



มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น)

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY
Science and Technology (for Local Development)

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2565
Vol. 17 No. 2 July-December 2022

ISSN 1686 4409 (Print) ISSN 2651 1207 (Online)



มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น)

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY
Science and Technology (for Local Development)

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม 2565
Vol. 17 No. 2 July-December 2022

ISSN 1686 4409 (Print) ISSN 2651 1207 (Online)

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น)

ISSN 1686 4409 (Print)

ปีที่ 17 ฉบับที่ 2 (กรกฎาคม-ธันวาคม 2565)

ISSN 2651 1207 (Online)

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000

โทรศัพท์ 0 5541 6601-20 ต่อ 1642, +66 5541 6601-20

กำหนดการพิมพ์

วารสารราย 6 เดือน (2 ฉบับ/ปี)

ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน

ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

ฉบับ (พิเศษ) อาจมีการตีพิมพ์เป็นกรณีพิเศษ

วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิชาการ บทความวิจัย และผลงานวิจัยที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นำไปแก้ไขปัญหาและพัฒนาเชิงพื้นที่ทั้งในระดับประเทศ, กลุ่มจังหวัด, จังหวัด, ตำบล, หมู่บ้าน หรือชุมชนของนักวิชาการและบุคคลทั่วไป ส่งเสริมให้นักวิชาการในหน่วยงานราชการหรืออาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้เสนอผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ พิทยาพงษ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

บรรณาธิการผู้พิมพ์และโฆษณา

ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

- | | |
|---|----------------------------|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภัตตรา ดันติงริยาพันธ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 2. อาจารย์ ดร.เกรวิ์ รั้งสีสุทธาภรณ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 3. อาจารย์รัฐพล ทองแดง | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |

กองบรรณาธิการ

- | | |
|--|--|
| 1. ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร.อนุรักษ์ ปัญญาวัฒน์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 2. ศาสตราจารย์ ดร.นคร ทิพย์วงศ์ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 3. ศาสตราจารย์ ดร.เสมอ ถาเนอ | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.วารินทร์ แก้วอุไร | มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.สุรัชย์ กังวล | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.อัมพวัน จุลเสวีวงศ์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 8. รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เนียมนาค | มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร |
| 9. รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาภรณ์ สุตหนองบัว | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนตรี สังข์ทอง | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาณุวัฒน์ ภักดิ์อักษร | มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานุรักษ์ ศุภศิริพงษ์ชัย | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หฤทัย ไทยสุชาติ | มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง |

- | | |
|--|----------------------------|
| 14. อาจารย์ ดร.ภคมน ปินตานา | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชัย ใจกล้า | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาศิริ เขตปิยรัตน์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วชิ ปัญญาโส | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พงษ์ศักดิ์ อันมอย | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิวัตม์ กมลคุณานนท์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยวรรณ ปาลาศ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |

คณะทำงาน

นางสาวสนาหนู รักสังจา

ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินบทความ

- | | |
|---|--|
| 1. รองศาสตราจารย์ ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์ | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 2. รองศาสตราจารย์ ดร.จินตนา อมรสงวนสิน | สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ |
| 3. รองศาสตราจารย์ ดร.จรัณธร บุญญาภาพ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 4. รองศาสตราจารย์ ดร.ภณ วิระนิเวศ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 5. รองศาสตราจารย์ ดร.ประพิศารีย์ ธนาภิรักษ์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 6. รองศาสตราจารย์ ดร.รุ่งฉัตร ชมภูอินท | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 7. รองศาสตราจารย์ ดร.สุภาวดี แหยมคง | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| 8. รองศาสตราจารย์ พรพรรณ ชินณพงษ์ | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| 9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชรพงษ์ วาระรัมย์ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 10. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรัตน์ บัวเลิศ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 11. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิมลนันท์ กันเกตุ | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติจังหวัดสกลนคร |
| 12. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ จำรูญ | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 13. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พนิดา รตนปิติกกรม | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ |
| 14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูล แก้วหอม | มหาวิทยาลัยบูรพา |
| 15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิสิษฐ์ มณีโชติ | วิทยาเขตสระแก้ว |
| 16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตร อดุ้ย | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา เครือหงษ์ | มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 18. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไวพจน์ กันจู | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 19. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โณนารัก สุรินทร์ตะ | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม |
| 20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สราวุธ พลวงษ์ศรี | มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัชร วงศ์ปัญญา | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิญญูพล ทักแก้ว | มหาวิทยาลัยพะเยา |
| 23. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กุลทรัพย์ ผ่องศรีสุข | มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี |
| 24. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติพนธ์ ศรีสวัสดิ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| 25. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรวดี สอนสารี | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม |
| 26. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ โชติเกษมณรงค์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ |
| 27. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณพงศ์ นพเกตุ | สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ |
| 28. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรทิพพา ปัญญาพงษ์ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 29. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิริวัดี พรหมน้อย | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |
| 30. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัทมทิพย์ ถนอมพงษ์ชาติ | มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ |

หมายเหตุ : ทุกบทความที่ตีพิมพ์ได้ผ่านการประเมินบทความจากผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

Owner

Uttaradit Rajabhat University
27 Injaime Rd. Ta-it Sub-district, Muang District, Uttaradit Province, 53000
Telephone 0 5541 6601-20 ext. 1642, +66 5541 6601-20

Publishing Schedule

Six monthly (2 issues/year)
1st issue January–June
2nd issue July–December
N.B. 3rd issue would be published on special occasion

Objectives

Journal of Uttaradit Rajabhat University is a journal that publishes academic articles, research articles and review articles. Published papers are focus on state of science and technology which base on area problems and spatial development for areas of national level, provincial groups level, provincial level, sub-districts level, villages or communities level and academics level. The authors may include researchers from government agencies and academies for presenting academic works to the public.

Advisors

President of Uttaradit Rajabhat University
Vice President of Uttaradit Rajabhat University

Editor

Assoc. Prof. Dr. Jakkrite Pinyaphong Uttaradit Rajabhat University

Publishing Editor

Director of Research and Development Institute Uttaradit Rajabhat University

Assistant Editors

1. Assist. Prof. Dr. Supattra Tantijariyapan Uttaradit Rajabhat University
2. Dr. Keowalee Rangsisuttaporn Uttaradit Rajabhat University
3. Rathapol Thongtaeng Uttaradit Rajabhat University

Editorial Staffs

1. Emeritus Prof. Dr. Anurak Panyanuwat
Chiang Mai University
2. Prof. Dr. Nakorn Tippayawong
Chiang Mai University
3. Prof. Dr. Samur Thanoi
University of Phayao
4. Assoc. Prof. Dr. Avorn Opatpatanakit
Chiang Mai University
5. Assoc. Prof. Dr. Wareerat Kaewurai
Naresuan University
6. Assoc. Prof. Dr. Surachai Kungwon
Maejo University
7. Assoc. Prof. Dr. Amphawan Julsereewong
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
8. Assoc. Prof. Dr. Pairoj Neamnak
Kamphaeng Phet Rajabhat University
9. Assoc. Prof. Dr. Supaporn Sudnongbua
Naresuan University
10. Assist. Prof. Dr. Montri Songthong
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi
11. Assist. Prof. Dr. Panuwat Phakdee-auksorn
Prince of Songkla University
12. Assist. Prof. Dr. Noppanun Supasiripongchai
University of Phayao
13. Assist. Prof. Dr. Haruthai Thaisuchat
Lampang Rajabhat University

14. Dr. Pakamon Pintana
Maejo University
15. Assist. Prof. Dr. Pichai Chaikla
Uttaradit Rajabhat University
16. Assist. Prof. Dr. Pasiri Khetpiyarat
Uttaradit Rajabhat University
17. Assist. Prof. Dr. Vajee Panyasai
Uttaradit Rajabhat University
18. Assist. Prof. Dr. Pongsak Onmoy
Uttaradit Rajabhat University
19. Assist. Prof. Siwat Kamonkunanon
Uttaradit Rajabhat University
20. Assist. Prof. Piyawan Palas
Uttaradit Rajabhat University

