มีการสะสมอาหารที่เพียงพอสำหรับการพัฒนาการเจริญเติบโตในส่วนต่าง ๆ ของต้นพืช

Table 1 Shows fruit drop, fruit diameter, fruit circumference and fresh fruit weight of the fruit after harvest

Treatment	fruit drop (%) ^{1/}	Fruit diameter (mm)	Fruit circumference (mm)	Fresh fruit weight (g) ^{1/}
Factor A				
No pruning (A ₀)	10.10 ^a	52.89	166.21	70.94 ^b
Pruning (A ₁)	8.68 ^b	54.44	171.10	75.25 ^a
F-test	**	ns	ns	**
Factor B				
1 time (B ₀)	9.65	53.52	168.21	72.84
2 times 7 days after the first (B ₁)	9.45	53.59	168.42	72.65
2 times 14 days after the first (B ₂)	9.07	53.88	169.33	73.79
F-test	ns	ns	ns	ns
Factor A X B				
A ₀ B ₀	10.64	51.77	162.69	69.33 ^e
A ₀ B ₁	10.06	53.30	167.51	71.10 ^{de}
A ₀ B ₂	9.59	53.59	168.42	72.39 ^{cd}
A ₁ B ₀	8.67	55.28	173.73	76.36 ^a
A ₁ B ₁	8.84	53.88	169.33	74.19 ^{bc}
A ₁ B ₂	8.55	54.17	170.25	75.20 ^{ab}
F-test	ns	ns	ns	**
CV (%)	6.94	3.41	3.41	1.13

Remarks: ns = not significantly different, ** = significant difference at $p \leq 0.01$, ^{1/} = Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

คุณภาพทางเคมีของผลส้มหลังการเก็บเกี่ยว

การศึกษาการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้ซิลเวอร์นาโนในการรักษาต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง พบว่า ผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวจากต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งและไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่งมีปริมาณ TSS ที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 10.01-10.28 องศาบริกซ์ แต่การฉีดซิลเวอร์นาโน 2 ครั้ง ห่างกัน 7 วัน ทำให้ผลส้มหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณ TSS เฉลี่ยสูงถึง 11.22 องศาบริกซ์ ซึ่งทำให้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการฉีดซิลเวอร์นาโนเพียง 1 ครั้ง ที่มีปริมาณ TSS เฉลี่ยเพียง 8.64 องศาบริกซ์ โดยทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยปริมาณ TSS อยู่ที่ 7.58-11.59 องศาบริกซ์ (Table 2) และเมื่อทำการทดสอบปริมาณกรดที่ไทเทรตได้พบว่า ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.40-0.47 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับอัตราส่วนของแข็งที่ละลายได้ต่อปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ (TSS/TA) ที่พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธีโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 19.36-27.17 และเมื่อทำการทดสอบปริมาณวิตามินซี พบว่า การตัดแต่งกิ่งส่งผลให้มีค่าปริมาณวิตามินซีเฉลี่ยสูงถึง 21.25 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการไม่ตัดแต่งกิ่ง ทั้งนี้อาจเนื่องจากการตัดแต่งกิ่งเป็นการกำจัดและป้องกันการลุกลามของโรค และช่วยกำจัดกิ่งที่ไม่มีประโยชน์ทิ้ง จึงสามารถช่วยลดการแย่งอาหารระหว่างกิ่งพืช (พีเรเดช, 2529) ส่งผลให้พืชได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอต่อ

การพัฒนาคุณภาพผล โดย Embleton *et al.* (1966) รายงานว่า หากต้นส้มได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตจะส่งผลให้ผลส้มมีปริมาณวิตามินซีเพิ่มสูงขึ้น แต่ทั้ง 2 ปัจจัยไม่มีปฏิสัมพันธ์กันทางสถิติโดยมีค่าเฉลี่ยปริมาณวิตามินซีระหว่าง 20.77-21.31 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ทั้งนี้การฉีดซิลเวอร์นาโนมีผลต่อการยับยั้งการเกิดโรคกรีนนิ่ง ช่วยลดการหลุดร่วงของผลส้มก่อนการเก็บเกี่ยว แต่อาจไม่มีผลต่อปริมาณคุณภาพผลผลิตภายหลังการเก็บเกี่ยว ส่วนการตัดแต่งกิ่งส่งผลให้ปริมาณ TSS, TA, TSS/TA และวิตามินซี ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับต้นส้มที่ไม่ได้รับการตัดแต่งกิ่ง ซึ่งแตกต่างกับ วาสนา และคณะ (2563) ที่ทำการทดลองการตัดแต่งกิ่งในต้นมะเขือ พบว่า การตัดแต่งกิ่งส่งผลให้ผลมะเขือมีคุณภาพผลทางด้าน TSS, TA และ TSS/TA รวมถึงวิตามินซี มากกว่าการไม่ตัดแต่งกิ่ง ซึ่ง สายชล (2531) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพผลทางเคมีและทางกายวิภาคของผลเกี่ยวข้องกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพแวดล้อมภายในสวน และวิธีการดูแลรักษาสวนส้ม ดังนั้นนอกจากการตัดแต่งกิ่งแล้วเกษตรกรยังต้องศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วยเช่นกัน เช่น อัตราการให้ปุ๋ย โดย จุฬาลักษณ์ (2530) ได้ทำการศึกษการให้ปุ๋ยสูตร 9-24-24 และ 15-15-15 พบว่า การให้ปุ๋ยดังกล่าวในปริมาณที่สูงจะส่งผลให้ปริมาณกรดในผลผลิตมีแนวโน้มลดลง ซึ่ง Saleem *et al.* (2008) พบว่า ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้จะลดลงเมื่อผลส้มมีอายุเพิ่มขึ้น

Table 2 The chemical quality of the fruit after harvest

Treatment	TSS (°Brix) ^{1/}	TA (%)	TSS/TA ratio	Ascorbic acid (mg/100gFW) ^{1/}
Factor A				
No pruning (A ₀)	10.01	0.44	23.43	20.89 ^b
Pruning (A ₁)	10.28	0.43	23.74	21.25 ^a
F-test	ns	ns	ns	*
Factor B				
1 time (B ₀)	8.64 ^b	0.41	21.48	20.79
2 times 7 days after the first (B ₁)	11.22 ^a	0.45	25.42	21.22
2 times 14 days after the first (B ₂)	10.58 ^{ab}	0.45	23.86	21.20
F-test	*	ns	ns	ns

Table 2 The chemical quality of the fruit after harvest (Cont.)

Treatment	TSS (°Brix) ^{1/}	TA (%)	TSS/TA ratio	Ascorbic acid (mg/100gFW) ^{1/}
Factor A × B				
A ₀ B ₀	7.58	0.40	19.36	20.27
A ₀ B ₁	11.59	0.44	27.17	21.16
A ₀ B ₂	10.87	0.47	23.77	21.25
A ₁ B ₀	9.70	0.42	23.61	21.31
A ₁ B ₁	10.85	0.46	23.67	21.28
A ₁ B ₂	10.28	0.42	23.96	21.16
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	16.23	7.58	12.89	1.46

Remarks: ns = not significantly different, * = significant difference at $p \leq 0.05$, ^{1/} = Means followed by the same letter within each column are not significantly different according to DMRT.

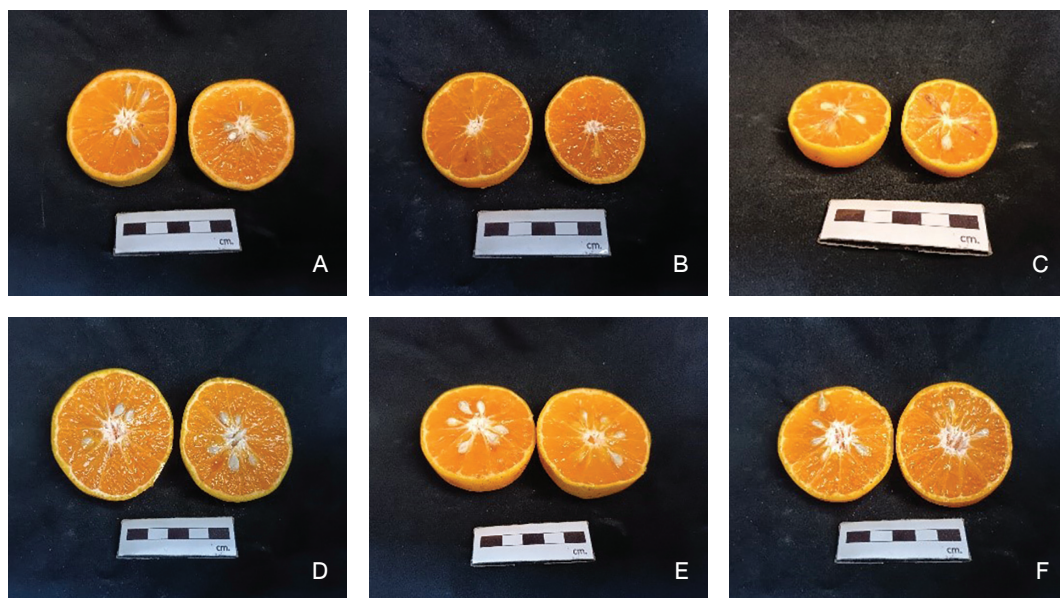


Figure 1 The characteristics of the citrus fruits after harvesting for treatment: (A) A₀B₀, (B) A₀B₁, (C) A₀B₂, (D) A₁B₀, (E) A₁B₁, (F) A₁B₂

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาผลของการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการใช้ซิลเวอร์นาโนที่มีผลต่อการพัฒนาผลและคุณภาพของผลส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่ง พบว่า ต้นส้มที่เป็นโรคกรีนนิ่งที่ได้รับการตัดแต่งกิ่งร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนจำนวน 1 ครั้ง สามารถส่งเสริมให้ผลผลิตส้มหลังการเก็บเกี่ยวมีปริมาณน้ำหนักรวมเฉลี่ยสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 76.36 กรัมต่อผล ด้านคุณภาพทางเคมีของผลผลิตพบว่า การตัดแต่งกิ่งร่วมกับการฉีดซิลเวอร์นาโนไม่มีผลต่อการพัฒนาทางด้านคุณภาพผลผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสวนส้มอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ในการอนุเคราะห์ต้นส้มสำหรับการทดลอง และสาขาวิชาพืชสวน (ไม้ผล) คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการสำหรับดำเนินการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

- กวิศร์ วานิชกุล. 2546. การจัดทรงต้นและการตัดแต่งกิ่งไม้ผล. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- จุฬาลักษณ์ จิงเจริญ. 2530. การศึกษาปริมาณธาตุอาหารในส้มเขียวหวานและอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยและระยะการเจริญเติบโตก่อนการเปลี่ยนแปลงระดับธาตุอาหารในใบส้ม. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ฉลงชัย แบบประเสริฐ. 2533. การปฏิบัติบำรุงสวนมะม่วง. ใน: ไพบุลย์ ไพริฬายฤทธิ์ การทำสวนมะม่วง. ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ทะนุพงศ์ กุสุมา ณ อยู่ยา. 2556. ทำนอกฤดูด้วยการตัดแต่งกิ่งเคล็ดไม่ลับ...ชาวสวนส้มโอ ที่แม่กลอง. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน 26(564): 50-54.
- ธัญญาญจน์ สี่ฝั่ง สมยศ มีทา สุภัทร์ อิศรางกูร ณ อยุธยา รำไพ นามพิลา พงษ์ศักดิ์ ยิ่งยืน และสังคม เตชะวงศ์เสถียร. 2560. ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของส้มโอพันธุ์มณีอีสาน. แก่นเกษตร 45(1): 331-335.

- นพดล จรัสสัมฤทธิ์. 2536. ฮอโมนพืชและสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช. สำนักพิมพ์รั้วเขียว. กรุงเทพฯ.
- นันทรัตน์ ศุภกานี. 2558. ข้อห่วงใยและคำแนะนำในการใช้สารปฏิชีวนะกับการรักษาโรคกรีนนิ่งของส้ม. วารสารเคหการเกษตร 39(10): 118-122.
- ปรารภนา จันทรทา พิชราพรรณ คงเพชรศักดิ์ และสุกานดา ดอกสันเทียะ. ม.ป.ป. ฮอโมนพืช. แหล่งข้อมูล http://mylesson.swu.ac.th/syllabus/doc_4720040331150456.pdf (25 มกราคม 2565).
- ปวีณา ปรวัฒน์ มณฑกานต์ ทองสม พรไพลิน ขาวสุข และตอยิบะ ดอเลาะหมิ. 2559. การสังเคราะห์ฮอร์โมนซิลเวอร์นาโนแบบเคมีสีเขียวโดยสารสกัดจากเปลือกมังคุดเพื่อยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 35(1): 26-40.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2529. ฮอโมนพืชและสารสังเคราะห์: แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย = Plant hormones and the synthetics: potential use in Thailand. ไดนามิคการพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- ไมตรี พรหมมินทร์. 2548. โรคกรีนนิ่งหรือโรคใบเหลืองต้นโหม. วารสารเคหการเกษตร 29(11): 126-135.
- วรวรรณ แผ่นรุ่งรัตน์. 2527. การตัดแต่งกิ่งไม้ผล. วารสารเคหการเกษตร 7(93): 26-27.
- วาสนา พิทักษ์พล วชิราภรณ์ ตรีริยะ ปวีณพล คุณารูป และสมสุดา วรพันธุ์. 2563. ผลของการตัดแต่งกิ่งต่อการออกดอกและคุณภาพของผลมะเกี๋ยง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 51(1): 243-248.
- ศรัณยู ใจเขื่อนแก้ว อำไพวรรณ ภราดรพันธุ์วัฒน์ และศรีเมฆ ชาวโพงพา. 2559. โรค Huanglongbing ของส้มโอและการใช้สารปฏิชีวนะเพื่อการควบคุมโรค: กรณีศึกษาในส้มโอพันธุ์ขาวแตงกวา จังหวัดชัยนาท. รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 54, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2 กุมภาพันธ์-4 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ, น. 108-115.
- สายชล เกตุษา. 2531. คุณภาพของผลส้มเขียวหวานจากแหล่งปลูกต่าง ๆ. วารสารเกษตรศาสตร์ (วิทย) 22(4): 279-283.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. ส้มเขียวหวาน. แหล่งข้อมูล: <https://1th.me/9vgUA> (30 มกราคม 2565).

- อรพรรณ วิเศษสังข์. 2559. โรคกรีนนิ่งของส้มกับการใช้สาร
ปฏิชีวนะ. วารสารเคหการเกษตร 40(5): 171-174.
- Chiti, S., C. Sunti and K. Yuttana. 2006. Effects of
fruit loading and pruning during fruit retention
(summer pruning) on growth water
consumption and nutrient uptake of longan
(*Dimocarpus longan*) cultivar Dow grown in
Lysimeter III. Agricultural Science Journal
37(6): 549-552.
- Embleton, T.W., W.W. Jones and A.L. Page. 1966.
Potassium deficiency in Valencia oranges tree
in California. HortScience 1: 92-93.
- Saleem, B.A., A.U. Malik., M.A. Pervez., A.S. Khan.
and M.N. Khan. 2008. Spring application of
growth regulators affects fruit quality of
'Blood red' sweet orange. Pakistan Journal
of Botany 40: 1013-1023.
- Stephano-Hornedo, J.L., O. Torres-Gutiérrez., Y.
Toledano-Magaña., I. Gradilla-Martínez., A.
Pestryakov., A. Sánchez-González. and N.
Bogdanchikova. 2020. Argovit™ silver
nanoparticles to fight Huanglongbing disease
in Mexican limes (*Citrus aurantifolia* Swingle).
RSC Advances 10(11): 6146-6155.

ผลของอัตราส่วนประชากรระหว่างข้าวและข้าววัชพืชต่อความสามารถในการแข่งขันเพื่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1

Effects of Population Ratios between Rice and Weedy Rice on Competitive Ability for Growth and Yield of Pathum Thani 1 Rice Variety

เจนจิรา หม่องอัน^{1,2*} บุญฤทธิ์ เข้มสัมฤทธิ์¹ และ ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว^{1,2}

Jenjira Mongon^{1,2*} Boonyarit Khemsamrit¹ and Chatsuda Phuakjaiphaeo^{1,2}

¹ หลักสูตรอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹ Program of Plant Protection, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

² ศูนย์วิจัยความหลากหลายทางชีวภาพและการใช้ประโยชน์แห่งมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² Biodiversity and utilization research center of Maejo University, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: jenjira_mg@mju.ac.th

(Received: 7 July 2022; Revised: 23 August 2022; Accepted: 5 October 2022)

Abstract

The objective of this study was to evaluate the effect of population ratios of Pathum Thani 1 (PTT1) and weedy rice on plant growth and yield competitive ability. Two pot experiments were laid out in completely randomized design (CRD) with 5 ratios of PTT1:weedy rice (4:0, 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4 plants per pot) and 4 replications. Experiment 1 explored the effect of population ratios of PTT1 and weedy rice on seedling growth. Ten-day-old seedlings were transplanted to pots containing 10 L of full-strength nutrient solution. After 14 days the shoot and root growth of PTT1 in treatments 4:0, 3:1, 2:2 and 1:3 were not statistically different. Likewise, the shoot and root growth of weedy rice were not affected by treatment. However, the mean shoot height, leaf number per plant, root length and root number per plant of PTT1 were 35.1, 29.3, 30.0 and 36.3% higher, respectively, than in weedy rice. Experiment 2 explored the effect of population ratios of PTT1 and weedy rice on plant growth and yield. Seven-day-old seedlings were transplanted to pots containing 10 L of paddy soil in the same population ratios as in experiment 1. At harvest (100 days after transplanting), competition from weedy rice decreased the number of tillers and the percentage of filled grain (16.7 and 16.1%, respectively); increased the percentage of unfilled grain (45.8%); and reduced grain yield (15.2%) in PTT1 in the 1:3 treatment. However, growth and yield of PTT1 at treatment of 3:1 and 2:2 were not affected by competition from weedy rice. The results indicate that 1) competition between commercial rice and weedy rice has a greater effect on later vegetative and reproductive growth than on young seedlings,

and 2) competition from weedy rice can have a large negative impact on rice yield when the density of weedy rice is higher than the commercial rice.

Keywords: Competition, adaptation, population size, plant morphology

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของอัตราส่วนประชากรของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 (PTT1) และข้าววัชพืชต่อความสามารถในการแข่งขันด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต ดำเนินการทดลอง 2 การทดลองในกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี โดยมีอัตราส่วน PTT1:ข้าววัชพืช 5 ระดับ ได้แก่ 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง จำนวน 4 ซ้ำ การทดลองที่ 1 ประเมินผลของอัตราส่วนประชากร PTT1 และข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตในระยะกล้า ทำการย้ายปลูกต้นกล้าอายุ 10 วัน ในกระถางที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรปริมาตร 10 ลิตร เป็นระยะเวลา 14 วัน พบว่าการเจริญเติบโตทางต้นและรากของ PTT1 ในกรรมวิธี 4:0, 3:1, 2:2 และ 1:3 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เช่นเดียวกับการเจริญเติบโตทางต้นและรากของข้าววัชพืชที่ไม่ได้รับผลกระทบจากกรรมวิธีการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า ค่าเฉลี่ยความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น ความยาวราก และจำนวนรากต่อต้นของ PTT1 สูงกว่าข้าววัชพืช 35.1, 29.3, 30.0 และ 36.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ประเมินผลของอัตราส่วนประชากร PTT1 และข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ทำการย้ายปลูกต้นกล้าอายุ 7 วัน ในกระถางที่บรรจุดินนาปริมาตร 10 ลิตร ที่มีอัตราส่วนประชากรเดียวกับการทดลองที่ 1 ที่ระยะเก็บเกี่ยวผลผลิต (100 วันหลังย้ายปลูก) พบว่า การแข่งขันของข้าววัชพืชส่งผลให้จำนวนหน่อต่อต้นและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีของ PTT1 ลดลง (16.7 และ 16.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มขึ้น (45.8 เปอร์เซ็นต์) และมีผลผลิตลดลง (15.2 เปอร์เซ็นต์) ในกรรมวิธี 1:3 แต่ไม่พบว่าการเจริญเติบโตและผลผลิตของ PTT1 ลดลงจากการแข่งขันกับข้าววัชพืชในกรรมวิธี 3:1 และ 2:2 จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า 1) การแข่งขันระหว่างข้าวเพื่อการค้าและข้าววัชพืชส่งผลต่อระยะปลายของการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและระยะการสร้างผลผลิตมากกว่าระยะต้นกล้า และ 2) การแข่งขันของข้าววัชพืชมีผลกระทบอย่างมากต่อการลดลงของผลผลิตข้าวเมื่อความหนาแน่นของข้าววัชพืชสูงกว่าข้าวเพื่อการค้า

คำสำคัญ: การแข่งขัน การปรับตัว ขนาดประชากร สันฐานวิทยาของพืช

คำนำ

ข้าววัชพืช (*Oryza sativa* f. *spontanea*) หรือ weedy rice เป็นวัชพืชสำคัญในนาข้าวที่ยากต่อการกำจัด เนื่องจากมีลักษณะทางพันธุกรรม สันฐานวิทยา และวงจรชีวิตใกล้เคียงกับข้าวปลูกเป็นอย่างมาก (Marambe, 2009) ประเทศไทยมีการแบ่งข้าววัชพืชออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวหาง ข้าวติด และข้าวแดง ซึ่งข้าวหางและข้าวติดจัดเป็นข้าววัชพืชชนิดที่พบเป็นปัญหาของชาวนา เนื่องจากเจริญเติบโตได้รวดเร็ว มีความสูงข่มข้าวปลูกในระยะแตกกอ และที่สำคัญคือเมล็ดสุกแก่เร็วกว่าข้าวปลูกและร่วงก่อนเก็บเกี่ยว (จรรยา, 2548; สุพรรณษา และคณะ, 2564) นอกจากนี้ยังพบว่าข้าววัชพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อสารกำจัดวัชพืชที่แตกต่างกัน สารกำจัดวัชพืชบางชนิดควบคุมข้าวหางได้ดีกว่าข้าวติด บางชนิดควบคุมข้าวติดได้ดีกว่าข้าวหาง (จรรยา และคณะ, 2553) ทำให้การป้องกันกำจัดข้าววัชพืช

จำเป็นต้องใช้วิธีการแบบผสมผสานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช่น ก่อนการปลูกข้าวควรไถล่อนข้าววัชพืชให้งอกแล้วไถทิ้ง การใช้สารกำจัดวัชพืชในระยะทำเทือก หรือหากพบข้าววัชพืชหลังการปลูกข้าวจะทำการถอน ตัดรวบ หรือใช้สารกำจัดวัชพืชสูตรพ่นข้าววัชพืชในระยะออกดอก รวมไปถึงระยะเก็บเกี่ยวที่ต้องทำความสะอาดเกี่ยววนวดทุกครั้ง ก่อนเข้าพื้นที่เพื่อลดการแพร่ระบาดของข้าววัชพืช เป็นต้น (กรมการข้าว, 2551; จรรยา, 2548)

แม้จะมีวิธีการป้องกันกำจัดข้าววัชพืชที่หลากหลาย แต่ก็พบว่าข้าววัชพืชสามารถปรับตัวหลีกเลี่ยงจากการกำจัดของมนุษย์ได้ เช่น การปรับความสูงต้นให้ใกล้เคียงกับข้าวปลูก การปรับสีเปลือกเมล็ดเป็นสีฟาง และเมล็ดมีการพักตัวที่ยาวนานขึ้น (จรรยา, 2548; สุพรรณษา และคณะ, 2564; Marambe, 2009) จึงทำให้ยังคงพบการแพร่ระบาดของข้าววัชพืชเป็นวงกว้างครอบคลุมนาข้าวในเขตภาคกลาง

ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยพบว่า ในพื้นที่ที่มีการระบาดของข้าววัชพืช มีผลผลิตข้าวลดลงเฉลี่ยไร่ละ 270 กิโลกรัมต่อไร่ คิดเป็นมูลค่าความเสียหายประมาณ 3 พันล้านบาทต่อฤดูปลูก (จรรยา และคณะ, 2553) และยังพบว่า ความหนาแน่นของข้าววัชพืชส่งผลกระทบต่อผลผลิตของผลผลิตข้าวอย่างมีนัยสำคัญ เช่น ข้าววัชพืชจำนวน 800 ต้นต่อตารางเมตร สามารถลดผลผลิตข้าวได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (จรรยา, 2548) ข้าววัชพืชจำนวน 40 ต้นต่อตารางเมตร ส่งผลให้ผลผลิตข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ลดลง 46-58 เปอร์เซ็นต์ (Eleftherohorinos *et al.*, 2002) ในนาที่มีการปลูกข้าวพันธุ์ Newbonne ซึ่งเป็นข้าวที่มีลักษณะต้นสูง เมื่อพบข้าววัชพืชขึ้นในแปลงจำนวน 1 ต้นต่อตารางเมตร ส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงถึง 35.04 กิโลกรัมต่อไร่ (Burgos *et al.*, 2006) เป็นต้น การพัฒนาองค์ความรู้ในด้านการปรับตัวของข้าวต่อความหนาแน่นของวัชพืชอาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการจัดการการเพาะปลูกข้าวให้แข่งขันกับวัชพืช และช่วยลดต้นทุนในการป้องกันกำจัดวัชพืชได้ในอีกทางหนึ่ง ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการแข่งขันของข้าวและข้าววัชพืชต่อการปรับตัวของข้าวในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตในระยะกล้า

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และเมล็ดข้าววัชพืชชนิดมีหางที่เก็บรวบรวมจากแปลงเกษตรกร ตำบลยางสูง อำเภอยางชุมน้อย จังหวัดกำแพงเพชร มาล้างด้วยน้ำกรอง 3 ครั้ง จากนั้นแช่เมล็ดในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 30 วินาที แล้วล้างทำความสะอาดด้วยน้ำกรองอีก 3 ครั้ง (เจนจิรา และคณะ, 2560) ชั่งน้ำหนักที่ติดมาให้แห้งด้วยกระดาษทิชชู จากนั้นนำเมล็ดเพาะในจานเพาะขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร จำนวน 50 เมล็ดต่อจาน วางจานเพาะที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน หรือมีความยาว radicle ประมาณ 2-3 มิลลิเมตร หลังจากนั้นย้ายต้นกล้าลงบนตาข่ายไนลอนที่ลอยอยู่ในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร บรรจุสารละลายธาตุอาหารเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 ลิตร เป็นเวลา 7 วัน จากนั้น

ย้ายต้นกล้าปลูกลงในโพนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 24 เซนติเมตร ที่ลอยอยู่ในกระถางพลาสติกขนาดเดิมที่บรรจุสารละลายธาตุอาหารเต็มสูตร ปริมาตร 10 ลิตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ที่มีอัตราส่วนข้าว:ข้าววัชพืช 5 ระดับ คือ 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง เป็นเวลา 14 วัน เปลี่ยนสารละลายธาตุอาหารทุก 7 วัน และปรับ pH สารละลายธาตุอาหารเป็น 6.5 ทุกวันตลอดทั้งการทดลอง โดยใช้ NaOH และ HCl 1 N สารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรประกอบด้วย KNO_3 , 3750 μM ; KH_2PO_4 , 100 μM ; NH_4NO_3 , 625 μM ; $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 400 μM ; $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 1000 μM ; NaCl , 50 μM ; SiO_2 , 100 μM ; $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 2 μM ; $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 2 μM ; $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, 1 μM ; $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 0.5 μM ; H_3BO_3 , 25 μM และ $\text{NaMoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, 0.5 μM และใส่ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ความเข้มข้น 5 μM ทุก 2 วัน เพื่อหลีกเลี่ยงอาการขาดธาตุเหล็ก (ดัดแปลงจาก Mongkon *et al.*, 2014) หลังย้ายปลูกในสารละลายธาตุอาหารเต็มสูตรเป็นเวลา 14 วัน จึงบันทึกภาพต้นกล้าด้วยเครื่อง color image scanner (Epson รุ่น Perfection V370 Photo) บันทึกข้อมูลความสูงต้น จำนวนใบต่อต้น จำนวนรากต่อต้น และค่าเฉลี่ยความยาวราก ด้วยโปรแกรม ImageJ (version 1.52v, USA)

การทดลองที่ 2 ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

นำดินนา (ชุดดินสันทราย) จากแปลงวิจัย สาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ถูกไถพรวนแล้วมาร่อนกำจัดเศษหินและเศษซากพืชด้วยตะแกรงโลหะขนาดช่อง 5 มิลลิเมตร เพาะเมล็ดข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 และข้าววัชพืชในถาดเพาะที่บรรจุดินนา เป็นเวลา 7 วัน จากนั้นย้ายต้นกล้าปลูกลงในกระถางพลาสติกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 28 เซนติเมตร สูง 24 เซนติเมตร บรรจุดินนาปริมาตร 10 ลิตร ที่ขังน้ำให้สูงเหนือผิวดินประมาณ 1-2 เซนติเมตร วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 4 ซ้ำ โดยปลูกข้าว:ข้าววัชพืช 5 อัตราส่วนคือ 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 จำนวน 4 ต้นต่อกระถาง วางกระถางแบบสุ่มในโรงเรือนหลังคาพลาสติก รดน้ำทุกวันโดยรักษาระดับน้ำในกระถางสูงเหนือผิวดิน 1-2 เซนติเมตร เมื่อมีวัชพืชขึ้นกำจัดด้วยวิธีการถอน จากนั้นใส่ปุ๋ยสูตร 16-20-0

อัตรา 30 กิโลกรัม/ไร่ ที่ระยะ 30 วันหลังปลูก และปุ๋ยสูตร 46-0-0 อัตรา 6 กิโลกรัม/ไร่ ที่ 70 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยว ผลผลิตที่ระยะสุกแก่ (100 วันหลังย้ายปลูก) บันทึกข้อมูล ของข้าวและข้าววัชพืช ประกอบด้วย ความสูงต้น จำนวน หน่อต่อต้น น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักผลผลิตที่ความชื้น ไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ (เครื่องวัดความชื้นข้าวแบบเกลียวบิด รุ่น RICETER F-521) สุ่มรวงข้าวและข้าววัชพืชจำนวนกอละ 4 รวง และนำมาคำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเมล็ดลีบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ของข้อมูล และเปรียบเทียบความแตกต่างทาง สถิติของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรม Statistix8 (Analysis Software, SXW, Tallahassee, FL, USA)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการ เจริญเติบโตในระยะกล้า

การประเมินการปรับตัวของข้าวและข้าววัชพืช ในระยะกล้าที่เจริญเติบโตร่วมกันในอัตราส่วนของข้าวต่อ ข้าววัชพืชเป็น 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง ในสารละลายธาตุอาหารเป็นเวลา 14 วัน พบว่าลักษณะ ของต้นและรากของข้าวพันธุ์พุมธานี 1 ที่เจริญเติบโต ในอัตราส่วน 4:0, 3:1, 2:2 และ 1:3 ไม่มีความแตกต่าง ทางสถิติ โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 29.1 เซนติเมตร จำนวนใบ เฉลี่ย 4.1 ใบต่อต้น ความยาวรากเฉลี่ย 12.0 เซนติเมตร และ จำนวนรากเฉลี่ย 15.7 รากต่อต้น (Table 1) เช่นเดียวกับ ข้าววัชพืชที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของลักษณะของต้น และรากเมื่อเจริญเติบโตร่วมกับข้าวในอัตราส่วน 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 โดยมีความสูงต้นเฉลี่ย 18.9 เซนติเมตร จำนวน ใบเฉลี่ย 2.9 ใบต่อต้น ความยาวรากเฉลี่ย 8.4 เซนติเมตร และจำนวนรากเฉลี่ย 10.0 รากต่อต้น (Table 1)

Table 1 Growth parameters of rice and weedy rice seedlings grown in various rice:weedy rice ratios in nutrient solution for 14 days

Rice:Weedy rice ratio	Shoot height (cm)		Leave numbers per plant		Root length (cm)		Root numbers per plant	
	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice
4:0	27.2	-	4.0	-	11.8	-	12.0	-
3:1	27.8	20.9	4.3	2.4	12.9	8.1	14.0	8.0
2:2	29.6	19.2	4.0	3.0	11.7	8.1	19.0	8.0
1:3	31.8	18.3	4.0	2.7	11.8	9.8	18.0	12.0
0:4	-	17.2	-	3.5	-	7.6	-	12.0
Mean	29.1	18.9	4.1	2.9	12.0	8.4	15.7	10.0
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	10.4	11.2	5.7	5.5	15.1	17.3	7.1	9.6

Remarks: ns = non-significantly difference among the ratios in the same column by LSD test at $p < 0.05$

เมื่อพิจารณาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต้นข้าวและข้าววัชพืช พบว่าข้าวมีความสามารถในการเจริญเติบโตในระยะกล้าได้ดีกว่าข้าววัชพืช โดยข้าวมีค่าเฉลี่ยความสูงต้นและจำนวนใบมากกว่าข้าววัชพืช 35.1 และ 29.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ (Table 1; Figure 1) ความสามารถในการเจริญเติบโตในระยะกล้าของข้าวแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนในส่วนของสัณฐานวิทยาของราก โดยพบว่าข้าวมีค่าเฉลี่ยความยาวรากและจำนวนรากมากกว่าข้าววัชพืชในทุกอัตราส่วน ซึ่งคิดเป็น 30.0 และ 36.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1; Figure 2) โดยทั่วไปพืชใช้ทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินในการแข่งขันเพื่อเข้าถึงทรัพยากรสำหรับการเจริญเติบโต ได้แก่ พื้นที่ แสง ธาตุอาหาร และน้ำ พืชที่มีความแข็งแรงกว่าพืชข้างเคียง เช่น ต้นสูงกว่า พื้นที่รากมากกว่า และรากยาวกว่า จึงมีประสิทธิภาพในการแข่งขันมากกว่า (Gloria and Osborne, 2014) จากผลการทดลองพบว่าข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 มีความแข็งแรงของต้นกล้า ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก และจำนวนราก มากกว่าข้าววัชพืชจึงทำให้มีโอกาสในการเข้าถึงทรัพยากรได้มากกว่า เช่นเดียวกับ Marambe (2009) ที่พบว่าข้าวปลูกพันธุ์ Bg 300 มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและเปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตสูงกว่าข้าววัชพืชถึง 2.4 เท่า ซึ่งแสดงว่าข้าวปลูกมีประสิทธิภาพในการงอกและการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอกว่าข้าววัชพืช อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้มีความแตกต่างจาก สุพรรณษา และคณะ (2564) ที่พบว่า

ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และข้าววัชพืช มีอัตราการงอกและการเจริญเติบโตในระยะกล้าไม่แตกต่างกัน การตอบสนองดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะทางพันธุกรรมที่แตกต่างกัน โดยข้าวปลูกมักเป็นพันธุ์ที่ถูกปรับปรุงพันธุ์หรือคัดเลือกสายพันธุ์มาเพื่อให้มีการงอกและการเจริญเติบโตที่สม่ำเสมอและมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมบางประการ ซึ่งแตกต่างจากข้าววัชพืชที่ค่อนข้างมีความแปรปรวนของลักษณะทางรูปร่างและพันธุกรรมซึ่งขึ้นอยู่กับนิเวศวิทยาและการจัดการของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ที่เพาะปลูกจึงทำให้เมล็ดที่ได้มีการงอกและการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (Marambe, 2009; Wongtamee *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าข้าววัชพืชทั้ง 3 ชนิด คือ ข้าวหาง ข้าวตืด และข้าวแดง มีการพักตัวที่แตกต่างกัน เมื่อไม่มีการทำลายการพักตัวของเมล็ดก่อนการเพาะปลูกจึงอาจทำให้เมล็ดข้าววัชพืชมีความงอกที่ไม่สม่ำเสมอและการเจริญเติบโตในระยะแรกไม่เท่าที่ควร (ศานิต และคณะ, 2554; สุพรรณษา และคณะ, 2564) ดังนั้นการเจริญเติบโตในระยะกล้าของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 จึงไม่ได้รับผลกระทบจากการแข่งขันกับข้าววัชพืชในทุกอัตราส่วนความหนาแน่นของข้าวต่อข้าววัชพืช การแสดงออกของลักษณะทางสัณฐานวิทยาในระยะต้นกล้าที่แตกต่างกันของพืชทั้ง 2 ชนิด จึงขึ้นอยู่กับลักษณะทางพันธุกรรมของพืชเอง

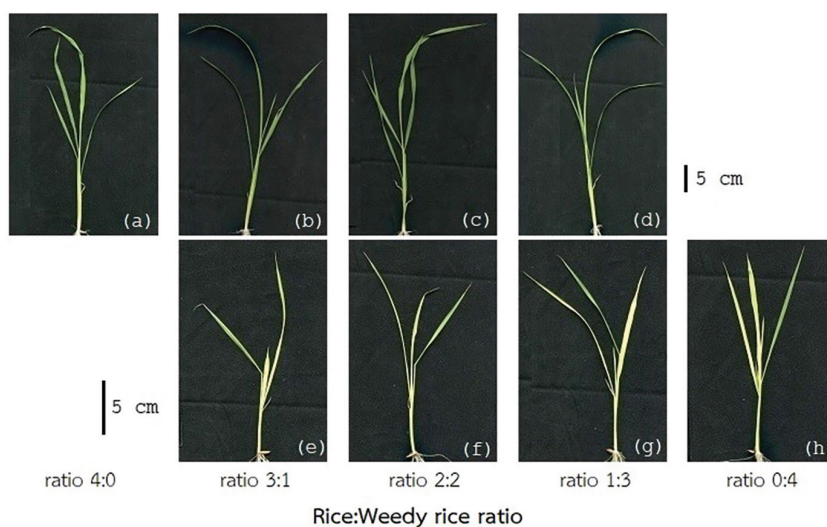


Figure 1 Shoot morphology of rice and weedy rice seedlings grown in nutrient solution for 14 days. a-d were shoots of rice growing in the rice:weedy rice ratio of 4:0, 3:1, 2:2 and 1:3, respectively. e-h were shoots of weedy rice growing in the rice:weedy rice ratio of 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4, respectively.