Journal Producer Staff

Miss Thananuch Raksatja

Peer Reviewers

1. Assoc. Prof. Dr. Tanes Tanitteerapa King Mongkut's University
of Technology Thonburi
2. Assoc. Prof. Dr. Jintana Amonsanguansin National Institute of
Development Administration
3. Assoc. Prof. Dr. Charuntorn Boonyanuphap Naresuan University
4. Assoc. Prof. Dr. Pon Vajiranivesa Naresuan University
5. Assoc. Prof. Dr. Prapita Thanarak Naresuan University
6. Assoc. Prof. Dr. Rungchat Chompu-inwai Chiang Mai University
7. Assoc. Prof. Dr. Suphawadee Yaemkong Pibulsongkram Rajabhat University
8. Assoc. Prof. Pompan Chinnapong King Mongkut's Institute of
Technology Ladkrabang
9. Assist. Prof. Dr. Watcharapong Wararam Kasetsart University
10. Assist. Prof. Dr. Surat Bualert Kasetsart University
11. Assist. Prof. Dr. Wimolnan Kanket Kasetsart University
Chalermphrakiat
Sakon Nakhon Province Campus
12. Assist. Prof. Dr. Chakkapong Chamoom Chiang Mai University
13. Assist. Prof. Dr. Panida Rattanapitigorn Chiang Mai University
14. Assist. Prof. Dr. Paitoon Kaewhom Burapha University
Sa Kaeo Campus
15. Assist. Prof. Dr. Pisit Maneecho Naresuan University
16. Assist. Prof. Dr. Vijitr Udeye Naresuan University
17. Assist. Prof. Dr. Sunya Khruahong Naresuan University
18. Assist. Prof. Dr. Vaiphot Kanjoo Naresuan University
19. Assist. Prof. Dr. Olarik Surinta Mahasarakham University
20. Assist. Prof. Dr. Sarawut Polvongsri Maejo University
21. Assist. Prof. Dr. Watchara Wongpanyo University of Phayao
22. Assist. Prof. Dr. Wichaphon Fakkeaw University of Phayao
23. Assist. Prof. Dr. Kunlasap Phongsrisuk Rajamangala University of
Technology Lanna Changmai
24. Assist. Prof. Dr. Chutiphon Srisawat Pibulsongkram Rajabhat University
25. Assist. Prof. Dr. Sorawit Sonsaree Pibulsongkram Rajabhat University
26. Assist. Prof. Dr. Kittisak Chotikadachanarong Chiang Mai Rajabhat University
27. Assist. Prof. Dr. Napong Nophaket National Institute of
Development Administration
28. Assist. Prof. Dr. Porntippa Pinyaphong Uttaradit Rajabhat University
29. Assist. Prof. Dr. Siriwadee Phromnoi Uttaradit Rajabhat University
30. Assist. Prof. Dr. Patipat Thanompongchart Uttaradit Rajabhat University

N.B. : Each published article was reviewed by 3 scholars

บทบรรณาธิการ

สวัสดีผู้อ่านทุกท่าน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น) ฉบับนี้ เป็นฉบับที่ 2 ของปีที่ 17 ประจำปี 2565 ซึ่งในฉบับนี้ยังคงมีบทความวิจัยที่หลากหลาย ซึ่งงานวิจัยดังกล่าวล้วนเป็นงานวิจัยเชิงพื้นที่ที่สามารถนำผลการวิจัยไปเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาในพื้นที่ที่มีบริบทใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำวิจัย เพื่อเป็นการต่อยอดขยายผลการวิจัย ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของวารสารฯ นี้

ฉบับนี้มีบทความที่หลากหลายจากหลายพื้นที่จำนวน 10 เรื่อง ได้แก่ งานวิจัยเรื่องการใช้ประโยชน์หนองแมลงวันลายเพื่อเป็นอาหารไก่ไข่ของเกษตรกรบ้านโนนศาลา จังหวัดสกลนคร, การออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสาน กรณีศึกษา การผลิตเห็ดหูหนูดำอบแห้งของเกษตรกร อำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่, การออกแบบและทดสอบเครื่องผสมข้าวแฉนวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอบ, การศึกษาศักยภาพโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดแก้วของหมู่บ้านปงไคร้ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่, การกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังในอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี, การศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินจากการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ตำบลทิววัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี, แอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อเพิ่มศักยภาพของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี, การใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนเพื่อสร้างสถานการณ์จำลองในการพัฒนาที่อยู่อาศัยชุมชนผู้มีรายได้ต่ำในเมือง เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร, ผลของอุณหภูมิในการอบต่อคุณค่าทางโภชนาการและลักษณะทางกายภาพของกากมันหมู และการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์

วารสารฯ ต้องขอขอบคุณ ผู้วิจัย และทีมงาน ที่ได้ผลิตผลงานวิจัยมาแลกเปลี่ยน และแบ่งปันองค์ความรู้ให้กับวงการวิชาการ ทางวารสารฯ หวังว่าคงได้รับการสนับสนุนจากนักวิจัยที่ส่งผลงานดี ๆ มาเผยแพร่ต่อไปในอนาคต

แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้าครับ

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ พิญญาพงษ์

บรรณาธิการ

สารบัญ

บทความวิจัย

- การใช้ประโยชน์หนอนแมลงวันลายเพื่อเป็นอาหารไก่ไข่ของเกษตรกร
บ้านโนนศาลา จังหวัดสกลนคร
กานดา ล้อแก้วมณี และ สมควร โพธารินทร์ 01
- การออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสาน กรณีศึกษา
การผลิตเห็ดหูหนูดำอบแห้งของเกษตรกร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
พิบูลย์ ลีคำ, ปริญ คงกระพันธ์ และ หยาตฝน ทนงการกิจ 19
- การออกแบบและทดสอบเครื่องผสมข้าวแวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอน
อำนาจ ตงดีบ และ พงษ์ธร วิจิตรกุล 37
- การศึกษาศักยภาพโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้
ในขวดแก้วของหมู่บ้านปางไคร้ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่
สรารุช พลวงษ์ศรี และ สุลักษณ์า มงคล 55
- การกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง
ในอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี
ภาณุพงศ์ พรหมมาร์ตน์ และ ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช 73
- การศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินจากการเพาะปลูกข้าว
ในพื้นที่ตำบลทิววัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี
ณัฐฉิณห์ คล้ายขุ่ม, ปิยนุช ใจแก้ว, เสฏฐา ศาสสนันท์ และ ณภัทร โพธิ์วัน 91

- แอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม เพื่อเพิ่มศักยภาพของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี
 ปิยภัทร โกษาพันธุ์, ศิริภิญญา อาสา และ ภัทรระ เกิดอินทร์ 113
- การใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนเพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง ในการพัฒนาที่อยู่อาศัย ชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเมือง เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร
 มณฑล จันทน์แจ่มใส 133
- ผลของอุณหภูมิในการอบต่อคุณค่าทางโภชนาการและลักษณะทางกายภาพ ของกากมันหมู
 ณัฐพงศ์ เจนวิพากษ์ และ บุญยศ คำจิแจ่ม 155
- การพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์
 เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์, ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ์ และ สุชาติ เขียวนอก 167

การใช้ประโยชน์หนอนแมลงวันลายเพื่อเป็นอาหารไก่ไข่
ของเกษตรกรบ้านโนนศาลา จังหวัดสกลนคร
UTILIZATION OF BLACK SOLDIER FLY LARVAE
FOR LAYER CHICKEN DIETS OF FARMERS IN BAN NON SALA,
SAKON NAKHON PROVINCE

วันที่รับ: 2 มีนาคม 2565

วันที่แก้ไข: 26 เมษายน 2565

วันที่ตอบรับ: 6 พฤษภาคม 2565

กานดา ล้อแก้วมณี^{1*} และ สมควร โพธารินทร์²

Kanda Lokaewmanee^{1*} and Somkuan Photharin²

¹คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

¹Faculty of Natural Resources and Agro-Industry,

Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus,

Sakon Nakhon, 47000

²คณะวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร 47000

²Faculty of Science and Engineering,

Kasetsart University Chalermphrakiat Sakon Nakhon Province Campus,

Sakon Nakhon, 47000

*Corresponding author e-mail: csnkdp@ku.ac.th



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้หนอนแมลงวันลายเพื่อเป็นอาหารไก่ไข่ ใช้ไก่ไข่อายุ 34-46 สัปดาห์ จำนวน 30 ตัว สุ่มไก่ไข่ออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ตัว กลุ่มละ 1 ตัว ไก่ไข่กลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ได้รับอาหารที่มีอัตราส่วนของอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายต่ออาหารไก่ไข่สำเร็จรูป เท่ากับ 0:100, 30:70, 60:40, 90:10 และ 100:0 ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีผลผลิตไข่เฉลี่ยและมวลไข่สูงที่สุด ($p < 0.01$) กลุ่มทดลองที่ 3 และ 5 มีปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล สูงที่สุด ($p < 0.05$) ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 5 มีค่าต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล สูงที่สุด ($p < 0.05$) กลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าความแข็งเปลือกไข่สูงที่สุด ($p < 0.01$) กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความหนาเปลือกไข่สูงที่สุด ($p < 0.05$) กลุ่มทดลองที่ 3, 4 และ 5

มีค่าต้นทุนค่าอาหารสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีค่ารายได้สุทธิสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) สรุปได้ว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมของอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายต่ออาหารไก่ไข่สำเร็จรูป เท่ากับ 30:70 ส่งผลช่วยเพิ่มรายได้สุทธิ ผลการศึกษานำไปสู่การส่งเสริมให้เกษตรกรที่สนใจในหมู่บ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนการใช้อาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่สามารถช่วยเกษตรกรลดค่าใช้จ่ายในการซื้ออาหารไก่ไข่สำเร็จรูปได้