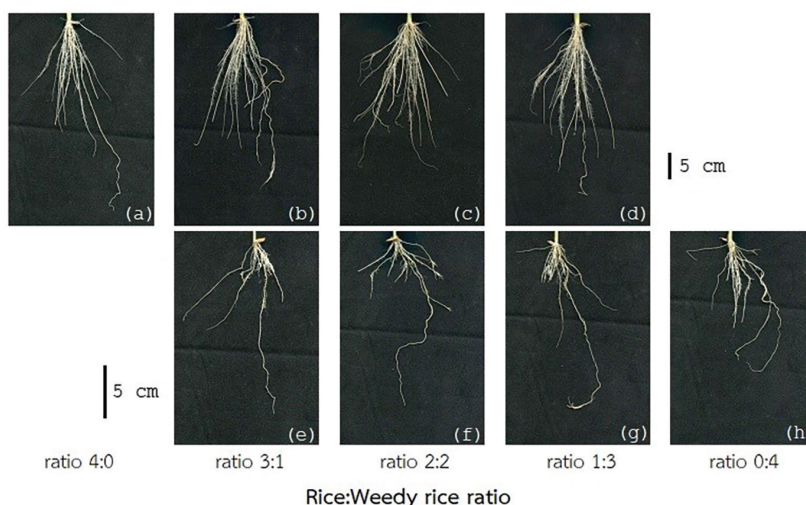


Figure 2 Root morphology of rice and weedy rice seedlings grown in nutrient solution for 14 days. a-d were roots of rice growing in the rice:weedy rice ratio of 4:0, 3:1, 2:2 and 1:3, respectively. e-h were roots of weedy rice growing in the rice:weedy rice ratio of 3:1, 2:2, 1:3 and 0:4, respectively

ผลของอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต

การเจริญเติบโตของข้าวและข้าววัชพืชที่ปลูกร่วมกันจนถึงระยะเก็บเกี่ยวในอัตราส่วนของข้าวต่อข้าววัชพืช 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ต้นต่อกระถาง พบว่า การเจริญเติบโตของข้าวที่ปลูกในอัตราส่วนต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยมีความสูงเฉลี่ย 108.5 เซนติเมตร มีจำนวนหน่อเฉลี่ย 9.6 หน่อต่อต้น และมีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย 18.4 กรัมต่อต้น (Table 2) เช่นเดียวกับข้าววัชพืชที่ไม่พบ

ความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนต่าง ๆ จึงมีความสูงเฉลี่ย 112.4 เซนติเมตร มีจำนวนหน่อเฉลี่ย 10.4 หน่อต่อต้น และมีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ย 15.6 กรัมต่อต้น (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตระหว่างข้าวและข้าววัชพืชที่ระยะเก็บเกี่ยว พบว่า ข้าวมีความสูงต้นและจำนวนหน่อต่อต้นเฉลี่ยต่ำกว่าข้าววัชพืชเล็กน้อยที่ 3.6 และ 8.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ข้าวมีน้ำหนักแห้งต้นเฉลี่ยสูงกว่าข้าววัชพืช 15.2 เปอร์เซ็นต์ (Table 2)

Table 2 Effect of various rice:weedy rice ratios on their growth parameters at harvesting date

Rice:Weedy rice ratio	Height (cm)		Tiller numbers per plant		Shoot dry weight (g/plant)	
	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice	Rice	Weedy rice
4:0	103.8±4.9	-	9.6±0.5	-	19.2±0.8	-
3:1	110.7±5.0	104.0±18.6	10.8±2.0	9.0±3.9	20.1±1.1	13.1±6.0
2:2	110.1±8.9	110.8±3.6	10.0±3.7	10.0±1.4	17.7±6.5	16.6±1.0
1:3	109.5±6.6	117.3±11.0	8.0±0.8	11.4±2.8	16.4±2.2	18.3±8.4
0:4	-	117.4±7.0	-	11.0±1.5	-	14.2±1.2
Mean	108.5	112.4	9.6	10.4	18.4	15.6
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.3	11.0	14.6	18.5	20.7	22.4

Remarks: Values are means of four replicates ±sd. ns = non-significantly difference among the ratios in the same column by LSD test at $p < 0.05$

ผลผลิตของข้าวที่เจริญเติบโตในอัตราส่วนของข้าวต่อข้าววัชพืช 4:0, 3:1, 2:2 และ 1:3 นั้นไม่มีความแตกต่างกัน เช่นเดียวกับผลผลิตของข้าววัชพืชในอัตราส่วน 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 ที่ไม่แตกต่างกัน แต่ผลผลิตของข้าวนั้นสูงกว่าข้าววัชพืชถึง 5.0 3.6 และ 4.0 เท่า ในอัตราส่วน 3:1 2:2 และ 1:3 ตามลำดับ (Figure 3a) เมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีและเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบ พบว่าข้าวได้รับผลกระทบจากการเจริญเติบโตร่วมกับข้าววัชพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 3b, c) โดยข้าวที่ปลูกในอัตราส่วนข้าว:ข้าววัชพืชเป็น 3:1 มีเมล็ดดี (filled grain) ไม่แตกต่างจากการปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว (4:0) คือมีเมล็ดดีเฉลี่ย 73.2 เปอร์เซ็นต์ สำหรับอัตราส่วน 2:2 ข้าวมีเมล็ดดีเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเป็น 80.6 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อการแข่งขันเพิ่มเป็นอัตราส่วน 1:3 ข้าวมีเมล็ดดีลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเหลือเพียง 62.1 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่พบความแตกต่างของเมล็ดดีของข้าววัชพืชที่อัตราส่วนการแข่งขันต่าง ๆ โดยมีค่าเฉลี่ยที่ 47.2 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3b) นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราส่วนข้าวต่อข้าววัชพืชที่แตกต่างกันส่งผลกระทบท่อเมล็ดลีบ (unfilled grain) ของข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ที่อัตราส่วนการแข่งขันสูงสุดที่ 1:3 ข้าวมีเมล็ดลีบมากที่สุดที่ 37.9 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อการแข่งขันลดเป็นอัตราส่วน 2:2 พบว่าเมล็ดลีบของข้าวลดลงเหลือเพียง 19.4 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อการแข่งขันลดลงเป็นอัตราส่วน 3:1 และไม่มีการแข่งขัน (4:0) ข้าวกลับมีเมล็ดลีบเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เฉลี่ยที่ 26.8 เปอร์เซ็นต์ (Figure 3c) แสดงว่าหากข้าวมีจำนวนประชากรต่อพื้นที่มากกว่าหรือเท่ากับข้าววัชพืชจะมีการเจริญเติบโตได้ตามปกติ แต่เมื่อข้าวมีจำนวนประชากรน้อยกว่าข้าววัชพืชจะได้รับผลกระทบทำให้มีการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิต เช่น จำนวนหน่อและเปอร์เซ็นต์เมล็ดดีลดลง

จากผลการทดลองอัตราส่วนประชากรข้าวและข้าววัชพืชต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่าข้าวมีการตอบสนองต่อประชากรข้าววัชพืชที่ต่างกัน 2 ลักษณะ ลักษณะแรกเมื่อข้าวมีจำนวนประชากรมากกว่าหรือเท่ากับข้าววัชพืช การเจริญเติบโตและการสร้างองค์ประกอบผลผลิต (yield component) ของข้าวจะไม่ได้รับผลกระทบ ตัวอย่างเช่น ข้าวมีเมล็ดดีระหว่าง 74.0-80.6 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ข้าววัชพืชมีเมล็ดดีค่อนข้างต่ำอยู่ระหว่าง 37.1-59.5 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับรายงานของ Marambe (2009) ที่เปรียบเทียบการให้ผลผลิตของข้าวพันธุ์ Bg 300 และข้าววัชพืชในประเทศศรีลังกา พบว่าข้าวมีเปอร์เซ็นต์เมล็ดดี

80.0 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ข้าววัชพืชมีเมล็ดดีเพียง 25.0 เปอร์เซ็นต์เท่านั้น ซึ่งแสดงว่ามีหากการแข่งขันไม่รุนแรง ข้าวสามารถเจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ตามปกติ และยังพบว่าข้าววัชพืชอีกหลายสายพันธุ์ที่ไม่ได้ปรับตัวให้มีผลผลิตสูงเหมือนข้าว ส่วนการตอบสนองของข้าวต่อจำนวนประชากรข้าววัชพืชอีกลักษณะหนึ่ง คือ เมื่อข้าวมีจำนวนประชากรน้อยกว่าข้าววัชพืช ข้าวมีการเจริญเติบโตและการสร้างองค์ประกอบผลผลิตลดลง สอดคล้องกับ Eleftherohorinos *et al.* (2002) ที่พบว่าข้าวปลูกหลายพันธุ์มีผลผลิตลดลง 46-58 เปอร์เซ็นต์เมื่อแข่งขันกับข้าววัชพืชจำนวน 40 ต้นต่อตารางเมตร แสดงว่าหากมีการแข่งขันที่รุนแรงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของข้าว

อย่างไรก็ดี การตอบสนองของข้าวต่อจำนวนประชากรข้าววัชพืชในการทดลองนี้มีความแตกต่างจากรายงานของ Jindalouang *et al.* (2018) ที่พบว่า จำนวนหน่อต่อน้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักผลผลิตของข้าววัชพืชสูงกว่าข้าวปลูกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 และปทุมธานี 1 ในทุกอัตราการแข่งขันข้าว:ข้าววัชพืชที่ 75:25 50:50 และ 25:75 ผลการทดลองที่ต่างกันนี้อาจเกิดจากปัจจัยความหลากหลายทางพันธุกรรมของข้าววัชพืชจึงมีอิทธิพลต่อข้าวปลูกแตกต่างกัน โดย Jindalouang *et al.* (2018) ได้เก็บรวบรวมข้าววัชพืชจากแปลงเกษตรกรในภาคกลางของประเทศไทย เป็นข้าววัชพืชชนิดไม่มีหาง (awnless biotype) ขณะที่การทดลองนี้เก็บรวบรวมมาจากแปลงเกษตรกรในจังหวัดกำแพงเพชร เป็นข้าววัชพืชชนิดมีหาง ซึ่งสอดคล้องกับ Wongtamee *et al.* (2017) ที่รายงานว่านิเวศวิทยาและการจัดการของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่เพาะปลูกส่งผลให้ข้าววัชพืชมีความแปรปรวนของลักษณะทางรูปร่างและพันธุกรรม จึงอาจทำให้ข้าววัชพืชจากแต่ละแหล่งที่มาที่มีการตอบสนองต่อการแข่งขันที่แตกต่างกัน นอกจากนี้ ปัจจัยด้านความหนาแน่นของประชากรก็อาจมีอิทธิพลต่อความสามารถในการแข่งขันของพืช โดยการทดลองของ Jindalouang *et al.* (2018) มีจำนวนต้นพืชต่อพื้นที่มากกว่าการทดลองนี้ถึง 2 เท่า จึงทำให้การแก่งแย่งแข่งขันปัจจัยการเจริญเติบโตมีความรุนแรงกว่า โดยทั่วไปการตอบสนองของพืชทั้งส่วนเหนือดินและส่วนใต้ดินขึ้นอยู่กับระดับของการแข่งขันของพืช หากเป็นการแข่งขันที่รุนแรงจะก่อให้เกิดผลยับยั้งการเจริญเติบโตของพืชอีกชนิดหนึ่ง ขณะที่การแข่งขันที่ไม่รุนแรงพืชจะมีการรับรู้ (kin recognition)

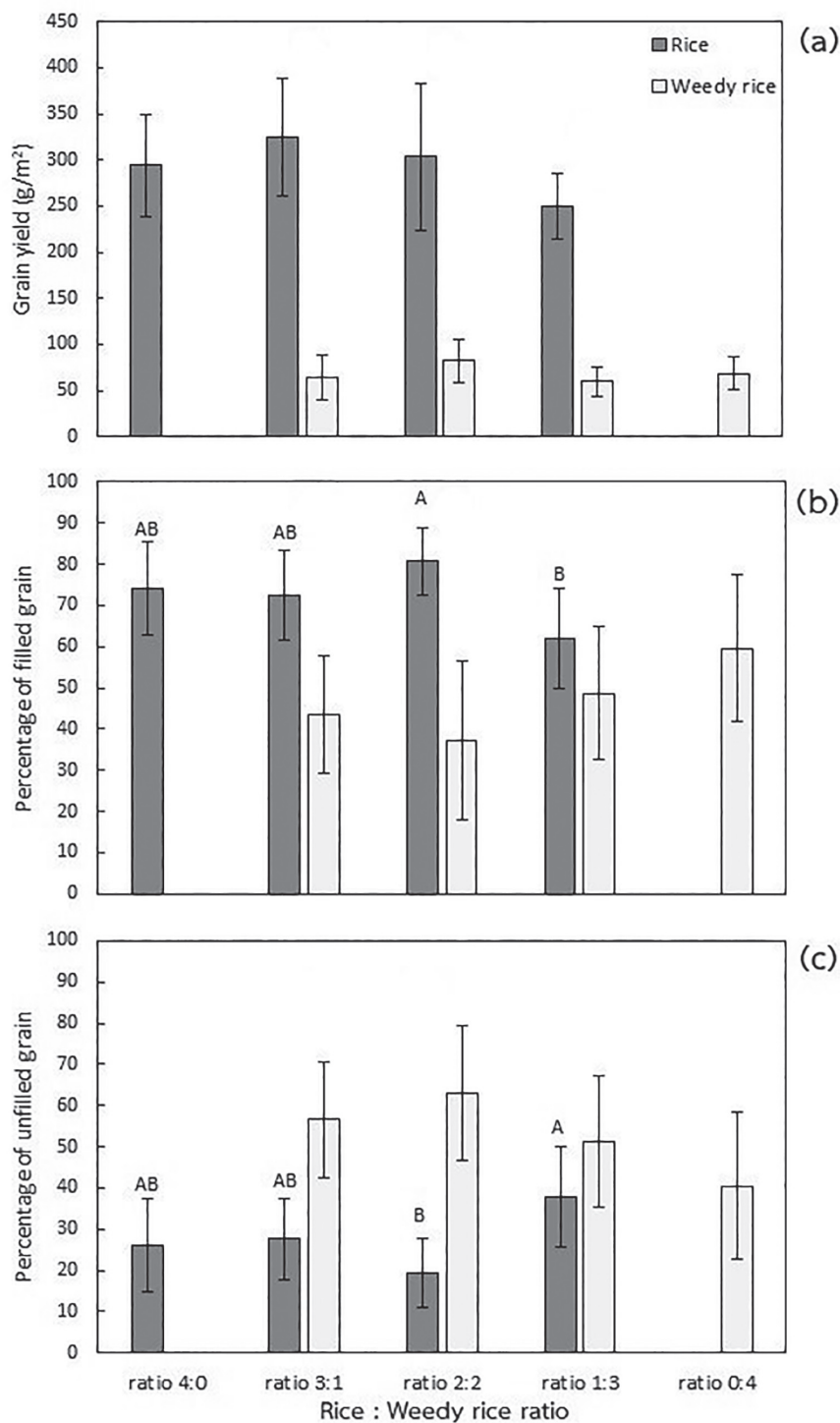


Figure 3 Effect of various rice:weedy rice ratios on their grain yield (a), percentage of filled grain (b) and percentage of unfilled grain (c). The same uppercase letters are not significantly difference among the grey bars by LSD test at $p < 0.05$

ถึงการมีพืชอื่นอยู่บริเวณเดียวกันแต่จะมีการแสดงออกในด้านลดความรุนแรงของการแข่งขันหรือส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ ซึ่งปัจจัยความหนาแน่นและการตอบสนองของพืชสามารถพัฒนาเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องมือวิเคราะห์ระยะวิกฤตของการกำจัดวัชพืชได้ (Chen *et al.*, 2012; Maxwell and O'Donovan, 2007)

ความสามารถในการแข่งขันยังขึ้นอยู่กับลักษณะทางสัณฐานของต้นและใบที่เอื้อต่อการรับแสงและรากที่เอื้อต่อการแสวงหาน้ำและธาตุอาหาร (Arrieta-Espinoza *et al.*, 2005; Burgos *et al.*, 2006) ทั้งนี้ความสามารถในการแข่งขันอาจเปลี่ยนแปลงตามระยะการเจริญเติบโตของพืช ยกตัวอย่างเช่น การเจริญเติบโตระยะกล้าของข้าวพันธุ์ M-206 มีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ที่ 0.47 หน่วยต่อเซนติเมตรต่อสัปดาห์ แต่เมื่อมีการแข่งขันกับข้าววัชพืช ข้าวกลับมีอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์เพิ่มขึ้นเป็น 0.53 หน่วยต่อเซนติเมตรต่อสัปดาห์ อย่างไรก็ตาม การเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ M-206 พบว่าเริ่มลดลงอย่างชัดเจนเมื่อการแข่งขันดำเนินต่อเนื่องถึงระยะสุกแก่ และเป็นสาเหตุให้น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลผลิตต่อรวง และน้ำหนักผลผลิตต่อกอของข้าวลดลง (Karn *et al.*, 2020) แสดงให้เห็นว่าข้าวมีระยะวิกฤตในการแข่งขันกับข้าววัชพืชเช่นเดียวกับการแข่งขันของข้าวกับวัชพืชในนาข้าว โดยมีรายงานว่าข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ที่ปลูกแบบนาดำมีความอ่อนแอต่อวัชพืชในระยะก่อนแตกกอสูงสุดมากที่สุด เป็นสาเหตุให้มีจำนวนหน่อและน้ำหนักผลผลิตข้าวลดลงต่ำกว่าการแข่งขันกับวัชพืชในระยะหลังแตกกออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (นริศและเจนจิรา, 2564) จึงอาจเป็นไปได้ว่าความสามารถในการแข่งขันของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 ต่อข้าววัชพืชเริ่มลดลงตั้งแต่ระยะสร้างผลผลิตและยังลดลงมากขึ้นเมื่อมีขนาดจำนวนประชากรข้าวน้อยกว่าข้าววัชพืช จึงเป็นสาเหตุให้ข้าวที่แข่งขันกับข้าววัชพืชในอัตราส่วน 1:3 มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดตกลดลง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตลดลง ดังนั้น ในการศึกษาครั้งต่อไปจึงควรพิจารณาถึงขนาดจำนวนประชากรและระยะวิกฤตที่เฉพาะเจาะจงของการแข่งขันของข้าวต่อข้าววัชพืชเพื่อเพิ่มความเข้าใจต่อกลไกการแข่งขันของพืชทั้ง 2 ชนิดนี้ให้ลึกซึ้งมากขึ้น

สรุปผลการวิจัย

การประเมินการแข่งขันของข้าวและข้าววัชพืชต่อการปรับตัวของข้าวในด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตที่ปลูกร่วมกันในอัตราส่วน ข้าว:ข้าววัชพืชเป็น 4:0, 3:1, 2:2, 1:3 และ 0:4 พบว่าที่ระยะกล้า ข้าวไม่ได้รับผลกระทบจากการแข่งขันในทุกอัตราส่วน โดยข้าวมีความสูงต้น จำนวนใบ ความยาวราก และจำนวนรากมากกว่าข้าววัชพืช ซึ่งเกิดจากลักษณะทางพันธุกรรมของข้าวเพื่อการค้า สำหรับระยะสุกแก่ พบว่าที่อัตราส่วน 3:1 และ 2:2 ข้าวไม่ถูกยับยั้งการเจริญเติบโตและผลผลิต แต่ที่อัตราส่วน 1:3 ข้าวถูกยับยั้งการเจริญเติบโตและกระทบต่อองค์ประกอบผลผลิต โดยมีจำนวนหน่อและเปอร์เซ็นต์เมล็ดตกลดลง มีเปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบเพิ่มขึ้น และมีแนวโน้มในการให้ผลผลิตลดลง แสดงว่าข้าวมีการปรับตัวต่อการแข่งขันกับข้าววัชพืชได้ดีเมื่อมีจำนวนประชากรข้าววัชพืชน้อยกว่าหรือเท่ากัน แต่ความสามารถในการแข่งขันของข้าวลดลงเมื่อมีจำนวนประชากรน้อยกว่าข้าววัชพืช และผลกระทบจากการแข่งขันแสดงออกอย่างชัดเจนที่ระยะปลายการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบและระยะการสร้างผลผลิต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ผู้สนับสนุนเงินทุนวิจัย รหัสโครงการ มจ.2-64-068

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. 2551. การจัดการข้าววัชพืชแบบผสมผสานในระบบการผลิตแบบเกษตรที่ดีที่เหมาะสม. กรมการข้าว สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. นครนายก.
- จรรยา มณีโชติ. 2548. ข้าววัชพืช ปัญหาและการจัดการ. อ้วนน้ำ พรินต์ จักกิต. กรุงเทพฯ.
- จรรยา มณีโชติ อริยา เผ่าเครื่อง และคันศนี จักกิต. 2553. การใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อสำรวจการระบาดของข้าววัชพืชในนาข้าวเขตภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ฐานข้อมูลโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพฯ.
- เจนจิรา หม่องอัน สุนธมาส เปรมปฐวิทย์ สยมพร นากลาง วาสนา เสนาพล และอารมณ จันทะสอน. 2560. การเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าข้าว ข้าวโพด

- และมันสำปะหลัง โดยวิธีการแช่เมล็ดและท่อนพันธุ์
ในสารละลายแคลเซียม โบรอน และสังกะสี. วารสาร
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี) 9(18): 49-62.
- นริศ เนตรถาวร และเจนจิรา หม่องอ้น. 2564. ผลของ
ช่วงเวลาการกำจัดวัชพืชต่อชนิดวัชพืชเด่นและการ
เจริญเติบโตของข้าวพันธุ์สันป่าตอง 1 ภายใต้การ
เพาะปลูกแบบนาดำ. วารสารผลิตกรรมการเกษตร
3(2): 1-10.
- ศานิต สวัสดิ์กาญจน์ สุวิทย์ เทียรทอง เนาวรัตน์ ประดับเพ็ชร
และวริศรา ปลื้มฤดี. 2554. การศึกษาการเจริญเติบโต
ของข้าวปลูกและข้าววัชพืช. วารสารวิทยาศาสตร์
เกษตร 42(2): 141-144.
- สุพรรณษา ชินวรรณ สลิลทิพย์ นุรักษ์ทวีพร และอนุพงศ์
วงศ์ดามี. 2564. การงอกของเมล็ดและการพัฒนา
ของต้นข้าววัชพืชที่เก็บรวบรวมจากแปลงเกษตรกร
ในอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก. วารสารเกษตร
นเรศวร 18(1): 1-8.
- Arrieta-Espinoza, G., E. Sanchez, S. Vargas, S. Lobo,
T. Quesada and A.M. Espinoza. 2005. The
weedy rice complex in Costa Rica. I.
Morphological study of relationships
between commercial rice varieties, wild
Oryza relatives and weedy types. Genetic
Resources and Crop Evolution 52: 575-587.
- Burgos, N.R., R.J. Norman, D.R. Gealy and H. Black.
2006. Competitive N uptake between rice
and weedy rice. Field Crops Research 99:
96-105.
- Chen, B.J.W., H.J. During and N.P.R. Anten. 2012.
Detect thy neighbor: identity recognition at
the root level in plants. Scientific Research
195(1): 157-167.
- Eleftherohorinos, I.G., K.V. Dhima and I.B.
Vasilakoglou. 2002. Interference of red rice
in rice grown in Greece. Weed Science
Journal 50(2): 167-172.
- Gioria, M. and B.A. Osborne. 2014. Resource
competition in plant invasions: emerging
patterns and research needs. Frontiers in
Plant Science Journal 5(1): 501.
- Jindalouang, R., C. Maneechote, C. Prom-u-thai, B.
Rerkasem and S. Jamjod. 2018. Growth and
nutrients competition between weedy rice
and crop rice in a replacement series study.
International Journal of Agriculture and
Biology 20(4): 784-790.
- Karn, E., T. De Leon, L. Espino, K. Al-Khatib and W.
Brim-DeForest. 2020. Effects of competition
from California weedy rice (*Oryza sativa* f.
spontanea) biotypes on a cultivated rice
variety. Weed Technology 34(5): 666-674.
- Marambe, B. 2009. Weedy rice: evolution, threats,
and management. Tropical Agriculturist 157:
43-64.
- Maxwell, B.D. and J.T. O'Donovan. 2007.
Understanding Weed-crop interactions to
manage weed problems. pp. 17-33. In: M.K.
Upadhyaya and R.E. Blackshaw (eds.). Non-
chemical Weed Management: Principles,
Concepts and Technology. CAB International:
Cambridge, MA, USA.
- Mongon, J., D. Konnerup, T.D. Colmer and B.
Rerkasem. 2014. Responses of rice to Fe²⁺ in
aerated and stagnant condition: growth, root
porosity and radial oxygen loss barrier.
Functional Plant Biology 41: 922-929.
- Wongtamee, A., C. Maneechote, T. Pusadee, B.
Rerkasem and S. Jamjod. 2017. The dynamics
of spatial and temporal population genetic
structure of weedy rice (*Oryza sativa* f.
spontanea Baker). Genet. Resour. Genetic
Resources and Crop Evolution 64: 23-39.

การตรวจสอบการตอบสนองความยาววันต่อการชักนำและพัฒนาตาดอก ของเบญจมาศ

The Investigation of Day Length Responding in Some Chrysanthemum Genotypes to Flower Initiation and Development

สุภชัย สุรนาภรณ์ชัย¹ อธิรณิ พวงกฤษ¹ นฤมล เข้มกลัดเงิน² ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร³ และ เฉลิมศรี นนทสวัสดิ์ศรี^{1*}
Supachai Suranapornchai¹ Theeraniti Puangkrit¹ Naruemon Khemkladngoen² Pathipan
Sutigoolabud³ and Chalernsri Nontasawatsri^{1*}

¹ สาขาพืชสวน คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

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

² สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

² Division of Genetics, Faculty of Science, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

³ สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

³ Division of Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: chalernsri@mju.ac.th

(Received: 3 August 2022; Revised: 30 September 2022; Accepted: 20 October 2022)

Abstract

Chrysanthemum is a short-day plant that need short-day conditions for flowering. For off season production artificial short-day conditions were given for flower induction by covering with black cloth or plastic. Inside, the cover had high temperature and humidity, making insect or disease easy to spread. For this reason, the cost for off-season production was high because of labor-consuming and high chemical usages. It would be better if we could develop some suitable varieties for each production season. In this study, 22 chrysanthemum genotypes were grown in 3 different light durations: 11 hours of light duration (short-day conditions), 13 hours of light duration (long-day conditions), and 24 hours of light duration (long-day continuous 24 hours conditions) in both on-season and off-season. Under 11 hours conditions, all genotypes produced flower buds and developed to full bloom in both seasons. In 13 hours of light duration, most of genotypes produced flower bud; genotypes 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 22, 26, 31, 32, J, K, and KF could developed to full bloom under on-season whereas growing under off-season found that; genotypes 1, 2, 4, 5, 8, 10, 15, 16, 17, 22, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 37, J, and KF produced flower bud but only genotypes 16 and J able developed to full bloom. For 24 hours light durations under on-season; genotypes 1, 16, 17, 26 and J produced flower buds but only genotype J could developed to full bloom, under off-season condition; genotypes 1, 2, 8, 10, 15, 16, 17 and 32 produced flowers bud but all of them developed to long day buds which unable to develop to full bloom.

Keywords: Chrysanthemum, day length, flower initiation, flower development

บทคัดย่อ

เบญจมาศเป็นพืชวันสั้น ในการผลิตนอกฤดูจึงจำเป็นต้องควบคุมความยาววันให้สั้นเพื่อชักนำให้เกิดดอก ด้วยการคลุมด้วยผ้าหรือพลาสติกทึบแสง ซึ่งภายใต้ผ้าคลุมจะมีอุณหภูมิและความชื้นสูง ทำให้ง่ายต่อการเกิดโรคและการแพร่ระบาดของแมลง จึงต้องใช้สารเคมีในการควบคุม ส่งผลให้ต้องมีแรงงานในการดูแลการผลิตมาก เป็นเหตุให้การผลิตเบญจมาศนอกฤดูมีต้นทุนสูง หากมีพันธุ์ที่สามารถผลิตได้ในแต่ละฤดู ต้นทุนในการผลิตอาจลดลง การศึกษานี้ได้ทำการศึกษาเบญจมาศจำนวน 22 จีโนไทป์ ปลูกเลี้ยงในความยาวช่วงแสงต่อวันจำนวน 3 ช่วง คือ 11 ชั่วโมงต่อวัน (สภาพวันสั้น) 13 ชั่วโมงต่อวัน (สภาพวันยาว) และ 24 ชั่วโมงต่อวัน (สภาพวันยาวต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมง) พบว่า ที่ความยาวช่วงแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ทุกจีโนไทป์สามารถเกิดตาดอก และสามารถพัฒนาไปจนกระทั่งดอกบานได้ ทั้งในฤดูและนอกฤดู สำหรับการได้รับความยาวช่วงแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า การปลูกในฤดู ทุกจีโนไทป์สามารถเกิดตาดอกและพัฒนาจนบานดอกได้ แต่มีจีโนไทป์ 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16, 22, 26, 31, 32, J, K และ KF เท่านั้นที่สามารถเกิดตาดอกและพัฒนาจนบานดอกได้ ส่วนการปลูกนอกฤดู พบว่า จีโนไทป์ 1, 2, 4, 5, 8, 10, 15, 16, 17, 22, 26, 27, 31, 32, 33, 35, 37, J และ KF สามารถเกิดตาดอกได้ แต่มีเพียงจีโนไทป์ 16 และ J เท่านั้นที่พัฒนาจนบานดอกได้ และเมื่อได้รับความยาวช่วงแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน พบว่า การปลูกในฤดูจีโนไทป์ 1, 16, 17, 26 และ J สามารถเกิดตาดอกได้ แต่มีเพียงจีโนไทป์ J เท่านั้นที่สามารถพัฒนาจนบานดอกได้ ส่วนการปลูกนอกฤดู พบว่า จีโนไทป์ 1, 2, 8, 10, 15, 16, 17 and 32 สามารถเกิดตาดอกได้ แต่ไม่มีจีโนไทป์ใดที่สามารถพัฒนาไปเป็นดอกที่บานได้

คำสำคัญ: เบญจมาศ ความยาววัน การชักนำตาดอก พัฒนาดอก

คำนำ

เบญจมาศ (*Chrysanthemum morifolium*) จัดอยู่ในวงศ์ Asteraceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศจีน และญี่ปุ่น (ราชบัณฑิตยสถาน, 2538) ด้วยความโดดเด่นของรูปทรงดอก สีสันที่หลากหลาย และกำหนดการออกดอกได้แน่นอน จึงเป็นที่นิยม โดยมีการผลิตทั้งไม้กระถางและไม้ตัดดอก การผลิตเบญจมาศในประเทศไทยสามารถทำได้ทุกภาคของประเทศไทย อดีตแหล่งผลิตเบญจมาศที่สำคัญอยู่บริเวณภาคเหนือ โดยเฉพาะจังหวัดเชียงใหม่และเชียงราย ในปัจจุบันมีการผลิตมากบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ด้วยข้อจำกัดเรื่องพื้นที่ปลูกต้องมีอากาศหนาวเย็น และมีการจัดการที่เหมาะสม ทำให้ในพื้นที่อื่นสามารถผลิตดอกได้ดีเพียงฤดูหนาวเท่านั้น (ดวงกมลวรรณ, 2561)

ปัจจัยที่มีผลต่อการออกดอกของเบญจมาศคือ ความยาววันและอุณหภูมิที่เหมาะสมจึงสามารถออกดอก โดยสามารถจำแนกการตอบสนองต่อความยาววันของเบญจมาศออกเป็น กลุ่มที่สามารถออกดอกและพัฒนาตาดอกจนบานได้ ในสภาพวันสั้น ในสภาพวันยาว และไม่ตอบสนองต่อความยาววันในการออกดอก (การได้รับวันยาวต่อเนื่อง 24 ชั่วโมงยังสามารถออกดอกได้) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับแต่ละพันธุ์ที่ตอบสนองต่อความยาววันและอุณหภูมิที่เหมาะสม ในการชักนำและพัฒนาตาดอกที่ต่างกัน (Okada, 1957; Anderson and Ascher, 2001) สำหรับ

อุณหภูมิมีการศึกษาของ Nozaki and Fukai (2008) ที่พบว่า มีการพัฒนาตาดอกเบญจมาศเบญจมาศ 8 พันธุ์ (*C. morifolium* cv. Sei-Monako, Sei-Snow, Yellow-Shoes, Sei-Suffle, Sei-Alps, Sei-Liese, Chatoo และ Sei-Pino) พบว่าเมื่อได้รับอุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส ร่วมกับให้สภาพแสงวันสั้น พบว่าการพัฒนาของดอกช้าลงเมื่อได้รับอุณหภูมิสูงถึง 30 องศาเซลเซียส

ซึ่งในการออกดอกของเบญจมาศ พบว่าเป็นการแสดงออกของยีนที่ถูกควบคุมด้วย *FLOWERING LOCUS T (FT)* ที่สามารถจำแนก *FT-like gene* ที่เกี่ยวข้องกับการออกดอกได้ 3 ยีน ได้แก่ *CsFTL1*: พบว่าเมื่อ *C. seticuspe* ได้รับสภาพวันยาว หรือเมื่อทำการให้แสงเป็นระยะเวลาสั้น ในช่วงกลางคืน (night break) ต่อเนื่อง จะมีการแสดงออกของ *CsFTL1* มาก ส่งผลในการยับยั้งการออกดอก *CmFTL2*: พบว่าเมื่อ *C. morifolium* ได้รับช่วงแสงสั้น หรือยาวร่วมกับการได้รับชุดโครโมโซมจากภายนอกในการชักนำให้ออกดอก จะมีการแสดงออกของ *CsFTL2* มาก และ *CsFTL3*: พบว่า มีการแสดงออกมากเมื่อ *C. seticuspe* ได้รับช่วงวันสั้นต่อเนื่องจนเกิดดอก และหากเบญจมาศได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียสในช่วงกลางคืน (00.00-08.00 นาฬิกา) พบว่า *anti-florigenic FT/TFL1 family protein gene (CsAFT)* จะแสดงออกมากด้วยการยับยั้งการออกดอก ถึงแม้ว่าเบญจมาศจะได้รับสภาพวันสั้น

ก็ตาม ซึ่งการแสดงออกของ *CsAFT* จะลดการแสดงออกของ *CsFLT3* ด้วย จึงส่งผลให้เกิดตาตอกรวมไปถึงพัฒนาของดอกล่าช้าไปกว่าปกติ (Oda *et al.*, 2012; Nakano *et al.*, 2015; Sun *et al.*, 2017)

เนื่องจากเบญจมาศเป็นพืชวันสั้น สามารถออกดอกได้และพัฒนาจนดอกบานได้เมื่อได้รับแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับ 12 ชั่วโมงต่อวัน (Cockshull, 1985) ทำให้การผลิตเบญจมาศในฤดูปลูกเบญจมาศได้รับความยาววัน 11 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้เกิดการออกดอกได้แม้ต้นยังเล็ก ซึ่งการให้แสงคืนเวลากลางคืน (night break) จึงเป็นการยับยั้งการออกดอก ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นจนกระทั่งได้ความสูงและขนาดทรงพุ่มตามต้องการจึงให้สภาพวันสั้นเพื่อให้ดอกออก (รัตนะ และอดิสร, 2547) สำหรับในการปลูกนอกฤดู เบญจมาศที่ได้รับความยาววัน 13 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้เบญจมาศบางพันธุ์ไม่ออกดอก จึงต้องใช้ผ้าหรือพลาสติกหุ้มคลุมให้มืดเพื่อจำลองสภาพวันสั้น (18.30-08.00 นาฬิกา) แต่การผลิตนอกฤดูโดยการคลุมผ้าเพื่อให้เกิดสภาพวันสั้นส่งผลให้ความชื้นและอุณหภูมิภายใต้ผ้าที่คลุมสูงขึ้น อากาศถ่ายเทไม่ดี ซึ่งเป็นสภาพที่ง่ายต่อการแพร่ระบาดของโรคและแมลง ส่งผลให้คุณภาพดอกไม้ได้ตามที่ต้องการ ต้นทุนการผลิตอาจสูงขึ้นจากค่าจ้างแรงงาน และค่าสารเคมีควบคุมโรคและแมลง เพื่อการผลิตเบญจมาศได้ตลอดทั้งปี หากมีพันธุ์ที่เหมาะสม ต้นทุนการผลิตอาจลดลงได้ (ดวงกมลวรรณ, 2563; สุภาพร และอำนาจ, 2563) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบเบญจมาศการค้าที่ตอบสนองต่อความยาววันจนสามารถชักนำการออกดอกได้สมบูรณ์ เพื่อเป็นแนวทางในการคัดเลือกพันธุ์ที่เหมาะสมกับการผลิตนอกฤดู

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการจัดเตรียมกิ่งพันธุ์เบญจมาศทางการค้า (กิ่งพันธุ์เบญจมาศรวบรวมจากตลาดค้าเหียง จังหวัดเชียงใหม่ และตลาดต้นไม้สวนจตุจักร กรุงเทพฯ) จำนวน 22 จีโนไทป์ ปักชำในแกลบเผา 4 สัปดาห์ และย้ายลงปลูกในกระถางขนาด 5 นิ้ว จำนวน 1 ต้นต่อกระถาง วัสดุปลูกประกอบด้วยดิน แกลบดิบ และกาบมะพร้าวสับ ในอัตราส่วน 1:2:1 ปลูกในโรงเรือน สาขาพืชสวนประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เมื่อปลูกได้ 2 สัปดาห์ เติดยอดเหลือ 4 ข้อ หลังจากเตี้ยยอด 4 สัปดาห์ เริ่มให้แสงตามกรรมวิธีทดลองต่าง ๆ ด้วยการให้แสงจากหลอด T5 18 watt LED (Lighting & Equipment

Pub Co., Ltd., Bangkok, Thailand) ประกอบด้วย day light (6,500K) และ warm light (3,200K) (อัตราส่วน 1:1) ต่อจากความยาวของวันตามธรรมชาติ หลอดไฟสูงจากกระถาง 1.20 เมตร โดยวางแผนการทดลองแบบสปลิตพล็อตแบบสุ่มสมบูรณ์ (split plot in completely randomized design) ประกอบด้วย ปัจจัยหลักคือ ความยาววัน มี 4 ระดับคือ ให้แสงธรรมชาติ (ชุดควบคุม) ให้แสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ให้แสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และให้แสง 24 ชั่วโมงต่อวัน ปัจจัยรองคือ เบญจมาศจำนวน 22 จีโนไทป์ ทำการปลูกจีโนไทป์ละ 4 กระถางต่อการให้แสงแต่ละระดับ รวมทั้งหมด 352 กระถาง โดยทำการทดลอง 2 ฤดูกาล คือ ในฤดู (เดือนพฤศจิกายน-กุมภาพันธ์) และนอกฤดู (เดือนมิถุนายน-กันยายน)

การบันทึกข้อมูลเริ่มหลังเข้าสู่การทดลอง 4 สัปดาห์ โดยเก็บระยะเวลาที่เกิดดอก และการพัฒนาดอกทุกสัปดาห์ และลักษณะการพัฒนาของตาตอ ทำการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูลโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ด้วยโปรแกรม IBM SPSS Statistics 26