คำสำคัญ: ไก่ไข่, หนอนแมลงวันลาย, สมรรถภาพการผลิต, คุณภาพไข่, รายได้สุทธิ



Abstract

The objective of this study was to determine the utilization of black soldier fly larvae for laying chicken diets. Thirty 34 to 46 week-old laying hens were randomly divided into 5 treatment groups. Each group consisted of six replicates of one bird. The dietary treatments were given to the groups of 1, 2, 3, 4 and 5 with the mixed ratios of the feed containing the black soldier fly larvae and the regular chicken feed at 0:100, 30:70, 60:40, 90:100 and 100:0, respectively. The results showed that treatment groups 1 and 2 had significantly increase in hen-day production and egg mass ($p < 0.01$). The treatment groups 3 and 5 had highest feed intake per dozen eggs ($p < 0.01$), whereas the treatment 5 had highest feed cost per dozen eggs ($p < 0.05$). The treatment groups 1, 2, 3 and 4 had highest shell breaking strength ($p < 0.01$), whereas the treatment groups 1 and 2 had highest shell thickness ($p < 0.05$). The treatment groups 3, 4 and 5 had higher feed cost than that of the groups 1 and 2 ($p < 0.01$), whereas the groups 1 and 2 had highest net income ($p < 0.01$). It was concluded that the optimum mixed ratio of feed containing black soldier fly larvae and regular layer chicken diet was 30:70 as it resulted in an increase in net income. The findings of the study led to the promotion among the farmers in the village of Non Sala, Chiang Kruea Sub-district, Mueang District, Sakon Nakhon Province to feed layer hens with mixture of commercial chicken diets and black soldier

fly larvae which could reduce the expense for purchasing only the commercial chicken feed.

Keywords: Layer Chicken, Black Soldier Fly Larvae, Production Performance, Egg Quality, Net Income



บทนำ

หนอนแมลงวันลาย (Black soldier fly) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hermetia illucens* จัดอยู่ในวงศ์ Stratiomyidae อันดับ Diptera ตัวเต็มวัยมีลักษณะภายนอกคล้ายตัวต่อ ลำตัวมีสีดำ ที่ปลายขาทุกคู่มีสีขาเห็นชัดเจน ปีกมีสีน้ำตาลหรือทองแดงเมื่อสะท้อนแสง ด้านหลังของท้องปล้องแรกมีแต้มกลมสีขาวใส 2 แต้ม ส่วนท้องด้านล่างเป็นแถบ เพศเมียมีปลายท้องใหญ่ยาวเรียวยาวสีดำ มองเห็นอวัยวะวางไข่ได้ชัดเจน เพศผู้ปลายท้องยาวเรียวยาวและมีรอยเว้าลึกลงไปมีสีน้ำตาลหรือทองแดง แมลงวันชนิดนี้ผสมพันธุ์โดยเพศผู้ค้นหาเพศเมียที่เกาะตามที่ต่าง ๆ แล้วจึงผสมพันธุ์กันบนพื้นโดยหันปลายท้องเข้าหากันหรือผสมพันธุ์กันอย่างรวดเร็วระหว่างบิน เพศเมียวางไข่เป็นกลุ่มบริเวณที่แห้งตามรอยแยกของวัสดุใกล้แหล่งอาหาร (Tomberlin & Sheppard, 2001) หนอนแมลงวันลายวางไข่ได้ประมาณ 323–639 ฟอง สามารถพบได้ทั่วไปในสภาพภูมิอากาศเขตร้อนและเขตอบอุ่น เป็นแมลงไม่นำโรคและไม่ใช่ศัตรูพืช สำหรับตัวหนอนแมลงวันลายจะกินซากและย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ซึ่งสามารถย่อยได้เร็วกว่าไส้เดือนดินถึง 5 เท่า (อานัฐ ตันโช, 2561, อ้างถึงใน อุทยานหลวงราชพฤกษ์, 2563) วงจรชีวิตหนอนแมลงวันลายพบว่ามี 4 ระยะ ได้แก่ ระยะหนอน อายุ 19–23 วัน ระยะก่อนเข้าดักแด้ อายุ 14–19 วัน ระยะดักแด้ 11–16 วัน และระยะเต็มวัย เพศผู้และเพศเมียอายุ 5–6 วัน เนื่องจากหนอนแมลงวันลายเป็นสัตว์ที่กินซากและย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ในการลดปริมาณขยะอินทรีย์ หนอนแมลงวันลายสามารถควบคุมแมลงวันบ้านได้ เนื่องจากหนอนแมลงวันลายจะปล่อยสารยับยั้งการวางไข่ (สมณพร สุทธิบาท และคนอื่น ๆ, 2561, น. 50)

ในปี 2565 ประเทศไทยได้รับผลกระทบจากราคาวัตถุดิบอาหารสัตว์ โดยเฉพาะกากถั่วเหลืองและรำข้าวสาลีมีราคาปรับตัวสูงขึ้นจากปัจจัยสงครามและการระบาดของโรค (ไพบูลย์ ใจเด็ด, 2565, น. 6) ต้นทุนในการเลี้ยงสัตว์ปีกร้อยละ 65–70 เป็นต้นทุนค่าอาหาร โดยเฉพาะอาหารสำเร็จรูปทางการค้าที่มีราคาสูงส่งผลให้ต้นทุนค่าอาหารสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้น เพื่อเป็นการหาแหล่งวัตถุดิบอาหารโปรตีนทดแทนแหล่งวัตถุดิบอาหารโปรตีนเดิม โดยการใช้แมลงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งการใช้แมลงเป็นอาหารตามธรรมชาติของสัตว์ปีก

(Bovera et al., 2015, p. 570) การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาของหนอนแมลงวันลายพบว่า มีโปรตีน 42 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 35 เปอร์เซ็นต์ พลังงาน 2,900 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม กรดอะมิโนและแร่ธาตุอาหารอื่น ๆ (Marco et al., 2017, p. 212) ปริมาณโปรตีนที่พบมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณโปรตีนที่พบในเนื้อสุกร คือ 43.20 เปอร์เซ็นต์ (Newton et al., 2005, p. 20) ชู และคนอื่น ๆ (Chu et al., 2020) รายงานว่าแมลงวันลายเป็นแมลงที่มีประโยชน์ช่วยลดปริมาณขยะอินทรีย์และมีความสามารถในการเปลี่ยนขยะอินทรีย์เป็นโปรตีนและไขมันได้ดี ทำให้มีคุณค่าทางอาหารสูงเหมาะสมแก่การนำมาเป็นอาหารสัตว์ จากการวิจัยพบว่าการเลี้ยงลูกไก่ด้วยการเสริมหนอนแมลงวันลายในอาหารส่งผลทำให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 96 ซึ่งมีความมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับลูกไก่ที่เลี้ยงด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของถั่วเหลืองกับไขมัน (Park et al., 2017, p. 8) ภาคภูมิ ซอหนองบัว และคนอื่น ๆ (2564) กล่าวว่า นกกระทาญี่ปุ่น อายุ 7–16 สัปดาห์ สามารถใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารสำเร็จรูปได้ร้อยละ 4 ในสูตรอาหาร และยังพบว่าอัตราการเปลี่ยนอาหารเป็นไข่ ต้นทุนค่าอาหาร ความสูงไข่ขาว และคุณภาพไข่ขาวดีที่สุด หากแต่ยังไม่พบรายงานการวิจัยการศึกษาอัตราส่วนการใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปในการเลี้ยงไก่ไข่ ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้จึงศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูป เพื่อเป็นทางเลือกให้แก่เกษตรกรที่เลี้ยงไก่ไข่ให้สามารถลดต้นทุนค่าอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปและส่งเสริมการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพื่อใช้เป็นอาหารสำหรับเลี้ยงไก่ไข่ต่อไป



วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์หนอนแมลงวันลายเพื่อเป็นอาหารไก่ไข่



วิธีดำเนินการวิจัย

แผนการทดลอง

ทำการเลี้ยงไก่ไข่สายพันธุ์ไฮไลน์บราวน์ อายุ 34–46 สัปดาห์ จำนวน 30 ตัว เลี้ยงในกรงตับ ขนาด 40 x 40 x 35 เซนติเมตร ไก่ไข่ 1 ตัวต่อกรง ในโรงเรือนระบบเปิด วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) ทำการแบ่งกลุ่มการทดลองออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 6 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัว โดยไก่ไข่ในกลุ่มทดลองจะต้องมีน้ำหนักเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 1.54 กิโลกรัม และผลผลิตไข่เฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 48.91 เปอร์เซ็นต์ เริ่มบันทึกผลการทดลองโดยแบ่งระยะเวลาการทดลองเป็น 3 ช่วง ช่วงละ 28 วัน ช่วงที่ 1 วันที่ 18 กันยายน–15 ตุลาคม 2563 ช่วงที่ 2 วันที่ 16 ตุลาคม–12 พฤศจิกายน 2563 ช่วงที่ 3

วันที่ 13 พฤศจิกายน-10 ธันวาคม 2563 โดยให้อาหารวันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 06.00-07.00 น. และเวลา 16.30-17.00 น. และเก็บไข่ไก่ทุกวัน เวลา 16.00 น. บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทุกวัน วันละ 2 ครั้ง คือ เวลา 06.00-07.00 น. และเวลา 16.30-17.00 น. การให้อาหารทดลองให้อาหารไก่ไข่ 120 กรัมต่อตัวต่อวัน โดยแบ่งการให้อาหารช่วงเช้า 48 กรัมต่อตัวต่อวัน (40 เปอร์เซ็นต์) ช่วงเย็น 72 กรัมต่อตัวต่อวัน (60 เปอร์เซ็นต์) ไก่ไข่ได้กินน้ำจากที่ให้น้ำอัตโนมัติตลอดเวลา ให้แสง 16 ชั่วโมงต่อวัน ตั้งแต่เวลา 05.00 น. ถึง 20.00 น.

จริยธรรมวิจัยในสัตว์

ใบอนุญาตผู้ผ่านการอบรมสำหรับการใช้สัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ เลขที่ U1-02671-2559 เพื่อการทดลอง สถาบันพัฒนาการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

การเตรียมอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลาย

อาหารที่มีส่วนผสมหนอนแมลงวันลาย ประกอบด้วย หนอนแมลงวันลายสด ร้อยละ 30 หญ้าเนเปียร์สด อายุ 60 วัน ร้อยละ 18 และรำหยาบ ร้อยละ 52 วิธีการเตรียมหญ้าเนเปียร์ ทำโดยการสับหญ้าเนเปียร์สดให้มีขนาดความกว้าง 0.5 เซนติเมตร ความยาว 1.0 เซนติเมตร ด้วยเครื่องย่อยพืชอาหารสัตว์ (เครื่องสับรุ่น 8 ประเทศไทย) ทำการนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมให้เข้ากันด้วยการผสมมือ เป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดลงเครื่องอัดเม็ด แล้วนำไปตากแดดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยสังเกตการเปลี่ยนสีของอาหารจากสีเขียวเป็นสีเทา

การเตรียมสัตว์ทดลอง

ไก่ไข่ทดลองมีการคัดเลือกจากไก่ไข่ที่มีน้ำหนักตัวและผลผลิตไข่ใกล้เคียงกัน ไก่ไข่ทดลองจะมีระยะเวลาการปรับตัวเป็นระยะเวลา 1 สัปดาห์ เพื่อให้คุ้นชินกับอาหารทดลอง โดยไก่ไข่ทดลองในแต่ละกลุ่มจะได้กินอาหารทดลอง 5 กลุ่มทดลอง ดังนี้ กลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 กินอาหารที่มีอัตราส่วนของอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายต่ออาหารไก่ไข่สำเร็จรูป เท่ากับ 0:100, 30:70, 60:40, 90:10 และ 100:0 ตามลำดับ นำอาหารทดลองทุกกลุ่มไปวิเคราะห์หาค่าวัตถุดิบ โปรตีนรวม ไขมันรวม เยื่อใยรวม เถ้า และพลังงานใช้ประโยชน์ได้

การบันทึกข้อมูล

การบันทึกข้อมูลสมรรถภาพการผลิต ได้แก่ ผลผลิตไข่ ปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ มวลไข่ น้ำหนักไข่เฉลี่ย ปริมาณอาหารที่กินต่อน้ำหนักไข่ 1 กิโลกรัม ต้นทุนค่าอาหารต่อผลผลิตไข่ 1 กิโลกรัม อัตราการตาย และน้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงไปตลอดการทดลอง นำค่าต่าง ๆ ที่บันทึกมาคำนวณตามวิธีของประภากร ชารณाय (2560)

การบันทึกข้อมูลคุณภาพไข่ ได้แก่ น้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่แดง น้ำหนักไข่ขาว น้ำหนักเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ ความแข็งของเปลือกไข่ สีไข่แดง ค่าฮอกยูนิต เปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว และเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่

ทำการบันทึกข้อมูลคุณภาพไข่ในระยะเวลาทุก 28 วัน โดย 6 วันสุดท้ายของแต่ละช่วงการทดลอง ทำสุ่มไข่ไก่ทุกกลุ่ม กลุ่มละ 30 ฟอง เพื่อตรวจสอบคุณภาพภายนอกและคุณภาพภายในของไข่ ดังนี้ บันทึกข้อมูลน้ำหนักไข่ (กรัม) ด้วยการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักพกพา ระบบดิจิทัล (Electronic Kitchen Scale ประเทศไทย) บันทึกข้อมูลความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร) ด้วยเครื่องวัดความหนาเปลือกไข่ (Egg shell thickness gauge ETG-1601A ประเทศญี่ปุ่น) บันทึกข้อมูลความแข็งของเปลือกไข่ (นิวตัน) ด้วยเครื่องทดสอบเนื้อสัมผัสอาหาร (Texture Analyzer ประเทศญี่ปุ่น) บันทึกข้อมูลค่าสีไข่แดงและค่าฮอกยูนิตด้วยเครื่องวัดคุณภาพไข่อัตโนมัติ (Egg multi tester รุ่น EMT-7300 ประเทศญี่ปุ่น) แยกไข่แดงออกจากไข่ขาว ชั่งน้ำหนักไข่แดง (กรัม) นำเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ไปวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 วัน หลังจากนั้นทำการบันทึกน้ำหนักเปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ (กรัม) คำนวณค่าน้ำหนักไข่ขาว (กรัม) = น้ำหนักไข่ทั้งฟอง (กรัม) - น้ำหนักไข่แดง (กรัม) - น้ำหนักไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ (กรัม)

นำค่าต่าง ๆ ที่ได้ มาคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว และเปอร์เซ็นต์เปลือกไข่รวมเยื่อเปลือกไข่ ตามวิธีของกานดา ล้อแก้วมณี และกชพรรณ สีดาร์กษ์ (2561)

การบันทึกข้อมูลผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ได้แก่ ต้นทุนค่าอาหาร รายได้จากการขายไข่และรายได้สุทธิ

ราคาอาหารไก่ไข่สำเร็จรูป ระยะให้ไข่ เท่ากับ 12.83 บาทต่อกิโลกรัม ราคาหนอนแมลงวันลายเท่ากับศูนย์ เนื่องจากมีการเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันลายได้เอง ราคาหญ้าเนเปียร์ เท่ากับ 2 บาทต่อกิโลกรัม ราคารำหยาบ เท่ากับ 6.70 บาทต่อกิโลกรัม คำนวณราคาอาหารของกลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 เท่ากับ 12.83, 11.59, 10.35, 9.11 และ 8.70 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ คำนวณต้นทุนค่าอาหารตามวิธีของธาริณี ยี่คิ้ว และคนอื่น ๆ (2559)

ทำการคำนวณรายได้จากการขายไข่ไก่ คำนวณได้จากการแยกขนาดไข่ไก่ออกเป็น 7 ขนาด คือ เบอร์ 0, 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 ไข่แต่ละขนาดมีราคาขายต่างกันซึ่งเป็นราคาซื้อขายตามตลาดกลาง (สุวรรณี กาญจนภูสิต, 2564) เป็นราคาเฉลี่ยสินค้าปศุสัตว์ที่เกษตรกรขายได้ ณ สัปดาห์นั้น ทำการคำนวณรายได้ จากการขายไข่ตามวิธีของวินัย เหลืองวิโรจน์ (2544) และคำนวณหารายได้สุทธิตามสูตรคำนวณตามวิธีของสุจินดา เจริมศรี (2558)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Analysis of Variance (ANOVA) โดยใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design: CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยโปรแกรมสำเร็จรูป SAS (SAS, 2004)



ผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาค่าประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง ทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า ทุกกลุ่มการทดลองมีวัตถุแห้ง เท่ากับ 87.18–95.17 เปอร์เซ็นต์ โปรตีนรวม เท่ากับ 9.07–18.52 เปอร์เซ็นต์ ไขมันรวม เท่ากับ 0.90–2.50 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใยรวม เท่ากับ 2.56–4.13 เปอร์เซ็นต์ เถ้า เท่ากับ 11.61–13.05 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานใช้ประโยชน์ได้ เท่ากับ 3,152.00–3,488.08 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 องค์ประกอบทางเคมีของอาหารทดลอง

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มอาหารทดลอง				
	1	2	3	4	5
วัตถุแห้ง (เปอร์เซ็นต์)	95.17	92.77	90.38	87.97	87.18
โปรตีนรวม (เปอร์เซ็นต์)	18.52	15.69	12.85	10.02	9.07
ไขมันรวม (เปอร์เซ็นต์)	2.50	2.02	0.54	1.06	0.90
เยื่อใยรวม (เปอร์เซ็นต์)	4.13	3.65	3.19	2.71	2.56
เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	11.61	12.04	12.47	12.91	13.05
พลังงานใช้ประโยชน์ได้ (กิโลแคลอรี/กิโลกรัม)	3,152.00	3,252.82	3,454.47	3,353.65	3,488.08

ตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่าในโรงเรือนเลี้ยงไก่ไข่มีอุณหภูมิสูงสุด 32.50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุด 14.50 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด 99.90 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด 47.30 เปอร์เซ็นต์ ผลของการใช้อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายต่อสมรรถภาพการผลิต (ตาราง 2) พบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีผลผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กลุ่มทดลองที่ 3 มีผลผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กลุ่มทดลองที่ 4 มีผลผลิตไข่สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ทุกกลุ่มทดลองมีปริมาณอาหารที่กิน ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่ น้ำหนักไข่ อัตราการตาย และน้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

กลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 มีค่ามวลไข่สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 3, 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กลุ่มการทดลองที่ 3 มีค่ามวลไข่สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กลุ่มการทดลองที่ 4 มีค่ามวลไข่สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กลุ่มการทดลองที่ 5 มีค่าต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 3 และ 4 ($p > 0.05$)

นอกจากนี้ กลุ่มทดลองกลุ่มการทดลองที่ 3 และ 5 มีค่าปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 4 ($p > 0.05$)

ตาราง 2 ผลของการใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มอาหารทดลอง*					SEM	p-value
	1	2	3	4	5		
ผลผลิตไข่ (เปอร์เซ็นต์)	80.36 ^c	84.13 ^c	58.53 ^d	30.56 ^e	8.73 ^f	1.18	0.0001
ปริมาณอาหารที่กิน (กรัม/ตัว/วัน)	93.31	101.60	103.00	104.85	94.96	0.72	0.3881
ประสิทธิภาพการเปลี่ยนอาหารเป็นน้ำหนักไข่	1.59	1.79	1.91	1.83	1.71	0.30	0.1400
มวลไข่ (กรัม/ฟอง)	46.72 ^c	46.57 ^c	32.84 ^d	17.48 ^e	5.01 ^f	0.67	0.0001
น้ำหนักไข่ (กรัม/ฟอง)	58.73	56.61	53.80	57.14	55.58	0.66	0.4014
อัตราการตาย (เปอร์เซ็นต์)	0.00	0.00	0.00	0.00	33.33	0.49	0.0681

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มอาหารทดลอง*					SEM	p-value
	1	2	3	4	5		
ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล (บาท/ไข่ 1 โหล)	18.87 ^b	17.81 ^b	57.38 ^{ab}	49.38 ^{ab}	84.19 ^a	2.34	0.0187
ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ (บาท/ไข่ 1 โหล)	1.49 ^b	1.47 ^b	7.86 ^a	4.42 ^{ab}	8.32 ^a	0.27	0.0327
น้ำหนักตัวที่เพิ่มขึ้น (กิโลกรัม/ตัว)	0.09	0.08	0.12	-0.06	-0.09	0.19	0.1850

^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{c-f} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ผลของการใช้หนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารสำเร็จรูปต่อคุณภาพไข่ (ตาราง 3) พบว่าทุกกลุ่มการทดลองมีค่าน้ำหนักไข่ ฮอกยูนิต สีไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่แดง เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว และเปอร์เซ็นต์เปลือกไขรรวมเยื่อเปลือกไข่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าความแข็งเปลือกไข่สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าความหนาเปลือกไข่สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 3 ($p > 0.05$)

ตาราง 3 ผลของการใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายต่อคุณภาพไข่

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มอาหารทดลอง*					SEM	p-value
	1	2	3	4	5		
น้ำหนักไข่ (กรัม)	58.82	43.93	57.43	49.12	56.00	0.14	0.6912
ความแข็งเปลือกไข่ (นิวตัน)	32.59 ^c	27.75 ^c	25.32 ^c	23.78 ^c	12.31 ^d	0.03	0.0001
ความหนาเปลือกไข่ (มิลลิเมตร)	0.37 ^a	0.36 ^a	0.34 ^{ab}	0.33 ^b	0.32 ^b	0.11	0.0262
ฮอกยูนิต	79.36	81.85	83.39	79.21	85.26	0.43	0.2100
สีไข่แดง	11.31	10.62	9.09	7.22	7.92	0.07	0.1200
เปอร์เซ็นต์ไข่แดง (เปอร์เซ็นต์)	23.43	23.66	24.19	23.89	24.68	0.06	0.7218
เปอร์เซ็นต์ไข่ขาว (เปอร์เซ็นต์)	65.91	67.98	67.42	68.30	67.21	0.07	0.1854

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มอาหารทดลอง*					SEM	p-value
	1	2	3	4	5		
เปอร์เซ็นต์เปลือกไข่	10.66	7.29	7.34	6.82	8.11	0.06	0.4428
รวมเยื่อเปลือกไข่ (เปอร์เซ็นต์)							

^{a-b} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{c-d} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

ผลของการใช้อาหารหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารสำเร็จรูปต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (ตาราง 4) พบว่ากลุ่มทดลองที่ 3, 4 และ 5 มีค่าต้นทุนค่าอาหารสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ทุกกลุ่มทดลองมีค่ารายได้จากการขายไข่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีค่ารายได้สุทธิสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) แต่ไม่แตกต่างจากกลุ่มทดลองที่ 3 ($p > 0.05$)

ตาราง 4 ผลของการใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายต่อผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ลักษณะที่ศึกษา	กลุ่มอาหารทดลอง*					SEM	p-value
	1	2	3	4	5		
ต้นทุนค่าอาหาร (บาท/ฟอง)	1.57 ^b	1.38 ^b	1.74 ^a	4.08 ^a	5.74 ^a	0.20	0.0002
รายได้จากการขายไข่ (บาท/ฟอง)	3.06	2.13	2.17	2.02	1.32	0.99	0.3815
รายได้สุทธิ (บาท/ฟอง)	1.49 ^a	1.55 ^a	-0.71 ^{ab}	-2.90 ^{bc}	-6.60 ^c	1.03	0.0002

^{a-c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอนเดียวกัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)



อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการทดลองการเลี้ยงไก่ไข่สายพันธุ์ไฮไลน์บราวน์ อายุ 34–46 สัปดาห์ พบว่า กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีผลผลิตไข่และมวลไข่สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 3, 4 และ 5 อาจเนื่องมาจากอาหารทดลองของกลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีค่าโปรตีนรวมเท่ากับ 18.52 และ 15.69 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าโปรตีนรวมสูงกว่าอาหารของกลุ่มทดลองที่ 3, 4 และ 5 สอดคล้องกับการรายงานของอุทัย คันโธ (2559) รายงานว่าการเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่มีโปรตีนที่ต่างกันจะส่งผลทำให้ไก่ไข่ได้รับโปรตีนในแต่ละวันแตกต่างกัน และมีผลทำให้แม่ไก่ไข่มีสมรรถภาพการผลิตแตกต่างกันด้วย นอกจากนี้ค่ามวลไข่คำนวณตามวิธีของประภากร ธาราฉาย (2560) จากการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีผลผลิตไข่สูงสุด เท่ากับ 80.36 และ 84.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีน้ำหนักเฉลี่ย เท่ากับ 58.84 และ 55.53 กรัมต่อฟอง ตามลำดับ ส่งผลทำให้กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีมวลไข่สูงสุด กลุ่มการทดลองที่ 3 และ 5 มีค่าปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 เพราะปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล ตามวิธีของประภากร ธาราฉาย (2560) จากการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองที่ 5 มีจำนวนไข่ในช่วงการทดลองต่ำที่สุด จึงส่งผลทำให้กลุ่มทดลองที่ 5 มีปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล สูงที่สุด กลุ่มการทดลองที่ 5 มีค่าต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล สูงกว่ากลุ่มการทดลองที่ 1 และ 2 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ตามวิธีของประภากร ธาราฉาย (2560) จากการทดลองพบว่ากลุ่มทดลองที่ 5 ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล สูงที่สุด (84.19) เนื่องด้วยปริมาณอาหารที่กินต่อการผลิตไข่ 1 โหล สูงที่สุด (8.32 กิโลกรัมต่อไข่ 1 โหล) จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า ระดับการให้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปทางการค้าในระดับที่แตกต่างกัน ส่งผลทำให้ระดับโปรตีนในอาหาร ผลผลิตไข่ มวลไข่ ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล และต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล มีความแตกต่างกัน ในขณะที่อัตราส่วนของอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่ระดับ 0:100 และ 30:70 มีผลผลิตไข่ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสามารถใช้อัตราส่วนของอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่ระดับ 30:70 ในการเลี้ยงไก่ไข่ได้

กลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีค่าความแข็งแรงเปลือกไข่สูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 5 เนื่องจากกลุ่มทดลองที่ 5 เป็นกลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายเพียงอย่างเดียว ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 มีอาหารสำเร็จรูประดับ 100, 70, 40 และ 10 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในอาหารสำเร็จรูปมีส่วนผสมของแคลเซียมคาร์บอเนต และ/หรือไดแคลเซียมฟอสเฟต ไม่ต่ำกว่า 3.5 เปอร์เซ็นต์ โดย National Research Council (1994) แนะนำระดับแคลเซียมที่เหมาะสมสำหรับไก่ไข่ คือ 36 กรัมต่อกิโลกรัม ในกรณีที่กินอาหาร