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ในฤดูปลูก ได้ทำการศึกษาการตอบสนองต่อความยาววันในการเกิดตาตอและการพัฒนาตาตอของเบญจมาศ จำนวน 22 จีโนไทป์ พบว่า ชุดควบคุม (แสงธรรมชาติประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน) และที่ควบคุมให้ได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเกิดตาตอได้ภายใน 3-4 สัปดาห์ และตาตอสามารถพัฒนางานจนบานได้ภายใน 9-10 สัปดาห์ สำหรับการได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ส่วนใหญ่แต่ละจีโนไทป์สามารถเกิดตาตอได้ในสัปดาห์ที่ 5-6 และจะบานได้ภายใน 12-17 สัปดาห์ ยกเว้นจีโนไทป์ 15, 17, 19, 23, 27, 33, 35 และ 37 ตาตอพัฒนาไปเป็นตาตอวันยาว (bud break) ทำให้ไม่สามารถพัฒนางานจนดอกบานได้ และเมื่อได้รับแสงที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน จีโนไทป์ 1, 16, 17, 26 และ J สามารถชักนำให้เกิดตาตอได้ แต่ตาตอพัฒนาไปเป็นตาตอวันยาวจึงไม่สามารถบานได้ ดังนั้นจึงมีเพียงจีโนไทป์ J เท่านั้นที่สามารถพัฒนาไปจนถึงดอกบานสมบูรณ์ได้ โดยแต่ละจีโนไทป์ในแต่ละระดับการได้รับความยาววันที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ใช้เวลาในการเกิด

ตาดอกและการพัฒนาตาดอกจนบานได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (Table 1)

สำหรับนอกฤดูปลูก พบว่า เมื่อได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ทุก ๆ จีโนไทป์เริ่มเกิดตาดอกได้ในสัปดาห์ 3 และตาดอกสามารถพัฒนาจนบานได้ภายใน 8-11 สัปดาห์ สำหรับการได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน และชุดควบคุม (ได้รับแสงธรรมชาติที่ 13.4 ชั่วโมงต่อวัน) พบว่าส่วนใหญ่สามารถชักนำตาดอกได้ภายใน 4-7 สัปดาห์ ยกเว้นจีโนไทป์ 19, 23 และ K ที่ไม่เกิดตาดอก และมีเพียงจีโนไทป์ 16 และ J เท่านั้นที่สามารถพัฒนาจนดอกบานได้ภายใน 11-14 สัปดาห์ และเมื่อได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน มีเพียงจีโนไทป์ 1, 2, 8, 15, 16, 17 และ 32 สามารถเกิดตาดอกได้ภายใน 5-8 สัปดาห์ แต่ตาดอกที่เกิดขึ้นพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาวทั้งหมด ซึ่งจากการทดสอบทั้งสองฤดู พบว่า จีโนไทป์ที่ไม่สามารถพัฒนาตาดอกไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ มี 2 ลักษณะปรากฏให้เห็น คือ ลักษณะของตาดอกเป็นตาดอกวันยาว และลักษณะการพัฒนาตาดอกที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากสับดอกภายในไม่สามารถพัฒนาเมื่อได้รับสภาพวันยาว (Figure 1) และในจีโนไทป์ที่สามารถบานได้ การบานของดอกจะช้าลงเมื่อได้รับสภาพวันยาว โดยแต่ละจีโนไทป์ในแต่ละระดับการรับความยาววันที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ใช้เวลาในการเกิดตาดอกและการพัฒนาตาดอกจนบานได้แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 (Table 2)

เมื่อเบญจมาศได้รับแสง 13 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน บางจีโนไทป์สามารถเกิดตาดอกได้แต่ไม่สามารถพัฒนาไปจนดอกบานได้ ซึ่งจากรายงานของ Sharathkumar *et al.* (2021) พบว่า เมื่อให้สภาพวันยาวกับเบญจมาศ (*C. morifolium* cv. Radost) สามารถที่จะเกิดตาดอกได้ แต่ตาดอกนั้นไม่สามารถพัฒนาไปจนถึงระยะที่ดอกบานได้ และสำหรับช่วงนอกฤดูปลูก พบว่า มีบางจีโนไทป์ที่ตาดอกมีการพัฒนาไปยังระยะดอกบานที่ได้ช้าลง ซึ่งจากรายงานของ Nozaki และ Fukai (2008) ได้ศึกษาการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศในสภาพวันสั้นที่อุณหภูมิ 20 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า จำนวนวันในการเกิดตาดอกไม่มีความแตกต่างกัน แต่การพัฒนาตาดอกในแต่ละระยะการพัฒนาของตาดอกเมื่อได้รับอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส จะพัฒนาได้ช้ากว่าการได้รับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ดังนั้นเป็นไปได้ว่านอกจากความยาววันที่จะมีผลต่อการเกิดดอก

และการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศแล้ว อุณหภูมิที่สูงในช่วงนอกฤดูปลูกก็อาจมีผลต่อการพัฒนาของตาดอกด้วยเช่นกัน

สำหรับจีโนไทป์ J ซึ่งเป็นจีโนไทป์เดียวที่สามารถออกดอกได้ในฤดูปลูก ทุกความยาววัน (ได้รับแสง 11, 13 และ 24 ชั่วโมงต่อวัน) แต่การเกิดดอกช้าลงเรื่อย ๆ ตามความยาววันที่มากขึ้นคือ เมื่อได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เวลาในการเกิดตาดอก 4 สัปดาห์ และบานใน 10 สัปดาห์ เมื่อได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เวลาในการเกิดตาดอก 5 สัปดาห์ และบานใน 12 สัปดาห์ และการได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน ใช้เวลาในการเกิดตาดอก 8 สัปดาห์ บานใน 18 สัปดาห์ ซึ่งเห็นได้ว่าเมื่อปลูกในฤดู การเกิดตาดอกและการพัฒนาจนดอกบานของจีโนไทป์ J จะช้าลงตามความยาววันที่ได้รับ แต่เมื่อปลูกนอกฤดูปลูก จีโนไทป์ J ที่เคยออกดอกได้ในการได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวันกลับไม่สามารถออกดอกได้ อาจเกิดจากการได้รับแสงยาวนานเกินไป ร่วมกับอุณหภูมิที่สูงของช่วงนอกฤดูปลูก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Oda *et al.* (2012) ที่พบว่า การได้รับช่วงวันสั้นต่อเนื่อง เบญจมาศสามารถออกดอกได้ ซึ่งเป็นผลมาจากการแสดงออกของ *CsFTL3* แต่หากได้รับแสงยาวกว่าความยาววิกฤติ *CsFTL1* แสดงออกเพิ่มขึ้น ซึ่ง *CsFTL1* เป็นยีนที่ยับยั้งการแสดงออกของ *CsFTL3* ทำให้การออกดอกและการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศช้าลงได้ สำหรับอุณหภูมิที่สูงขึ้น Nakano *et al.* (2015) ได้รายงานว่า หากเบญจมาศได้รับอุณหภูมิที่สูงในช่วงกลางวัน (00.00-08.00 นาฬิกา) พบว่ามีการแสดงออกของยีน *CsAFT* ที่แสดงออกด้วยการยับยั้งการออกดอก หากเบญจมาศได้รับอุณหภูมิสูงกว่า 20 องศาเซลเซียส ในช่วงเวลาดังกล่าวถึงแม้ว่าเบญจมาศจะได้รับสภาพวันสั้นก็ตาม *CsAFT* จะแสดงออกโดยลดการแสดงออกของ *CsFTL3* ส่งผลให้การพัฒนาของดอกช้าไปกว่าปกติ ดังนั้นการได้รับแสงที่ยาวนานต่อเนื่องร่วมกับอุณหภูมิที่สูงในช่วงนอกฤดูปลูก อาจทำให้จีโนไทป์ J ไม่สามารถออกดอกได้ในการปลูกนอกฤดูที่การได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าจีโนไทป์อื่น ๆ ในงานวิจัยนี้อาจตอบสนองต่อความยาววันและอุณหภูมิในการออกดอกที่แตกต่างกัน ด้วยเหตุผลเดียวกันกับที่เกิดขึ้นในจีโนไทป์ J

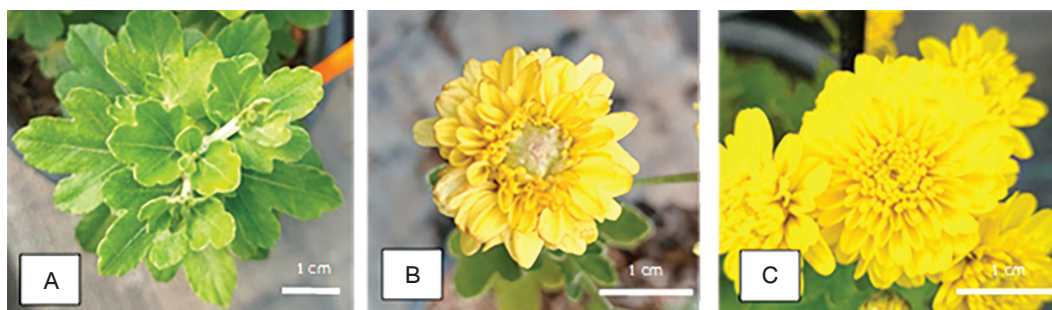


Figure 1 Characteristic of flower bud in long-day condition (Genotype 16) A) bud break, B) flower in off season with undeveloped inner floret and C) normal flower in season

การศึกษาลักษณะของความยาววันต่อการชักนำ และการพัฒนาตาดอกจนดอกบาน พบว่า ระยะเวลาในการออกดอก ระหว่างในฤดูปลูก และนอกฤดูปลูก การได้รับสภาพวันสั้น หรือการได้รับแสง 11 ชั่วโมงต่อวัน มีระยะเวลาในการเกิดตาดอก และการบานของดอกที่ใกล้เคียงกันในแต่ละ จีโนไทป์ทั้งสองฤดูปลูก สำหรับการให้แสง 13 ชั่วโมงต่อวัน พบหลายจีโนไทป์ที่เกิดตาดอก และบานได้แต่ช่วงนอกฤดูปลูก แต่มีเพียงจีโนไทป์ 16 และ 17 ที่เกิดตาดอก และบานได้ สำหรับการได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน มีเพียงจีโนไทป์ 17 เท่านั้นที่สามารถบานได้เฉพาะในฤดูปลูก ส่วนนอกฤดูปลูก ไม่พบจีโนไทป์ใดบานได้ ทำให้จีโนไทป์ 16 และ 17 เป็น จีโนไทป์ที่น่าสนใจ เนื่องจากนอกฤดูปลูกการได้รับแสง 13 ชั่วโมงต่อวัน สามารถเกิดตาดอกและบานได้ จึงอาจเป็น ประโยชน์ในการนำทั้งสองจีโนไทป์นี้ไปพัฒนาเป็นพันธุ์ ที่เหมาะสมกับการปลูกนอกฤดูของประเทศไทยได้ในอนาคต

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาลักษณะของความยาววันต่อการชักนำและการพัฒนาตาดอกของเบญจมาศทั้ง 22 จีโนไทป์โดยการได้รับสภาพวันสั้น หรือได้รับแสงที่ 11 ชั่วโมงต่อวัน มีระยะเวลาในการเกิดตาดอกและการพัฒนาจนดอกบานใกล้เคียงกัน ทั้งสองฤดูปลูก สำหรับการให้แสง 13 ชั่วโมงต่อวัน ในช่วงฤดูปลูกทุกจีโนไทป์มีการชักนำตาดอก และพัฒนาไปเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้ ยกเว้นจีโนไทป์ 15, 17, 19, 23, 27, 33, 35 และ 37 ตาดอกพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาว ในช่วงนอกฤดูปลูกมีหลายจีโนไทป์ที่สามารถเกิดตาดอก แต่ตาดอกพัฒนาไปเป็นตาดอกวันยาว ซึ่งมีเพียงจีโนไทป์ 16 และ 17 เท่านั้นที่พัฒนาไปเป็นดอกบานได้ และสำหรับการได้รับแสง 24 ชั่วโมงต่อวัน มีเพียงจีโนไทป์ 17 เท่านั้นที่สามารถพัฒนาจนบานได้เฉพาะในฤดูปลูก ส่วนนอกฤดูปลูกไม่มีจีโนไทป์ใด ใน 22 จีโนไทป์ พัฒนาเป็นดอกที่สมบูรณ์ได้

Table 1 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in season (November–February) (Mean±SE)

genotypes	day to flower bud initiation (week)				day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control	11 hr	13 hr	24 hr
1	3.00±0.00 ^a	3.09±0.09 ^{ab}	4.30±0.15 ^{bc}	10.08±0.08 ^b	9.30±0.153 ^{cd}	9.45±0.21 ^{cd}	14.00±0.45 ^c	-
2	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	4.80±0.13 ^{cde}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	16.60±0.24 ^f	-
4	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	4.67±0.17 ^{cde}	-	9.58±0.14 ^{ef}	9.17±0.12 ^b	17.00±0.00 ^f	-
5	3.17±0.11 ^{ab}	3.42±0.15 ^{cd}	4.91±0.09 ^{cde}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	15.00±0.00 ^d	-
8	3.08±0.08 ^a	3.00±0.00 ^a	4.42±0.15 ^{bcd}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	15.67±0.33 ^e	-
10	3.42±0.15 ^{bcd}	3.08±0.08 ^{ab}	4.73±0.14 ^{cde}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	14.86±0.14 ^d	-
15	3.67±0.14 ^{de}	3.58±0.15 ^{de}	6.00±0.38 ^h	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
16	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.50±0.15 ^a	9.634±0.31 ^b	9.75±0.13 ^{fg}	9.58±0.15 ^d	12.75±0.13 ^b	-
17	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.50±0.15 ^a	12.33±0.38 ^c	9.25±0.13 ^{cd}	9.25±0.13 ^{bc}	-	-
19	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	5.67±0.29 ^{gh}	-	8.67±0.19 ^b	9.00±0.00 ^{ab}	-	-

Table 1 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in season (November–February) (Mean±SE) (Cont.)

genotypes	day to flower bud initiation (week)				day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control	11 hr	13 hr	24 hr
22	3.25±0.13 ^{abc}	3.00±0.00 ^a	4.92±0.15 ^{cde}	-	9.42±0.15 ^{de}	9.25±0.13 ^{bc}	15.00±0.00 ^d	-
23	3.27±0.14 ^{abc}	3.25±0.16 ^{abc}	6.14±0.55 ^h	-	12.00±0.00 ^h	9.83±0.17 ^e	-	-
26	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	4.00±0.21 ^a	12.33±0.68 ^c	9.75±0.13 ^{fg}	9.00±0.00 ^{ab}	15.00±0.00 ^d	-
27	3.08±0.08 ^a	3.00±0.00 ^a	6.00±0.49 ^h	-	9.42±0.15 ^{de}	9.18±0.12 ^b	-	-
31	3.83±0.11 ^e	3.27±0.14 ^{abc}	5.67±0.42 ^{gh}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	17.00±0.00 ^f	-
32	3.08±0.08 ^a	3.75±0.13 ^e	5.57±0.43 ^{gh}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	15.00±0.00 ^d	-
33	3.17±0.11 ^{ab}	3.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^{def}	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
35	3.27±0.14 ^{abc}	3.33±0.14 ^{bcd}	6.00±0.27 ^h	-	9.00±0.00 ^c	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
37	3.08±0.08 ^a	3.00±0.00 ^a	4.83±0.11 ^{cde}	-	10.00±0.00 ^g	9.00±0.00 ^{ab}	-	-
J	3.17±0.11 ^{ab}	4.00±0.00 ^f	5.17±0.11 ^{efg}	8.83±0.24 ^a	10.00±0.00 ^g	10.92±0.08 ^f	11.67±0.22 ^a	17.67±0.18
K	3.50±0.15 ^{cd}	3.50±0.15 ^{cde}	6.75±0.13 ^j	-	10.00±0.00 ^g	9.00±0.00 ^{ab}	17.00±0.00 ^f	-
KF	3.17±0.11 ^{ab}	3.08±0.08 ^{ab}	4.00±0.00 ^a	-	8.00±0.00 ^a	8.82±0.12 ^a	12.83±0.36 ^b	-
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	-
CV. (%)	9.59	9.16	13.46	7.11	3.27	3.08	3.82	-

Remarks: ** Significantly difference test with 99 % confident level ($p \leq 0.01$)

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

² Comparison of means within table by F-test at $p \leq 0.01$

Table 2 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in off-season (June–September) (Mean±SE)

genotypes	Day to flower bud initiation (week)				Day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control ^x	11 hr	13 hr ^x	24 hr
1	5.33±0.17 ^{def}	3.00±0.00 ^a	4.25±0.16 ^{cde}	5.43±0.20 ^a	-	9.33±0.17 ^{cd}	-	-
2	5.50±0.22 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	4.00±0.00 ^{cd}	6.20±0.49 ^{ab}	-	9.33±0.17 ^{cd}	-	-
4	5.50±0.18 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	4.89±0.11 ^{fg}	-	-	9.67±0.17 ^{de}	-	-
5	4.60±0.24 ^{cd}	3.00±0.00 ^a	4.67±0.33 ^{efg}	-	-	9.00±0.00 ^c	-	-
8	5.25±0.16 ^{def}	3.00±0.00 ^a	4.17±0.17 ^{cde}	5.60±0.4 ^a	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
10	5.50±0.50 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	4.33±0.21 ^{c-f}	7.50±0.72 ^{bc}	-	9.33±0.21 ^{cd}	-	-
15	6.38±0.42 ^{ghi}	3.00±0.00 ^a	6.00±0.00 ^j	5.33±0.33 ^a	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
16	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	3.00±0.00 ^a	8.25±0.36 ^c	13.22±0.15	10.00±0.00 ^{ef}	14.33±0.17	-
17	5.67±0.33 ^{efg}	3.00±0.00 ^a	5.00±0.00 ^{gh}	6.20±0.40 ^{ab}	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
19	-	3.33±0.17 ^b	-	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
22	6.00±0.36 ^{fgh}	3.00±0.00 ^a	4.57±0.37 ^{d-g}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
23	-	3.00±0.00 ^a	-	-	-	11.00±0.00 ^g	-	-
26	4.86±0.14 ^{de}	3.00±0.00 ^a	4.38±0.18 ^{c-f}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
27	8.00±0.58 ^j	3.00±0.00 ^a	5.83±0.40 ^j	-	-	9.56±0.18 ^d	-	-
31	6.13±0.12 ^{fgh}	3.00±0.00 ^a	5.44±0.18 ^{hi}	-	-	9.33±0.17 ^{cd}	-	-
32	4.00±0.00 ^{bc}	3.00±0.00 ^a	3.22±0.15 ^b	5.43±0.20 ^a	-	8.00±0.29 ^b	-	-
33	5.38±0.18 ^{def}	3.00±0.00 ^a	4.13±0.12 ^{cde}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-
35	7.13±0.44 ^l	3.00±0.00 ^a	4.33±0.17 ^{c-f}	-	-	10.00±0.00 ^{ef}	-	-

Table 2 Day from flower bud initiation to full blooming of chrysanthemum under different light durations which grown in off-season (June–September) (Mean±SE) (Cont.)

genotypes	Day to flower bud initiation (week)				Day to full blooming (week)			
	control	11 hr	13 hr	24 hr	control ^x	11 hr	13 hr ^x	24 hr
37	6.75±0.37 ^{hi}	3.00±0.00 ^a	4.22±0.15 ^{cde}	-	-	7.75±0.25 ^{ab}	-	-
J	3.25±0.25 ^{ab}	3.00±0.00 ^a	3.38±0.18 ^{ab}	-	11.11±0.11	10.00±0.00 ^{ef}	11.11±0.26	-
K	-	3.00±0.00 ^a	-	-	-	10.33±0.17 ^f	-	-
KF	6.00±0.27 ^{gh}	3.00±0.00 ^a	3.89±0.26 ^{bcd}	-	-	7.43±0.20 ^a	-	-
Sig.	**	**	**	**	**	**	**	-
CV. (%)	13.56	3.63	11.75	16.92	7.64	3.69	3.46	-

Remarks: ** Significantly difference test with 99 % confident level ($p \leq 0.01$)

¹ Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

² Comparison of means within table by F-test

^x Comparison of means within columns by t-test

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ พุทธชัยกัณท์ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และขอขอบคุณ สาขาพืชสวนประดับ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับสถานที่ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ดวงกมลวรรณ กบกันทา. 2561. เบญจมาศตัดดอก. แหล่งข้อมูล <http://www.agriman.doe.go.th/home/news/2562/75-76.pdf> (22 กันยายน 2565).
- ดวงกมลวรรณ กบกันทา. 2563. เบญจมาศตัดดอก. แหล่งข้อมูล <http://www.agriman.doe.go.th/home/news/2563/67-68.pdf> (22 กันยายน 2565).
- รัตน์ะ บั้วระวงศ์ และอดิสร กระแสชัย. 2547. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชนิดหลอดไฟต่อการยับยั้งการเกิดตาดอกของเบญจมาศโดยวิธีการให้แสงแบบ Night Break. วารสารเกษตร 20(3): 236-242.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2538. อนุกรมวิธานพืช อักษร ก ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. เพื่อนพิมพ์. กรุงเทพฯ.
- สุภาพร สัมโย และอานวย อรรถลั้งรอง. 2563. สถานการณ์การผลิตเบญจมาศ. สถาบันวิจัยพืชสวน. กรมวิชาการเกษตร. แหล่งข้อมูล <http://www.doa.go.th/hort/wp-content/uploads/2020/10/> (18 กันยายน 2565).

- Anderson, N.O. and P.D. Ascher. 2001. Selection of day-neutral, heat-delay-insensitive *Dendranthem Xgrandiflora* genotypes. Journal of the American Society for Horticultural Science 126(6): 710-721.
- Cockshull, K.E. 1985. *Chrysanthemum morifolium*, pp. 238-257. In: A.H. Halvey (eds.). CRC handbook of flowering. vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Nakano, Y., Y. Higuchi, K. Sumitomo and T. Hisamatsu. 2015. Flowering retardation by high temperature in chrysanthemums: involvement of FLOWERING LOCUS T-like 3 gene repression. Journal of Experimental Botany 64(4): 909-920.
- Nozaki, K. and S. Fukai. 2008. Effects of high temperature on floral development and flowering in spray chrysanthemum. Journal of Applied Horticulture 10(1): 8-14.
- Oda, A., T. Narumi, T. Li, T. Kando, Y. Higuchi, K. Sumitomo, S. Fukai and T. Hisamatsu. 2012. CsFTL3, a chrysanthemum FLOWERING LOCUS T-like gene, is a key regulator of photoperiodic flowering in chrysanthemums.

Journal of Experimental Botany 63(3): 1461-1477.

Okada, M. 1957. Classification of chrysanthemum varieties in view of their environmental responses to flowering. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 26(1): 59-72.

Sharathkumar, M., E. Heuvelink, L.F. Marcelis and W. Van Ieperen. 2021. Floral induction in the short day plant chrysanthemum under blue and red extended long-days. Frontiers in Plant Science journal 11: p.61004.

Sun, J., H. Wang, L. Ren, S. Chen, F. Chen and J. Jiang. 2017. CmFTL2 is involved in the photoperiod and sucrose-mediated control of flowering time in chrysanthemum. Horticulture Research 4: p.11701.

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมทนแล้งพันธุ์นครสวรรค์ 4

Nakhon Sawan 4: Drought Tolerant Hybrid Maize (*Zea mays* L.)สุริพัฒน์ ไทยเทศ^{1*} ศิวไล ลาภบรรจบ² ทศนีย์ บุตรทอง² และ กัญจน์ชญา ตัดโส²Suriphat Thaitad^{1*} Siwilai Lapbanjob² Thadsanee Budthong² and Kanchaya Tadso²¹ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900¹ Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900² ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ อำเภอดงพญาเย็น จังหวัดนครสวรรค์ 60190² Nakhon Sawan Field Crops Research Center, Tak Fa, Nakhon Sawan 60190

* Corresponding author: suriphat_t@hotmail.com

(Received: 2 June 2022; Revised: 10 November 2022; Accepted: 25 November 2022)

Abstract

Research and development on hybrid maize have been conducted at Nakhon Sawan Field Crops Research Center to select a new variety with drought tolerance, high yield, and significant disease resistance. Several promising hybrids have passed the criteria on evaluation of drought tolerance and yielding ability in major maize plantations. The results showed that an average grain yield of Nakhon Sawan 4 (NS4) was 1,070 kg rai⁻¹ which was a nonsignificant difference from Nakhon Sawan 3 (NS3), a standard check variety and commercial hybrid. Under the severe water stress for one month, NS4 achieved an average grain yield of 695 kg rai⁻¹ which was 17% greater than that of NS3. NS4 also showed moderate resistance to foliar diseases, northern corn leaf blight, and downy mildew. Seed production of hybrid maize Nakhon Sawan 4 was recommended by planting the female inbred (Takfa 1) in 4 rows, alternating with the male inbred (Takfa 4) in 1 row to achieve a complete hybridization of pollen and silk resulting in high seed yield, 369 kg rai⁻¹.

Keywords: Hybrid maize, Drought tolerance, Foliar disease resistance

บทคัดย่อ

ศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ วิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเพื่อให้ได้พันธุ์ใหม่ที่มีศักยภาพ ให้ผลผลิตสูง ทนแล้ง และต้านทานโรคทางใบที่สำคัญ จากการประเมินผลผลิตตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ในแหล่งปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญของประเทศไทย พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 ให้ผลผลิต 1,070 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างจากพันธุ์ลูกผสมนครสวรรค์ 3 และพันธุ์ลูกผสมการค้าในสภาพขาดน้ำระยะออกดอกเป็นเวลา 1 เดือน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 ให้ผลผลิต 695 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ร้อยละ 17 มีความต้านทานปานกลางต่อโรคใบไหม้แผลใหญ่ และโรคราน้ำค้าง การผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 เพื่อให้เกษตรกรผสมระหว่างละอองเกสรและไหมของสายพันธุ์แท้พ่อและแม่ได้ดี แนะนำให้ปลูกสายพันธุ์แท้แม่ (ตากฟ้า 1) 4 แถว สลับด้วยสายพันธุ์แท้พ่อ (ตากฟ้า 4) 1 แถว ซึ่งให้ผลผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม 369 กิโลกรัมต่อไร่

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม ทนแล้ง ต้านทานโรคทางใบ

คำนำ

ปัญหาสภาวะฝนแล้งและการกระจายตัวของฝนไม่สม่ำเสมอ เป็นปัญหาที่สำคัญในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของโลก (CIMMYT, 2009) เช่นเดียวกับสภาพปัญหาการผลิตในประเทศไทย Eskasingh *et al.* (2004) ได้รายงานถึงความแห้งแล้งเป็นปัญหาที่สำคัญที่สุดในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในปี พ.ศ. 2559 สภาวะฝนแล้งทำความเสียหายในพื้นที่ปลูกข้าวโพดมากถึง 2.87 ล้านไร่ คิดเป็นเงินประมาณ 15,000 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) สภาพแล้งพบได้ในสภาพการผลิตของเกษตรกรในทุกระยะการเจริญเติบโตของข้าวโพด การขาดน้ำในระยะงอกและระยะออกดอกมีผลกระทบต่อผลผลิตมากที่สุด รองลงมาคือระยะหลังออกดอก และก่อนออกดอก ตามลำดับ (Banziger *et al.*, 2000) การขาดน้ำในระยะงอกมีผลอย่างมากต่อการงอกและการมีชีวิตรอดของต้นกล้า เนื่องจากการเจริญเติบโตของเซลล์ยอดและเซลล์รากถูกจำกัดจากการขาดน้ำโดยทั่วไปเกษตรกรมักต้องปลูกใหม่หากประสบกับสภาพแล้ง (Aslam *et al.*, 2015) การขาดน้ำในระยะข้าวโพดออกดอกมีผลให้การออกไหมช้าลง ส่งผลทำให้ช่วงห่างระหว่างวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ (anthesis-silking interval) มากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญทำให้ผลผลิตลดลง (Edmeades *et al.*, 2000) ในข้าวโพดลูกผสมของไทยผลผลิตลดลงร้อยละ 39-69 (สุรพัฒน์ และคณะ, 2555ก) ซึ่งความเสียหายของผลผลิตขึ้นอยู่กับระดับความรุนแรงของสภาพแล้งและความแตกต่างทางพันธุกรรมของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Ne Smith and Retchie, 1992)

กรมวิชาการเกษตร ดำเนินการปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมทนทานแล้ง ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2543 และได้รับรองพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 รวมถึงเผยแพร่สู่เกษตรกรในปี พ.ศ. 2552 การดำเนินการโครงการปรับปรุงพันธุ์ในระยะต่อมา ได้พัฒนาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุเก็บเกี่ยวยาว สามารถเก็บเกี่ยวได้ที่อายุ 110-120 วัน เกิดจากการผสมระหว่างสายพันธุ์แท้อายุยาว และมีการประเมินศักยภาพการให้ผลผลิต ผลทดสอบพบว่า มีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมหลายพันธุ์ให้ผลผลิตและลักษณะทางเกษตรไม่แตกต่าง หรือดีกว่าพันธุ์ตรวจสอบ นครสวรรค์ 3 จึงมีการดำเนินการคัดเลือกพันธุ์ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ ประเมินปฏิกิริยาการเกิดโรคที่สำคัญ ได้แก่ โรคราน้ำค้าง และโรคใบไหม้แผลใหญ่ รวมทั้งศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม วัตถุประสงค์เพื่อให้

ได้พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีศักยภาพในการให้ผลผลิตสูง ทนแล้ง เพื่อเผยแพร่และส่งเสริมพันธุ์สู่เกษตรกรในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เขตอาศัยน้ำฝน ซึ่งเป็นพื้นที่หลักในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ การศึกษา

1. ประเมินผลผลิตตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยว เกิดจากการผสมข้ามระหว่างสายพันธุ์แท้พันธุ์แม่ ตากฟ้า 1 (Pio 3003-3-2-B-3-1-4-B) และสายพันธุ์แท้พันธุ์พ่อ ตากฟ้า 4 (Big 939-59-2-B-1-2-2-B) ในปี พ.ศ. 2548 ผ่านการคัดเลือกในเบื้องต้น ประเมินความต้านทานโรคที่สำคัญ และนำเข้าสู่การประเมินผลผลิตตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์ ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2554-2558 ได้ทำการเปรียบเทียบเบื้องต้น เปรียบเทียบมาตรฐานเปรียบเทียบในท้องถิ่น ตามลำดับ โดยดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นานครสวรรค์ ศูนย์วิจัยพืชไร่เพชรบูรณ์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรลพบุรี ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเลย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรสุโขทัย ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครราชสีมา และศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกรดำเนินการในไร่เกษตรกรอีก 9 จังหวัด ได้แก่ นครสวรรค์ ลพบุรี พิษณุโลก สุโขทัย เพชรบูรณ์ เชียงใหม่ เลย นครราชสีมา และปราจีนบุรี

2. การประเมินความทนแล้ง

ประเมินผลผลิตข้าวโพดลูกผสมและลักษณะทางเกษตรที่สำคัญ ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2555-2558 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นานครสวรรค์ ในฤดูแล้ง ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-เมษายน ปลูกทดสอบในแปลงสภาพแวดล้อมแล้งให้ข้าวโพดขาดน้ำในระยะออกดอกนาน 1 เดือน โดยปลูกข้าวโพดและมีการให้น้ำแบบฝนโปรย (sprinkler method) สัปดาห์ละ 1 ครั้ง ปริมาณน้ำที่ให้ 30 มิลลิเมตร/ครั้ง และเริ่มงดให้น้ำตั้งแต่ระยะ 2 สัปดาห์ ก่อนข้าวโพดออกดอก 50% ต่อเนื่องไปจนครบ 1 เดือน แล้วจึงให้น้ำตามปกติไปจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา เปรียบเทียบกับแปลงที่มีการให้น้ำอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งแปลงปลูกอยู่ข้างเคียงกัน โดยให้น้ำสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่ปลูกจนถึงระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา วางแผนการทดลองแบบ

Randomized Complete Block (RCB) มี 4 ซ้ำ ปลุก 4 แถวต่อแปลงย่อย พันธุ์ทดสอบปี พ.ศ. 2555, 2556, 2557 และ 2558 มีจำนวน 20, 22, 40 และ 20 พันธุ์ตามลำดับ โดยมีพันธุ์นครสวรรค์ 3 เป็นพันธุ์เปรียบเทียบ ทนแล้ง ประเมินศักยภาพการให้ผลผลิตในสภาพแล้ง และ

สภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ประเมินความทนแล้งโดยใช้ค่าดัชนี ทนแล้ง (Drought Index: DI) ที่เสนอโดย Fischer *et al.* (1983) และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิตเมื่อ ข้าวโพดขาดน้ำในระยะออกดอกนาน 1 เดือน

ดัชนีทนแล้ง คำนวณจาก

$$\frac{\text{ผลผลิตของลูกผสมในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ผลผลิตของลูกผสมในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ}} \times \frac{\text{ผลผลิตเฉลี่ยการทดลองในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ}}{\text{ผลผลิตเฉลี่ยการทดลองในสภาพขาดน้ำ}}$$

เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิต (yield loss) คำนวณจาก

$$\text{เปอร์เซ็นต์การสูญเสียผลผลิต} = \frac{\text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ} - \text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพขาดน้ำ}}{\text{ผลผลิตของพันธุ์ในสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ}} \times 100$$

3. ประเมินความต้านทานโรคทางใบที่สำคัญ

3.1 ประเมินปฏิกิริยาการเกิดโรคใบไหม้แผลใหญ่ (*Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard & Suggs.) ดำเนินการในปี พ.ศ. 2551-2553 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ ในสภาพไร่ที่มีการระบาดของโรคจากแถวแพร่เชื้อ โดยปลูก ข้าวโพดพันธุ์ไฮบริด 3 ซึ่งอ่อนแอต่อโรค จำนวน 2 แถว ล้อมรอบพื้นที่ปลูกพันธุ์ทดสอบในลักษณะตารางให้เป็น แถวแพร่เชื้อ โดยมีระยะระหว่างแถว 75 เซนติเมตร ระยะ ระหว่างต้น 20 เซนติเมตร ปลูกเชื้อสาเหตุลงบนต้นข้าวโพด ในแถวแพร่เชื้อหลังจากที่ข้าวโพดงอกได้ 2 สัปดาห์ โดยการ หยอดเมล็ดข้าวฟ่างที่มีสปอร์ของเชื้อลงในใบยอด แล้วพ่น น้ำตาม หลังจากนั้นปลูกข้าวโพดพันธุ์ที่ต้องการทดสอบตาม หลังจากปลูกเชื้อในแถวแพร่เชื้อที่มีอายุ 2 สัปดาห์ วางแผน การทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ พันธุ์ทดสอบจำนวน 21 พันธุ์ มีพันธุ์ไฮบริด 3 เป็นพันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอ ประเมินโรค เมื่อข้าวโพดอายุ 80 วัน โดยให้ระดับความรุนแรง 1-5 (1=ต้านทาน, 5=อ่อนแอ) ตามพื้นที่ใบที่ปรากฏแผล ตาม วิธีการที่ดัดแปลงจาก Scott *et al.* (1984)

3.2 ประเมินปฏิกิริยาการเกิดโรคราน้ำค้าง (*Peronosclerospora sorghi*) ดำเนินการในปี พ.ศ. 2551 ในแปลงเปรียบเทียบพันธุ์ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์คือ การเปรียบเทียบพันธุ์ในขั้นตอนการเปรียบเทียบมาตรฐาน และขั้นตอนการเปรียบเทียบในท้องถิ่นที่ศูนย์วิจัยพืชไร่

นครสวรรค์ในสภาพการปลูกเชื้อ เมื่อข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อายุ 1 เดือน โดยใช้พันธุ์ Tuxpeño เป็นพันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอ วางแผนการทดลองแบบ RCB มี 4 ซ้ำ จำนวน 30 และ 16 พันธุ์ ตามลำดับ

4. ศึกษาอัตราแถวปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์แท้แม่ ต่อสายพันธุ์แท้พ่อ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสม

ศึกษาอัตราแถวปลูกข้าวโพดสายพันธุ์แท้แม่ตากฟ้า 1 และสายพันธุ์แท้พ่อตากฟ้า 4 ที่เหมาะสมในการผลิตเมล็ด พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 ดำเนินการ ปี พ.ศ. 2561 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ วางแผนการทดลอง แบบ RCB จำนวน 4 ซ้ำ มี 4 กรรมวิธี ประกอบด้วย 1) ปลูกข้าวโพดสายพันธุ์แท้แม่ 4 แถว ต่อสายพันธุ์แท้พ่อ 1 แถว 2) ปลูกข้าวโพดสายพันธุ์แท้แม่ 4 แถว ต่อสายพันธุ์แท้พ่อ 2 แถว 3) ปลูกข้าวโพดสายพันธุ์แท้แม่ 6 แถว ต่อ สายพันธุ์แท้พ่อ 1 แถว 4) ปลูกข้าวโพดสายพันธุ์แท้แม่ 6 แถว ต่อสายพันธุ์แท้พ่อ 2 แถว โดยมีระยะระหว่างแถว 65 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 15 เซนติเมตร โดยปลูก ในแปลงที่ไม่มีมีการปลูกข้าวโพดอื่นในพื้นที่ใกล้เคียงในระยะ 300 เมตร (isolation) เพื่อป้องกันการผสมเกสรจาก ข้าวโพดอื่น เมื่อช่อดอกตัวผู้ในแถวของสายพันธุ์แม่เริ่มโผล่ จากใบธง ทำการกำจัดช่อดอกตัวผู้ในแถวแม่ทั้งหมดก่อน การโปรยละอองเกสรเพื่อป้องกันการผสมตัวเอง

ในสายพันธุ์แม่ บันทึกข้อมูลผลผลิตเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากสายพันธุ์แม่ ความชื้นเมล็ด ณ เก็บเกี่ยว เปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด และเปอร์เซ็นต์ความงอกเมล็ดพันธุ์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การประเมินผลผลิต

จากการเปรียบเทียบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 ตามขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์

ในขั้นตอนการเปรียบเทียบเบื้องต้น มาตรฐาน ในท้องถิ่น และไร่เกษตรกร (จำนวน 56 แปลงทดลอง) ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554-2558 พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 ให้ผลผลิตสูง 1,070 กิโลกรัมต่อไร่ ให้ผลผลิตใกล้เคียงกับพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ให้ผลผลิต 1,085 กิโลกรัมต่อไร่ และพันธุ์ลูกผสมการค้าที่ให้ผลผลิต 1,039 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 1)

Table 1 Grain yield of Nakhon Sawan 4 (NS4) compared to Nakhon Sawan 3 (NS3) tested during 2011-2015

Trials	Grain yield (kg ra ⁻¹)									Relative to NS3 (%)
	Preliminary ^{1/}		Standard ^{2/}		Regional ^{3/}		Farm trial ^{4/}		Mean	
	2011	2012	2012	2013	2013	2014	2014	2015		
Hybrid										
NS4	1,026 a	1,064 b	1,105 a	1,153 a	1,084 a	1,115 a	1,005 a	1,010 a	1,070	99
Commercial hybrid	-	-	-	1,084 a	1,020 a	1,099 a	961 ab	1,032 a	1,039	96
NS3 (Check)	988 b	1,177 a	1,119 a	1,186 a	1,149 a	1,149 a	944 b	964 b	1,085	100
CV (%)	10.34	8.87	10.38	8.83	11.39	12.20	13.73	15.57	-	-
Locations	3	4	6	7	8	8	12	8	56	-

Remarks: - not determine

Means within columns followed by the same letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level