110 กรัมต่อตัวต่อวัน การใช้อาหารที่มีส่วนประกอบจากกรดอะมิโนและแร่ธาตุจะสามารถช่วยปรับปรุงคุณภาพของเปลือกไข่ได้ (ภุขงค์ วีรดิษฐกิจ และไพโชค ปัญจะ, 2558, น. 300) ในขณะที่กลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 มีค่าความหนาเปลือกไข่ต่ำกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เพราะกลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 กินอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายในระดับร้อยละ 90 และ 100 หนอนแมลงวันลายมีปริมาณแร่ธาตุแคลเซียม 1.22 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณแร่ธาตุฟอสฟอรัส 0.8 เปอร์เซ็นต์ (จักรพัทร มาลามณีรัตน์ และคนอื่น ๆ, 2563, น. 950) อาจส่งผลทำให้กลุ่มทดลองที่ได้รับอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายในระดับร้อยละ 90 และ 100 ได้รับแร่ธาตุแคลเซียม เท่ากับ 0.33–0.35 เปอร์เซ็นต์ และแร่ธาตุฟอสฟอรัส เท่ากับ 0.22–0.24 เปอร์เซ็นต์ ไม่เพียงพอกับความต้องการ ความหนาเปลือกไข่จึงลดลงเนื่องจากแร่ธาตุแคลเซียมและแร่ธาตุฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบหลักในการสร้างเปลือกไข่ (ภุขงค์ วีรดิษฐกิจ และไพโชค ปัญจะ, 2558, น. 300) โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ แนะนำระดับแคลเซียมที่เหมาะสมสำหรับไก่ไข่ คือ 36 กรัมต่อกิโลกรัม ในกรณีที่ยกอาหาร 110 กรัมต่อตัว อย่างไรก็ตามความต้องการแคลเซียมของไก่ไข่ประเมินได้ยาก เพราะมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ พันธุกรรมของไก่ ความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมกับฟอสฟอรัส วิตามินดี ขนาดอนุภาคของแคลเซียม แหล่งของแคลเซียม และพลังงานในอาหาร เป็นต้น (ศรุติวงศ์ บุญคง และคนอื่น ๆ, 2564, น. 455)

กลุ่มทดลองที่ 3, 4 และ 5 มีต้นทุนค่าอาหารสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 เนื่องจากการคำนวณต้นทุนค่าอาหารใช้สูตรคำนวณตามวิธีของธาริณี ยี่ควั และคนอื่น ๆ (2559) รายงานว่าราคาอาหาร (บาทต่อกิโลกรัม) คูณด้วยปริมาณอาหารที่กิน (กิโลกรัม) แล้วนำค่าที่ได้มาหารด้วยจำนวนไข่ทั้งหมด (ฟอง) จากการทดลองครั้งนี้ กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีผลผลิตไข่เฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มอื่น ๆ (80.36 และ 84.13 เปอร์เซ็นต์) จึงส่งผลทำให้กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีต้นทุนค่าอาหารต่ำที่สุด นอกจากนี้กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีค่ารายได้สุทธิสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 เพราะการคำนวณรายได้สุทธิใช้สูตรคำนวณตามวิธีของสุจินดา เจียมศรี (2558) รายได้จากการขายไข่ (บาทต่อฟอง) ลบด้วยต้นทุนค่าอาหาร (บาทต่อฟอง) กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีต้นทุนค่าอาหารต่ำกว่ากลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 จึงส่งผลทำให้กลุ่มทดลองที่ 1 และ 2 มีค่ารายได้สุทธิสูงกว่ากลุ่มทดลองที่ 4 และ 5 จากการศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้คิดคำนวณต้นทุนค่าหนอนแมลงวันลาย เนื่องจากสามารถเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันลายได้เองและเป็นการศึกษาเพื่อหาวิธีการลดระดับอาหารสำเร็จรูปในการเลี้ยงไก่ไข่ที่เกษตรกรสามารถทำได้จริง สมมติว่าเกษตรกร 1 ราย เลี้ยงไก่ไข่จำนวน 1 ตัว ให้อาหารไก่ไข่สำเร็จรูปเพียงอย่างเดียววันละ 110 วัน เป็นระยะเวลา 365 วัน ราคาอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปทางการค้า เท่ากับ

12.83 บาทต่อกิโลกรัม คิดต้นทุนค่าอาหาร เท่ากับ $110 \times 365 \times 0.01$ เท่ากับ 401.50 บาท แต่ถ้าใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปร้อยละ 30 จะช่วยลดต้นทุนค่าอาหารสำเร็จรูป เท่ากับ 120.45 บาท

ผลการวิจัยดังกล่าวนำไปสู่การใช้ประโยชน์กับเกษตรกรที่สนใจในชุมชนบ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร จำนวน 20 ครัวเรือน ได้เลี้ยงไก่ไข่ ครัวเรือนละ 20 ตัว และทำการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพื่อกำจัดขยะอินทรีย์ในครัวเรือน โดยมีคณะผู้วิจัยได้ติดตามและให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงไก่ไข่ และสังเกตด้านความรู้ ก่อนและหลังเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการและจากการติดตามภายหลังการวิจัย พบว่าเกษตรกร นำความรู้ที่ได้รับมาเลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปของตนเอง สามารถลดการซื้ออาหารไก่ไข่สำเร็จรูปได้จริง ไก่ไข่ยังคงให้ไข่ได้ตาม ศักยภาพสายพันธุ์ เมื่อทำการประเมินรายได้ของผู้เลี้ยงไก่ไข่หลังจากหักค่าใช้จ่ายแล้ว พบว่า ผู้เลี้ยงไก่ไข่ด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปมีรายได้ ที่เพิ่มขึ้นเฉลี่ย 660 บาทต่อครัวเรือน อีกทั้งการเลี้ยงหนอนแมลงวันลายสำหรับกำจัด ขยะอินทรีย์ในครัวเรือน สามารถลดขยะอินทรีย์ได้เฉลี่ย 600 กิโลกรัมต่อเดือน ทำให้หนอน แมลงวันลายเป็นอาหารสัตว์อีกชนิดหนึ่งที่มีค่าและได้มีการนำไปใช้เป็นอาหารแก่สัตว์ชนิดอื่น ๆ เช่น ไก่ชนและสัตว์น้ำอีกด้วย นอกจากนี้หนอนแมลงวันลายมีคุณค่าทางอาหารสูงและมี กรดลอริกซึ่งเป็นสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย (สมณพร สุทธิบาท และคนอื่น ๆ, 2561, น. 40) เป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้ไข่ไก่อาจจะทำให้การขายไข่ไก่ได้ราคามากกว่าไข่ทั่วไป จึงเป็นทางเลือกของเกษตรกรที่เลี้ยงหนอนแมลงวันลายอยู่แล้ว หรือส่งเสริมให้มีการใช้หนอน แมลงวันลายในการเลี้ยงไก่ไข่เพิ่มมากขึ้น



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาอัตราส่วนอาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่ สำเร็จรูปที่ระดับ 0:100, 30:70, 60:40, 90:10 และ 100:0 ส่งผลให้โปรตีนในสูตรอาหาร แตกต่างกัน (9.07–18.62 เปอร์เซ็นต์) การใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายเพิ่มขึ้น ส่งผลทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ปริมาณอาหารที่กินต่อผลผลิตไข่ 1 โหล และต้นทุนค่าอาหารเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ในขณะที่ผลผลิตไข่เฉลี่ย มวลไข่ ความแข็งแรงเปลือกไข่ ความหนาเปลือกไข่ และรายได้สุทธิลดลง ($p < 0.05$) ดังนั้น อัตราส่วนที่เหมาะสมของการใช้ อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่ระดับ 30:70 จะเป็นการประหยัดต้นทุนค่าอาหารสำเร็จรูปสำหรับการเลี้ยงไก่ไข่ได้และไม่ส่งผลกระทบต่อรายได้สุทธิ เกษตรกรสามารถนำผลการศึกษานี้มาเป็นแนวทางในการนำหนอนแมลงวันลาย

มาใช้ทดแทนการใช้อาหารไก่ไข่สำเร็จรูปทางการค้าเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้ออาหารไก่ไข่สำเร็จรูปได้ จากผลการวิจัยนี้ได้นำไปเผยแพร่ให้แก่เกษตรกรในชุมชนบ้านโนนศาลา ตำบลเชียงเครือ อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร และเกษตรกรในชุมชนตำบลต้นผึ้ง อำเภอพังโคน จังหวัดสกลนคร ดังภาพ 1 เพื่อให้สามารถเลี้ยงไก่ไข่โดยใช้อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายเป็นส่วนผสม สังเกตจากความรู้ก่อนและความรู้หลังเข้าร่วมอบรมเชิงปฏิบัติการ และจากการติดตามภายหลังการเผยแพร่ข้อมูลการเลี้ยงไก่ไข่โดยใช้อาหารที่มีหนอนแมลงวันลายเป็นส่วนผสม พบว่าเกษตรกรนำความรู้ที่ได้รับมาใช้จริงและทำให้ผู้เลี้ยงหนอนแมลงวันลายเพิ่มมากขึ้น

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. การใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่อัตราส่วน 30:70 ทำให้ต้นทุนค่าอาหารต่อการผลิตไข่ 1 โหล ต่ำที่สุด
2. การใช้อาหารที่มีส่วนผสมของหนอนแมลงวันลายทดแทนอาหารไก่ไข่สำเร็จรูปที่อัตราส่วน 30:70 ส่งผลทำให้รายได้สุทธิสูงที่สุด

ข้อเสนอแนะการทำวิจัยครั้งต่อไป

ควรศึกษาวิจัยในด้านของสารอาหารอื่น ๆ ในไข่ไก่ที่ได้จากแม่ไก่ที่กินอาหารที่มีหนอนแมลงวันลายเป็นส่วนผสม เพื่อเพิ่มมูลค่าไข่ไก่ให้มีราคาสูงขึ้น เพื่อจัดจำหน่ายให้กับผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องการบริโภค



(ก) การแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเกษตรกร



(ข) การทดลองนำไปเลี้ยงไก่ไข่

ภาพ 1 กระบวนการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีจากการวิจัยสู่ท้องถิ่นเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่ไข่



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และคณะทรัพยากรธรรมชาติและ
อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร
ที่สนับสนุนงบประมาณในการวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ขอขอบคุณนางสาวเบญจพราย ไชยเนตร
และนางสาวสาวิตรี ผุดผ่อง ในการช่วยเหลือด้านการบันทึกข้อมูล



เอกสารอ้างอิง

- กานดา ล้อแก้วมณี และกชพรรณ สีตารักษ์. (2561). ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษา
ต่อคุณภาพไข่ไก่อินทรีย์ในสภาพอุณหภูมิตู้เย็น. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 36(3),
125–135.
- จักรพัทร มาลามณีนรัตน์, บัวเรียม มณีวรรณ, กฤดา ชูเกียรติศิริ, และจุฬากร ปานะถึก. (2563).
การใช้ผงหนอนแมลงวันลายที่เลี้ยงด้วยกากเต้าหู้ในอาหารไก่เนื้อต่อสมรรถภาพ
การเจริญเติบโต องค์ประกอบซาก และคุณภาพเนื้อ. *แก่นเกษตร*, 48(4), 942–953.
- ธาริณี ยี่ควัว, ภาณีดา ภูมิรัตน์, อภิญา สุโยธินรัตน์, ประภัสสร ปลาดีพันธ์ดี, สุรัตน์
ลอมไธสง, กิตติกร สุริวงศ์, ยิ่งลักษณ์ มูลสาร, และปรีชา มูลสาร. (2559). การศึกษา
ประสิทธิภาพของใบกล้วยหมักต่อสมรรถภาพการผลิตของไก่ไข่. *วารสารสัตวแพทยศาสตร์*
26(1), 1–14.
- ประกาศ ธาราฉาย. (2560, 1 กุมภาพันธ์). *การเลี้ยงและการจัดการไก่ไข่*. [https:// www.
as.mju.ac.th/EBook/t_prapakorn/LL451/บทที่%205%20การเลี้ยงและ
การจัดการไก่ไข่](https://www.as.mju.ac.th/EBook/t_prapakorn/LL451/บทที่%205%20การเลี้ยงและการจัดการไก่ไข่)
- ไพบุลย์ ใจเด็ด. (2565). บรรณาธิการแถลง. *วารสารสัตวบาล*, 32(133), 6.
- ภาคภูมิ ขอนองบัว, ชีรเจต สายธนู, และสุวิทย์ ทิพอุเทน. (2564). ผลของการใช้
หนอนแมลงวันลายป่นทดแทนอาหารสำเร็จรูปต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่
ของนกกกระทาญี่ปุ่น. *แก่นเกษตร*, 48(1), 538–542.
- ภุชงค์ วีรดิษฐกิจ และไพโชค ปัญจะ. (2558). อิทธิพลของการเสริมไบโหมริมในอาหารไก่ไข่
ต่อสมรรถภาพการผลิตและคุณภาพไข่. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 23(2),
293–305.
- วินัย เหลืองวิโรจน์. (2544). *การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไข่ไก่เพื่อการตัดสินใจ: กรณีศึกษา
ฟาร์มสมควร จังหวัดพิษณุโลก* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่].
<http://search.lib.cmu.ac.th/search/?searchtype=&searcharg=b1282297>

ศมนพร สุทธิบาก, สมควร โพธารินทร์, ฐานิชษฐ์ สุขชนาภรัตน์, กิรติ มณีฉาย, ญัฐปภัสร จันทร์สาขานา, อาภรณ์ ศรีมาตร, และอำพร วงศ์ยะมะ. (2561). *คู่มือการเลี้ยง หนอนแมลงวันลาย*. อุดมทรัพย์การพิมพ์.

ศรุติวงศ์ บุญคง, ชัยพฤกษ์ หงษ์ลัดดาพร, สว่าง กุลวงศ์, สุธาสินี ครุฑธกะ, และพิทักษ์ น้อยเมล์. (2564). ผลการใช้กากปลาร้าในอาหารไก่ไข่ต่อสมรรถภาพการผลิต คุณภาพไข่และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ. *แก่นเกษตร*, 49(ฉบับพิเศษ), 452–457.

สุจินดา เจริญศรี. (2558). *เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สุวรรณณี กาญจนภูสิต. (2564, 8 เมษายน). *ราคาสินค้าปศุสัตว์ที่เกษตรกรขายได้ สัปดาห์ที่ 1 เดือนเมษายน 2564*. กรมปศุสัตว์. <https://dld.go.th/th/index.php/th/newsflash/310-costprice-cat/23660-infoprice-256404-1>

อุทยานหลวงราชพฤกษ์. (2563, 6 กุมภาพันธ์). *หนอนกำจัดขยะแมลงวันลาย*. <https://www.royalparksrajapruek.org/Knowledge/view/104>

อุทัย คันโธ. (2559). *อาหารสุกรและสัตว์ปีกเชิงประยุกต์*. ยู เค ที พับลิชชิง.

Bovera, F., Piccolo, G., Gasco, L., Marono, S., Loponte, R., Vassalotti, G., Mastellone, V., Lombardi, P., Attia, Y. A., & Nizza, A. (2015). Yellow mealworm larvae (*Tenebrio molitor* L.) as a possible alternative to soybean meal in broiler diets. *British Poultry Science*, 56(5), 569–575.

Chu, X., Li, M., Wang, G., Wang, K., Shang, R., Wang, Z., & Li, L. (2020). Evaluation of the low inclusion of full-fatted *Hermetia illucens* larvae meal for layer chickens: Growth performance, nutrient digestibility, and gut health. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 1–7.

Marco, M. De, Martínez, S., Hernandez, F., Madrid, J., Gai, F., Rotolo, L., Belforti, M., Bergero, D., Katz, H., Dabbou, S., Kovitvadhi, A., Zoccarato, I., Gasco, L., & Schiavone, A. (2015). Nutritional value of two insect larval meals (*Tenebrio molitor* and *Hermetia illucens*) for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent ileal amino acid digestibility and apparent metabolizable energy. *Animal Feed Science and Technology*, 209, 211–218.

Newton, L., Sheppard, C., Watson, D. W., Burtle, G., & Dove, R. (2005). *Using of black soldier fly, Hermetia illucens, as a value added tool for the management of swine manure*. North Carolina University, USA.

- Park, Byung-Sung, Um, Kyung-Hwan, Choi, Won-Keun, & Park, Sang-O. (2017). Effect of feeding black soldier fly pupa meal in the diet on egg production, egg quality, blood lipid profiles and fecal bacteria in laying hens. *European Poultry Science*, 81, 1–12
- SAS. (2004). *STAT User's Guide*. North Carolina, USA.
- Tomberlin, J. K., & Sheppard, D. C. (2001). Lekking behavior of the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae). *Florida Entomologist*, 84(4), 729–730.