Source: Modified from ^{1/} Thaitad *et al.*, 2012a; สุริพัฒน์ และคณะ, 2555ช, ^{2/} Thaitad *et al.*, 2013; สุริพัฒน์ และคณะ, 2556, ^{3/} Budthong *et al.*, 2014; ทศนีย์ และคณะ 2557, ^{4/} Chanthavorn *et al.*, 2015; จ้างค์ และคณะ, 2558

2. การประเมินความทนแล้ง

ประเมินผลผลิตในแปลงสภาพแล้งที่มีการงดให้น้ำในระยะออกดอกเป็นเวลา 1 เดือน เปรียบเทียบกับแปลงสภาพการให้น้ำสม่ำเสมอตลอดฤดูปลูก ในปี พ.ศ. 2552-2553 ปลูกข้าวโพดและงดการให้น้ำในช่วงเวลาใกล้เคียงกัน คือ ปลูกข้าวโพดในเดือนธันวาคม และงดการให้น้ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ จากข้อมูลสภาพอากาศของทั้ง 3 ปี มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในช่วงการงดน้ำ เท่ากับ 35 และ 23 องศาเซลเซียส มีค่าเฉลี่ยความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุดและสูงสุด เท่ากับ 87 และ 43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนในปี พ.ศ. 2555 ปลูกข้าวโพดในเดือนพฤศจิกายน และงดการให้น้ำในช่วงเดือนมกราคม มีค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในช่วงการงดน้ำเท่ากับ 32 และ 19 องศาเซลเซียส ตามลำดับ และมีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำสุดและสูงสุดมีค่า 68 และ 30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Figure 1)

ผลผลิตในแปลงสภาพแล้งที่งดให้น้ำในระยะออกดอก ซึ่งเป็นช่วงที่ข้าวโพดอยู่ในระยะการผสมเกสรจนถึงช่วงแรกของการสะสมน้ำหนักเมล็ด พบว่า พันธุ์นครสวรรค์ 4 ให้ผลผลิต 695 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่ให้ผลผลิต 589 กิโลกรัมต่อไร่ ร้อยละ 17 ในสภาพการให้น้ำสม่ำเสมอพันธุ์นครสวรรค์ 4 และพันธุ์นครสวรรค์ 3 ให้ผลผลิต 1,361 และ 1,293 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยสภาพแล้งมีผลต่อการให้ผลผลิตของพันธุ์นครสวรรค์ 4 และพันธุ์นครสวรรค์ 3 ทำให้ผลผลิตลดลง ร้อยละ 49 และ 54 ตามลำดับ ในขณะที่พันธุ์ลูกผสมการค้าเอกชน ให้ผลผลิตในสภาพแล้ง 414 กิโลกรัมต่อไร่ และสภาพการให้น้ำสม่ำเสมอ 1,416 กิโลกรัมต่อไร่ สภาพแล้งทำให้ผลผลิตลดลงถึง ร้อยละ 71 สำหรับค่าดัชนีทนแล้ง (DI) พันธุ์นครสวรรค์ 4 พันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์การค้าเอกชน มีค่า 1.21, 1.08 และ 0.69 ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งค่าดัชนี

ทนแล้งมีค่ามากกว่า 1 แสดงถึงข้าวโพดพันธุ์นั้นมีความทนแล้ง ทางตรงกันข้ามถ้า DI มีค่าน้อยกว่า 1 แสดงถึงข้าวโพดพันธุ์นั้นมีความทนแล้งน้อยกว่า หรืออ่อนแอต่อสภาวะแล้ง (Fischer *et al.*, 1983)

พันธุ์นครสวรรค์ 4 และพันธุ์นครสวรรค์ 3 แสดงความแตกต่างระหว่างวันออกไหมและวันออกดอกตัวผู้ (ASI) เมื่อกระทบแล้งมีค่าต่ำ ในขณะที่พันธุ์ลูกผสมการค้าเอกชนมีค่า ASI สูงระหว่าง 3-7 วัน (Table 3) ผลผลิตของข้าวโพดในสภาพแล้งสัมพันธ์กับการลดลงของค่า ASI (Sari-Gorla *et al.*, 1999)

ในปี พ.ศ. 2558 พันธุ์นครสวรรค์ 4 พบเปอร์เซ็นต์ของฝักที่ติดเมล็ดไม่เต็มฝักที่มีเมล็ดน้อยกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของฝัก มากกว่าในปี พ.ศ. 2555-2557 คิดเป็น 19.4 เปอร์เซ็นต์ มากกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 อย่างมีนัยสำคัญ (Table 3) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผลผลิตในแปลงสภาพแล้ง

ปี พ.ศ. 2558 ต่ำกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ ASI มีค่าไม่ต่างจากปี พ.ศ. 2555-2557 เมื่อพิจารณาจากปัจจัยสภาพแวดล้อมพบว่า ในปี 2558 สภาพอากาศมีความชื้นสัมพัทธ์มีค่าต่ำกว่าช่วงปี พ.ศ. 2555-2557 แสดงถึงมีสภาพอากาศแห้ง ซึ่งความมีชีวิตของละอองเกสรจะลดลงอย่างรวดเร็วในสภาพที่มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศต่ำ (Ayior, 2003) ในสภาพอากาศแห้งและร้อน ความมีชีวิตของละอองเกสรจะลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ภายใน 1 ชั่วโมง และตายภายใน 3 ชั่วโมง (Luna *et al.*, 2001) ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ มีความเหมาะสมให้ละอองเกสรคงมีความมีชีวิตได้นาน (Roedel-Drevet and Dignonner, 1995) การที่ละอองเกสรสูญเสียความมีชีวิตเร็ว ทำให้การติดเมล็ดน้อยส่งผลให้ผลผลิตต่ำ ซึ่งพันธุ์นครสวรรค์ 4 ตอบสนองต่อสภาพอากาศแห้งร่วมกับภาวะขาดน้ำโดยผลผลิตให้ผลผลิตลดลงมากกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3

Table 2 Grain yield, yield reduction and drought index (DI) of NS4 compared to NS3 and commercial hybrid under drought and well-watered condition during 2012-2015

Hybrid	Grain yield (kg ra ⁻¹)										Yield reduction (%)	DI
	2012		2013		2014		2015		Mean			
	WW ^{1/}	D ^{2/}	WW ^{1/}	D ^{2/}	WW ^{1/}	D ^{2/}	WW ^{1/}	D ^{2/}	WW ^{1/}	D ^{2/}		
NS4	1,438 a	872 a	1,241 b	686 a	1,310 a	866 a	1,456 b	357 b	1,361	695	49	1.21
Commercial hybrid 1	1,534 a	638 b	1,440 a	358 c	1,101 b	379 c	1,587 a	282 c	1,416	414	71	0.69
NS3 (Check)	1,231 b	558 c	1,150 c	597 b	1,328 a	700 b	1,463 b	501 a	1,293	589	54	1.08
CV (%)	7.79	24.81	8.10	24.64	8.42	19.17	5.00	27.84	-	-	-	-

Remarks: Means within columns followed by the same letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level

^{1/} WW = well-watered condition, ^{2/} D = drought condition

Source: Modified from Thaitad *et al.*, 2015; สุริพัฒน์ และคณะ, 2558

Table 3 Anthesis and Silking Interval (ASI) and percentage of poor kernel set ear of NS4 compared to NS3 and commercial hybrid under drought condition during 2012-2015

Hybrid	Anthesis and Silking Interval (ASI) ^{1/}				Poor kernel set ear (%) ^{2/}			
	2012	2013	2014	2015	2012	2013	2014	2015
NS4	1	1	0	1	0.0	3.9	0.0	19.4
Commercial hybrid 1	3	7	3	4	3.8	15.4	9.5	21.8
NS3 (Check)	1	2	0	2	2.4	2.7	2.2	5.1
Mean	2	3	1	2	4.2	10.8	7.2	16.8
CV (%)	43.55	56.92	69.06	47.55	97.67	82.96	94.67	77.66
LSD (0.05)	1	3	1	1	5.8	12.6	11.0	13.2

Remarks: ^{1/} ASI = Day to 50% silking-Day to 50% anthesis, ^{2/} Kernel abortion >50% of kernel/ear

Source: Modified from Thaitad *et al.*, 2015; สุริพัฒน์ และคณะ, 2558

3. การประเมินความต้านทานโรคทางใบที่สำคัญ

3.1 โรคใบไหม้แผลใหญ่ ประเมินปฏิกิริยาการเกิดโรคในสภาพไร่ที่มีการระบาดของโรคจากแถวแพร่พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 มีปฏิกิริยาการเกิดโรคจัดอยู่ในกลุ่มต้านทานปานกลาง มีค่าเฉลี่ยระดับ

การเกิดโรค 2.2 เช่นเดียวกับพันธุ์นครสวรรค์ 3 มีปฏิกิริยาการเกิดโรคจัดอยู่ในกลุ่มต้านทานปานกลาง มีค่าเฉลี่ยระดับการเกิดโรค 2 เปรียบเทียบกับพันธุ์ Hibrix 3 เป็นพันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอ มีค่าเฉลี่ยระดับการเกิดโรค 4.2 (Table 4)

Table 4 Reaction of hybrids to Northern Corn Leaf Blight under artificial inoculation during 2008–2010

Hybrid	Leaf blight score ^{1/}			mean	Disease reaction ^{2/}
	2008	2009	2010		
NS4	2.2	2.2	2.2	2.2	moderately resistant
Commercial hybrid 1	2.1	2.3	3.1	2.5	moderately resistant
NS3	-	2.0	2.0	2.0	moderately resistant
Hibrix 3 (susceptible check)	4.0	4.0	4.7	4.2	susceptible
LSD _{0.05}	0.34	0.19	0.51	-	
CV (%)	10.5	6.74	17.18	-	

Remarks: - not determine

^{1/} Leaf blight score followed method modified from Scott *et al.*, 1984

1 = One or two scattered lesions on lower leaves.

2 = Lesion less than 6-25% of leaf area.

3 = Abundant lesions on lower leaves, few on other leaves, affecting between 26-50% of leaf area.

4 = Abundant lesions on lower leaves, middle leaves, extending to upper leaves affecting between 51-75% of leaf area.

5 = Abundant lesions on almost leaves, plant premature dried or killed by the disease with 76-100% of leaf area affected.

^{2/} Disease reaction classified according to Lapbanjob (2008); ศิริไอล และคณะ, 2551

1.00-1.99 = Resistant

2.00-2.99 = Moderately resistant

3.00-3.99 = Moderately susceptible

4.00-5.00 = Susceptible

Source: Modified from Lapbanjob *et al.*, 2010; ศิริไอล และคณะ, 2553

3.2 โรคราน้ำค้าง ประเมินปฏิกิริยาการเกิดโรคราน้ำค้างเมื่อข้าวโพดอายุ 1 เดือน ในสภาพการปลูกเชื้อ โดยมีข้าวโพดพันธุ์ Tuxpeño เป็นพันธุ์ตรวจสอบอ่อนแอ พบว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 มีปฏิกิริยาการเกิดโรคจัดอยู่ในกลุ่มต้านทานปานกลาง ซึ่งเป็นโรคราน้ำค้าง ร้อยละ 18.03 เช่นเดียวกับพันธุ์นครสวรรค์ 3 ซึ่งเป็นโรคราน้ำค้าง ร้อยละ 17.65 เปรียบเทียบกับพันธุ์ Tuxpeño ซึ่งเป็นโรคราน้ำค้าง ร้อยละ 97.75 (Table 5)

4. อัตราแถวปลูกสายพันธุ์แม่ต่อสายพันธุ์พ่อ เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสม

อัตราแถวปลูกของสายพันธุ์แม่:สายพันธุ์พ่อ ทุกกรรมวิธี คือ 4:1, 4:2, 6:1 และ 6:2 ให้น้ำหนักของผลผลิตเมล็ดพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย 340 กิโลกรัมต่อไร่ แสดงถึงสายพันธุ์พ่อสามารถผลิตละอองเกสรแพร่กระจายและผสมพันธุ์ได้ทั่วถึง ครอบคลุมสายพันธุ์แม่ในทุกกรรมวิธี ที่อัตราแถวปลูกสายพันธุ์แม่:สายพันธุ์พ่อที่ 4:2 มีเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดสูง 80.45 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างจากอัตราแถว 4:1 และ

6:2 นอกจากนี้ เพอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยวทุกกรรมวิธีไม่แตกต่างกัน มีเปอร์เซ็นต์ความงอกระหว่าง 98.3-99.0 เปอร์เซ็นต์ (Table 6) เมื่อพิจารณาถึงด้านการปฏิบัติงานในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่สำคัญคือ การกำจัดช่อดอกตัวผู้ในสายพันธุ์แม่ ทำโดยการดึงช่อดอกตัวผู้เมื่อโผล่พ้นใบธงก่อนการโปรยละอองเกสร ต้องกำจัดให้หมดทุกต้น ซึ่งต้องปฏิบัติทุกวัน จนกว่าช่อดอกตัวผู้ถูกกำจัดหมด โดยทั่วไปใช้ระยะเวลา 2 อาทิตย์ จึงเสร็จสิ้น เนื่องด้วยการโผล่ช่อดอกไม่พร้อมกันทั่วทั้งแปลงปลูก (ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์, 2564) ดังนั้น ที่อัตราแถวปลูกสายพันธุ์แม่:สายพันธุ์

แท้พ่อที่ 4:2 ซึ่งมีอัตราประชากรต่อไร่ของสายพันธุ์แม่ น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ จะช่วยประหยัดแรงงานในขั้นตอนการกำจัดช่อดอกตัวผู้ได้ จึงแนะนำให้เครือข่ายผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ อาทิ หน่วยงานราชการ ภาคเอกชน สหกรณ์การเกษตร และเกษตรกร ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเพื่อใช้เอง หรือจำหน่าย ให้ใช้อัตราแถวปลูกสายพันธุ์แม่:สายพันธุ์แท้พ่อที่ 4:1 เนื่องจากลดการปฏิบัติงานในขั้นตอนการกำจัดช่อดอกในแถวสายพันธุ์แม่ ซึ่งคำแนะนำนี้สอดคล้องกับคำแนะนำในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 3 ที่กรมวิชาการเกษตรให้การรับรองพันธุ์ก่อนหน้านี้

Table 5 Reaction of hybrids to downy mildew at one month after emergence under artificial inoculation in 2008

Hybrid	Downy mildew score (%)			Disease reaction ^{1/}
	Standard trial	Regional trial	Mean	
NS4	14.41 a	21.64 a	18.03	moderately resistant
NS3	13.81 a	21.49 a	17.65	moderately resistant
Commercial hybrid 1	32.78 b	34.93 b	33.87	moderately susceptible
Commercial hybrid 2	66.52 c	75.86 c	71.19	susceptible
Tuxpeño (susceptible check)	98.50 d	97.00 d	97.75	susceptible
CV (%)	40.43	24.99	-	

Remarks: Means within columns followed by the same letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level

^{1/} Disease reaction followed method proposed by Nair *et al.*, 2008

0-10% = Resistant

10-30% = Moderately resistant

30-50% = Moderately susceptible

>50% = Susceptible

Source: Modified from Grudloyma *et al.*, 2009; พิเศษฐ์ และคณะ, 2552

Table 6 Seed yield, plant population, shelling percentage, seed moisture content at harvesting and seed germination of NS4 hybrid seed production in 2018

Female: Male ratio (rows)	Female: Male population (plants rai^{-1})	Seed yield (kg rai^{-1})	Shelling (%)	Seed moisture (%)	Seed germination (%)
4:1	13,128:3,282	369	79.55 ab	26.44	98.7
4:2	10,940:5,470	329	80.45 a	25.64	98.3
6:1	14,066:2,344	330	77.78 b	25.83	99.0
6:2	12,308:4,103	331	78.61 ab	26.92	98.7
mean	-	340	79.10	26.21	98.7
F-test	-	ns	*	ns	ns
CV (%)	-	13.31	1.44	5.01	0.66

Remarks: Means within columns followed by the same letter are not significantly different by DMRT at 0.05 probability level
NS = not statistically difference

Source: Tadso *et al.*, 2018; กัญจน์ชญา และคณะ, 2561

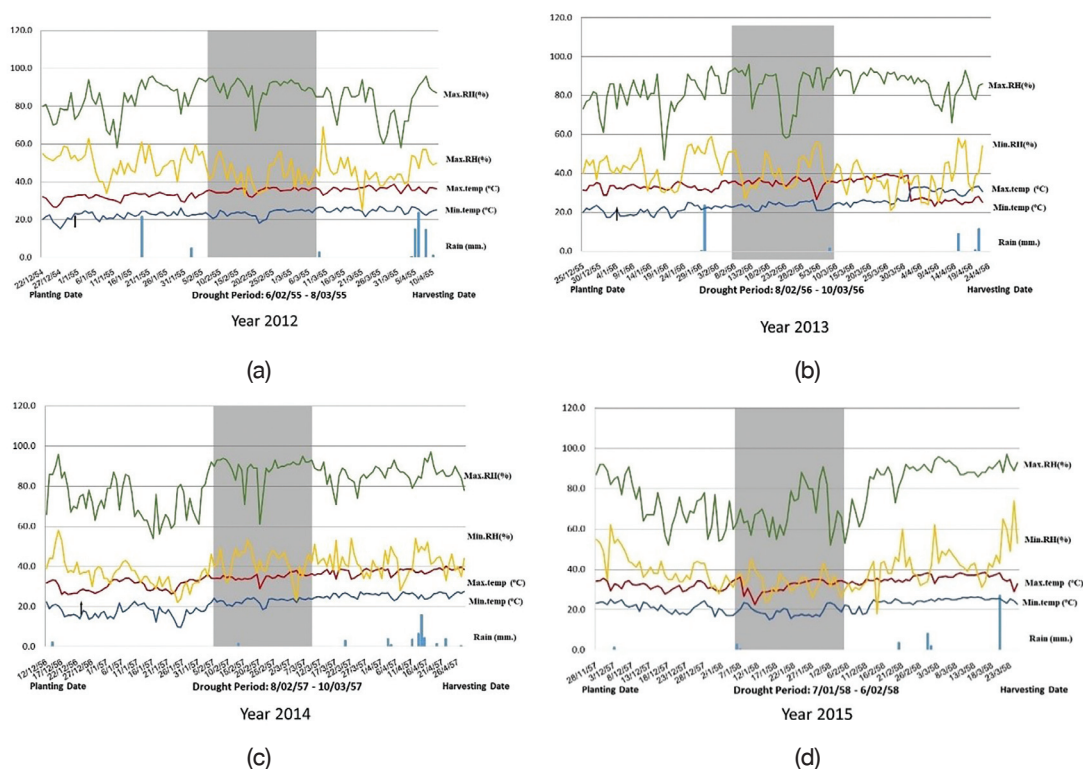


Figure 1 (a-d): Temperature ($^{\circ}\text{C}$) Rain fall (mm.) and RH distribution (%) in the dry season (November–April) of 2012, 2013, 2014 and 2015 at Nakhon Sawan Field Crops Research Center, TakFa, Nakhon Sawan

สรุปผลการวิจัย

ในแหล่งปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่สำคัญของประเทศไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 ให้ผลผลิตสูงเฉลี่ย 1,070 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างจากพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์ลูกผสมการค้าเอกชน เมื่อกระทบแล้งช่วงออกดอกนานหนึ่งเดือน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 695 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 ร้อยละ 17 คิดเป็นผลผลิตลดลงร้อยละ 49 จากสภาพให้น้ำสม่ำเสมอ ซึ่งผลผลิตเสียหายน้อยกว่าพันธุ์นครสวรรค์ 3 และพันธุ์การค้าที่ปลูกเปรียบเทียบ ซึ่งผลผลิตลดลงถึงร้อยละ 54 และ 71 นอกจากนี้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ 4 มีความต้านทานปานกลางต่อโรคใบไหม้ แผลใหญ่ และโรคน้ำค้าง ซึ่งเป็นโรคทางใบที่สำคัญ ผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์สามารถนำสายพันธุ์แท้พ่อและแม่ นำไปผลิตเมล็ดพันธุ์ลูกผสมเพื่อใช้หรือจำหน่าย โดยปลูกสายพันธุ์แท้แม่สายพันธุ์แท้พ่อ ที่อัตราแถว 4:1 กรมวิชาการเกษตร ได้ให้การรับรองพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์นครสวรรค์ 4 เป็นพันธุ์รับรองและเผยแพร่สู่เกษตรกรในปี 2562

เอกสารอ้างอิง

กาญจน์ชญา ตัดโส สุริพัฒน์ ไทยเทศ ชนนัทธวัฒน์ ศุภสุทธิ
รางกุล จ่านงค์ ชัยถาวร และสุทัศน์ย์ วงศ์ศุภไทย.
2561. การศึกษาเทคโนโลยีการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด
เลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่น. น. 73-82. ใน: รายงาน
ผลงานวิจัย ประจำปี 2561 ศูนย์วิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการ
เกษตร.
จ่านงค์ ชัยถาวร สุริพัฒน์ ไทยเทศ ทศนีย์ บุตรทอง พิเชษฐ์
กรุดลอยมา เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง อานนท์ มลิพันธ์
สายชล แสงแก้ว อาริรัตน์ พระเพชร พินิจ กัลยา
ศิลป์ ปรีชา แสงไธดา นิภาภรณ์ พรณรา และสิทธิ
แดงประดับ. 2558. การเปรียบเทียบในไร่เกษตรกร
พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุสั้นพันธุ์ดีเด่น
ทนทานแล้ง. น. 82-92. ใน: รายงานผลการวิจัย
ประจำปี 2558. ศูนย์วิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.
ทศนีย์ บุตรทอง สุริพัฒน์ ไทยเทศ พิเชษฐ์ กรุดลอยมา
สุทัศน์ย์ วงศ์ศุภไทย จ่านงค์ ชัยถาวร เพ็ญรัตน์
เทียมเพ็ง อานนท์ มลิพันธ์ สายชล แสงแก้ว อาริรัตน์
พระเพชร พินิจ กัลยาศิลป์ และปรีชา แสงไธดา.
2557. การเปรียบเทียบในท้องถื่นพันธุ์ข้าวโพด

เลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุสั้นพันธุ์ดีเด่นทนทานแล้ง.
น. 13-24. ใน: รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2557.
ศูนย์วิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

พิเชษฐ์ กรุดลอยมา สุริพัฒน์ ไทยเทศ กาญจน์ชญา ตัดโส
กัลยา ภาพินิจ สมโภชน์ แก้วเทียน เสกสรร
อุดมการณ์เกษตร สายชล จอมเกาะ อรรณพ
กสิวิวัฒน์ ปรีชา แสงไธดา อานนท์ มลิพันธ์ และ
อาริรัตน์ พระเพชร. 2552. การเปรียบเทียบในท้องถื่น:
พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์ดีเด่นทนทานแล้ง.
น. 124-137. ใน: รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2552.
ศูนย์วิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ศิริไล ลาภบรรจบ พิระวรรณ พัฒนวิภาส พิเชษฐ์ กรุดลอยมา
และสุริพัฒน์ ไทยเทศ. 2553. การประเมินพันธุ์
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อโรคใบไหม้แผลใหญ่. น. 383-389.
ใน: รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2553. ศูนย์วิจัย
พืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.

ศิริไล ลาภบรรจบ. 2551. เทคนิคในการคัดเลือกพันธุ์
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต้านทานโรคพืช. เอกสารวิชาการ
ประกอบการฝึกอบรมเรื่อง การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพด
ทนทานแล้งในประเทศไทย. วันที่ 18-21 กุมภาพันธ์
2551. โรงแรมเบเวอร์ลีฮิลล์ปาร์ค, จังหวัดนครสวรรค์.
ศูนย์วิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร. 2562. การผลิตเมล็ดพันธุ์
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมใช้เองหรือเชิงการค้า.
แหล่งข้อมูล <https://www.doa.go.th/fc/nakhonsawan/?p=185> (24 สิงหาคม 2564).

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. ตารางแสดง
รายละเอียดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. แหล่งข้อมูล <http://www.oae.go.th/view/1/ตารางแสดงรายละเอียดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์/TH-TH> (11 มกราคม 2563).

สุริพัฒน์ ไทยเทศ พิเชษฐ์ กรุดลอยมา สุทัศน์ย์ วงศ์ศุภไทย
และทศนีย์ บุตรทอง. 2555ก. เทคนิคการคัดเลือก
พันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ทนทานแล้ง. น. 150-160.
ใน: การประชุมวิชาการพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน
ประจำปี 2555. สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทน
พลังงาน. 18-20 มิถุนายน 2555. ณ โรงแรมภูมิราศ
ปิษ แอนด์ สปา จังหวัดระยอง.

สุริพัฒน์ ไทยเทศ พิเชษฐ์ กรุดลอยมา สุทัศน์ย์ วงศ์ศุภไทย
ทศนีย์ บุตรทอง เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง อานนท์ มลิพันธ์

- และกิตติมา อินทะเคษะ. 2555ข. การเปรียบเทียบเบื้องต้นพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุสั้นพันธุ์ดีเด่นทนทานแล้ง. น. 64-74. ใน: รายงานผลการวิจัยประจำปี 2555. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.
- สุรพัฒน์ ไทยเทศ พิเชษฐ์ กรุดลอยมา ทศนีย์ บุตรทอง เพ็ญรัตน์ เทียมเพ็ง อานนท์ มลิพันธ์ สายชล แสงแก้ว ปรีชา แสงโสภา และกิตติมา อินทะเคษะ. 2556. การเปรียบเทียบมาตรฐานพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุสั้นพันธุ์ดีเด่นทนทานแล้ง. น. 13-23. ใน: รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2556. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.
- สุรพัฒน์ ไทยเทศ พิเชษฐ์ กรุดลอยมา สุทัศน์ วงศ์ศุภไทย ทศนีย์ บุตรทอง จานงค์ ชัยถาวร อมรรรัตน์ ภูโต. 2558. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมอายุยาวเพื่อผลผลิตสูงและทนทานแล้ง. น. 12-28. ใน: รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2558. ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กรมวิชาการเกษตร.
- Aslam, M., M.A. Maqbool and R. Cengiz. 2015. Drought Stress in Maize (*Zea mays* L.) Effects, Resistance Mechanisms, Global Achievements and Biological Strategies for Improvement. Springer. pp. 19-44.
- Aylor, D.E. 2003. Rate of dehydration of corn (*Zea mays* L.) pollen in the air. Journal of Experimental Botany 54(391): 2307-2312.
- Bänziger, M., G.O. Edmeades, D. Beck, and M. Bellon. 2000. Breeding for Drought and Nitrogen Stress Tolerance in Maize: From Theory to Practice. Mexico, D.F: CIMMYT.
- CIMMYT. 2009. Breeding for abiotic stress tolerance. Paper presented at training course on Breeding maize hybrids for rain-fed environment. Aug 31-Sep 5, 2009. ICRISAT, India.
- Edmeades, G.O., J. Bolanos, A. Elings, J.M. Ribaut, M. Bänziger and M.E. Westgate. 2000. The role and regulation of the anthesis silking interval in maize. pp. 43-73. In: M.E. Westgate and K. Boote (eds.), Physiology and Modeling Kernel Set in Maize. Crop Science Society of America, Madison, WI, USA.
- Eskasingh, B., P. Gypmantasiri, K. Thong-Ngam and P. Grudloyma. 2004. Maize in Thailand: Production Systems, Constraints, and Research Priorities. D.F.: CIMMYT, Mexico.
- Fischer, K.S., E.C. Johnson, and G.O. Edmeades. 1983. Breeding and Selection for Drought Resistance in Tropical Maize. CIMMYT, Mexico.
- Luna, S., V.J. Figueroa, M.B. Baltazar, M.R. Gomez, L.R. Townsend, and J.B. Schoper. 2001. Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. Crop Science 41: 1551-1557.
- Nair, S.K., T.A. Setty, R.S. Rathore, R. Kumar, N.N. Singh and B.M. Prasanna. 2008. Towards molecular marker mapping of genes conferring resistance to sorghum downy mildew (*Peronosclerospora sorghi*) in maize. Available: <http://www.agron.missouri.edu/mn/75/60nair.html> (July 2, 2007).
- Roeckel-Drevet, P. and C. Dignonner. 1995. Fertility of *Zea mays* pollen during dehydration: physiological steps outlined by nucleotide measurements. Plant Physiology and Biochemistry 33: 289-294.
- Sari-Gorla, M., P. Krajewski, N. Di Fonzo, M. Villa. and C. Frova. 1999. Genetic Analysis of Drought Tolerance in Maize by Molecular Markers II. Plant Height and Flowering. Theoretical and Applied Genetics 99: 289-295.
- Scott, G.E., S.B. King and J.W. Armour. 1984. Inheritance of resistance to southern corn rust in maize populations. Crop Science 24: 265-267.

ผลของการเตรียมหัวเชื้อและวัสดุเพาะที่มีต่อผลผลิตของเห็ดนางรมฮังการี

Effect of Spawn Preparation and Pretreatments of Substrate on Yield of Hungarian Oyster Mushroom

ธัญญา ทะพิงค์แก^{1*} นริศรา วิชิต¹ และ วรณพร ทะพิงค์แก²
Tanya Tapingkae^{1*} Narissara Wichit¹ and Wanaporn Tapingkae²

¹ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50180

¹ Faculty of Agricultural Technology, Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai 50180

² คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

² Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: tanya_tap@cmru.ac.th

(Received: 22 April 2022; Revised: 15 November 2022; Accepted: 27 December 2022)

Abstract

The research attempted to develop a simple technique for growing bagged mushrooms. The traditional methodology was compared to the modified methods for making Hungarian oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*) mother spawn. The results showed that culture from the modified method cultured fresh mushroom tissue on sorghum disinfected with hydrogen peroxide (H_2O_2) mycelial took a longer period to complete invasion than the traditional method. However, after 14 days of cultivation, mycelial density was found to be higher. This method was chosen as the mother spawn in the next experiment. The experiment was conducted using rice straw as the main substrate and provided different substrate preparation method, i.e. steaming, boiling, soaking in different water, H_2O_2 solution, and gypsum solution. The results showed that boiling rice straw results in the time to flowering (26 days) and the mushrooms yield (385 g.) was statistically significantly lower than other methods. This was consistent with the results of the analysis of the nutrient value of rice straw. Soaking rice straw in plain water had the highest statistically significant percentage of contamination.

Keywords: Mushroom cultivation, simple technique, hydrogen peroxide, gypsum

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเทคนิคการเพาะเห็ดนางรมฮังการีอย่างง่าย โดยทำการเปรียบเทียบวิธีการเตรียมเชื้อเห็ดแบบดั้งเดิม และดัดแปลง จากผลการทดลองพบว่า เชื้อเห็ดจากวิธีดัดแปลงที่เพาะเนื้อเยื่อจากดอกเห็ดสดบนข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) ใช้เวลาที่เส้นใยเดินเต็มเมล็ดข้าวฟ่างมากกว่าวิธีการแบบดั้งเดิม แต่มีความหนาแน่นของเส้นใยมากกว่า จึงใช้เป็นเชื้อเห็ดในการทดลองต่อไป การทดลองเปรียบเทียบวิธีการเตรียมวัสดุเพาะ (ฟางข้าว) ด้วยการนึ่ง การต้ม การแช่น้ำ การแช่สารละลาย H_2O_2 และการแช่สารละลายยิปซัม ผลการศึกษาพบว่า การต้มฟางข้าวใช้ระยะเวลาออกดอกนาน (26 วัน) และผลผลิตของเห็ดต่ำกว่าวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

(385 กรัม) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวที่ผ่านการต้มมีคุณค่าทางโภชนาต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ การแช่ฟางข้าวในน้ำเปลาามีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การเพาะเห็ด เทคนิคอย่างง่าย ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ ยิปซัม

คำนำ

การเพาะเห็ดให้ประสบความสำเร็จมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง เช่น หัวเชื้อเห็ด วัสดุเพาะ และสภาพแวดล้อมมีความสำคัญอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการเพาะเห็ดถุง เกษตรกรไม่นิยมทำหัวเชื้อเห็ดเอง แต่ซื้อจากแหล่งต่าง ๆ เนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ในการทำหัวเชื้อ และนิยมใช้วัสดุเพาะเป็นขี้เลื่อยไม้ยางพาราผสมกับอาหารเสริม ทำการฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง ทำให้เสียเวลา และเสียค่าใช้จ่ายสูง เนื่องจากขี้เลื่อยมีราคาแพงและหาซื้อได้ยาก จึงมีการใช้วัสดุที่มีในท้องถิ่นมาใช้แทน เช่น ฟางข้าว ตอซังข้าว ลำต้นและเปลือกข้าวโพด เป็นต้น การเพาะเห็ดนางรมจากฟางข้าวจำเป็นต้องมีการเตรียมฟางให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด และลดการปนเปื้อนจากเชื้อแปลกปลอม การใช้ความร้อนโดยการต้มหรือนึ่งวัสดุเพาะเป็นวิธีที่นิยมใช้ในเชิงพาณิชย์ แต่ไม่สะดวกต่อการปฏิบัติและมีราคาแพง อุปกรณ์ที่ใช้ทำความร้อนมีราคาสูง อีกทั้งยังก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ และอาจเกิดอุบัติเหตุได้หากประมาท การเตรียมวัสดุเพาะด้วยความร้อนจะฆ่าทั้งสิ่งมีชีวิตที่เป็นประโยชน์และที่เป็นอันตราย (Ficior *et al.*, 2006) การเตรียมวัสดุเพาะแบบอื่นจึงเป็นทางเลือกที่ควรพิจารณา เช่น การใช้สารเคมี การใช้รังสี และการใช้สารเสริมการเจริญเติบโต เป็นต้น

การเตรียมวัสดุเพาะด้วยสารเคมีสามารถทำได้ง่าย เหมาะกับฟางจำนวนมาก มีราคาไม่แพง เนื่องจากไม่ต้องใช้เครื่องจักร ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) สามารถใช้ในการเตรียมวัสดุเพาะเห็ด จากการศึกษาของ Saritha and Pandey (2010) แสดงการทดสอบการฆ่าเชื้อฟางข้าวที่ใช้เพาะเห็ดนางรมสีขาวย (*Pleurotus ostreatus*) ด้วยไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ที่ความเข้มข้น 1.5-8.0 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 ชั่วโมง พบว่าการแช่ฟางด้วย H_2O_2 ที่ความเข้มข้น 1.5 เปอร์เซ็นต์ มีการปนเปื้อนเกิดขึ้น 100 เปอร์เซ็นต์ และการปนเปื้อนลดลงเหลือ 26.66 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแช่ฟางที่ความเข้มข้น 8.0 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ผลผลิตเห็ดได้ปริมาณเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของ H_2O_2 ขณะที่ ธัญญา (2561) แสดงการเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองโดยใช้ฟางที่เตรียมด้วยการทำให้สุกด้วย H_2O_2

ที่ความเข้มข้น 0.15-0.45 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เห็ดสามารถเจริญเติบโตได้ดี ปริมาณ และคณะ (2556) ทำการเลี้ยงเชื้อเห็ดนางรมฮังการีในวัสดุธรรมชาติ พบว่า เชื้อเห็ดเจริญครอบคลุมผักตบชวา และต้นกล้วยที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 0.5 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลา 7 วัน ส่วนการใช้ฟางข้าว และขี้เลื่อยไม้ยางพาราใช้เวลา 14 วัน โดยไม่พบการปนเปื้อนจากเชื้อราชนิดอื่น ๆ ภูญาชนและเกลบที่พบการปนเปื้อนมากมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนเท่ากับ 90-100 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการเตรียมฟางโดยการใส่สารเสริมการเจริญเติบโตช่วยให้เส้นใยเห็ดเติบโตเร็ว ยิปซัม (gypsum, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$) เป็นสารเสริมการเจริญเติบโตจำพวกแร่ธาตุที่ถูกใช้ประโยชน์ด้านการเพาะเห็ด ในยิปซัมนั้นมีแคลเซียมและกำมะถันซึ่งเป็นธาตุอาหารเสริมที่สำคัญ ยิปซัมช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนและปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง การเพาะเห็ดในต่างประเทศจะใส่ยิปซัม 1.0-1.5 กิโลกรัมต่อปุ๋ยหมัก 100 กิโลกรัม (Gerrits, 1977) ส่วนในประเทศไทยในการเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทอง ใส่ยิปซัม 2.0-2.5 กิโลกรัมต่อวัสดุเพาะเห็ด 100 กิโลกรัม ยิปซัมเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด ช่วยให้ดอกเห็ดมีน้ำหนักและคุณภาพดี (Tesfaw *et al.*, 2015)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเทคนิคการเพาะเห็ดถั่งเช่าสีทองอย่างง่าย ทั้งการทำเชื้อเห็ดและการเตรียมวัสดุเพาะให้พร้อมก่อนทำการเพาะเห็ด การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีการต่าง ๆ และผลของวัสดุเพาะต่อผลผลิตของเห็ดนางรมฮังการี

อุปกรณ์และวิธีการ

ขั้นตอนการใส่เมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อแล้วลงในจานแก้ว ตลอดจนการใส่เชื้อบริสุทธิ์หรือชิ้นเนื้อเยื่อจากภายในก้านดอกเห็ดสดลงบนเมล็ดข้าวฟ่าง ทำทุกขั้นตอนโดยใช้เทคนิคปลอดเชื้อ (aseptic technique) ภายในห้องที่สะอาด ปิดสนิท ไม่มีลมพัดผ่าน และมีการฉีดพ่นรอบห้องด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ใช้ตู้เชื้อเชื้อ

การศึกษานี้ได้ดำเนินการทดสอบวิธีการเตรียมหัวเชื้อต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมฮังการีและวิธีการเตรียมวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดนางรมฮังการี

การทดลองที่ 1 การเตรียมหัวเชื้อต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมฮังการี

เตรียมเชื้อเห็ดบรืสุที่บนอาหารเลี้ยงเชื้อพีดีเอดัดแปลง (มันฝรั่ง 200 กรัมต่อลิตร น้ำตาลทรายแดง 20 กรัมต่อลิตร และผงวุ้น 15 กรัมต่อลิตร) ทำโดยการแช่เนื้อเยื่อจากภายในก้านดอกเห็ดนางรมฮังการีที่สมบูรณ์แข็งแรง ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ เก็บบ่มเชื้อที่มีดที่อุณหภูมิห้อง 20 วัน ใช้ที่เจาะ (cork borer) เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร ตัดปลายเส้นใยบริเวณขอบโคโลนีเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อเห็ดบรืสุที่ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบวิธีการในการเตรียมเชื้อเห็ดแบบดั้งเดิมเปรียบเทียบกับวิธีดัดแปลงรวม 4 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 จาน คือ กรรมวิธีแบบดั้งเดิม เชื้อบรืสุที่เพาะบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง กรรมวิธีที่ 2 เชื้อบรืสุที่เพาะบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 กรรมวิธีที่ 3 เชื้อเห็ดสดเพาะบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง กรรมวิธีที่ 4 เชื้อเห็ดสดเพาะบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2

อาหารเพาะเลี้ยงที่ฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง เตรียมโดยนำเมล็ดข้าวฟ่างปริมาตร 1 กิโลกรัม แช่น้ำ 1 คืน (ประมาณ 12 ชั่วโมง) จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง คัดเลือกเมล็ดที่ไม่มีคุณภาพทิ้ง (เมล็ดที่ลอยน้ำ) แล้วนำไปต้มจนเมล็ดปริเล็กน้อย แล้วนำเมล็ดมาผึ่งให้สะเด็ดน้ำ กรอกใส่ขวดแก้ว นำไปนึ่งฆ่าเชื้อด้วยหม้อนึ่งความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วเทลงในจานแก้ว เมื่อเมล็ดข้าวฟ่างเย็นแล้วจึงใส่เชื้อเห็ดขณะที่การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 เตรียมโดยนำเมล็ดข้าวฟ่าง 1 กิโลกรัม มาแช่น้ำ 1 คืน จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด 2-3 ครั้ง คัดเมล็ดที่ลอยน้ำทิ้งแล้วใส่ในหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เติมน้ำสะอาด H_2O_2 0.15 เปอร์เซ็นต์ ผสมกับน้ำส้มสายชู 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 15 มิลลิลิตรต่อลิตร และวิตามินบี 1 ปริมาตร 200 มิลลิลิตร/ลิตร) หุงเมล็ดข้าวฟ่างโดยใช้เวลาประมาณ 20 นาที เมื่อเมล็ดข้าวฟ่างสุกแล้วตักใส่จานแก้ว รอให้เย็นแล้วจึงใส่เชื้อเห็ด (ธัญญา, 2553) บ่มจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิห้องบันทึกระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเต็มผิวหน้าวัสดุเพาะ (วัน) ความหนาแน่นของเส้นใย และการปนเปื้อน (%)

การทดลองที่ 2 ผลของวิธีการเตรียมวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดนางรมฮังการี

ทำการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมด้วยการนึ่ง การต้ม การแช่น้ำ การแช่สารละลาย H_2O_2 และการแช่สารละลายยิปซัม ทำโดยนำฟางข้าวที่ใช้ในงานทดลองมาตัดเป็นชิ้นเล็กยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ล้างน้ำสะอาด 1 รอบ ก่อนใช้งาน ดังนี้ (1) การนึ่ง ทำการแช่ฟางข้าวในน้ำสะอาด 1 คืน แล้วนำไปนึ่งที่ 80-100 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นับจากเห็นไอน้ำ (2) การต้ม แช่ฟางข้าวในน้ำสะอาด 1 คืน แล้วต้มด้วยน้ำต้มเดือด 15 นาที (3) การแช่น้ำ แช่ฟางข้าวในน้ำ 1 คืน (4) การแช่สารละลาย H_2O_2 ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ 1 คืน (5) การแช่สารละลายยิปซัม แช่ฟางข้าวในน้ำผสมยิปซัมในอัตราส่วน 100 ลิตร ต่อยิปซัม 2.5 กิโลกรัม 1 คืน โดยทำการส่งตัวอย่างวิเคราะห์ที่บริษัท ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด และห้องปฏิบัติการโภชนาการศาสตร์สัตว์ ภาควิชาสัตวศาสตร์และสัตว์น้ำ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยเปรียบเทียบวิธีการเตรียมวัสดุเพาะเห็ด 5 วิธี 4 ซ้ำ ซ้ำละ 4 จาน ได้แก่ การนึ่ง การต้ม การแช่น้ำ การแช่สารละลาย H_2O_2 และการแช่สารละลายยิปซัม หลังจากผ่านการเตรียมแล้ว นำฟางข้าวมาผึ่งประมาณ 3-4 ชั่วโมง ให้พอหมาด แล้วนำไปอัดใส่ถุงพลาสติกใสขนาด 16x26 นิ้ว ใส่ฟางสลับกับเชื้อเห็ด 3 ชั้น แล้วปิดฟางทับด้านบน มัดปากถุงให้แน่น เจาะรูระบายอากาศ แล้วนำไปบ่มในที่มืด รักษาความชื้นภายในโรงเรือนให้สม่ำเสมอ เมื่อเชื้อเห็ดเจริญเต็มถุงทำการกรีดถุงเป็นรูปบานประตู ขนาด 1 นิ้ว รอบก้อนเห็ดประมาณ 4 จุด เพื่อให้ดอกเห็ดแทงออกมา เริ่มให้น้ำเมื่อเห็นปุ่มดอกชัดเจนเป็นฝอย 2 ครั้ง เช้า-เย็น ทำการเก็บผลผลิต 2 รอบ บันทึกระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเต็มถุง (วัน) ระยะเวลาที่เกิดปุ่มดอก (วัน) น้ำหนักดอกเห็ดสด (กรัมต่อถุง) ประสิทธิภาพการผลิต (biological efficiency, % B.E.) และเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อน (%)

$$\%B.E. = \frac{\text{น้ำหนักสดดอกเห็ด (กรัม)}}{\text{น้ำหนักแห้งก้อนเชื้อ (กรัม)}} \times 100$$

การทดลองที่ 1 และ 2 ทำวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) SPSS Statistics 17.0 และเปรียบเทียบ ค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan multiple range test (DMRT)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลของวิธีการเตรียมหัวเชื้อต่อการเจริญของเส้นใยเห็ดนางรมฮังการี

การเตรียมเชื้อเห็ดแบบดั้งเดิม (เชื้อบริสุทธิ์เหาะบน เมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง) และกรรมวิธีใช้เชื้อสด

เหาะบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง (กรรมวิธีที่ 3) ใช้ระยะเวลาที่เส้นใยเดินเต็มผิวหน้าวัสดุเหาะเส้นที่สุดอย่าง มีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ 10 วัน รองลงมาได้แก่กรรมวิธี ที่ 2 คือ 11 วัน ส่วนกรรมวิธีที่ 4 เส้นใยเห็ดใช้ระยะเวลา นานที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ คือ 13 วัน แต่เมื่อดู ความหนาแน่นของเส้นใยเมื่อเลี้ยงเชื้อเห็ด 14 วัน พบว่า วิธีการดั้งเดิม และดัดแปลงแบบที่ 2 มีลักษณะเส้นใย หนาแน่นน้อย ในขณะที่วิธีดัดแปลงแบบที่ 1 และแบบที่ 3 เส้นใยเจริญหนาแน่นมาก ตรวจไม่พบการปนเปื้อนจากเชื้อ แปลกปลอมในงานทดลองนี้ (Table 1)

Table 1 Growth of *Pleurotus ostreatus* mycelial cultured and percent contamination in different methods of mother spawn preparation

Method	Mycelial complete invasion (days)	Mycelial density for 14 days	Contamination (%)
Traditional method	10.00 c	+	0.00
Method 2	11.00 b	+++	0.00
Method 3	10.00 c	+	0.00
Method 4	13.00 a	+++	0.00
F-test	**		ns
CV (%)	3.71		0.00

Remarks: +++ Very good mycelial growth, ++ good mycelial growth, + poor mycelial growth
ns = non significant difference, ** = significant different at probability level 0.01

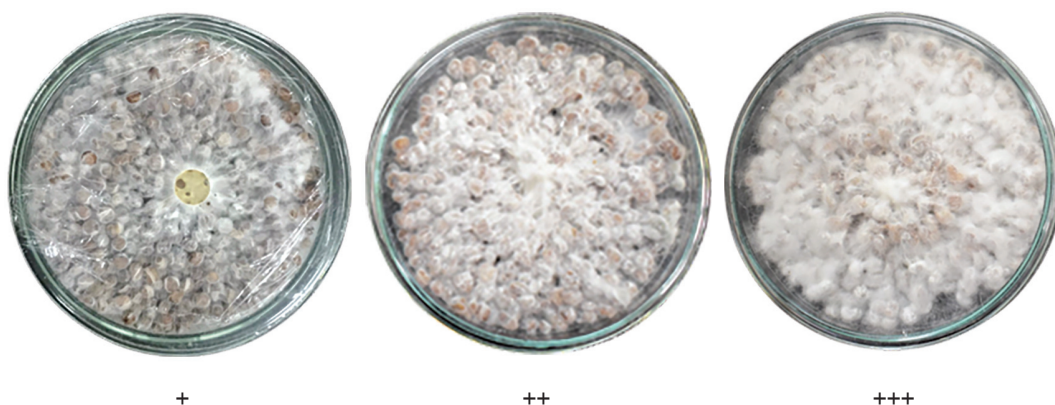


Figure 1 Density of mycelial grown on medium

ไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์เมื่อผสมกับน้ำส้มสายชู (acetic acid, CH_3COOH) จะได้เป็นกรดเพอร์ออกซีแอซิติก (peroxyacetic acid, CH_3COOOH) หรือกรดเพอร์อะซิติก (peracetic acid) มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดซ์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ มีการใช้อย่างแพร่หลายเพื่อลดการปนเปื้อนในอุตสาหกรรมอาหารต่าง ๆ เช่น การผลิตนม เนื้อ ผัก ผลไม้ และเครื่องดื่ม โดยสามารถทำลายสปอร์ของเชลล์ยีสต์ และแบคทีเรียได้ โดยไม่ทำให้เกิดกลิ่นและรสชาติของเครื่องดื่มเปลี่ยนไป (Alasri *et al.*, 1993) เนื่องจากเป็นสารฆ่าเชื้อจึงทำให้เชื้อเห็ดต้องใช้เวลานานในการปรับตัวเข้ากับอาหารเพาะเลี้ยง จึงใช้ระยะเวลานานกว่าการใช้อาหารที่นึ่งอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เมื่อปรับตัวได้แล้วจึงเจริญได้ดีเห็นได้จากการที่เชื้อเห็ดที่เพาะด้วยอาหารที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 มีความหนาแน่นของเส้นใยมากกว่าที่เพาะด้วยอาหารที่ฆ่าเชื้อด้วยการนึ่ง และอาจเป็นเพราะวิตามินบี 1 หรือไทอามีน (thiamine-HCl) ในอาหารที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ด สอดคล้องกับ Adenipekun and Gbolagade (2006) ที่พบว่า วิตามินบี 1 เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดนางรมสีขา (*Pleurotus florida*) มากที่สุด รองลงมาคือวิตามินบี 6 (pyridoxine) ส่วนวิตามินบี 12 (cobalamine) ส่งผลให้การเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดต่ำที่สุด Manjunathan and Kaviyarasan (2010) ที่ทำการทดลองเพาะกับเห็ด *Lentinus tuberregium* (Fr.) ในอาหารเหลว พบว่า วิตามินบี 1 ให้ผลดีต่อการเจริญเติบโตของเส้นใยเห็ดมากที่สุด รองลงมาได้แก่ วิตามินบี 7 และวิตามินอี (tocopherol)

เส้นใยเห็ดสามารถเจริญได้บนอาหารที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 และไม่เกิดการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรีย

สอดคล้องกับงานทดลองของ Wayne (2001) ที่รายงานว่า ระดับความเข้มข้นของ H_2O_2 ที่เหมาะสมสามารถหยุดการงอกของสปอร์ของเชื้อราและเชื้อแบคทีเรีย แต่เส้นใยเห็ดสามารถเจริญได้ จากการทดลองเมื่อเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการผลิตเชื้อเห็ดโดยรวมจะเห็นได้ว่า การเพาะเชื้อเห็ดสดบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 เป็นวิธีการที่ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีอื่น เนื่องจากเมื่อรวมระยะเวลาในขั้นตอนการผลิตเชื้อบริสุทธิ์ซึ่งต้องเตรียมอาหารเพาะเชื้อบริสุทธิ์ฟิตโต เชื้อ และต้องบ่มเชื้อให้เส้นใยเห็ดเจริญเต็มอาหารก่อนนำมาใช้งานได้ ใช้เวลาประมาณ 15-20 วัน ดังนั้นจึงเลือกวิธีการเพาะเชื้อเห็ดสดบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วย H_2O_2 เป็นวิธีการเตรียมเชื้อเห็ดสำหรับใช้ในงานทดลองที่ 3

การทดลองที่ 2 ผลของวิธีการเตรียมวัสดุเพาะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของเห็ดนางรมฮังการี

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวก่อนนำไปเพาะเห็ดแสดงใน Table 2 การต้มส่งผลให้ฟางข้าวมีปริมาณเถ้า พลังงาน คาร์โบไฮเดรต เยื่อใย ไขมัน เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ต่ำกว่าฟางข้าวที่ผ่านวิธีการเตรียมฟางข้าวแบบอื่น ๆ ซึ่งคาดว่าเกิดจากการสูญเสียสารอาหารระหว่างการต้ม น้ำที่ใช้ต้มฟางมีน้ำตาลออกตาซึ่งอาจมีสารอาหารที่ละลายในน้ำจำนวนมาก Mejía and Albertó (2013) ได้ทำการวิเคราะห์น้ำทิ้งจากการต้มวัสดุเพาะ พบว่าในน้ำทิ้งมีน้ำตาลกลูโคส โปรตีน และธาตุอาหารหลายตัว นอกจากนี้ Houdeau *et al.* (1991) รายงานว่า การสูญเสียสารอาหารจากการต้มขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุเพาะ วัสดุมีอายุการเก็บรักษาไว้นานจะมีสูญเสียสารอาหารตอนต้มมากกว่าสดใหม่

Table 2 Nutrition content of rice straw after pretreatments with different methods

Test item	Steaming	Boiling	soaking in water	soaking in H ₂ O ₂	soaking in gypsum
1 Ash (g/100g)	3.76	3.02	4.76	4.53	7.73
2 Calories (kcal/100g)	98.03	74.80	117.81	123.18	85.61
3 Carbohydrate (g/100g)	21.30	16.17	25.54	27.37	19.45
4 Crude fiber (g/100g)	8.33	6.69	9.54	10.73	7.00
5 Fat (g/100g)	0.47	0.32	0.65	0.62	0.33
6 Moisture (g/100g)	72.32	78.68	66.60	65.45	71.28
7 Protein (g/100g)	2.15	1.81	2.45	2.03	1.21
8 Total nitrogen (g/100g)	0.34	0.29	0.39	0.32	0.19
9 C/N	40:1	40:1	41:1	53:1	59:1
10 Total organic carbon (%)	13.79	11.67	16.04	16.91	11.14
11 Cellulose (%)	16.59	12.40	17.70	13.13	14.33
12 Hemicellulose (%)	10.08	8.32	13.15	10.04	12.11
13 Lignin (%)	2.50	1.92	3.08	2.93	3.92

Remarks: 1-10 were reported by Central Laboratory (Thailand) Co. Ltd.

11-13 were reported by Faculty of Agriculture, Chiang Mai University

เมื่อนำฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธีต่างกัน มาเพาะเชื้อเห็ดนางรมฮังการี พบว่า ฟางข้าวที่ผ่านการนึ่ง การต้ม การแช่น้ำ การแช่ H₂O₂ และการแช่ยิปซัม ใช้ระยะเวลาที่เส้นใยเห็ดเจริญเต็มถุงไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือ 9 วัน ในขณะที่ระยะเวลาที่เกิดตุ่มดอกนับจากวันที่ใส่เชื้อเห็ด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การนึ่ง การแช่น้ำ การแช่ H₂O₂ และการแช่ยิปซัม ใช้ระยะเวลาในการเกิดตุ่มดอก 12.25 วัน 13.50 วัน 12.25 วัน และ 11.25 วัน ตามลำดับ ซึ่งใช้ระยะเวลาที่เกิดตุ่มดอกเห็ดสั้นกว่าการเพาะเห็ดด้วยฟางข้าวที่ผ่านการต้มที่ใช้เวลา 17.00 วัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังแสดงใน Table 3

การเพาะเห็ดด้วยฟางข้าวที่ผ่านการต้มให้น้ำหนักดอกเห็ดสด 385.00 กรัมต่อถุง ซึ่งน้อยกว่าการเพาะด้วยฟางข้าวที่เตรียมด้วยวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเชื้อเห็ดเมื่อเพาะด้วยฟางข้าวที่ผ่านการนึ่ง การแช่น้ำ การแช่ H₂O₂ และการแช่ยิปซัม ให้ผลผลิตน้ำหนักดอกเห็ดสด

571.25 กรัมต่อถุง 551.25 กรัมต่อถุง 588.75 กรัมต่อถุง และ 581.25 กรัมต่อถุง ตามลำดับ ประสิทธิภาพการผลิตเห็ดนั้นให้ผลแนวเดียวกับน้ำหนักดอกเห็ดสด (Table 3)

การเพาะเห็ดด้วยฟางที่ผ่านการนึ่งไม่ตรวจพบการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรีย เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างจากการเพาะด้วยฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมด้วยการต้ม (12.50 เปอร์เซ็นต์) การแช่ H₂O₂ (6.25 เปอร์เซ็นต์) และการแช่ยิปซัม (6.25 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่การเพาะเห็ดด้วยฟางที่แช่น้ำเปล่าข้ามคืนมีการปนเปื้อนสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ 31.25 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังมีการงอกของเมล็ดข้าวที่ติดมากับฟางข้าวในกลุ่มทดลองที่ไม่ได้ทำการเตรียมด้วยการใช้ความร้อน (การนึ่งและการต้ม) แต่อย่างไรก็ตาม เส้นใยเห็ดสามารถเดินเส้นใยครอบคลุมวัสดุเพาะและวัชพืชได้หมด ทำให้เห็ดสามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติ

Table 3 Effect of different substrate pre-treatments on spawn running time, pinheads formation, the average number of fruiting bodies, biological efficiency and contamination of *Pleurotus ostreatus*

Pretreatments Method	Day for completion of spawn running	Days for pinhead formation	Fresh yield (g.)	B.E. (%)	Contamination (%)
Steaming	9	12.25 b	571.25 a	57.13 a	0.00 b
Boiling	9	17.00 a	385.00 b	38.50 b	12.50 b
soaking in water	9	13.50 b	551.25 a	55.13 a	31.25 a
soaking in H ₂ O ₂	9	12.25 b	588.75 a	58.88 a	6.25 b
soaking in gypsum	9	11.25 b	581.25 a	58.13 a	6.25 b
F-test	ns	*	*	*	*
CV (%)	0.00	15.98	16.14	16.14	103.44

Remarks: ns = non significant difference, * = significant different at probability level 0.05

การเตรียมฟางข้าวก่อนนำมาเพาะเห็ดมีผลต่อการออกดอก ผลผลิต และการปนเปื้อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่มีผลต่อระยะเวลาที่เส้นใยเจริญเต็มถุงเพาะ ซึ่งอาจเป็นเพราะเชื้อเห็ดมีความแข็งแรงใช้อาหารจากเมล็ดข้าวฟ่างเลี้ยงอย่างตัวเองอย่างพอเพียงที่จะทำให้เส้นใยเจริญได้อย่างรวดเร็วในระยะ 9 วันแรกหลังจากใส่เชื้อเห็ด แต่หลังจากนั้นเมื่ออาหารในเมล็ดข้าวฟ่างหมดจึงต้องใช้อาหารจากฟางข้าวในการเจริญเติบโตเพื่อพัฒนาให้เกิดตุ่มดอก ฟางข้าวที่ผ่านการเตรียมที่ต่างกันมีคุณค่าทางโภชนาการต่างกัน (Table 2) จึงส่งผลต่อระยะเวลาที่เกิดตุ่มดอกของเห็ด น้ำหนักดอกเห็ดสด และประสิทธิภาพการผลิตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับ Mejia and Albertó (2013) ที่รายงานว่า การเพาะเห็ดนางรมด้วยฟางข้าวสาเลที่เตรียมด้วยการต้มส่งผลให้ผลผลิตลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการเพาะด้วยฟางข้าวสาเลที่ผ่านการนึ่ง การแช่ carbendazim และฟางที่แช่น้ำธรรมดา

ปัญหาเกี่ยวกับการปนเปื้อนสามารถหลีกเลี่ยงได้โดยทำการเตรียมวัสดุเพาะฟางข้าวด้วยวิธีการนึ่ง การต้ม การแช่ H₂O₂ หรือการแช่ยีสต์ การแช่น้ำข้ามคืนก่อนนำฟางมาใช้เพาะเห็ดมีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียได้สูง การปนเปื้อนส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา ซึ่งเป็นศัตรูเห็ดที่พบเจอบ่อยในการเพาะเห็ดถุง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) การเตรียมฟางโดยใช้ความร้อนสามารถ

ฆ่าแมลงศัตรูเห็ด ลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์และวัชพืชให้น้อยลง แต่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิง และด้านแรงงาน ก่อให้เกิดมลพิษหมอกควัน อีกทั้งยังอาจเกิดอุบัติเหตุจากความร้อน ส่วนการฆ่าเชื้อด้วยสารเคมี คือ การแช่ H₂O₂ ช่วยลดการปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียในการเพาะเห็ดได้ และทำได้สะดวก แต่ต้องระวังในคนที่ผิวบอบบางอาจเกิดอาการแพ้ได้ อีกทั้ง H₂O₂ ที่นำมาใช้มีความเข้มข้นสูง (50 เปอร์เซ็นต์) ที่จะนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ที่เหมาะสมสำหรับแช่ฟาง มีขายตามร้านขายอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสารเคมี (ถัง 30 กิโลกรัม ราคา 850 บาท) ในพื้นที่ทางไกลอาจหาซื้อได้ลำบาก ส่วนยีสต์นั้นให้ธาตุอาหารรอง คือ แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน (Tesfaw et al., 2015) ทำให้เส้นใยเห็ดเจริญเติบโตได้เร็ว แข็งแรง สามารถควบคุมพื้นที่ผิววัสดุเพาะได้เร็วกว่าเชื้ออื่น อีกทั้งหาซื้อได้สะดวกตามร้านวัสดุอุปกรณ์หรือร้านจำหน่ายวัสดุการเกษตร ปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากกระบวนการผลิตเห็ด เหมาะสำหรับการใช้ในการเรียนการสอนสำหรับครูเกษตร

สรุปผลการวิจัย

การผลิตเชื้อเห็ดนางรมด้วยการเตรียมฟางเห็ดสดบนเมล็ดข้าวฟ่างที่ฆ่าเชื้อด้วย H₂O₂ เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย และรวดเร็วกว่าวิธีการแบบดั้งเดิมเมื่อพิจารณาระยะเวลา

ที่ไม่ต้องรวมขั้นตอนการเตรียมเชื้อบริสุทธิ์ ส่วนฟางข้าวที่จะใช้เป็นวัสดุเพาะเห็ดนั้นต้องผ่านการเตรียมให้พร้อมก่อนนำมาใช้งาน การต้มฟางข้าวส่งผลให้ใช้เวลาในการออกดอก และผลผลิตของเห็ดต่ำกว่าวิธีอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของฟางข้าวที่หลายรายการมีปริมาณน้อยกว่าวิธีการเตรียมฟางแบบอื่น ๆ การเตรียมฟางด้วยวิธีการนี้ การแช่ H_2O_2 และการแช่ยิปซัม ส่งผลต่อการเกิดดอกเห็ด น้ำหนักดอกเห็ดสด ประสิทธิภาพการผลิต และมีเปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อแบคทีเรียต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการต้มซึ่งใช้ระยะเวลาการเกิดดอกเห็ดนานกว่า มีน้ำหนักดอกเห็ดสดและประสิทธิภาพการผลิตต่ำกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ และไม่ควรแช่ฟางข้าวในน้ำธรรมดา เพราะส่งผลให้เกิดการปนเปื้อนสูง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัย คณะเทคโนโลยีการเกษตร และศูนย์ความเป็นเลิศด้านกัญชาและเกษตรอินทรีย์นานาชาติที่อำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์และสถานที่ขอขอบคุณ นางสาวณิชา สายเชื่อนสี นักศึกษาช่วยงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. การเพาะเห็ดเบื้องต้น. ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.
ธัญญา ทะพิงค์แก. 2553. การผลิตเชื้อเห็ดนางรมแบบง่าย. รายงานประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่ 11, มหาวิทยาลัยขอนแก่น 25-26 มกราคม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. น. 361-364.
ธัญญา ทะพิงค์แก. 2561. การเพาะเห็ดถังเช่าเป็นยา. มิตรเกษตรการตลาดและโฆษณา, กรุงเทพฯ.
พรวิภา โสภณพัฒนโชค สมนาย สุขกุล และประภาพร ตั้งกิจโชติ. 2556. ประสิทธิภาพของเชื้อปฏิปักษ์เห็ดนางรมฮังการี (*Pleurotus ostreatus*) ที่เลี้ยงในสภาพกึ่งปลอดเชื้อต่อการควบคุมไส้เดือนฝอยรากปม (*Meloidogyne incognita*) ของมะเขือเทศ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 2(2): 64-72.
Adenipekun, C.O. and J.S. Gbolagade. 2006. Nutritional requirements of *Pleurotus florida*

(Mont.) Singer, a Nigerian mushroom. Pakistan Journal of Nutrition 5(6): 597-600.
Alasri, A., M. Valverde, C. Roques, G. Michale, C. Cabassud and P. Aptel. 1993. Sporocidal properties of peracetic acid and hydrogen peroxide, alone and in combination with chlorine and formaldehyde for ultrafiltration membrane disinfection. Canadian Journal of Microbiology 39: 52-60.
Ficior, D., D. Indrea, A.S. Apahidean, M. Apahidean, R. Pop, Z. Moldovan, D. Maniutiu, R. Ganea and I. Paven. 2006. Importance of substrate disinfection on oyster mushroom (*Pleurotus* sp.) culture. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj Napoca 34: 48-53.
Gerrits, J.P.G. 1977. The significance of gypsum applied to mushroom compost, in particular in relation to the ammonia content. Neth. Thai Journal of Agricultural Science 25: 288-302.
Houdeau, G., J.M. Olivier, S. Libmond and H. Bawadikji. 1991. Improvement of *Pleurotus* cultivation. Mushrooms Science 13: 549-554.
Manjunathan, J. and V. Kaviyaran. 2010. Studies on the growth requirements of *Lentinus tuberregium* (Fr.), an edible mushroom. Middle-East. Journal of Scientific Research in Science 5(2): 81-85.
Mejía, S.J. and E. Albertó. 2013. Heat treatment of wheat straw by immersion in hot water decreases mushroom yield in *Pleurotus ostreatus*. Revista Iberoamericana de Micología 30(2): 125-129.
Saritha, B. and M. Pandey. 2010. Evaluation of alternate substrate pasteurization techniques for culinary-medicinal white oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus* var. florida (Agaricomycetidae) cultivation. International Journal of Medicinal Mushrooms 12(3): 309-316.

- Tesfaw, A., A. Tadess and G. Kiros. 2015. Optimum of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivation using locally available substrates and material in Debre Berhan, Ethiopia. Journal of Applied Biology and Biotechnology 3(1): 15-20.
- Wayne, R.R. 2001. Growing mushrooms the easy way home mushroom cultivation with hydrogen peroxide volume I. Available: <http://jontrot.free.fr/champignons/culture-eau-oxygenee-Vols1-2new.pdf> (May 20, 2010).

การพัฒนาตำรับเครื่องดื่มจากพืชที่มีกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็นจาก ถั่ว งา และดาวอินคา

Formulating the Optimization of Plant-Based Drink with Essential Amino Acid and Fatty Acid from beans added with Sesames and Sacha inchi

กุลชญา สิวหงวน^{1*} จิราพัทธ์ แก้วศรีทอง¹ อุทัยวรรณ ฉัตรธง² และ เกตุการ ดาจันทา²

Kunchaya Siwnguan^{1*} Jiraphat Kaewsritong¹ Utaiwan Chatthong² and Katekan Dajanta²

¹ หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

¹ Doctor of Philosophy, Department of Home Economics, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

² Department of Food Science and Technology, Faculty of Food and Agricultural Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Phitsanulok 65000

* Corresponding author: Kunchaya@psru.ac.th

(Received: 7 December 2022; Revised: 24 January 2023; Accepted: 2 February 2023)

Abstract

This research aimed to investigate the suitable formula for a plant-based drink with essential amino acid and fatty acid from beans added with sesames and sacha inchi by using the mixture design method. Three factors of this studying were soybeans (50-60%) black beans (5-15%) and kidney beans (2-12%). 10% of white sesame, 10% of black sesame and 10% of sacha inchi were used as a fixed factor. Adjusted the flavor of plant-based drink by adding sweeteners which were not more than 5% of all components and 600 ml water in all formulas. The suitable formula was selected by texture, flavor and overall impression of the sensory evaluation, the protein contents, and the viscosity values, then analyzed the multiplied regression relationship model between the factors and simulated contour plot. Results obtained showed that the suitable formula was formula no. 8. The components ratio of plant-based drink as follows; soybeans : black beans : kidney beans : white sesame : black sesame : sacha inchi (59.7 : 8.3 : 2.0 : 10 : 10 : 10). The sensory evaluation in term of texture, flavor and overall impression, the score showed 8.00, 7.80 and 8.07 respectively. Protein content (dry weight) was found 35.36 g. The Viscosity value was 1,659 m. Pa.s. The result of the amount of amino analysis showed 8 types of essential amino acids which were Isoleucine, Leucine, Lysine, Phenylalanine, Tryptophan,

Threonine, Valine, and Histidine. Omegas 3, 6 and 9 were found 26.01 mg, 446.5 mg, and 1,271.65 mg respectively and the antioxidant property observed were 9.94 μ g.

Keywords: Beans, sesame, Sacha inchi, essential amino acid, fatty acid

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาดำรับที่เหมาะสมในการผลิตเครื่องดื่มจากถั่ว งา และดาวอินคา ที่มีกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็น ใช้แผนการทดลองแบบผสม (mixture design) ปัจจัยที่ต้องการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ถั่วเหลือง (ร้อยละ 50-60) ถั่วดำ (ร้อยละ 5-15) และถั่วแดง (ร้อยละ 2-12) กำหนดปริมาณงาขาว งาดำ และดาวอินคา อย่างละร้อยละ 10 ปรับรสชาติโดยเติมสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ไม่เกินร้อยละ 5 ปรับน้ำเป็น 600 มิลลิลิตร ได้ทั้งหมด 10 สูตร พิจารณาดำรับที่เหมาะสมจากคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส รสชาติ ด้านความชอบโดยรวม ปริมาณโปรตีนและค่าความหนืด จากนั้นวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษา และจำลองแผนภาพคอนทัวร์ (contour plot) ผลการทดลองพบว่า ดำรับที่เหมาะสมคือ สูตรที่ 8 มีอัตราส่วนผสมของเครื่องดื่มจากพืชคือ ถั่วเหลือง : ถั่วดำ : ถั่วแดง : งาขาว : งาดำ : ดาวอินคา (59.7 : 8.3 : 2.0 : 10 : 10 : 10) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านเนื้อสัมผัส ด้านรสชาติและความชอบโดยรวมได้คะแนน 8.00, 7.80 และ 8.07 คะแนน ตามลำดับ มีปริมาณโปรตีน (น้ำหนักแห้ง) เท่ากับ 35.36 กรัม มีค่าความหนืด เท่ากับ 1659 มิลลิลิตาสกาลวินาที พบกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย 8 ชนิดคือ ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) โลซีน (lysine) ฟีนิลอลานีน (phenylalanine) ทริปโตเฟน (tryptophan) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) และ ฮิสทีดิน (histidine) มีปริมาณโอเมก้า 3, 6 และ 9 เท่ากับ 26.01, 446.5 และ 1,271.65 มิลลิกรัม ตามลำดับ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 9.94 ไมโครกรัม

คำสำคัญ: ถั่ว งา ดาวอินคา กรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมัน

คำนำ

พืชตระกูลถั่ว (Leguminosae) ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว และถั่วลิสง เป็นแหล่งอาหารที่มีทั้งโปรตีน วิตามิน และแร่ธาตุต่าง ๆ โดยเฉพาะมีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อความต้องการของร่างกาย ซึ่งกรดอะมิโนจำเป็นคือ กรดอะมิโนที่ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์เองได้ต้องได้รับจากบริโภคอาหารเท่านั้น โดยเฉพาะถั่วเหลืองที่มีกรดอะมิโนจำเป็นเทียบเท่าเนื้อสัตว์ (กองโภชนาการ, 2533; Hughes *et al.*, 2011) อีกทั้งพืชตระกูลถั่วเป็นพืชที่ปลูกง่ายในประเทศไทย สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่ให้โปรตีนจากพืช (plant-based protein) ได้อย่างหลากหลาย และพืชอีกชนิดที่มีปริมาณกรดอะมิโนสูงคือ งาขาวและงาดำ (Nweke *et al.*, 2011) การเสริมเมล็ดงาในผลิตภัณฑ์จึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยให้ผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนจากพืชมีกรดอะมิโนจำเป็นเพิ่มขึ้น และนอกจากกรดอะมิโนที่มีความจำเป็นต่อร่างกายแล้ว กรดไขมันมีความจำเป็นต่อร่างกายเช่นกัน ซึ่งพืชที่มีกรดไขมันสูงคือ ดาวอินคา เป็นพืชเถาเลื้อยที่ผลมีรูปร่างคล้ายดาว เมล็ดในมีรูปร่างคล้ายถั่วอุดมไปด้วยกรดไขมันโอเมก้า 3, 6 และ 9 (Vicente *et al.*, 2015) โดยทั่วไปแล้วแหล่งอาหารที่พบกรดไขมันโอเมก้า

3, 6 และ 9 จะพบในอาหารประเภทปลาทะเล ดาวอินคาสามารถเจริญเติบโตได้ดีโดยไม่ต้องใช้ปุ๋ยเคมี มีการส่งเสริมการปลูกดาวอินคาในหลายพื้นที่ในประเทศไทย (ขวัญฤดีและพินิจ, 2558) และประโยชน์ของโปรตีนจากพืชที่ทำให้ผู้บริโภคให้ความสนใจคือ มีคอเลสเตอรอลและไขมันอิ่มตัวต่ำกว่าผลิตภัณฑ์จากสัตว์ (Varela-Ortega *et al.*, 2021) ทำให้ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์อาหารโปรตีนจากพืชกำลังเป็นที่นิยม เช่น เนื้อสัตว์จากพืช (plant-based meats) และเครื่องดื่มจากพืช (plant-based drink/beverage) โดยจากรายงานของศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหารสถาบันอาหาร ในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ตลาดนมจากพืชมีมูลค่าประมาณ 23,633.9 ล้านบาท ขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.8 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2563 (Food intelligence center, 2021) และในรายงานการวิจัยทางการตลาดของ Meticulous Research คาดว่าจะมีอัตราการเติบโตรายปีแบบผสม (CAGR) ร้อยละ 11.9 จากปี พ.ศ. 2565 ถึงปี พ.ศ. 2572 ซึ่งจะมีมูลค่าถึง 42.86 พันล้านดอลลาร์สหรัฐ ภายในปี พ.ศ. 2572 (Meticulous Market Research, 2022) จากความต้องการรับประทานอาหารโปรตีนที่ผลิตจากพืชสูงขึ้น ส่งผลให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จากพืช

มากขึ้น รวมถึงเครื่องต้มจากพืชที่กำลังเข้ามาจับตลาด (Patra *et al.*, 2021) สำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องต้มจากพืชที่มีจำหน่ายในประเทศไทย ได้แก่ นมถั่วเหลืองหรือน้ำเต้าหู้ ซึ่งเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและได้รับความนิยมสูงมาเป็นเวลานาน น้ำอัลมอนต์ น้ำข้าวโพด น้ำข้าวโอ๊ต น้ำถั่วพิทาชิโอ เป็นต้น และลักษณะที่ดีของเครื่องต้มจากพืชต้องมีสีและกลิ่นตามธรรมชาติของส่วนประกอบพืชที่เลือกใช้ ไม่ควรใช้สีสังเคราะห์ทุกชนิด และไม่ควรมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน, 2558) แต่ผลิตภัณฑ์เครื่องต้มจากพืชที่กล่าวมานั้นยังมีข้อจำกัดบางประการสำหรับผู้บริโภค เช่น ผู้บริโภคมีตัวเลือกในการเลือกเครื่องต้มจากพืชไม่มาก นมถั่วเหลืองมีกลิ่นถั่วค่อนข้างแรง น้ำอัลมอนต์มีราคาสูง และน้ำข้าวโพดมีปริมาณน้ำตาลสูงและมีปริมาณโปรตีนต่ำ เป็นต้น (ธฤตา, 2561; Vanga and Raghavan, 2018) อีกทั้งระบบอาหาร (food system) จากเนื้อสัตว์ (animal-based) เช่น การแปรรูป การกำจัดของเสียจากอาหาร และการทำฟาร์มปศุสัตว์ ล้วนมีส่วนในการทำให้เกิดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gas emissions) (Tubiello *et al.*, 2021) ในปัจจุบันทั้งสิ้น

จากที่กล่าวมาในข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาตำรับเครื่องต้มที่มีกรดอะมิโนจำเป็นและกรดไขมัน โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ง่ายคือ การผลิตเครื่องต้มจากถั่ว งา และดาวอินคา ที่มีกรดอะมิโนและกรดไขมันจำเป็น ที่ผลิตได้ภายในประเทศ ราคาไม่สูง ลดการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่แพ้นมวัว ผู้บริโภควีแกน (vegan) และผู้บริโภคมังสวิรัต (vegetarian) เป็นทางเลือกใหม่ในการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพที่มีคุณค่าทางโภชนาการ สามารถตอบโจทย์สำหรับผู้บริโภคสุขภาพ ช่วยลดสภาวะเรือนกระจก ตลอดจนช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตผลทางการเกษตร อีกทั้งเป็นตำรับที่ทำได้ง่ายในครัวเรือนสามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชนในอนาคตได้

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมวัตถุดิบ

คัดเลือกชนิดของถั่ว งา และดาวอินคา พิจารณาคัดเลือกจากปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกาย น้ำถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วแดง งาขาว และงาดำ (ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่ลิมส์คักดากุล ตำบลหนองป่าครั่ง อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่) มาล้างด้วยน้ำสะอาด 3 ครั้ง กรองด้วยกระชอนให้สะอาด น้ำ จากนั้นแช่เมล็ดถั่วและงาในน้ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เทน้ำออกแล้วล้างในน้ำสะอาด เตรียมดาวอินคา (วิสาหกิจชุมชนไทยอินคาท่าตาล ตำบลท่าตาล อำเภอบางกระพูน จังหวัดพิษณุโลก) โดยต้มในน้ำเดือดเป็นระยะเวลา 15 นาที เพื่อลดความฝืด

การพัฒนาตำรับที่เหมาะสมในการผลิตของน้ำถั่ว งา และดาวอินคา

ศึกษาอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมในการผลิตน้ำถั่วและงาโดยใช้แผนการทดลองแบบผสม (mixture design) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ โปรแกรม Design-Expert trial version ปัจจัยที่ต้องการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ ถั่วเหลือง (X_1) ระดับ ร้อยละ 50-60 ถั่วดำ (X_2) ระดับ ร้อยละ 5-15 และถั่วแดง (X_3) ระดับร้อยละ 2-12 โดยกำหนดปริมาณงาขาว ร้อยละ 10 งาดำ ร้อยละ 10 และดาวอินคา ร้อยละ 10 มีปริมาณคงที่ในทุกสูตร ปรับรสชาติโดยเติมสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ไม่เกินร้อยละ 5 ในปริมาณคงที่ทุกสูตร และปรับน้ำเป็น 600 มิลลิลิตร ได้ทั้งหมด 10 สูตร (Table 1) จากนั้นนำมาทำการทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางด้านเคมีและกายภาพ เพื่อใช้ในการคัดเลือกตำรับที่เหมาะสมของน้ำถั่ว งา และดาวอินคา ในขั้นตอนต่อไป

Table 1 Formulations of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

Formulations	Soybeans	Black beans	Kidney beans	White sesame	Black sesame	Sacha Inchi
1	58.0	5.0	7.0	10	10	10
2	50.0	12.7	7.3	10	10	10
3	54.4	6.9	8.7	10	10	10
4	56.4	11.6	2.0	10	10	10
5	53.0	15.0	2.0	10	10	10
6	51.6	6.4	12.0	10	10	10
7	54.7	9.8	5.6	10	10	10
8	59.7	8.3	2.0	10	10	10
9	50.0	12.7	7.3	10	10	10
10	54.7	9.8	5.6	10	10	10

กรรมวิธีการผลิต

การเตรียมตัวอย่างน้ำถั่ว งา และดาวอินคา มีกระบวนการผลิต โดยดัดแปลงกรรมวิธีการผลิตจาก มนตรา และคณะ (2561) และนุชนันดร และคณะ (2561) (Figure 1)

Blend all component at high speed for 3 minutes until they become smooth mixture



Strain the residuals from beverage



Boil over medium heat until the temperature 80°C



Simmer for around 15 minutes, stirring frequently



Set aside for 10 minutes

Figure 1 Process of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

การทดสอบทางประสาทสัมผัสและวิเคราะห์คุณภาพของ น้ำถั่ว งา และดาวอินคา

น้ำถั่ว งา และดาวอินคา ทั้ง 10 สูตร นำมาวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส ทางเคมีและทางกายภาพ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร โดยการใช้แบบประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะปรากฏ (appearance) สี (color) กลิ่น (odor) รสชาติ (flavor) เนื้อสัมผัส (texture) และความชอบโดยรวม (overall impression) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝน จำนวน 30 คน สถานที่ทดสอบเป็นแบบ Central Location Test (CLT) ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ ด้วยแบบทดสอบความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale Test) (9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และ 1 หมายถึง ชอบน้อยที่สุด) (ไพโรจน์, 2561) โดยทำการวางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized completely block design) (งานวิจัยได้ขอรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โครงการวิจัยรหัส PSRU-EC2021/40)

2. วิเคราะห์คุณภาพทางเคมีคือ วิเคราะห์ปริมาณพลังงาน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย และเถ้า วิเคราะห์ตามวิธีการ AOAC (2016)

3. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพคือ ค่าความหนืด ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดของของเหลว Brookfield viscometer รุ่น LVDV2T

การวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับที่ดีที่สุด

การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของน้ำถั่วและงา โดยนำสูตรที่ผ่านการคัดเลือกมาวิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับที่ดีที่สุด คือ ปริมาณกรดอะมิโนด้วยเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของกรดไขมัน ด้วยวิธี AOAC (2012) และวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH assay ดัดแปลงวิธีการจาก Zaeoung *et al.* (2005)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำค่าคุณภาพที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Rang Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ศึกษา และจำลองแผนภาพคอนทัวร์ (contour plot) เพื่อหาตำรับที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม Design-Expert trial version

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา

จากการคัดเลือกชนิดของถั่วและงา พิจารณาเลือกจากปริมาณโปรตีนและกรดอะมิโนจำเป็นต่อร่างกาย มีปริมาณโปรตีนเกิน 20 กรัม ในถั่ว 100 กรัม (กองโภชนาการ, 2533) และดาวอินคาที่มีปริมาณกรดไขมันสูงกว่าถั่วและพืชชนิดอื่น (Hanssen and Schmitz-Hubsch, 2011; Maurer *et al.*, 2012; Yanti *et al.*, 2022) โดยทำการวางแผนการทดลองแบบ mixture design ได้ทั้งหมด 10 สูตร ตำรับน้ำถั่ว งา และดาวอินคา มีอัตราส่วนของส่วนผสมของพืช 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วแดง งาขาว งาดำ และดาวอินคา โดยถั่วเหลืองเป็นส่วนประกอบหลักในการพัฒนาเนื่องจากเป็นพืชที่มีโปรตีนสูงเทียบเท่ากับเนื้อสัตว์ (กองโภชนาการ, 2533; Hughes *et al.*, 2011) และงาขาว งาดำ และดาวอินคา กำหนดในปริมาณที่เท่ากันในทุกสูตร มีลักษณะปรากฏ (Figure 2) โดยผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร มีลักษณะขุ่นและมีสีเทาออกม่วงเล็กน้อยเหมือนกันทุกสูตร เนื่องจากมีส่วนผสมของน้ำถั่วเหลือง งาขาว ดาวอินคา ซึ่งมีสีขาว และน้ำถั่วดำ ถั่วแดง และงาดำ ซึ่งมีสีดำแดง ในส่วนของสีดำแดงได้จากรสแอนโทไซยานิน เป็นสารสีที่สามารถละลายได้ในน้ำจะออกมาระหว่างการแช่ถั่วและในขั้นตอนการให้ความร้อน (Cichy *et al.*, 2014) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu and Chang (2009) ที่ศึกษาปริมาณแอนโทไซยานินและคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระของถั่วดำที่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการให้ความร้อนพบว่า เมื่อทำการต้ม และนึ่งเมล็ดถั่วดำ ทำให้ปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดถั่วดำลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดถั่วดำดิบ และเมื่อพักน้ำถั่ว งา และดาวอินคาไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า ทั้ง 10 สูตรไม่มีการตกตะกอน

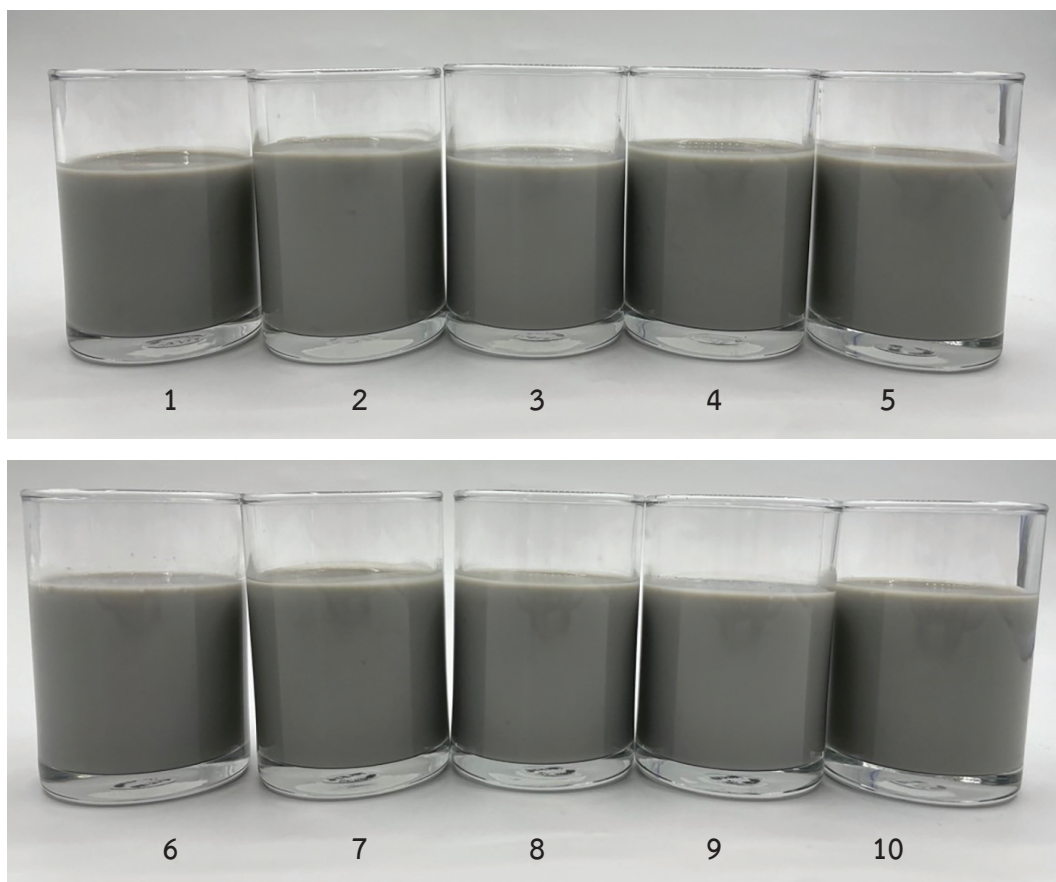


Figure 2 Ten formulas of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

คะแนนความชอบและคุณภาพของน้ำถั่ว งา และดาวอินคา

การทดสอบความชอบของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร (Table 2) พบว่า ในด้านลักษณะปรากฏและสีทั้ง 10 สูตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ โดยที่ด้านลักษณะปรากฏสูตรที่ 10 ได้คะแนนความชอบสูงสุด 7.73 คะแนน และด้านสีสูตรที่ 4 ได้คะแนนความชอบสูงสุด 7.67 คะแนน ซึ่งในด้านสีของผลิตภัณฑ์จะเป็นลักษณะแรกที่จะทำให้ผู้บริโภคสนใจในผลิตภัณฑ์ (ไพโรจน์, 2561) ในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยในด้านกลิ่นสูตรที่ 2

ได้คะแนนความชอบสูงสุด 7.80 คะแนน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 1, 8 และ 9 ได้คะแนนความชอบ 7.53, 7.40 และ 7.53 คะแนน ตามลำดับ ในด้านรสชาติสูตรที่ 10 ได้คะแนนความชอบสูงสุด 8.07 คะแนน แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับสูตรที่ 7 และ 8 โดยทั้ง 2 สูตรได้คะแนนความชอบ 8.00 คะแนน ในด้านเนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูตรที่ 8 ได้คะแนนความชอบสูงสุดที่ 7.80 และ 8.07 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งในลักษณะเนื้อสัมผัสของสูตรจะมีความหนืดไม่มากทำให้ดื่มง่ายกว่าสูตรอื่น จากผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา สูตร 8 ได้คะแนนความชอบสูงกว่าสูตรอื่นในด้านต่าง ๆ

Table 2 Sensory scores of plant-based drinks from beans added with sesames and sacha inchi for 10 formulas

formulas	Component (g)			Color ^{ns}	Odor [*]	Flavor [*]	Texture [*]	Overall impression [*]
	X ₁	X ₂	X ₃					
1	58.0	5.0	7.0	7.57±0.90	7.53 ^a ±0.86	7.17 ^{bc} ±0.53	7.53 ^{ab} ±1.20	7.30 ^{bc} ±1.32
2	50.0	12.7	7.3	7.53±0.63	7.80 ^a ±0.81	6.07 ^d ±2.26	6.10 ^d ±2.70	6.63 ^{cd} ±2.27
3	54.4	6.9	8.7	7.47±0.68	6.90 ^{ab} ±1.45	6.03 ^d ±2.19	6.47 ^{cb} ±2.01	6.07 ^d ±1.60
4	56.4	11.6	2.0	7.53±0.51	6.07 ^c ±2.56	7.73 ^{ab} ±1.23	7.40 ^{ab} ±0.93	7.43 ^{ab} ±0.73
5	53.0	15.0	2.0	7.67±0.48	6.93 ^{ab} ±1.36	6.90 ^c ±1.16	6.60 ^{bcd} ±1.16	6.60 ^{cd} ±1.23
6	51.6	6.4	12.0	7.63±0.49	7.00 ^{ab} ±1.49	6.83 ^c ±1.56	6.70 ^{bcd} ±1.29	6.90 ^{bc} ±0.89
7	54.7	9.8	5.6	7.60±0.50	6.47 ^{bc} ±1.80	8.00 ^a ±1.05	7.30 ^{abc} ±1.93	8.03 ^a ±0.56
8	59.7	8.3	2.0	7.70±0.79	7.40 ^a ±1.52	8.00 ^a ±0.64	7.80 ^a ±0.76	8.07 ^a ±0.58
9	50.0	12.7	7.3	7.63±0.89	7.53 ^a ±1.33	6.50 ^d ±1.20	6.60 ^{bcd} ±1.59	6.67 ^{cd} ±1.47
10	54.7	9.8	5.6	7.73±0.91	7.27 ^{ab} ±1.57	8.07 ^a ±0.74	7.50 ^{ab} ±1.55	8.00 ^a ±0.74

Remarks: ns = non-significant difference, * = indicates significant difference at p≤0.05. Values are expressed as mean ± standard deviation N = 30. X1 = Soybean, X2= Black beans and X3 = Kidney bean. The superscripts with the different letters within the same column are significantly different (p≤0.05)

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Table 3) ของผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร ปริมาณพลังงาน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เส้นใย และเถ้า พบว่า ปริมาณพลังงานสูตรที่ 6, 7 และ 8 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่สูตรที่ 8 มีปริมาณพลังงานสูงที่สุด 6.79 กิโลแคลอรี และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 9 และ 10 เนื่องจากมีปริมาณถั่วเหลือง ถั่วดำ และถั่วแดงแตกต่างกัน ปริมาณโปรตีนสูตรที่ 8 มีปริมาณสูงสุด 35.36 กรัม แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับสูตรที่ 1, 4, 7 และ 10 เนื่องจากในส่วนผสมสูตรที่ 8 มีปริมาณถั่วเหลืองสูงที่สุด ปริมาณไขมันสูตร 8 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับทั้ง 9 สูตร โดยที่สูตร 8 มีปริมาณไขมันสูงที่สุด เท่ากับ 23.47 กรัม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tachasirinukun (2017) ที่ทำการเสริมถั่วเหลืองในผลิตภัณฑ์น้ำข้าวกล้องหอมมะลิออก พบว่า ปริมาณไขมันสูงขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณถั่วเหลือง และปริมาณไขมันของถั่วเหลืองมีสูงกว่าถั่วดำ และถั่วแดง (Grajales-García *et al.*, 2012; Simons *et al.*, 2012) ปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูตรที่ 2 และ 9 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 7 และ 8 เนื่องจากมีปริมาณถั่วดำและถั่วแดงสูงกว่าทุกสูตร ซึ่งถั่วดำและถั่วแดงนั้นมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าถั่วเหลือง (Stevenson *et al.*, 2006; Simons *et al.*, 2012; Mullins and Arjmandi, 2021; Rosa-Millana *et al.*, 2019) ปริมาณเถ้าสูตรที่ 1, 2, 3, 4, 5, 7 และ 10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 6, 8 และ 9 เนื่องจากเถ้าคือสารอินทรีย์ที่เหลือจากการเผาไหม้ และปริมาณใยอาหารสูตร

ที่ 1, 2, 3, 4, 5, 8 และ 9 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เห็นได้ว่าปริมาณใยอาหารมีปริมาณใกล้เคียงกันในเกือบทุกสูตร เนื่องจากแหล่งที่พบเส้นใยอาหารมากคือชั้นผิวนอกของเมล็ด (นิธิยา, 2563) ซึ่งยังคงมีเหลืออยู่จากขั้นตอนการปั่นและกรองน้ำถั่ว งา และดาวอินคา และจากงานวิจัยหลายเรื่องที่เกี่ยวข้องกับเครื่องดื่มที่ผลิตจากพืช เช่น ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืชชนิดใหม่ที่ทำจากถั่วชิกพี และมะพร้าว (Rincona *et al.*, 2020) และเทคโนโลยีนวัตกรรมสำหรับการผลิตเครื่องดื่มจากพืชและผลกระทบต่อคุณค่าทางโภชนาการ ประสาทสัมผัส และความปลอดภัย (Bocker and Silva, 2022) เห็นว่าเครื่องดื่มจากพืชมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วนแต่ต้องผลิตจากพืชหลายชนิดเพื่อให้เทียบเท่าเครื่องดื่มจากสัตว์ (Aydar *et al.*, 2020; McClements *et al.*, 2019; Yiğit, 2019)

จากการวิเคราะห์ความหนืด (Table 3) ของผลิตภัณฑ์น้ำถั่ว งา และดาวอินคา 10 สูตร พบว่าสูตรที่ 8 มีค่าความหนืดต่ำที่สุด เท่ากับ 1659 มิลลิปาสคาลวินาที แตกต่างจากทั้ง 9 สูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านเนื้อสัมผัส ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบในสูตรที่ 8 มากที่สุด และสูตรที่ 2, 5, 6 และ 9 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยที่สูตรที่ 2 มีค่าความหนืดสูงที่สุด เท่ากับ 2937 มิลลิปาสคาลวินาที ซึ่งสูตรที่ 2, 5, 6 และ 9 มีปริมาณสัดของถั่วดำและถั่วแดงสูงกว่าสูตรที่ 1, 3, 4, 7, 8 และ 10 แสดงว่าปริมาณถั่วดำและถั่วแดงมีผลต่อค่าความหนืด ซึ่งเกิดจากสตาร์ชในเมล็ดเมื่อถูกนำไปให้ความร้อนจะดูดน้ำทำให้มีการพองตัวเกิดเจลลาตินเซชัน (นิธิยา, 2563)

Table 3 Physical-chemical characterization of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi for 10 formulas

Formulas	Component (g)			Energy* (Kcal)	Protein* (g)	Fat* (g)	Carbohydrate* (g)	Ash* (g)	Fiber* (g)	Viscosity* (m.Pa.s)
	X ₁	X ₂	X ₃							
1	58.0	5.0	7.0	5.94 ^c ±0.81	34.48 ^{ab} ±0.05	22.58 ^b ±0.10	39.42 ^{bc} ±0.03	3.51 ^a ±0.08	1.86 ^a ±0.10	1851 ^d ±7.94
2	50.0	12.7	7.3	5.68 ^d ±0.31	32.70 ^c ±0.03	21.97 ^d ±0.28	41.84 ^a ±0.95	3.49 ^{ab} ±0.08	1.70 ^{ab} ±0.10	2937 ^a ±31.18
3	54.4	6.9	8.7	5.75 ^d ±0.17	34.25 ^b ±0.03	21.48 ^e ±0.10	40.80 ^{ab} ±0.06	3.47 ^{ab} ±0.04	1.81 ^a ±0.08	2561 ^b ±32.91
4	56.4	11.6	2.0	6.54 ^b ±0.06	35.22 ^a ±0.04	21.31 ^e ±0.08	39.01 ^{cd} ±0.03	3.46 ^{ab} ±0.07	1.78 ^a ±0.10	1965 ^c ±10.26
5	53.0	15.0	2.0	5.64 ^d ±0.03	33.87 ^b ±0.08	22.16 ^c ±0.08	40.51 ^{bc} ±0.49	3.46 ^{ab} ±0.04	1.78 ^a ±0.11	2896 ^a ±65.20
6	51.6	6.4	12.0	6.61 ^{ab} ±0.20	34.24 ^b ±0.04	22.24 ^c ±0.05	39.80 ^{bc} ±0.93	3.32 ^c ±0.04	1.35 ^d ±0.10	2891 ^a ±64.51
7	54.7	9.8	5.6	6.67 ^{ab} ±0.16	35.39 ^a ±0.98	22.49 ^b ±0.06	38.64 ^{cd} ±1.01	3.48 ^{ab} ±0.04	1.47 ^{cd} ±0.10	2563 ^b ±28.87
8	59.7	8.3	2.0	6.79 ^a ±0.16	35.36 ^a ±0.04	23.47 ^a ±0.03	37.73 ^d ±0.10	3.44 ^b ±0.05	1.59 ^{bc} ±0.10	1659 ^e ±15.59
9	50.0	12.7	7.3	5.73 ^d ±0.05	32.40 ^c ±0.96	22.00 ^d ±0.00	42.15 ^a ±1.99	3.45 ^b ±0.03	1.76 ^a ±0.11	2902 ^a ±8.66
10	54.7	9.8	5.6	6.54 ^b ±0.06	34.75 ^{ab} ±0.88	22.50 ^b ±0.06	39.24 ^{bc} ±0.97	3.51 ^{ab} ±0.06	1.42 ^d ±0.19	2535 ^b ±13.75

Remarks: ns = non-significant difference, * = indicates significant difference at ps0.05. Values are expressed as mean ± standard deviation (n = 3). X1 = Soybean, X2 = Black beans and X3 = Kidney bean. The superscripts with the different letters within the same column are significantly different (ps0.05)

จากการพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) ใน Table 4 พบว่า คุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้านรสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการทำนายค่ารับที่ดีที่สุดได้ (พินิตา, 2564)

เนื่องจากมีค่า R^2 ค่อนข้างต่ำ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.244, 0.535 และ 0.094 ตามลำดับ ส่วนค่า R^2 ของโปรตีนและความหนืด มีค่าเท่ากับ 0.872 และ 0.994 ตามลำดับ ซึ่งถ้ามีค่าเข้าใกล้ 1 คือ มีความเหมาะสมในการทำนาย

Table 4 Regression coefficients of predicted polynomial model for response variable

Characteristics	Equation	Adj R^2	p-value
Flavor	$Y_1 = 7.11X_1 + 4.93X_2 + 5.86X_3 + 7.99X_1X_2 + 1.19X_1X_3 + 4.40X_2X_3$	0.244	0.34
Texture	$Y_2 = 8.04X_1 + 5.65X_2 + 6.09X_3 + 2.41 X_1X_2 + 0.31X_1X_3 + 2.26X_2X_3$	0.535	0.15
Overall impression	$Y_3 = 7.79X_1 + 4.85X_2 + 5.84X_3 + 5.72X_1X_2 + 0.06X_1X_3 + 6.15X_2X_3$	0.094	0.45
Protein	$Y_4 = 33.63X_1 + 30.94X_2 + 33.81X_3 + 12.67X_1X_2 + 3.01X_1X_3 + 2.06X_2X_3$	0.872	0.01
Viscosity	$Y_5 = 1912.18X_1 + 4218.81X_2 + 3518.31X_3 - 4479X_1X_2 - 2812.57X_1X_3 - 4224.41X_2X_3$	0.994	0.001

Remarks: X_1 = Soybean, X_2 = Black beans, X_3 = Kidney bean. Significant level at $p \leq 0.05$

ปริมาณถั่วดำ (X_2) และถั่วแดง (X_3) มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับค่าความหนืด (Y_5) โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.994 แสดงว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำสูงในการทำนายถึงร้อยละ 99.40 คือ เมื่อกำหนดค่าความหนืดต่ำที่สุดเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืช จากภาพคอนทัวร์ Figure 3a พบว่า เมื่อปริมาณถั่วดำและถั่วแดงสูงขึ้นทำให้มีค่าความหนืดสูงขึ้น เนื่องจากในส่วนผสมมีปริมาณถั่วดำและถั่วแดงสูงกว่าสูตรอื่น ซึ่งถั่วดำและถั่วแดงมีปริมาณสตาร์ชในเมล็ดสูงกว่าถั่วเหลือง (Stevenson *et al.*, 2006; Simons *et al.*, 2012; Mullins and Arjmandi, 2021; Rosa-Millána *et al.*, 2019) เมล็ดสตาร์ชเมื่อถูกนำไปให้ความร้อนจะดูดน้ำทำให้เกิดการพองตัวขึ้น มีขนาดใหญ่ขึ้นเกิดเจลลิตินเซชันเป็นสารละลายที่มีความข้นหนืด (นิธิยา, 2563; Lai and Varriano-Marston, 1979) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hoover and Ratnayake (2002) ที่ศึกษาลักษณะของสตาร์ชถั่วดำที่ปลูกในแคนาดา พบว่าสตาร์ชถั่วดำมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสตาร์ชถั่วชนิดอื่น ๆ ในส่วนของการพองตัวของเมล็ดที่สูงขึ้น และมีความข้นหนืด และ

จากภาพคอนทัวร์ Figure 3b ของปริมาณโปรตีน พบว่าปริมาณถั่วเหลือง (X_1) มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับปริมาณโปรตีน (Y_4) โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.872 แสดงว่าสมการถดถอยที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำสูงในการทำนายถึงร้อยละ 87.72 เมื่อกำหนดปริมาณโปรตีนสูงสุดเป็นค่าที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากพืช เมื่อปริมาณถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นทำให้มีปริมาณโปรตีนสูงขึ้น เนื่องจากในถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าถั่วชนิดอื่น ๆ (กองโภชนาการ, 2533; KeShun, 1997; Riaz, 2006)

จากการวิเคราะห์สมการถดถอยแบบพหุคูณที่เป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (Y_4 และ Y_5) และตัวแปรอิสระ (X_1 = ถั่วเหลือง, X_2 = ถั่วดำ, X_3 = ถั่วแดง) (Table 4) และจากการพิจารณาภาพคอนทัวร์ใน Figure 3 โดยคัดเลือกจากสูตรที่มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด และสูตรที่มีค่าความหนืดต่ำเพื่อให้มีความเหมาะสมสำหรับการบริโภค พบว่าค่ารับที่ดีที่สุดคือ สูตร 8 มีปริมาณถั่วเหลือง 59.7 กรัม ถั่วดำ 8.3 กรัม ถั่วแดง 2.0 กรัม ค่าความหนืด 1659 มิลลิปาสคาลวินาที และปริมาณโปรตีน 35.36 กรัม ตามลำดับ

Component Coding: Actual

Viscosity (m.Pa.s)

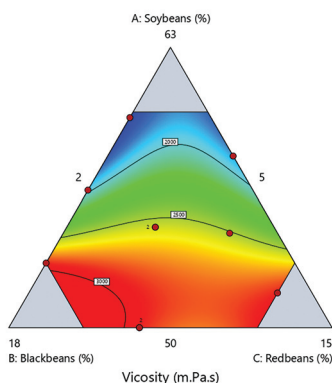
● Design Points

1659 2937

X1 = A

X2 = B

X3 = C



(a)

Component Coding: Actual

Protein (Gram)

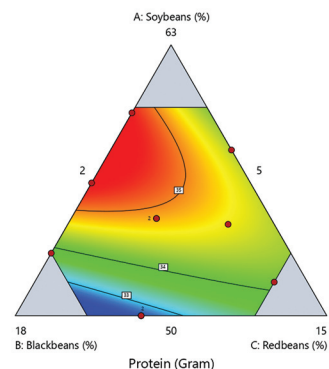
● Design Points

32.4 35.39

X1 = A

X2 = B

X3 = C



(b)

Figure 3 Contour plot of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi;
(a) = Viscosity and (b) = Protein.

คุณภาพของผลิตภัณฑ์ตำรับที่ดีที่สุด

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพ ได้เลือกสูตรที่ 8 ซึ่งเป็นตำรับที่ดีที่สุด มาวิเคราะห์คุณภาพในชนิดและปริมาณกรดอะมิโน กรดไขมัน และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ (Table 5) พบว่าเครื่องดื่มจากถั่ว งา และดาวอินคาในสูตรที่ 8 มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายถึง 8 ชนิด คือ ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ทรีโพรเฟน (tryptophan) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) และฮิสทีดีน (histidine) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kalman (2014) ที่ศึกษาองค์ประกอบของกรดอะมิโนจากโปรตีนเข้มข้นจากถั่วเหลือง และงานวิจัยของ Hughes *et al.* (2011) ที่ศึกษากรดอะมิโนที่จำเป็นและครบถ้วนกับความต้องการของร่างกายของโปรตีนสกัดเข้มข้นจากถั่วเหลือง และในการวิเคราะห์ปริมาณของกรดไขมัน พบว่ามีปริมาณโอเมก้า 9 ถึง 1,271.65 มิลลิกรัม เนื่องจากดาวอินคาจะเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัว โอเมก้า 3, 6 และ 9 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chirinos *et al.*

(2013) ที่ศึกษาเรื่องดาวอินคาเป็นแหล่งของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและสารต้านอนุมูลอิสระ ผลการวิจัยพบว่า โอเมก้า 3 เท่ากับ 12.8-16 และโอเมก้า 6 12.4-14.1 กรัมต่อ 100 กรัมเมล็ดดาวอินคา และการวิจัยของ Vicente *et al.* (2015) ที่ศึกษาปริมาณของกรดไขมันของน้ำมันเมล็ดดาวอินคา อีกทั้งในส่วนผสมของ ถั่วดำ ถั่วแดง และงาดำ ยังมีส่วนช่วยในการเพิ่มคุณสมบัติของเครื่องดื่ม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sá *et al.* (2022) ที่ศึกษาเรื่องโปรตีนสกัดเย็นจากเมล็ดงา และในการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเครื่องดื่ม พบว่ามีปริมาณ 9.94 ไมโครกรัม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Bopitiya and Madhujith (2013) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของเมล็ดงา พบว่าในสารสกัดน้ำมันเมล็ดงามีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 0.026 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และงานวิจัยของ Evangelho *et al.* (2016) ที่ศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของโปรตีนถั่วดำเข้มข้น พบว่ามีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 39.45 ซึ่งสารต้านอนุมูลอิสระจะพบที่บริเวณเปลือกของเมล็ด (Jhan *et al.*, 2016)

Table 5 Fatty acid, antioxidant, and amino acid profile of plant-based drink from beans added with sesames and sacha inchi

Characteristics	Quantity	Unit
Amino acid profile		
Isoleucine	176.27±0.07	mg/100g
Leucine	304.84±0.15	mg/100g
Lysine	261.07±0.09	mg/100g
Phenylalanine	250±0.00	mg/100g
Threonine	200±0.00	mg/100g
Tryptophan	150±0.00	mg/100g
Valine	216.01±0.33	mg/100g
Histidine	100±0.00	mg/100g
Fatty acid		
Linoleic acid	430±0.03	mg/100g
Alpha-Linolenic acid	20±0.01	mg/100g
Arachidonic acid	10±0.00	mg/100g
Unsaturated Fat	1,920±0.00	mg/100g
Omega 3	26.01±0.10	mg/100g
Omega 6	446.50±0.76	mg/100g
Omega 9	1,271.65±0.21	mg/100g
Antioxidant		
Antioxidant (DPPH assay)	9.94±1.05	µg/100g

Remarks: Values are expressed as mean ± standard deviation (n = 3)

สรุปผลการวิจัย

ตำรับเครื่องดื่มจากพืชสูตรที่ 8 ได้คะแนนความชอบจากผู้บริโภคมากที่สุดและมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด มีอัตราส่วนผสมของพืช 6 ชนิด คือ ถั่วเหลือง : ถั่วดำ : ถั่วแดง : งาขาว : งาดำ : ดาวอินคา (59.7 : 8.3 : 2.0 : 10 : 10 : 10) สามารถดื่มทดแทนเครื่องดื่มนมจากสัตว์ได้ เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ไม่รับประทานเนื้อสัตว์และผู้ที่บริโภคที่แพ้นมวัว ซึ่งมีโปรตีนเท่ากับ 35.36 กรัม มีกรดอะมิโนที่จำเป็น 8 ชนิดคือ ไอโซลิวซีน (isoleucine) ลิวซีน (leucine) ไลซีน (lysine) ฟีนิลอะลานีน (phenylalanine) ทรีปโตเฟน (tryptophan) ทรีโอนีน (threonine) วาลีน (valine) และฮิสทีดีน (histidine) มีปริมาณโอเมก้า 3, 6, และ 9 เท่ากับ 26.01, 446.5 และ 1,271.65 มิลลิกรัมตามลำดับ และมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

เท่ากับ 9.94 ไมโครกรัม อีกทั้งสามารถนำไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์ทดแทนนมจากสัตว์ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์ชาไทยใส่ส่วนผสมกาแฟใส่นม ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม เป็นต้น เป็นอีกหนึ่งทางเลือกของผู้บริโภคที่รักสุขภาพ และช่วยเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตร สามารถนำไปต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรปริญญาตรี สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม และขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและอาหาร มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการและเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กองโภชนาการ. 2533. ตารางแสดงชนิดและปริมาณกรดอะมิโนในอาหารไทย. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.
- ขวัญฤดี ธราธารกุลวัฒนา และพินิจ จันท. 2558. ถั่วดาวอินคา โอเมก้าบนดิน. สำนักพิมพ์ปัญญาชน, กรุงเทพฯ.
- รฤดา กิตติศรีปัญญา. 2561. ผลิตภัณฑ์นมจากพืชกับการใช้บริโภคนอกเหนือนมวัว. แหล่งข้อมูล <https://pharmacy.mahidol.ac.th/knowledge/files/0426.pdf> (29 พฤศจิกายน 2565).
- นิธยา รัตนพานนท์. 2563. เคมีอาหารเบื้องต้น (Basic Food Chemistry). โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.
- นุชนนธดา เตชะชูวิธา สาธะ และอาดิษฐ์ แก้วจิ. 2561. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำนมจากถั่วดาวอินคา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มจร. 3(1): 57-66.
- พนิดา รัตนปิติกรณ์. 2564. สถิติวิจัยทางอาหาร FOOD RESEARCH STATISTICS. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- พิระศักดิ์ ศรีนิเวศน์ ถวัลย์ศักดิ์ เผ่าสังข์ ทศพล พรพรมสนธิชัย จันทรเปรม และวิจิตร โจอารีย์. 2543. โครงการส่งเสริมกลุ่มวิจัยและพัฒนาพันธุ์พืชตระกูลถั่ว: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม.
- ไพโรจน์ วิริยจารี. 2561. การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- มนตรา ศรีชะแย้ม เจนจิรา กลิ่นรัตน์ และอรุณลักษณ์ โชตินาครินทร์. 2561. ฤทธิ์ทางชีวภาพของคีเฟอร์เวย์จากนมถั่วเหลืองและนมมดดำ. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา 23(2): 872-886.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (สมอ.). มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน น้ำนมถั่วเหลือง. มพช. 529/2558. 2558: 1-6.
- Alpos, M., S.Y. Leong and I. Oey. 2021. Combined effects of calcium addition and thermal processing on the texture and in vitro digestibility of starch and protein of black beans (*Phaseolus vulgaris*). Foods 10(6): 1368.
- AOAC. 2012. Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 19th Edition, Washington DC. pp. 121-130.
- AOAC. 2016. Official Method of Analysis: Association of Analytical Chemists. 20th Edition, AOAC International, Gaithersburg, MD, USA.
- Aydar, E.F., S. Tutunca and B. Ozcelik. 2020. Plant-based milk substitutes: Bioactive compounds, conventional and novel T processes, bioavailability studies, and health effects. Journal of Functional Foods 70: 1-15.
- Bocker, R. and E.K. Silva. 2022. Innovative technologies for manufacturing plant-based non-dairy alternative milk and their impact on nutritional, sensory and safety aspects. Future Foods 5: 100098.
- Bopitiya, D. and T. Madhujith. 2013. Antioxidant activity and total phenolic content of sesame (*Sesamum indicum* L.) seed oil. Tropical Agricultural Research 24(3): 296-302.
- Chirinos, R., G. Zuloeta, R. Pedreschi, E. Mignolet, Y. Larondelle and D. Campos. 2013. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. Food Chemistry 141(3): 1732-1739.
- Cichy, K.A., A. Fernandez, A. Kilian, J.D. Kelly, C.H. Galeano, S. Shaw, M. Brick, D. Hodgkinson and E. Troxtell. 2014. QTL analysis of canning quality and color retention in black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Molecular Breeding 33: 139-154.
- Evangelho, J.A., J.J. Berrios, V.Z. Pinto, M.D. Antunes, N.L. Vanier, and E.R. Zavareze. 2016. Antioxidant activity of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates. Journal of Food Science and Technology 36: 23-27.

- Food intelligence center. 2021. ตลาดนมจากพืชในประเทศไทย ปี 2564. แหล่งข้อมูล <http://fci.nfi.or.th/MarketOverviewDomesticDetail.php?id=358> (29 พฤศจิกายน 2565).
- Grajales-García E.M., P. Osorio-Díaz, I. Goñi, D. Hervert-Hernández, S.H. Guzmán-Maldonado and L.A. Bello-Pérez. 2012. Chemical composition, starch digestibility and antioxidant capacity of tortilla made with a blend of quality protein maize and black bean. *International Journal of Molecular Sciences* 13(1): 286-301.
- Hanssen, H.P. and M. Schmitz-Hübsch. 2011. Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) nut oil and its therapeutic and nutritional uses. *Nuts & seeds in health and disease prevention*. pp. 991-994.
- Hoover, R. and W.S. Ratnayake. 2002. Starch characteristics of black bean, chick pea, lentil, navy bean and pinto bean cultivars grown in Canada. *Food Chemistry* 78(4): 489-498.
- Hughes, G.J., D.J. Ryan, R. Mukherjea and C.S. Schasteen. 2011. Protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS) for soy protein isolates and concentrate: criteria for evaluation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(23): 12707-12712.
- Jhan, J.K., Y.C. Chung, G.H. Chen, C.H. Chang, Y.C. Lu. and C.K. Hsu, 2016. Anthocyanin contents in the seed coat of black soya bean and their anti-human tyrosinase activity and antioxidative activity. *International Journal of Cosmetic Science* 38(3): 319-324.
- Kalman, D.S. 2014. Amino acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates. *Foods* 3(3): 394-402.
- KeShun Liu. 1997. Soybean: chemistry, technology, and utilization. Chapman & Hall, New York.
- Lai C.C. and E. Varriano-Marston. 1979. Studies on the characteristics of black bean starch. *Journal of Food Sciences* 44(2): 528-530.
- Maurer, N. E., B. Hatta-Sakoda., G. Pascual-Chagman. and L.E. Rodriguez-Saona. 2012. Characterization and authentication of a novel vegetable source of omega-3 fatty acids, Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil. *Food Chemistry* 134(2): 1173-1180.
- McClements, D.J., E. Newman and I. F. McClements. 2019. Plant-based milks: a review of the science underpinning their design, fabrication, and performance. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 18(6): 2047-2067.
- Meticulous Market Research Pvt. Ltd. 2022. Plant-based Milk Market Worth \$42.86 Billion by 2029. Available: <https://www.meticulousresearch.com/pressrelease/528/plant-based-milk-market-2029> (November 29, 2022).
- Mullins, A.P. and B.H. Arjmandi. 2021. Health benefits of plant-based nutrition: focus on beans in cardiometabolic diseases. *Nutrients* 13(2): 519.
- Nweke, F.N., B.E. Ubi. and K.J. Kunert. 2011. Determination of proximate composition and amino acid profile of nigerian sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars. *Nigerian Journal of Biotechnology* 23: 5-12.
- Patra, T., Å. Rinnan. and K. Olsen. 2021. The physical stability of plant-based drinks and the analysis methods thereof. *Food Hydrocoll* 118: 106770.
- Riaz, M.N. 2006. Processing of soybeans into ingredients. *Soy applications in food*. In: Riaz, M.N. (Ed.). CRC: Taylor & Francis, Boca Raton; FL. pp. 39-62.

- Rinconá, L., R.B.A. Botelhob. and E.R. Alencar. 2020. Development of novel plant-based milk based on chickpea and coconut. *LWT-Food Science and Technology* 128: 109479.
- Rosa-Millána, J., E. Heredia-Oleab, E. Perez-Carrillob, D. Guajardo-Floresb and S.R.O. Serna-Saldivarb 2019. Effect of decortication, germination and extrusion on physicochemical and in vitro protein and starch digestion characteristics of black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *LWT-Food Science and Technology* 102: 330-337.
- Sa', A.G.A., M.T.B. Pacheco, Y.M.F. Moreno and B.A.M. Carciofia. 2022. Cold-pressed sesame seed meal as a protein source: Effect of processing on the protein digestibility, amino acid profile, and functional properties. *Journal of Food Composition and Analysis* 111: 104634.
- Simons, C.W., C. Hall III. and M. Tulbek. 2012. Effects of extruder screw speeds on physical properties and In vitro starch hydrolysis of precooked pinto, navy, red, and black bean extrudates. *Cereal Chemistry* 89(3): 176-181.
- Stevenson, D.G., R.K. Doorenbos, J. Jane and G.E. Inglett. 2006. Structures and functional properties of starch from seeds of three soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) varieties. *Starch/Stärke* 58(10): 509-519.
- Tachasirinukun, P. 2017. The development of germinated brown rice milk fortified with soybean. *IVEC Journal* 1(2): 66-71.
- Tubiello, F.N., C. Rosenzweig, G. Conchedda, K. Karl, J. Gütschow, P. Xueyao, G. Obli-Laryea, N. Wanner, S.Y. Qiu, J. De Barros. and A. Flammini. 2021. Greenhouse gas emissions from food systems: building the evidence base. *Environmental Research Letters* 16: 065007.
- Vanga, S.K. and V. Raghavan. 2018. How well do plant based alternatives fare nutritionally compared to cow's milk?. *Journal of Food Science and Technology* 55(1): 10-20.
- Varela-Ortega, C., I. Blanco-Gutiérrez, R. Manners and A. Detzel. 2021. Life cycle assessment of animal-based foods and plant-based protein-rich alternatives: a socio-economic perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 102(12): 5111-5120.
- Vicente, J., M.G. Carvalho. and E.E. Garcia-Roj. 2015. Fatty acids profile of Sacha inchi oil and blends by ¹H NMR and GC-FID. *Food Chemistry* 181: 215-221.
- Xu, B. and S. K. Chang. 2009. Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(11): 4754-4764.
- Yanti, S., D.C. Agrawal, D.S. Saputri., H.Y. Lin. and W.J. Chien. 2022. Nutritional comparison of Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) residue with edible seeds and nuts in Taiwan: A chromatographic and spectroscopic study. *International Journal of Food Science & Technology* 1-14.
- Yiğit, A.A. 2019. Animal and plant-based milk and their antioxidant properties. *MAE Vet Fak Derg* 4(2): 113-122.
- Zaeoung, S., A. Plubrukarn and N. Keawpradub. 2005. Cytotoxic and free radical scavenging activities of *Zingiberaceae* rhizomes. *Songklanakarin Journal of Science and Technology* 27(4): 799-812.

Time of Flowering and Quality of Flowers in Thai Commercial Chrysanthemums as Affected by Photoperiod and high night temperature

Piyatida Amnuaykan^{1*} and Thanawat Rawdkhao²

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

² The Office of Agricultural Research and Extension, Maejo University, San Sai, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: piyatida.amn@gmail.com

(Received: 30 November 2022; Revised: 18 January 2023; Accepted: 10 February 2023)

Abstract

Chrysanthemum is a facultative short-day plant with the tendency to flower late when night temperatures are high. Therefore, year-round cultivation of high-quality chrysanthemums in Thailand is not desirable. Some day-neutral chrysanthemum cultivars are insensitive to heat-delay phenotype. Consequently, the discovery of these key characteristics through the planting of many cultivars can be the key to enhancing the breeding programme. Eleven Thai chrysanthemum cultivars were selected and planted under various conditions, including an average day length of 11.47 hours (SD), long days with incandescent light night break (LD1), and long days with incandescent light night break with a night temperature of 30.23 °C (LD2). The number of leaves on the main stem at flowering, the length of the main stem at flowering, the diameter of the terminal flower, the number of LD leaves, the ratio of flowering to nonflowering plants, and the thermostability of cell membrane were measured and analysed. By removing the light integral factor, all cultivars in this study were able to flower in both SD and LD conditions. The effects of different photoperiods and night temperatures on flowering time and floral quality varied amongst cultivars. Each cultivar, especially 'Kaewglom', exhibited a unique pattern of sensitivity, which benefits the selection for a new breeding programme to create new day-neutral and heat-tolerant cultivars more suitable for the cut flower market.

Keywords: Chrysanthemum, cell membrane thermostability, heat tolerance, day neutral

Introduction

Because of its considerable export value, chrysanthemum is a globally economically important ornamental plant. The auction on the flower market in the Netherlands ranks it among the best in the world (Nissim-Levi *et al.*, 2019). This flower is a facultative short-day plant (SDP)

that requires less than 13.5 hours of daily photoperiod to flower (Park and Jeong, 2020). Therefore, chrysanthemum production is restricted and depends on the environment. Light supplement (day-length extension or night interruption) or black cloth (night prolong) treatment is used to adjust the optimal flowering

time for cut flower production (Belay *et al.*, 2021). Due to the fluctuation in temperature during treatment, the procedure controlling flowering time is both expensive and detrimental to flower quality.

In Thailand, chrysanthemums cannot be grown adequately during the summer, which is the peak season for this flower's demand (Chomchalow, 2004). In addition to environmental control, breeding day-neutral (DN) and heat-tolerant chrysanthemums is an excellent solution to the production problem. The day-neutral chrysanthemum exists, but it is relatively rare, and its characteristics are not yet appropriate for marketing as cut flowers (Anderson, 2007). Interestingly, day-neutral chrysanthemums also demonstrate heat tolerance (Cockshull, 2019). This information highlights the possibilities of improving day-neutral and heat-tolerant chrysanthemum breeding in the near future.

Although there were numerous breeding initiatives to improve chrysanthemum characteristics in Thailand and some DN varieties were established (Krasaechai and Senawong, 2003) additional DN and heat-tolerant cultivars are still required to improve the phenotype for the market (Nakano *et al.*, 2015; Mekapogu *et al.*, 2022). Unfortunately, information regarding the flowering time and heat tolerance of chrysanthemum cultivars in Thailand is still unclear (Krasaechai and Senawong, 2003) due to the random import of commercial types from Europe, the United States, and Japan and the breeding of varieties to fulfil market demand (Komkris, 1964; Krasaechai and Senawong, 2003). To facilitate chrysanthemum breeding in Thailand, information on each existing

cultivar is essential, as the response of chrysanthemums to environmental conditions is immensely complicated and may vary among species. This study intends to present a flowering time and heat tolerance analysis of each eleven commercially available chrysanthemum cultivar in Thailand under different light and high night temperature conditions. And it will benefit the selection of cultivars for a new breeding programme.

Materials and Methods

Plant materials

The eleven cultivars of commercial chrysanthemum in Thailand were selected with the collaboration of Maejo University's Office of Agricultural Research and Extension in Chiang Mai, Thailand. All cultivars included 'Mona', 'Khao sai kaew', 'Puma', 'Old rose', 'Banyen', 'Muangson', 'Som lychee', 'Rumet', 'Khao plai chompu', 'Khaoson', and 'Kaewglom'. There were variants in petal colour as follows: white, white with a green centre, white, pink orange, dark pink, purple, yellow with an orange centre, yellow, white with a pink tip, white, and light green (Figure 1). All plantlets utilised in this study were derived from tissue culture of shoot tips. Following rooting, the seedlings were brought to the greenhouse for one week of acclimatization. After thirty days, identical plants were chosen for two experiments. The first experiment was an evaluation of the cell membrane thermostability (CMT) in which plants were employed directly. For the second experiment, the flowering time, each plant was placed in a six-inch pot containing loam soil, manure, and rice husk in equal amounts.

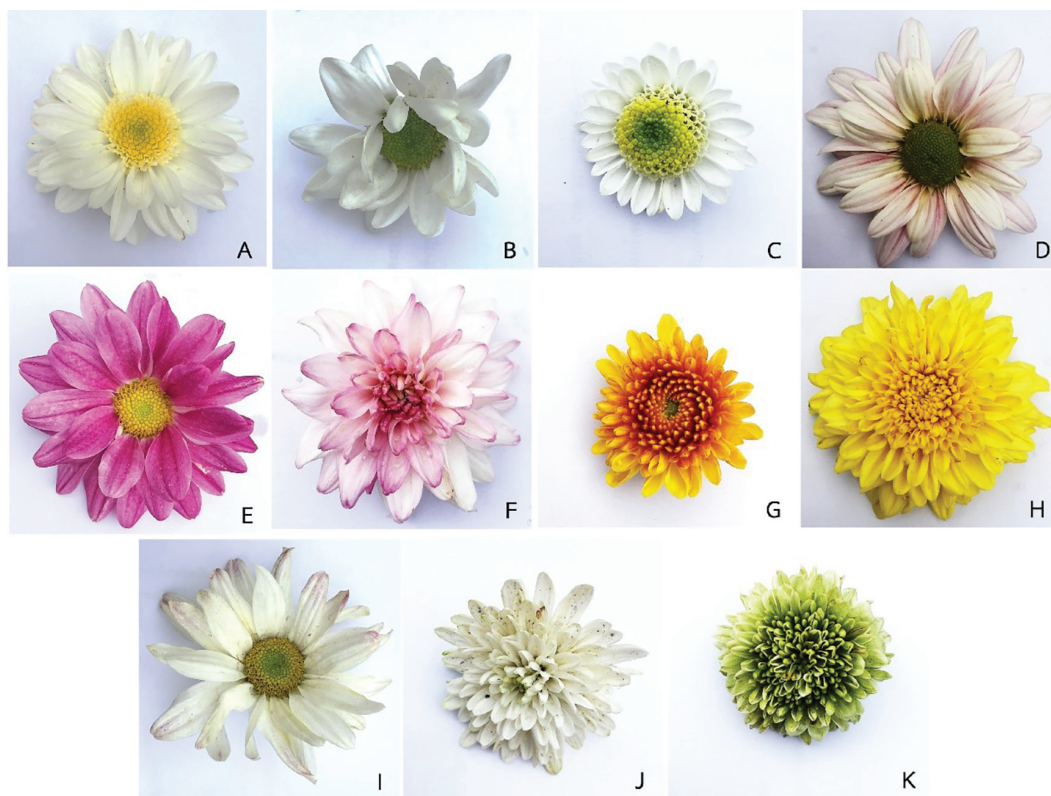


Figure 1 The selected cultivars in this study: 'Mona' (A), 'Khao sai kaew' (B), 'Puma' (C), 'Old rose' (D), 'Banyen' (E), 'Muangson' (F), 'Som lychee' (G), 'Rumet' (H), 'Khao plai chompu' (I), 'Khaoson' (J), and 'Kaewglom' (K)

The first experiment: cell membrane thermostability

The eleven tissue-cultured chrysanthemum cultivars were utilised immediately after acclimatization using a methodology modified from Yeh and Lin (2003). Each sample contains ten leaf discs with a diameter of 8 mm. Leaf discs were placed in a test tube containing 17 ml of distilled water. The measurement was performed using seven replicates for each sample. All tubes were placed in a water bath at several temperatures for 30 minutes: 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, and 70 °C. The control condition was 25 °C. The tubes were then incubated for 16 hours at 25 °C in the dark. After that, the first solution conductivity (EC1) of each sample was determined. Following the

measurement, all samples were autoclaved at 121 °C for 15 minutes and then incubated at 25 °C for 24 hours. The second solution conductivity (EC2) was then measured with seven replicates for each sample. Using the following equations, the relative injury (RI) at 25 and 50 °C and the calibrated RI were determined.

$$\text{RI at 25 and 50 } ^\circ\text{C} (\%) = (\text{EC1}/\text{EC2}) \times 100$$

$$\text{Calibrated RI } (\%) = \{1 - [1 - (\text{EC1}/\text{EC2})]/[1 - (\text{EC1}_{\text{control}}/\text{EC2}_{\text{control}})]\} \times 100$$

EC1, EC2, EC1_{control}, and EC2_{control} refer to the first sample solution conductivity, the second sample solution conductivity, the first control solution conductivity, the second control solution conductivity, respectively.

The second experiment: evaluation of flowering time under different light and night temperature conditions

The experiment was conducted in a greenhouse in Thailand from January to March 2022, during the chrysanthemum growing season, with an average photoperiod of 11.47 hours (Time and Date AS, 2022), which did not exceed the chrysanthemum's critical photoperiod of 13.5 hours. To evaluate the flowering time in response to light period and high night temperature, seven replications of each treatment were conducted under three distinct conditions in a completely randomised design (CRD). The initial condition served as a control. During the growing season, without light or temperature treatment, the state was SD. The following was LD1. This long day condition comprised a 3-hour night interruption

(8 to 11 PM) using tungsten lamps (Philips 32W, NL) to lengthen the photoperiod without increasing light integral. LD2 was the third condition. In addition to the 3-hour night interruption, the vertical heater (Xiaomi Inc., China) was used for six hours (11 PM to 5 AM) to enhance the night temperature. In Table 1, the information on each treatment is supplied. Neither growth regulator administration nor shoot pinching occurred during the trial. Since the purpose of this experiment was to examine the responses of plants to LD and high night temperature, plants were kept in each environmental condition until the end of the experiment. The flowering time data was collected throughout 12 weeks. Such information included the number of leaves on the main stem at flowering and the diameter of the terminal flower.

Table 1 The light and temperature conditions of each treatment

Treatment	Light integral of 3h photoperiod extension by tungsten bulbs ($\mu\text{mol s}^{-2} \text{m}^{-1}$)	Average day temperature ($^{\circ}\text{C}$)	Average night temperature ($^{\circ}\text{C}$)
SD	N/A	26.84	17.79
LD1	6.14	26.61	18.11
LD2	5.89	26.42	30.23

Remarks: Abbreviations: SD, Short day condition without light or temperature treatment; LD1, Long day condition with a 3-hour night interruption; LD2, Long day condition with a 3-hour night interruption and a 6-hour hot wind treatment

Statistical analysis

This experiment was carried out with a completely randomised design (CRD). The factor variable was cultivar, with SD, LD1, and LD2 as the dependent variables. To assess how each cultivar responds to each environmental condition, one-way ANOVA and the TUKEY test (Assaad *et al.*, 2014) were applied separately to determine the statistical significance between the mean response values of each cultivar to each condition. The results were then put in a single table for presentation purposes.

Results and Discussion

Flowering time

The leaf number on main stem at flowering (Table 2) determines the flowering time. This number is more accurate than the number of days to flower (Adams *et al.*, 2003). It represents the number of leaves a plant needs to generate flowers. The longer it takes to develop leaves, the longer it takes for the plant to flower (Adams *et al.*, 2003). Interestingly, all eleven cultivars were able to flower under LD conditions. It is possible for a plant's photoperiod response to change

because of alterations in environmental conditions or gene expression (Mizoguchi *et al.*, 2007). Thus, SD plants that can produce flowers under LD could have DN response. Therefore, all cultivars exhibited a facultative SD response and the capacity to develop a DN response. Even though LD is an unfavourable condition, flowering may be triggered by an autonomous pathway in plants that tend to commence flowering at the appropriate time (Sumitomo *et al.*, 2014). However, different types of night break lighting can produce diverse flowering responses (SharathKumar *et al.*, 2021). This observation is intriguing and suggests that light integral rather than photoperiod may be the additional factor determining flowering in chrysanthemums. Furthermore, additional research is required to clarify this issue.

The SD-grown plant required the lowest leaves at flowering within all cultivars. Average leaf count ranged from 33.8 ('Banyen') to 47.4 ('Khao sai kaew') leaves (Table 2). Most cultivars flower faster under SD, LD1, and LD2 conditions,

respectively, except for 'Puma', 'Muangson', and 'Khaoson' whose flowering time under SD and LD1 conditions did not differ significantly, and both conditions flower earlier than LD2. Since chrysanthemum is a facultative SD plant, LD may not be a significant restriction to flowering because it can still generate flowering despite the longer period. In addition, the high night temperature is an important environmental issue to consider. Additionally, night temperature is critical in regulating flowering time (Cho and Kim, 2021; Nakano *et al.*, 2020). Consequently, the impact of flowering time delay is more obvious under LD2.

The response in 'Kaewglom' is remarkable. It flowered the quickest in the SD condition but did not differ significantly between the LD1 and LD2 conditions, which have different night temperatures. It indicates that 'Kaewglom' may not be affected by high night temperatures, making it a contender for a heat-tolerant cultivar. In this study, the photoperiod response of chrysanthemum varied across all cultivars examined.

Table 2 The number of leaves at flowering for 11 cultivars grown under different photoperiod and night temperature conditions

Cultivar	SD	CV (%)	LD1	CV (%)	LD2	CV (%)
'Mona'	41.3±0.41 ^c	0.99	44.8±0.54 ^b	1.21	74.2±0.48 ^a	0.65
'Khao sai kaew'	47.4±0.34 ^c	0.72	52.4±0.35 ^b	0.67	90.7±0.4 ^a	0.44
'Puma'	45.2±0.25 ^b	0.55	44.5±0.40 ^b	0.90	64.8±0.4 ^a	0.62
'Old rose'	47±0.35 ^c	0.74	52.4±0.66 ^b	1.26	72.9±0.57 ^a	0.78
'Banyen'	33.8±0.25 ^c	0.74	36±0.27 ^b	0.75	75.2±0.35 ^a	0.47
'Muangson'	38.6±0.3 ^b	0.78	38.7±0.6 ^b	1.55	65.4±0.35 ^a	0.54
'Som lychee'	40.4±0.37 ^c	0.92	49.4±0.49 ^b	0.99	77.2±0.48 ^a	0.62
'Rumet'	43.8±0.25 ^c	0.57	47±0.59 ^b	1.26	73±0.55 ^a	0.75
'Khao plai chompu'	41.1±0.27 ^c	0.66	44.8±0.22 ^b	0.49	70±0.31 ^a	0.44
'Khaoson'	44.2±0.58 ^b	1.31	44.4±0.34 ^b	0.77	74.4±0.47 ^a	0.63
'Kaewglom'	38.5±0.27 ^b	0.7	41.4±0.39 ^a	0.94	41.8±0.32 ^a	0.77

Remarks: Values are means ± SEM, n = 7 per treatment group. Means in a column without a common superscript letter differ (p<0.05) as analysed by one-way ANOVA and the TUKEY test

Cell membrane thermostability

Cell membrane thermostability (CMT) is a widely accepted assessment of a plant's heat tolerance. This method evaluates the electrolyte leakage from leaf materials when exposed to high temperatures (Anderson *et al.*, 2016). In Taiwan, the United States, and South Korea (Anderson *et al.*, 2016), chrysanthemum germplasm is screened for its heat tolerance phenotype using this technique. In this study, the CMT results of different cultivars were compared (Table 3). At 25 °C, the relative injury (RI) was not as severe. When the temperature was raised to 50 °C, the RI pattern started to become more diverse. The lowest was

'Kaewglom', while the highest was 'Khao sai kaew'. This information was connected with the flowering time data when 'Khao sai kaew' was the cultivar requiring more time to flower. Although 'Kaewglom' was not the cultivar with the shortest flowering time, the lack of a statistically significant difference in flowering time between LD1 and LD2 for this cultivar indicated that high night temperatures did not have the same effect on flowering time as they did for other cultivars. The CMT results confirm that 'Kaewglom' can flower under high night temperatures because it exhibits heat tolerance.

Table 3 The comparison of 11 chrysanthemum cultivars Relative Injury (%) at 25 and 50°C

Cultivar	Relative Injury (%)					
	25 °C	CV (%)	50 °C	CV (%)	Calibrated	CV (%)
'Mona'	14.4±0.19 ^b	1.32	65.2±0.57 ^{cd}	0.87	59.4±0.62 ^{cd}	1.04
'Khao sai kaew'	15.5±0.16 ^a	1.03	85.3±0.37 ^a	0.43	82.6±0.47 ^a	0.57
'Puma'	13.3±0.13 ^c	0.98	68.3±1.26 ^{bc}	1.84	63.5±1.43 ^{bc}	2.25
'Old rose'	14.5±0.12 ^{ab}	0.83	69.8±0.68 ^b	0.97	64.6±0.79 ^{bc}	1.22
'Ban yen'	14.2±0.24 ^{bc}	1.69	70.1±0.53 ^b	0.76	65.2±0.66 ^b	1.01
'Muang son'	13.7±0.09 ^{bc}	0.66	59.7±1.06 ^e	1.78	53.3±1.25 ^e	2.35
'Som lychee'	14.1±0.24 ^{bc}	1.70	62.6±1.09 ^{de}	1.74	56.4±1.39 ^{de}	2.46
'Rumet'	13.9±0.14 ^{bc}	1.01	59.9±0.09 ^e	0.15	53.5±0.18 ^e	0.34
'Khao plai chompu'	14±0.38 ^{bc}	2.71	70±0.91 ^b	1.30	65.1±1.15 ^b	1.77
'Khao son'	14.1±0.07 ^{bc}	0.50	68.3±1.41 ^{bc}	2.06	63±1.68 ^{bc}	2.67
'Kaewglom'	12.3±0.19 ^d	1.54	41±0.78 ^f	1.90	32.7±0.95 ^f	2.91

Remarks: Values are means ± SEM, n = 7 per treatment group. Means in a column without a common superscript letter differ (p<0.05) as analysed by one-way ANOVA and the TUKEY test

Flower size

The diameter of the flower can indicate the quality of the inflorescence. Multiple light conditions altered the size of flowers. Low light intensity and high temperature can reduce the size of chrysanthemum flowers (Nothnagl *et al.*, 2004). This study measured the apical flower. Each cultivar had unique floral characteristics (Table 4). The flower sizes of ‘Khao sai kaew’, ‘Old rose’, ‘Banyen’, ‘Muangson’, and ‘Khao plai chompu’ varied greatly depending on the light treatment. Flower size was largest under SD, followed by LD1 and LD2. It suggests that longer photoperiod diminishes flower size and that high night temperatures amplify this effect.

The flower size of ‘Som lychee’ and ‘Rumet’ was largest under SD and reduced when treated with both LD conditions. Since there was no significant difference in flower size between LD1 and LD2, high night temperatures do not affect the flower size of ‘Som lychee’ and ‘Rumet’.

Intriguingly, the largest and smallest ‘Kaewglom’ flower sizes were identified in the LD2 and LD1 conditions, respectively. Still, the size found in the SD condition was not statistically different from either of the LD conditions. Unlike other cultivars, long photoperiods and high night temperature had no negative influence on flower diameter in this cultivar. In addition, neither photoperiod nor high night temperature impacted the size of ‘Mona’ and ‘Puma’ flowers. The reaction of various photoperiods and night temperature on flower size differs among cultivars, as previously demonstrated (Palai *et al.*, 2018). These data indicate that flower sensitivity to light and temperature is encouraging. Although there were diverse reactions, photoperiod and temperature changes did not diminish the flower quality of some cultivars. It is interesting to use this information to develop a chrysanthemum cultivar that can yield flowers of high quality despite adverse environmental conditions.

Table 4 The Diameter of terminal flower for 11 cultivars grown under different photoperiod and night temperature conditions

Cultivar	Diameter (cm)					
	SD	CV (%)	LD1	CV (%)	LD2	CV (%)
‘Mona’	6.55±0.0875	1.34	4.16±0.0545	1.31	6.28±2.17	34.55
‘Khao sai kaew’	5.79±0.0665 ^a	1.15	5.11±0.0776 ^b	1.52	3.98±0.0658 ^c	1.65
‘Puma’	4.26±0.115	2.70	4.33±0.0974	2.25	4.35±0.08	1.84
‘Old rose’	6.88±0.0793 ^a	1.15	5.12±0.0547 ^b	1.07	4.8±0.0861 ^c	1.79
‘Banyen’	6.02±0.0499 ^a	0.83	4.82±0.0647 ^b	1.34	4.05±0.0536 ^c	1.32
‘Muangson’	7.74±0.169 ^a	2.18	5.86±0.0752 ^b	1.28	4.3±0.0634 ^c	1.47
‘Som lychee’	6±0.0404 ^a	0.67	3.85±0.055 ^b	1.43	3.97±0.0572 ^b	1.44
‘Rumet’	7.07±0.0562 ^a	0.79	4.74±0.0881 ^b	1.86	4.84±0.0455 ^b	0.94
‘Khao plai chompu’	6.96±0.042 ^a	0.60	4.98±0.0213 ^b	0.43	4.57±0.0711 ^c	1.56
‘Khaoson’	7.64±0.0773 ^a	1.01	3.93±0.0424 ^c	1.08	4.32±0.0756 ^b	1.75
‘Kaewglom’	4.07±0.0293 ^{ab}	0.72	3.94±0.0413 ^b	1.05	4.14±0.0473 ^a	1.14

Remarks: Values are means ± SEM, n = 7 per treatment group. Means in a row without a common superscript letter differ (p<0.05) as analysed by one-way ANOVA and the TUKEY test

Conclusion

All eleven cultivars could be DN-responsive because each cultivar produced flowers in both SD and LD, despite their differing time to flower. The rapidity of flowering is proportional to the heat tolerance of the cultivar. 'Kaewglom' is outstanding. This cultivar exhibited heat tolerance based on its CMT value, which correlated with flowering time so that high night temperatures did not affect the flowering time. The ability of numerous cultivars in this study, such as 'Som lychee' and 'Rumet', to sustain flower size under high night temperatures is a positive sign. And 'Mona', 'Puma', and 'Kaewglom' maintain good size quality despite the long photoperiod and high night temperatures. The information gathered for each cultivar is highly valuable for selecting Thai cultivars in breeding programmes to improve the chrysanthemum's heat resistance and day neutrality.

References

- Adams, S., M. Munir, V. Valdes, F. Langton and S. Jackson. 2003. Using flowering times and leaf numbers to model the phases of photoperiod sensitivity in *Antirrhinum majus* L. *Annals of Botany* 92(5): 689-696.
- Anderson, N.O. 2007. Chrysanthemum. pp. 389-437. *In*: Flower breeding and genetics. Springer Dordrecht. Berlin.
- Anderson, N.O., M.K. Won and D.C. Kim. 2016. Garden chrysanthemum cell Membrane thermostability and flowering heat delay differences among US and south korean germplasm. *HortScience* 51(3): 216-226.
- Assaad, H., L. Zhou, R. Carroll and G. Wu. 2014. Rapid publication-ready MS-word tables for One-Way ANOVA. *Springerplus* 3: 474.
- Belay, M.H., H.M. Beshir, M.T. Terfa and A.G. Roro. 2021. Control of growth and flowering of chrysanthemum (*Dendranthema x grandiflorum* Kitam.) using day length extension and Red Light Night Break. *Ornamental Horticulture* 27: 365-373.
- Cho, A.R. and Y.J. Kim. 2021. Night temperature determines flowering time and quality of *Chrysanthemum morifolium* during a high day temperature. *Journal of Horticultural Sciences B.* 96(2): 239-248.
- Chomchalow, N. 2004. Flower forcing for cut flower production with special reference to Thailand. *ABAC Journal* 7: 137-144.
- Cockshull, K.E. 2019. *Chrysanthemum morifolium*. pp. 238-257. *In*: CRC handbook of flowering. CRC Press.
- Komkris, S. 1964. Chrysanthemum varieties trial. *Kasetsart Journal* 4(1-2): 18-22.
- Krasaechai, A. and K. Senawong. 2003. *Chrysanthemum morifolium* varietal improvement. Proceedings of the Royal Project Foundation annual report 2003. Chiang Mai, Thailand. pp. 17-37.
- Mekapogu, M., O.K. Kwon, H.Y. Song and J.A. Jung. 2022. Towards the improvement of ornamental attributes in chrysanthemum: recent progress in biotechnological advances. *Int. International Journal of Molecular Sciences* 23(20): 12284.
- Mizoguchi, T., K. Niinuma and R. Yoshida. 2007. Day-neutral response of photoperiodic flowering in tomatoes: possible implications based on recent molecular genetics of Arabidopsis and rice. *Plant Biotechnology Journal* 24(1): 83-86.
- Nakano, Y., Y. Higuchi, K. Sumitomo, A. Oda, T. Hisamatsu and Naro. 2015. Delay of flowering by high temperature in chrysanthemum: heat-sensitive time-of-day and heat effects on CsFTL3 and CsAFT gene expression.

- Journal of Horticultural Science and Biotechnology 90(2): 143-149.
- Nakano, Y., T. Takase, K. Sumitomo, S. Suzuki, K. Tsuda-Kawamura and T. Hisamatsu. 2020. Delay of flowering at high temperature in chrysanthemum: duration of darkness and transitions in lighting determine daily peak heat sensitivity. The Horticulture Journal TD-192.
- Nissim-Levi, A., M. Kitron, Y. Nishri, R. Ovadia, I. Forer and M. Oren-Shamir. 2019. Effects of blue and red LED lights on growth and flowering of *Chrysanthemum morifolium*. Scientia Horticulturae 254: 77-83.
- Nothnagl, M., A. Kosiba and R.U. Larsen. 2004. Predicting the effect of irradiance and temperature on the flower diameter of greenhouse grown Chrysanthemum. Scientia Horticulturae 99(3-4): 319-329.
- Palai, S., G. Madhuri, M. Nath and S. Bhuyan. 2018. Effect of planting dates and photoperiod on growth and flowering of chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat) cv. yellow Reagan. Pharma Innovation Journal 7(5, Part B): 106.
- Park, Y.G. and B.R. Jeong. 2020. How supplementary or night-interrupting low-intensity blue light affects the flower induction in chrysanthemum, a qualitative short-day plant. Plants 9(12): 1694.
- SharathKumar, M., E. Heuvelink, L.F. Marcelis and W. Van Ieperen. 2021. Floral induction in the short-day plant chrysanthemum under blue and red extended long-days. Frontiers in Plant Science 11: 610041.
- Sumitomo, K., A. Yamagata, A. Oda and T. Hisamatsu. 2014. Identification of high long-day leaf number cultivars and prevention of premature budding by cold pre-treatment for fine control of flowering in summer-to-autumn-flowering chrysanthemum (*Chrysanthemum morifolium* Ramat.). Journal of Horticultural Science and Biotechnology 89(6): 647-654.
- Time and Date AS. 2022. Sun Graph for Chiang Mai. Available: <https://www.timeanddate.com/sun/thailand/chiang-mai?month=3&year=2022> (March 31, 2022).
- Yeh, D., and H. Lin. 2003. Thermostability of cell membranes as a measure of heat tolerance and relationship to flowering delay in chrysanthemum. Journal of the American Society for Horticultural Science 128(5): 656-660.

อิทธิพลของปุ๋ยมูลวัวและลีโอนาร์ไต์ต่อการเจริญเติบโตและ สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของกระเจียวแดง

Effect of Cow Manure and Leonardite on Growth and Total Phenolic and Flavonoid Content of Kajeawdang (*Curcuma sessilis* Gage)

สมหมาย ปะติตังโข^{1*} ครูปกรณ์ ละเอียดอ่อน² และ กิ่งแก้ว ปะติตังโข³

Sommai Patitungkho^{1*} Karupakorn Laead-on² and Kingkaew Patitungkho³

¹ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

¹ Department of Chemistry, Faculty of Science, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

² Department of General Science, Faculty of Education, Buriram Rajabhat University, Buriram 31000

³ สาขาวิชาบรรณารักษศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

³ Department of Library and Information, Faculty of Humanities and Social Sciences, Rajabhat Buriram University, Buriram 31000

* Corresponding author: sommai.pt@bru.ac.th

(Received: 19 December 2022; Revised: 1 February 2023; Accepted: 21 February 2023)

Abstract

Kajeawdang (*Curcuma sessilis* Gage) is a wild plant belonging to the Zingiberaceae family. This research was aimed to study the effect of cow manure and leonardite on growth, phenolic and flavonoid compounds content of Kajeawdang. The experimental design was a Randomized Complete Block Design (RCBD) with 6 treatments and 3 replications. The result found that plants supplied with cow manure and leonardite ratio 1:1 have the highest result on the number of new shoots per clump 1.86, plant height 38.06 centimeters and number of leaves per plant 9.66 respectively. The leonardite and control treatment gave plant height, the number of new shoots and leaves was the lowest. The highest total phenolic compounds were found in plants supplied with cow manure mixed with leonardite ratio 1:1 treatment of 117.33 mg GAE/g of extract whose flavonoid contents were 396.33 mg catechin/g of extract. The lowest phenolic and flavonoid contents were found when plants were supplied with 100% leonardite and control treatment (sandy loam clay). Therefore, organic fertilizer of cow manure mixed with leonardite 1:1 by weight was the best growth promotion, increasing of phenolic compounds and useful for agriculture to grow Kajeawdang.

Keywords: Cow manure, leonardite, *Curcuma sessilis* Gage, phenolic compound

บทคัดย่อ

กระเจียวแดงเป็นพืชป่าที่อยู่ในวงศ์ขิง การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของมูลวัวและลีโอนาร์ไต์ต่อการเจริญเติบโต สารประกอบฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ของกระเจียวแดงในแปลงปลูกธรรมชาติ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ผลการทดสอบ พบว่า กรรมวิธีการทดลองมูลวัวผสมกับลีโอนาร์ไต์ที่อัตรา 1:1 มีการแตกกอมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 1.86 ห่อ/กอ ความสูง 38.06 เซนติเมตร และจำนวนใบต่อต้นมากที่สุดเท่ากับ 9.66 ใบ/ต้น ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใส่ลีโอนาร์ไต์และชุดควบคุมมีจำนวนหน่อ ความสูงและจำนวนใบน้อยที่สุดสำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด พบว่า กรรมวิธีที่ใส่มูลวัวผสมกับลีโอนาร์ไต์อัตราส่วน 1:1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 117.33 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง ปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 396.33 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ส่วนปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ที่น้อยที่สุด คือ กรรมวิธีที่ใส่ลีโอนาร์ไต์ 100% และชุดควบคุม (ดินร่วนปนทราย) ดังนั้น ปุ๋ยมูลวัวผสมลีโอนาร์ไต์อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก จึงเป็นสูตรที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต รวมถึงการสร้างสารฟีนอลิกและเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรที่ปลูกกระเจียวแดง

คำสำคัญ: มูลวัว ลีโอนาร์ไต์ กระเจียวแดง สารฟีนอลิก

คำนำ

กระเจียวแดง (*Curcuma sessilis* Gage) เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นใต้ดิน จัดเป็นพืชในวงศ์ขิง (Zingiberaceae) ในประเทศไทยพบมากกว่า 34 ชนิด พบได้ในป่าธรรมชาติของภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ถ้าแบ่งตามการใช้ประโยชน์มีสองสายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ไม้ประดับ เช่น ปทุมมา หรือเรียกกันว่า สยามทิวลิป เกษตรกรจะปลูกเป็นพืชเศรษฐกิจเพื่อการส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ และอีกสายพันธุ์หนึ่งเป็นสายพันธุ์เพื่อการบริโภค เช่น กระเจียวแดง มีสารสำคัญที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 115.3 ± 16.0 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม และมีปริมาณฟลาโวนอยด์ทั้งหมด 386.6 ± 23.6 มิลลิกรัมคาเทชินต่อน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม (Srichumreon, 2017) จากงานวิจัยของ Wonwattanasathien *et al.* (2010) พบว่าในกระเจียวแดงยังมีสารในกลุ่มเซสควิเทอร์พีนเช่นเดียวกับที่พบในขมิ้นชัน และงานวิจัยของ Krup *et al.* (2013) พบว่ากระเจียวแดงมีฤทธิ์ป้องกันการอักเสบและช่วยลดการอักเสบของเซลล์ตับ มีสรรพคุณบรรเทาอาการท้องอืด ขับยั้งเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาวและต้านอนุมูลอิสระ เกษตรกรส่วนใหญ่นำกระเจียวแดงจากป่ามาปลูกในแปลงใกล้บ้านเพื่อบริโภคและจำหน่ายในชุมชน ประกอบกับปัจจุบันการบริโภคของประชาชนจะเน้นอาหารอินทรีย์ เพราะเชื่อว่ามีความปลอดภัยและนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ดังนั้น การปลูกพืชแบบอินทรีย์จึงมีความสำคัญต่อผู้บริโภคที่เน้นการนำปุ๋ยอินทรีย์ที่มีในท้องถิ่นมาใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี

ลีโอนาร์ไต์ (Leonardite) หรือ low rank coal เป็นชั้นดินปนถ่านหินที่ถูกออกซิไดซ์ตามธรรมชาติ มีลักษณะนุ่มไม่แข็งตัว มีสีน้ำตาลอ่อน เกิดจากการย่อยสลายของถ่านหินลิกไนต์ตามธรรมชาติ และการแปรสภาพของถ่านหินลิกไนต์เป็นมูลแร่ลีโอนาร์ไต์ ประเทศไทยพบได้ที่แหล่งถ่านหินลิกไนต์ อำเภอมะเขาะ จังหวัดลำปาง ซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งจากการทำเหมือง มีปริมาณค่อนข้างมากยากต่อการจัดการและกำจัด แต่ในปัจจุบันเริ่มมีการนำลีโอนาร์ไต์มาใช้ประโยชน์ด้านการเกษตร โดยใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่ของลีโอนาร์ไต์เป็นสารฮิวมิก (Humic substances; HS) ที่มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกได้สูง โดยคุณสมบัติของกรดฮิวมิกจะช่วยเพิ่มปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืช รักษาโครงสร้างของดินให้อุ้มน้ำและระบายอากาศได้ดี จึงมีการนำเอาลีโอนาร์ไต์ไปผสมกับปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์เพื่อช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตให้กับพืชหลายชนิด เช่น ช่วยเพิ่มผลผลิตใน *Amica montana* L. (Sugier *et al.*, 2013) เพิ่มผลผลิตคาโนลา (Akinremi *et al.*, 2000) เพิ่มความสูง น้ำหนักสดของต้นและรากมะเขือเทศ (Pertuit *et al.*, 2001) เพิ่มผลผลิตข้าวและปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของ *Rhodiola rosea* L. รวมทั้งทำให้ดินมีความพรุน ส่งผลให้รากพืชมีการเจริญเติบโตที่ดีและเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส (acid phosphatases; ACP) ดีไฮโดรจีเนส (dehydrogenase) ยูรีเอส (urease) และโปรทีเอส (protease) โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อปลูกในดินทราย (Kolodziej *et al.*, 2013)

นอกจากนี้ยังพบว่า ลิโอนาร์ไดต์เป็นสารประกอบที่ไม่มีขั้ว จึงไม่ชอบน้ำ รวมถึงภายในโครงสร้างหลักของลิโอนาร์ไดต์ มีลักษณะเป็นแอโรแมติกพอลิเมอร์ของสารประกอบฟีนอล ซึ่งจากงานวิจัยของ Ausavasukhi *et al.* (2016) พบว่า ลิโอนาร์ไดต์จัดเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างขนาดใหญ่ และมีวงแหวนแอโรแมติกเป็นส่วนประกอบ สามารถนำมา ดูดซับสารอินทรีย์ได้ นอกจากจะนิยมนำลิโอนาร์ไดต์มาใช้ เป็นวัสดุปรับปรุงดินแล้ว ยังนำมาใช้ในการดูดซับสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์อีกด้วย ในปัจจุบันสารต้านอนุมูลอิสระ ที่ได้จากกระเจียวกำลังเป็นที่ได้รับความสนใจต่อผู้บริโภค เนื่องจากเป็นพืชที่ให้สารต้านอนุมูลอิสระ ที่ป้องกันการเกิด ปฏิกริยาออกซิเดชันในร่างกายที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค ต่าง ๆ ในมนุษย์ ส่งผลดีต่อผู้บริโภคและยังสามารถพัฒนา ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพได้ เพราะเป็นพืชที่ปลูกง่ายและทน สภาพแห้งแล้งได้ดี ในงานวิจัยนี้จึงนำเอาลิโอนาร์ไดต์มาใช้ ประโยชน์ทางการเกษตร โดยมาผสมกับปุ๋ยมูลวัว ที่อุดม ไปด้วยธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง สามารถหาได้ง่าย เพื่อศึกษาอัตราการเจริญเติบโต การสร้างสารประกอบ ฟีนอลิกและสารฟลาโวนอยด์ของกระเจียวแดง เพื่อนำผล ที่ได้มาใช้ในการส่งเสริมการปลูกกระเจียวแบบอินทรีย์เพื่อ การบริโภคและการแปรรูปเป็นอาหารสุขภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลองและการจัดการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ที่ประกอบด้วย 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 20 ต้น ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ปุ๋ยมูลวัว (Cow manure, CM) กรรมวิธี ที่ 2 ลิโอนาร์ไดต์ (Leonadite, LD) กรรมวิธีที่ 3 ปุ๋ยมูลวัว ผสมกับลิโอนาร์ไดต์ อัตราส่วน 1:1 (CM:LD = 1:1) กรรมวิธี ที่ 4 ปุ๋ยมูลวัวผสมกับลิโอนาร์ไดต์ อัตราส่วน 5:1 (CM:LD = 5:1) กรรมวิธีที่ 5 ปุ๋ยมูลวัวผสมกับลิโอนาร์ไดต์ อัตราส่วน 1:5 (CM:LD = 1:5) และกรรมวิธีที่ 6 ดินร่วนปนทราย (ชุดควบคุม) พื้นที่ที่ใช้ดำเนินการทดลองใช้แปลงของ เกษตรกร บ้านกลันทา หมู่ 10 ตำบลกระสัง อำเภอมือง บุรีรัมย์ จังหวัดบุรีรัมย์

เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ใช้ในการทดลองไปผึ่งให้แห้ง ในร่ม นำเศษซากพืชออกจากดิน ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในห้อง ปฏิบัติการ ประกอบด้วย ค่าความเป็นกรดต่างของดิน (pH)

วัดด้วยเครื่อง pH meter (JXBS-3001-TR, China) ใช้อัตราส่วนระหว่างสารตัวอย่างต่อน้ำที่ 1:5 สำหรับสภาพ การนำไฟฟ้า (Electrical conductivity) วัดในสารละลาย ดินที่สกัดจากดินที่อิมตัวด้วยน้ำโดยใช้เครื่อง Electrical conductivity bridge (BAS CV-27, USA) คาร์บอนอินทรีย์ (Organic carbon) โดยวิธี Walkley-Black Method (Chan *et al.*, 2001) ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) สกัดโดยใช้ยา Bray II แล้ว วัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Lambda 25, USA) ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร โพแทสเซียมที่เป็น ประโยชน์ (Available potassium) สกัดด้วยวิธี 1 M NH_4OAc (pH 7) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (ZA3000, Japan)

เตรียมแปลงโดยการขุดยกร่อง สูง 20 เซนติเมตร กว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 2.50 เมตร จากนั้นใส่ปุ๋ยมูลวัว ผสมลิโอนาร์ไดต์ที่อัตรา 1,920 กิโลกรัมต่อไร่ และคลุกเคล้า ลงในดิน ทิ้งไว้ 2 สัปดาห์ก่อนทำการปลูกกระเจียวแดง

การคัดเลือกหัวกระเจียว โดยนำหัวกระเจียวแดง มาแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 น้ำหนักน้อยกว่า 20 กรัม กลุ่มที่ 2 น้ำหนัก 21-44 กรัม และกลุ่มที่ 3 น้ำหนัก 45-60 กรัม แล้วสุ่มมาละหัวกระเจียวให้ได้สัดส่วนกัน ก่อนนำไปปลูกเมื่อเตรียมแปลงเสร็จ จึงนำหัวของกระเจียวแดง ไปปลูกโดยใช้ระยะห่างระหว่างต้น 25×25 เซนติเมตร แล้ว นำฟางมาปิดหน้าดินให้หนา เพื่อรักษาความชื้นในดินและ รดน้ำให้ชุ่ม เมื่อกระเจียวแดงแทงหน่อ เริ่มวัดขนาดของต้น กระเจียวแดงโดยจะวัดความสูงต้นกระเจียวแดง ความกว้างใบ ความยาวใบ และนับจำนวนใบ โดยแต่ละกรรมวิธีจะทำการวัด ทุกใบเพื่อนำไปหาค่าเฉลี่ย

เมื่อเวลาผ่านไป 60 วัน นำปุ๋ยคอกและลิโอนาร์ไดต์ ที่จะใส่ตามอัตรา 1,920 กิโลกรัมต่อไร่ ใส่รอบโคนต้น เป็นครั้งที่ 2 แล้วคลุมด้วยฟางข้าวอีกครั้งหนึ่ง เมื่อออกดอก จึงเก็บรวบรวมไปอบด้วยความร้อน เพื่อใช้สกัดสารในลำดับ ถัดไป

การสกัดสารจากดอกกระเจียวแดง

การสกัดสารจากดอกกระเจียวแดงใช้วิธีการของ Azawanida (2015) โดยเริ่มจากการนำกลีบดอกของ กระเจียวแดงไปล้างน้ำสะอาด พักให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไป ทำให้แห้งโดยใช้ตู้อบลมร้อน (Hot air oven UN110,

Memmert, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 ชั่วโมง แล้วปั่นให้เป็นผงละเอียด จากนั้นร่อนผ่านตะแกรง ซั่งตัวอย่าง 5 กรัม นำมาละลายด้วยเมทานอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เขย่าในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Memmert GmbH, Germany) 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องกลั่นระเหยระบบสุญญากาศ (Buchi Rotavapor R-124, Switzerland) อบแห้งในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ทำการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกจากส่วนของดอกกระเจียวโดยใช้คุณสมบัติ reducing property ของสารประกอบฟีนอลิกในตัวอย่าง ไพรีดีนีสสารประกอบใน Folin-Ciocalteu reagent นำสารสกัดปริมาตร 23 มิลลิลิตร เติมน้ำ Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติมน้ำ Na_2CO_3 เข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปวางไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิห้อง และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร รายงานสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในหน่วยของ Gallic Acid Equivalent (GAE) มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของกรดแกลลิก ต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (Srichamroen, 2017)

การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

นำสารตัวอย่าง 1 กรัม ผสมในน้ำกลั่นปรับปริมาตร 5 มิลลิลิตร แล้วผสมกับ Na_2NO_2 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมน้ำละลาย AlCl_3 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 5 มิลลิลิตร เขย่าให้

เข้ากันและตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 6 นาที เติมน้ำละลาย NaOH ความเข้มข้น 1 โมลต่อลิตร ใช้ปริมาตร 2 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 นาโนเมตร รายงานผลในหน่วยของมิลลิกรัมของ คาเทชินต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ (Zhishen *et al.*, 1999)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลจำนวนการแตกกอ ความสูงลำต้น ความกว้างใบ ความยาวใบ จำนวนใบ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์มาวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PASW (Predictive Analytical Software) Statistics รุ่น 18 โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและวิจารณ์

คุณสมบัติของวัสดุปลูกที่ใช้ในการศึกษา

ดินในพื้นที่ที่ใช้ศึกษาเป็นชุดดินสตึก (Satuak series) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (Sandy Loam Clay) เมื่อสุ่มเก็บตัวอย่างวัสดุอินทรีย์ไปวิเคราะห์ พบว่า มีความเป็นกรดต่างระหว่าง 5.24-7.85 สภาพการนำไฟฟ้ามีค่าระหว่าง 0.72-4.84 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าระหว่าง 25.60-68.50 เปอร์เซ็นต์ ไนโตรเจนรวมมีค่าระหว่าง 0.54-2.65 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าระหว่าง 4.68-56.32 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าระหว่าง 11.24-346.62 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (Table 1)

Table 1 Physico-chemical properties of soil amendments used for experimentation

Treatment	Properties					
	pH (1:5)	EC (ds/m)	Organic matter (%)	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Available K (mg/kg)
1. CM	7.85	2.42	42.40	1.84	8.32	11.24
2. LD	5.24	4.30	25.60	0.54	32.43	286.40
3. CM:LD = 1:1	6.50	4.60	53.20	2.34	45.60	298.50
4. CM:LD = 5:1	6.65	4.84	68.50	2.65	56.32	302.03
5. CM:LD = 1:5	6.45	4.63	46.40	2.36	50.01	346.62
6. Sandy loam clay (control)	6.80	0.72	12.56	0.18	4.68	12.54

การเจริญเติบโตของกระเจียวแดง

จากการศึกษาผลของปุ๋ยมูลวัวและลีโอนาร์โดต์ต่อการเจริญเติบโตของกระเจียวแดงในด้านต่าง ๆ ได้แก่ การแตกกอ ความสูงของลำต้น ความยาวของใบ ความกว้างของใบ และจำนวนใบตอกของกระเจียวแดงได้ผลดังแสดงใน Table 2 เมื่อใส่ปุ๋ยมูลวัวผสมลีโอนาร์โดต์อัตราส่วน 1:1 โดยน้ำหนัก ทำให้กระเจียวแดงมีการเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ ดีที่สุดและมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยมูลวัวหรือลีโอนาร์โดต์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากปุ๋ยมูลวัวมีปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมด 1.36 เปอร์เซ็นต์ที่มีผลต่อการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ (chlorophyll synthesis) ค่าการชักนำของปากใบ (stomatal conductance) รวมทั้งมีผลต่อการสังเคราะห์แสง (photosynthetic efficiency) (Anuradha *et al.*, 2022) จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของกระเจียวแดง ลีโอนาร์โดต์มีปริมาณอินทรียวต์สูงถึง 24.4 เปอร์เซ็นต์ มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชอยู่หลายชนิดและบางธาตุมีปริมาณสูง เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน (Ratanaprommanee *et al.*, 2017) นอกจากนี้ยังมีสารชีวมีกที่ทำหน้าที่เหมือนฮอร์โมนพืช (hormone-like activity) และทำหน้าที่เป็นตัวพาแร่ธาตุ (siderophore) ไปให้กับพืช (Chen *et al.*, 2004) เมื่อนำปุ๋ยมูลวัวผสมกับลีโอนาร์โดต์ในสัดส่วนที่พอเหมาะจึงทำให้กระเจียวแดงเจริญเติบโตได้ดีและดีกว่ากรรมวิธีที่ปลูกในดินร่วนปนทราย โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$)

เมื่อใส่ลีโอนาร์โดต์เพียงอย่างเดียว พบว่ามีผลต่อการเจริญเติบโตในด้านของการเพิ่มส่วนสูง โดยทำให้ต้น

กระเจียวแดงที่ปลูกด้วยลีโอนาร์โดต์ 100 เปอร์เซ็นต์มีความสูงเฉลี่ยของลำต้นใกล้เคียงกับกระเจียวแดงที่ปลูกด้วยปุ๋ยมูลวัวผสมลีโอนาร์โดต์อัตราส่วน 1:1 และ 5:1 โดยน้ำหนัก ส่วนการปลูกด้วยปุ๋ยมูลวัวเพียงอย่างเดียวมีค่าเฉลี่ยของความสูงน้อยและใกล้เคียงกับการปลูกด้วยปุ๋ยมูลวัวผสมลีโอนาร์โดต์อัตราส่วน 1:5 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนักและมีค่าใกล้เคียงกับชุดควบคุม (ดินร่วนปนทราย) การใส่ลีโอนาร์โดต์เพียงอย่างเดียวไม่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของกระเจียวแดง เพราะลีโอนาร์โดต์มีค่าความเป็นกรดต่างต่ำกว่า 4 ซึ่งมีความเป็นกรดที่รุนแรง (Pochadom *et al.*, 2013) นอกจากนี้สารชีวมีกหากมีมากเกินไปจะขัดขวางการลำเลียงธาตุสังกะสี (Zn) ของพืช (Chen *et al.*, 2004) ทำให้กระเจียวแดงหยุดการเจริญเติบโต

นอกจากนี้ ผลยังพบอีกว่า การปลูกกระเจียวแดงด้วยปุ๋ยมูลวัวเพียงอย่างเดียวมีผลต่อการเจริญเติบโตในส่วนของการเพิ่มจำนวนใบเฉลี่ยและใกล้เคียงกับการปลูกด้วยปุ๋ยมูลวัวผสมลีโอนาร์โดต์อัตราส่วน 1:1 และ 1:5 โดยน้ำหนักและมีค่าสูงกว่าการปลูกด้วยลีโอนาร์โดต์เพียงอย่างเดียว แต่การเจริญเติบโตในด้านอื่น ๆ มีค่าน้อย ทั้งนี้เนื่องจากการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตจำเป็นต้องอาศัยแร่ธาตุอื่นร่วมด้วย โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียม (Anuradha *et al.*, 2022) และการมีไนโตรเจนมากเกินไปจะขัดขวางหรือทำลายกระบวนการต่าง ๆ ของพืช เช่น เกิดการสะสมโปรตีน ลดปริมาณน้ำตาลและน้ำมัน รวมทั้งลดปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ (Bhatla, 2018)

Table 2 The shoots/clump, plant height, leaf length, leaf width and leaf number/plant of Kajeawdang after fertilizer applications for 4 months

Treatment	Shoots/ clump	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	leaf number/ plant
1. CM	1.66 ^b	32.53 ^b	31.06 ^b	24.80 ^{bc}	8.46 ^{ab}
2. LD	1.53 ^b	33.40 ^{ab}	29.06 ^c	25.83 ^b	7.26 ^b
3. CM:LD = 1:1	1.86 ^a	38.06 ^a	33.26 ^a	27.30 ^a	9.66 ^a
4. CM:LD = 5:1	1.66 ^b	33.00 ^{ab}	30.13 ^{bc}	24.63 ^{bc}	7.46 ^b
5. CM:LD = 1:5	1.60 ^b	31.46 ^b	30.80 ^b	24.30 ^c	8.26 ^{ab}
6. Sandy loam clay (control)	1.53 ^b	31.46 ^b	29.60 ^{bc}	24.43 ^c	7.46 ^b
C.V. (%)	12.19	8.42	2.74	2.50	10.18

Remarks: Mean in the same column with the same letters are not significantly different by DMRT at 0.05

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของดอกกระเจียวแดง

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของกระเจียวแดงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 3) ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลวัวผสมกับลิโอนาร์โดต์ อัตราส่วน 5:1 มีน้ำหนักสดเฉลี่ยเท่ากับ 148.16 กรัม/กอ ขณะที่การทดลองชุดควบคุม

มีน้ำหนักสดเฉลี่ยต่ำ โดยมีค่าเท่ากับ 124.16 กรัม/กอ ส่วนน้ำหนักแห้งพบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลวัวผสมกับลิโอนาร์โดต์ที่อัตราส่วน 1:5 มีน้ำหนักแห้งมากที่สุดเท่ากับ 35.16 กรัม/กอ ส่วนกรรมวิธีที่ใส่ลิโอนาร์โดต์ 100 เปอร์เซ็นต์ มีน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเท่ากับ 30.83 กรัม/กอ (Table 3)

Table 3 Fresh and dry flower weights of Kajeawdang at 150 days after planting

Treatment	Total fresh weight (g)	Total dry weight (g)
1. CM	144.83 ^c	34.83 ^a
2. LD	125.66 ^d	30.83 ^b
3. CM:LD = 1:1	148.00 ^{ab}	35.00 ^a
4. CM:LD = 5:1	148.16 ^a	34.83 ^a
5. CM:LD = 1:5	146.66 ^b	35.16 ^a
6. Sandy loam clay (control)	124.16 ^e	31.50 ^b
C.V. (%)	14.18	10.14

Remarks: Mean in the same column with the same letters are not significantly different by DMRT at 0.05

สำหรับการใช้ปุ๋ยมูลวัวผสมลิโอนาร์โดต์ พบว่า มีผลโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของกระเจียวแดง โดยกรรมวิธีที่ใส่มูลวัวผสมกับลิโอนาร์โดต์ในอัตราส่วน 1:1 5:1 และ 1:5 มีผลทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อกอมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 6 (ชุดควบคุม) ซึ่งสอดคล้องกับ Anuradha *et al.* (2022) ที่เมื่อนำไปใช้ปลูกขมิ้น

(Turmeric; *Curcuma longa* L.) ทำให้ได้ปริมาณสารเคอร์คูมินเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Raizada *et al.* (2018) ที่แสดงให้เห็นว่า ปุ๋ยอินทรีย์และอินทรีย์มีผลต่อการเจริญเติบโตของขมิ้น โดยส่งผลให้เกิดการเพิ่มของจำนวนใบ ความสูง จำนวนหน่อ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อกอของเหง้าขมิ้น (rhizome) และเมื่อ

ใช้ลิโอนาร์โดต์ในผักกาดฝรั่ง (Sugar Beet, *Beta vulgaris* L.) ผ่านการให้ทางใบ พบว่า มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณน้ำตาล (Lucia *et al.*, 2021) นอกจากนี้ สารชีวมีก ยังส่งผลต่อการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของมันเทศ (Akimbekov *et al.*, 2020) อีกด้วย

ผลที่มีต่อปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์

จากผลการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ในตัวอย่างของดอกกระเจียวแดงที่ได้จากการปลูกในกรรมวิธีทั้ง 6 ดอกกระเจียวที่ได้จากการปลูกในสภาพดินปลูกต่างกันให้ผลผลิตที่มีความแตกต่างกันทาง

สถิติ ($p < 0.05$) กรรมวิธีการทดลองที่ใส่ปุ๋ยมูลวัวผสมกับลิโอนาร์โดต์ อัตราส่วน 1:1 มีสารประกอบฟีนอลิกเฉลี่ยเท่ากับ 117.33 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัม ของตัวอย่าง (Table 4) และกรรมวิธีที่ใส่ลิโอนาร์โดต์ 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 110.66 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง ส่วนปริมาณสารฟลาโวนอยด์นั้น พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยมูลวัวผสมกับลิโอนาร์โดต์ อัตราส่วน 1:1 เฉลี่ยเท่ากับ 396.33 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง และกรรมวิธีชุดควบคุมเฉลี่ยเท่ากับ 325.33 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง (Table 4)

Table 4 Total phenolic and flavonoid contents from flowers of Kajeawdang in the difference treatments at 150 days after planting

Treatment	Total Phenolic (mg GAE/g of extract)	Total Flavonoid (mg Catechin/g of extract)
1. CM	115.30 ^b	360.66 ^{bc}
2. LD	110.66 ^c	354.66 ^{bc}
3. CM:LD = 1:1	117.33 ^a	396.33 ^a
4. CM:LD = 5:1	114.73 ^b	370.66 ^b
5. CM:LD = 1:5	111.66 ^c	347.33 ^c
6. Sandy loam clay (control)	111.00 ^c	325.33 ^d
C.V. (%)	4.15	11.45

Remarks: Mean in the same column with the same letters are not significantly different by DMRT at 0.05

การศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์ในดอกกระเจียวแดง พบว่าการปลูกกระเจียวด้วยวัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกันส่งผลให้มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่แตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) คือ กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยมูลวัวผสมลิโอนาร์โดต์อัตราส่วน 1:1 มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและสารประกอบฟลาโวนอยด์สูงสุดซึ่งเป็นสัดส่วนที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช และกระบวนการชีวสังเคราะห์สารฟีนอลิกของพืช สอดคล้องกับผลงานของนักวิจัยท่านอื่น ๆ ที่พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic content; TPC) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ทั้งหมด (total flavonoid content; TFC)

และฤทธิ์การต้านออกซิเดชัน (antioxidant activity; AOA) ของข้าวสาลี (Ma *et al.*, 2014) นอกจากนี้ยังพบว่าการเพิ่มไนโตรเจนมีผลต่อการเพิ่มปริมาณฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ในหัวหอมของเวลส์ (Welsh onion; *Allium fistulosum*) (Zhao *et al.*, 2021) และมีผลต่อปริมาณกรดแควเฟอิก (caffeic acid) ที่เพิ่มขึ้นในโหระพา (*Ocimum basilicum* L.) (Nguyen and Niemeyer, 2008) โดยปริมาณสารเมแทบอลิต์ทุติยภูมิที่พืชสร้างขึ้นนอกจากจะขึ้นอยู่กับสารอาหารที่พืชได้รับแล้วยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีก ได้แก่ สายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยว สภาพแวดล้อม สภาพการปลูกและความเครียดที่เกิดจากแมลง อุณหภูมิ โอโซนและระดับความสูงจากระดับน้ำทะเล (Alamgir, 2018) แต่ปัจจัยที่มีบทบาทสำคัญต่อการเพิ่มของสารประกอบ

ทุติยภูมิที่สุดคือปุ๋ยไนโตรเจนและไนโตรเจนที่มีอยู่ในพืช โดยทั่วไปแล้วปุ๋ยที่มีไนโตรเจนในระดับสูงมีแนวโน้มในการเพิ่มอัตราการสังเคราะห์แสง (photosynthesis) ชีวสังเคราะห์ของสารฟีนอลิก (Amarowicz *et al.*, 2020) ส่งผลให้เกิดการเพิ่มขึ้นของสารชีวมวล (Ravazzolo *et al.*, 2020) ส่วนลีโอเนาร์โดต์เป็นอินทรีย์วัตถุเหลือใช้จากการทำเหมืองถ่านหิน มีองค์ประกอบที่เป็นประโยชน์ต่อการเกษตรค่อนข้างมาก ปัจจุบันนิยมนำมาประยุกต์ใช้เป็นสารปรับปรุงดินและฟื้นฟูพื้นที่ทางการเกษตร เนื่องจากลีโอเนาร์โดต์มีสารประกอบของฮิวมัส (Humus) หรือสารฮิวมิก (Humic substances; HS) เป็นองค์ประกอบประมาณ 30-80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งประกอบไปด้วยกรดฟุลวิก (Fulvic acid; FA) กรดฮิวมิก (Humic acid; HA) และฮิวมิน (Humins) เป็นต้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ Arif *et al.* (2013) พบว่าลีโอเนาร์โดต์ช่วยเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ในดิน ช่วยปรับปรุงสมบัติของดินและช่วยเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศได้ เมื่อพืชได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอและสามารถกักเก็บธาตุอาหารไว้แล้ว ดูดไปใช้ทีละน้อยจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้ดี มีกระบวนการที่สามารถสร้างสารทุติยภูมิได้อย่างเต็มที่ โดยเฉพาะสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์พบในพืชที่มีสีแดงหรือสีม่วง ดังนั้นในดอกกระเจียวแดงที่มีสีแดงแสดงว่ามีสารประกอบเหล่านี้ในปริมาณมาก

สรุปผลการวิจัย

อิทธิพลของมูลวัวและลีโอเนาร์โดต์ต่อการเจริญเติบโตในกระเจียวแดงมีความแตกต่างกัน คือ กรรมวิธีที่ใส่มูลวัวผสมกับลีโอเนาร์โดต์ในอัตราส่วน 1:1 5:1 และ 1:5 มีผลทำให้การแตกกอ ความสูง ความยาวใบ ความกว้างใบ จำนวนใบ น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งต่อกอมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกรรมวิธีชุดควบคุม (ดินร่วนปนทราย) ส่วนปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่ากรรมวิธีที่ใส่มูลวัวผสมกับลีโอเนาร์โดต์อัตราส่วน 1:1 มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 117.33 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง ปริมาณฟลาโวนอยด์เท่ากับ 396.33 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง ส่วนกรรมวิธีที่ใส่ลีโอเนาร์โดต์ 100 เปอร์เซ็นต์ จะไม่แตกต่างจากชุดควบคุม เฉลี่ยเท่ากับ 110.66 และ 111.00 มิลลิกรัมของกรดแกลลิกต่อน้ำหนักแห้ง 1 กรัมของตัวอย่าง ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์กรรมวิธีชุดควบคุม (ดินร่วนปนทราย) มีค่าน้อยที่สุดเฉลี่ย

เท่ากับ 325.33 มิลลิกรัมของคาเทชินต่อน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง จึงสรุปได้ว่า มูลวัวผสมกับลีโอเนาร์โดต์ ที่อัตรา 1:1 มีความเหมาะสมที่สุดต่อการเจริญเติบโตและการให้ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและสารฟลาโวนอยด์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเกษตรได้

เอกสารอ้างอิง

- Akimbekov, N., X. Qiao, I. Digel, G. Abdieva, P. Ualieva and A. Zhubanova. 2020. The effect of leonardite-derived amendments on soil microbiome structure and potato yield. *Agriculture* 10: 147. Available: doi: 10.3390/agriculture10050147.
- Akinremi, O.O., H.H. Janzen, R.L. Lemke and F.J. Larney. 2000. Response of canola, wheat and green beans to leonardite additions. *Can. Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 80(3): 437-443.
- Alamgir, A.N.M. 2018. *Therapeutic use of Medicinal plants and their extracts: volume 2*. Springer, New York.
- Amarowicz, R., B. Cwalina-Ambroziak, M.A. Janiak and B. Bogucka. 2020. Effect of N fertilization on the content of phenolic compounds in Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tubers and their antioxidant capacity. *Agronomy* 10: 1215.
- Anuradha, U.B., S.S. Patil, A.R. Kurubar, G. Ramesh and S. Hiregoudar. 2022. Influence of organic and inorganic fertilizers on growth, yield and quality of turmeric (*Curcuma longa* L.) cv. Salem. *Biological Forum* 14(3): 1218-1221.
- Arif, S., K. Tahsin and M. Tonguc. 2013. Effects of leonardite applications on yield and some quality parameters of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) *Turk. Plant Biotechnology Journal* 18(1): 20-26.
- Ausavasukhi, A., C. Kamposoen and O. Kengnok. 2016. Adsorption characteristics of Congo

- red on carbonized leonardite. Journal of Cleaner Production 143(50): 6-514.
- Azawanida, N.N. 2015. A Review on the Extraction Methods Use in Medicinal Plants, Principle, Strength and Limitation. Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants 4(3): 1-6.
- Bhatla, C.S. 2018. Secondary metabolites: in Plant Physiology, Development and Metabolism, Springer Nature Singapore Pte Ltd. Gateway East, Singapore.
- Chan, K.Y., A. Bowman and A. Oates. 2001. Oxidizable organic carbon fractions and soil quality changes in an oxic paleustalf under different pasture leys. Soil Science 166(1): 61-67.
- Chen, Y., C.E. Clapp and H. Magen. 2004. Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 50(7): 1089-1095.
- Kolodziej, B., D. Sugier and E. Bielinska. 2013. The effect of leonardite application and various plantation modalities on yielding and quality of roseroot (*Rhodiola rosea* L.) and soil enzymatic activity. Journal of Geochemical Exploration 129: 64-69.
- Krup, V., L.H. Prakash and A. Harini. 2013. Pharmacological activities of Turmeric (*Curcuma longa* L.). Journal of Ayurveda Medical Sciences 2(2): 2-4.
- Lucia, M., C. Bertoldo, B. Della, M. Giovanni, S. Chiara, F. Ravi, L. Marinello, G. Sartori, A. Marsilio, A. Baglieri, M. Romano, M. Colombo, C. Francesco, C. Giovanni, G. Concheri, A. Squartini and P. Stevanato. 2021. Novel effects of leonardite-based applications on sugar beet. Frontiers in Plant Science Available: doi: 10.3389/fpls.2021.646025.
- Ma, D., S. Dexiang, L.W. Yaoguang, X.Y. Chenyang and T. Guo. 2014. Effect of nitrogen fertilization and irrigation on phenolic content, phenolic acid composition, and antioxidant activity of winter wheat grain. Journal of the Science of Food and Agriculture 95: 1039-1046.
- Nguyen, P. and E.D. Niemeyer. 2008. Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of Basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry 56: 8685-8691.
- Pertuit, A.J., J.B. Jerry, J. Dudley and J.E. Toler. 2001. Leonardite and fertilizer levels influence tomato seedling growth. Journal of Horticultural Sciences 5: 913-915.
- Pochadom, S., S. Khaokaew, P. Sooksamiti, K. Jutamanee and G. Landrot. 2013. Chemical characterizations of leonardite from lignite mine for agricultural applications. Proceedings of 51st Kasetsart University Annual Conference: Science, Natural Resources and Environment. Kasetsart University, Bangkok. pp. 243-249.
- Raizada, S., A. Kumar, N.K. Kumar and P. Kumar. 2018. Effect of organic and inorganic nutrient on growth, yield and profitability of turmeric (*Curcuma longa* L.). J. Pharmacogn. Phytochem SP1: 3096-3098.
- Ratanaprommanee, C., K. Chinachanta and F. Chaiwan. 2017. Chemical characterization of leonardite and its potential use as a soil conditioner for plant growth enhancement. Asia Pac. Plant Biotechnology Journal 22(4): available: <https://www.tci-thaijo.org/index.php/index>.
- Ravazzolo, L., S. Trevisan, C. Forestan, S. Varotto, S. Sut, S. Dall'Acqua, M. Malagoli and S. Quaggiotti. 2020. Nitrate and ammonium affect the overall maize response to nitrogen

- availability by triggering specific and common transcriptional signatures in roots. International Journal of Molecular Sciences. 21(2): 868. Available: doi.10.3390/ijms21020686.
- Srichamroen, A. 2017. Extractions of *Curuma sessilis* Gage and its Antioxidant Determinations Compare between before and after in vitro Simulated Digestion. KKU Science Journal 45(4): 844-857.
- Sugier, D., B. Kolodziej and E. Bielinska. 2013. The effect of leonardite application on *Arnica montana* L. yielding and chosen chemical properties and enzymatic activity of the soil. Journal of Geochemical Exploration 129: 76-81.
- Wongwattanasathien, O., K. Kangsdahlampai and L. Tongyonk. 2010. Antimutagenicity of some flowers grown in Thailand. Food and Chemical Toxicology 48: 1045-1051.
- Zhao, C., C. Wang, S. Zhongjian, L. Rongzong, X. Sun, L. Borrás-Hidalgo, W.K. Orlando, Y.Q. Jianlin and L. Zhao. 2021. Effect of nitrogen application on phytochemical component levels and anticancer and antioxidant activities of *Allium fistulosum*. Peer J. 9: e11706. Available: DOI 10.7717/peerj.11706.
- Zhishen, J., T. Mengcheng and W. Jianming. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry 64: 555-559.

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 ที่อยู่ควรเป็นที่อยู่ติดต่อได้ทางไปรษณีย์ รวบรวมรหัสไปรษณีย์ด้วย 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 โดยวางในตำแหน่งขีดด้านซ้ายของหน้ากระดาษ (บทความประมวลความรู้เชิงวิเคราะห์ หรือบทความปริทัศน์ ไม่ต้องมีบทคัดย่อ)
 - 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 หน่วยในตารางให้ใช้ตัวย่อในระบบเมตริก ส่วนวิจารณ์ผล ให้แสดงความคิดเห็นของผลการศึกษาโดยเชื่อมโยงกับสมมติฐานหรืออ้างอิงที่เชื่อถือได้ โดยไม่ต้องแยกเป็นอีกหัวข้อ
 - 2.8 **สรุปผลการวิจัย (Conclusion)** สรุปผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่
3. **กิตติกรรมประกาศ**
อาจมีหรือไม่ก็ได้ เป็นการแสดงความขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการวิจัย เช่น แหล่งทุน แต่ไม่ได้มีชื่อร่วมวิจัย
4. **เอกสารอ้างอิง**
 - 4.1 ในเนื้อหา ระบบที่ใช้อ้างอิงคือ ระบบชื่อและปี (Name-and-year System) ในเอกสารภาษาไทยใช้ชื่อตัวและปี 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) แต่ในส่วนบัญชีเอกสารอ้างอิงท้ายบทความ ให้ใช้ชื่อผู้เขียนเต็มทุกคน
- 4.2 ในบัญชีเอกสารอ้างอิงให้เรียงลำดับเอกสารภาษาไทยก่อนภาษาอังกฤษโดยเรียงลำดับชื่อตามตัวอักษรในแต่ละภาษา ตามรูปแบบการเขียนดังนี้
 - 4.2.1 วารสาร (Standard Journal)

แสงทอง พงษ์เจริญกิจ จันทรเพ็ญ สระระ ธีรณัฐ เจริญกิจ และฉันทนา วิชรรัตน์. 2559. การศึกษาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลำไยด้วยเทคนิคดีอาร์เอฟพีดี. วารสารเกษตร 32(1): 1-8.

Shternshi, M., O. Tomilova, T. Shpatova and K. Soyong. 2005. Evaluation of ketomium-mycofungicide on siberian isolates of phytopathogenic Fungi. Journal of Agricultural Technology 1(2): 247-253.
 - 4.2.2 หนังสือ หรือตำรา (Books/ Textbook) ไม่ต้องระบุจำนวนหน้า

จักรพงษ์ พิมพ์พิมล. 2555. การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวผลลำไยสดเชิงการค้า. ดอกคิวนันทาริ 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 เรื่องย่อในหนังสือหรือตำราที่มีผู้เขียนแยกบทและมีบรรณาธิการ (Section in Books with Editors)

สมชาย องค์ประเสริฐ. 2543. การให้น้ำลำไย. น. 44-49. ใน: นพดล จรัสสัมฤทธิ์ พาวิน มะโนชัย นพณิ โปญญานนท์ ธีรณัฐ 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. การศึกษาหาดัชนีการเก็บเกี่ยวลำไยพันธุ์ดอโนในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ โดยใช้อายุผลและปริมาณความร้อนสะสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

Chanrachit, 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 อนุวัชกุล ปิยศักดิ์ คงวิริยะกุล และสมบัติ พนเจริญสวัสดิ์. 2550. ผลของการเสริมดอกปีปในอาหารสุกรขุนต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพซาก. 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 International Symposium on SEASTAR 2000 and Asian Bio-Logging Science, Kyoto. pp. 17-22.

4.2.6 สื่ออิเล็กทรอนิกส์ (Internet)

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2561. การปลูกผักแบบไม่ใช้ดิน (ไฮโดรโปนิคส์). แหล่งข้อมูล <http://www.servicelink.doae.go.th/corner%20book/book%2005/Hydroponic.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

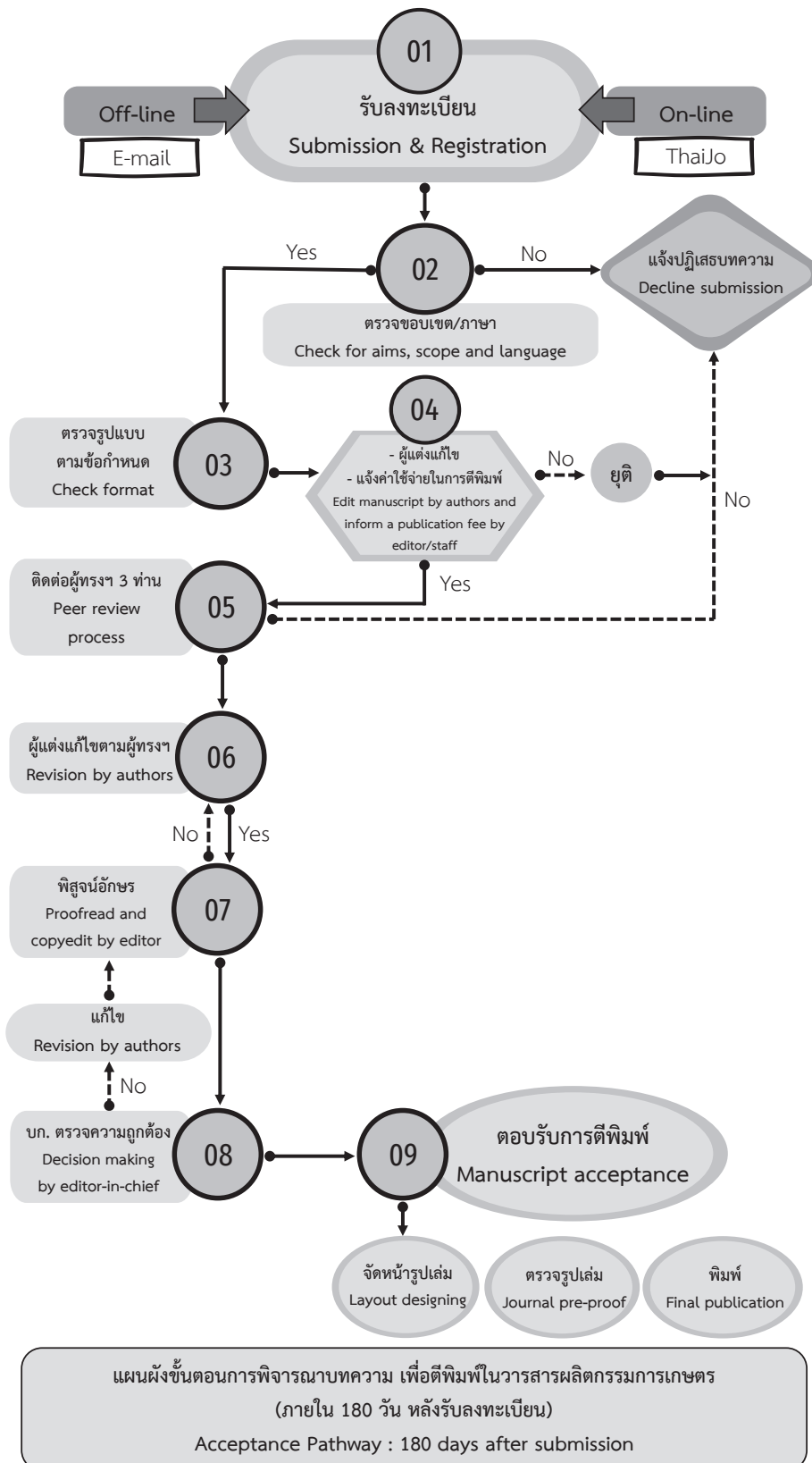
ตัวอย่างรูปแบบและคำแนะนำศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ www.jap.mju.ac.th

การส่งบทความ

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

การตรวจแก้ไขและการยอมรับการตีพิมพ์

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



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. Soyong. 2005. Evaluation of ketomium-mycofungicide on Siberian isolates of phytopathogenic fungi. *Journal of Agricultural Technology* 1(2): 247-253.

Books/ Textbook:

Steel, R.G.D., J.H. Torrie, and D.A. Dickie. 1997. *Principal and procedures of ataticabiometric approach*. 3rd Edition. 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 International 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 |

The bottom of the page features a series of overlapping, wavy, light gray lines that create a sense of movement and depth, resembling a stylized landscape or water waves.

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