ACADEMIC JOURNAL
UTTARADIT RAJABHAT
UNIVERSITY

การออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสาน
 กรณีศึกษา การผลิตเห็ดหูหนูดำอบแห้งของเกษตรกร
 อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่
 DESIGN CONSTRUCTION AND TEST OF A HYBRID DRYING SYSTEM:
 A CASE STUDY OF DRIED BLACK WOOD EAR
 MUSHROOMS PRODUCTION BY FARMERS IN SAN SAI DISTRICT
 CHIANG MAI PROVINCE

วันที่รับ: 10 มีนาคม 2565

วันที่แก้ไข: 26 เมษายน 2565

วันที่ตอบรับ: 6 พฤษภาคม 2565

พิบูลย์ สีคำ¹, ปริญ คงกระพันธ์^{1*} และ หยาตฝน ทนงการกิจ²

Phibun Seekham¹, Parin Khongkrapan^{1*}

and Yardfon Tanongkankit²

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai 50290

²คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ 50290

²Faculty of Engineering and Agro-Industry, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author e-mail: parin.khongkrapan@gmail.com



บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอระบบอบแห้งแบบผสมผสานต้นแบบที่ถูกออกแบบและสร้างเพื่อให้สามารถลดระยะเวลาและลดการใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้ง โดยกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบระบบอบแห้งต้นแบบ ดังนี้ 1) ห้องอบแห้งมีความจุ 2 ลูกบาศก์เมตร 2) น้ำหนักและความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ 50 กิโลกรัม และร้อยละ 99 ฐานเปียก ตามลำดับ 3) ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้งร้อยละ 5 ฐานเปียก 4) อุณหภูมิลมร้อน ณ ทางเข้าและทางออกห้องอบแห้งมีค่า 80 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ 5) ความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งสูงสุด 5 เมตรต่อวินาที 6) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม 25 องศาเซลเซียส และร้อยละ 60 ตามลำดับ 7) ระยะเวลาในการอบแห้ง 12 ชั่วโมง และ 8) ค่าความปลอดภัยในการออกแบบร้อยละ 20 จากการคำนวณเพื่อการออกแบบเชิงวิศวกรรม พบว่าระบบต้นแบบมีภาระทางความร้อนในการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบรวมค่าความปลอดภัยในการออกแบบแล้วประมาณ 25 กิโลวัตต์ ผู้วิจัยจึงเลือกติดตั้ง

แหล่งความร้อน 3 ชนิด ให้ทำงานผสมผสานกัน ได้แก่ ป้อนความร้อน ฮีตเตอร์ไฟฟ้า และอินฟราเรด มีกำลังการผลิตความร้อนรวมประมาณ 29 กิโลวัตต์ จากการทดลองอบแห้งเห็ดหูหนูดำ พบว่าระบบต้นแบบมีประสิทธิภาพสูงสุดประมาณร้อยละ 81 เมื่อใช้ลมร้อนผสมผสานเทคนิคอบแห้งแบบอินฟราเรด ซึ่งสูงกว่าการใช้ลมร้อนร้อยละ 6.69 เทคนิคการอบแห้งแบบผสมผสานใช้ระยะเวลาและพลังงานในการอบแห้งน้อยกว่าการใช้ลมร้อนเพียงประมาณร้อยละ 28 และ 6 ตามลำดับ โดยไม่กระทบต่อลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เห็ดหูหนูดำอบแห้ง

คำสำคัญ: การอบแห้ง, ระบบผสมผสาน, ป้อนความร้อน, อินฟราเรด, การประหยัดพลังงาน



Abstract

This research paper aimed to present a prototype hybrid drying system that was designed and constructed in order to reduce the time and energy consumption of the drying process. The following conditions were specified in the design of the prototype drying system: 1) the volume of the drying chamber was 2 m³, 2) the mass and moisture content of the raw material were 50 kg and 99.9% wb, respectively, 3) the moisture content of the dehydrated product was 5% wb, 4) the temperatures of hot air at the drying chamber's inlet and outlet were 80 and 70°C, respectively, 5) the maximum hot air velocity was 5 m/s, 6) the ambient air temperature and relative humidity were 25°C and 60%, respectively, 7) the drying time was 12 hours, and 8) the design safety factor was 20%. According to the engineering design calculation, the prototype system had a thermal load of evaporating water from the raw material, with a total design safety factor of approximately 25 kW. As a result, the researchers decided to combine three different types of heat sources: a heat pump, electric heaters, and infrared heaters. The combined heating capacity of those devices is approximately 29 kW. The results of wood ear mushroom drying experiments showed that a prototype drying system provided a maximum efficiency of about 81% with the hybrid of hot air and infrared drying techniques, which was greater than using only hot air as a heat source by 6.69%. This hybrid drying

technique required roughly 28% less drying time and 6% less energy than hot air drying, without compromising the appearance of dried wood ear mushrooms.

Keywords: Drying, Hybrid System, Heat Pump, Infrared, Energy Saving



บทนำ

ปัจจุบันมีผลผลิตทางการเกษตรกลุ่มที่มีความต้องการจากตลาดต่างประเทศหลายชนิด แต่วัตถุดิบมีความขึ้นสูงทำให้ยากต่อการเก็บรักษาในรูปแบบของสดเนื่องจากเกิดเชื้อรา และเกิดความเสียหายจากการขนส่งระยะไกลได้ง่าย เช่น เห็ด สมุนไพร ผลไม้ เป็นต้น ดังนั้นการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถถนอมและยืดอายุการเก็บรักษาได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าเกษตรที่มีจำนวนมากของประเทศไทยอีกด้วย และปัจจุบันตลาดโลกมีแนวโน้มความต้องการสินค้าเกษตรที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ประเทศไทยตั้งเป้าหมายในการส่งออกสินค้าประเภทผัก ผลไม้ และผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปไว้มากกว่าสองพันล้านเหรียญสหรัฐ ซึ่งเป็นการขยายตัวประมาณร้อยละ 3 ของมูลค่าการส่งออกสินค้าทั้งหมด (สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้า กระทรวงพาณิชย์, 2562) โดยผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งเป็นสินค้าที่ได้รับการส่งเสริมให้ส่งออกเพื่อจำหน่ายทั่วโลกเป็นอันดับต้น ๆ ในหมวดสินค้าเกษตรของประเทศไทย จากความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งที่เพิ่มขึ้นของตลาดโลก ส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องเพิ่มกำลังการผลิตเพื่อตอบสนองตลาดและต้องลดต้นทุนการผลิตเพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขัน แต่เนื่องด้วยความขึ้นเริ่มต้นที่สูงของวัตถุดิบทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการอบแห้งยาวนาน จึงเกิดความสิ้นเปลืองพลังงานโดยเฉพาะในขั้นตอนการผลิตอากาศร้อนหรือลมร้อนที่ใช้ในการระเหยน้ำออกจากวัสดุอบ (สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน, 2562) ส่งผลให้ระบบอบแห้งทั่วไปในประเทศไทยที่ใช้แหล่งความร้อนจากเชื้อเพลิงฟอสซิลกลุ่มก๊าซหุงต้ม (LPG) ที่มีราคาสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องมีต้นทุนด้านพลังงานที่สูงขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งยังก่อให้เกิดปัญหาด้านมลพิษจากการสันดาปซึ่งนำไปสู่ปัญหาโลกร้อน ทั้งนี้ตลาดผลิตภัณฑ์แปรรูปอบแห้งยุคใหม่ไม่ได้มีความต้องการในเชิงปริมาณด้านเดียว แต่ผู้บริโภคกลับเลือกพิจารณาในด้านคุณภาพ สี สัน และคุณค่าทางอาหารของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ ด้วย ทำให้ผู้ประกอบการในประเทศไทยจำต้องปรับตัวและพัฒนาระบบอบแห้งเดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น สามารถประหยัดพลังงานเพื่อลดต้นทุนและต้องคงสี สันรวมถึงคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ไว้ให้ได้มากที่สุด ดังนั้น

การพัฒนาระบบให้ความร้อนในการอบแห้งจึงเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการอบแห้งให้สูงขึ้นได้ (Charoenvai et al., 2013) โดยแหล่งความร้อนที่มีประสิทธิภาพสูงและถือเป็นเทคโนโลยีประหยัดพลังงานที่เหมาะสมกับการติดตั้งในระบบอบแห้งในปัจจุบัน คือ เทคโนโลยีปั๊มความร้อน (Heat Pump) ซึ่งประสิทธิภาพเชิงความร้อนของอุปกรณ์ดังกล่าวพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (COP) ซึ่งในปัจจุบันอุปกรณ์นี้ได้รับการพัฒนาจนมีค่าสัมประสิทธิ์ตั้งแต่ 3 ขึ้นไป กล่าวคือ เมื่อป้อนพลังงานไฟฟ้าให้กับปั๊มความร้อน 1 หน่วย ปั๊มความร้อนนั้นจะสามารถสร้างความร้อนได้ถึง 3 หน่วย ทั้งนี้พลังงานความร้อน 2 หน่วยที่เพิ่มขึ้น เกิดจากการดึงความร้อนจากอากาศภายนอกโดยสารทำความเย็นที่ใช้ในระบบ ดังนั้นปั๊มความร้อนจึงเป็นแหล่งพลังงานที่สามารถทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลเพื่อการผลิตความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งผลิตภัณฑ์ได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตาม ปั๊มความร้อนยังมีข้อจำกัดด้านการผลิตความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากความดันของสารทำงานที่สูงเกินไปจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ดังนั้นจึงต้องเสริมสมรรถนะการผลิตความร้อนฮีตเตอร์ไฟฟ้าเพื่อช่วยเพิ่มอุณหภูมิให้กับลมร้อนหากมีความจำเป็นต้องอบแห้งผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอุณหภูมิลมร้อนสูงกว่าข้อจำกัดดังกล่าว ถึงแม้ว่าการใช้ปั๊มความร้อนร่วมกับฮีตเตอร์ไฟฟ้าจะมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่สูงในการผลิตความร้อนที่ใช้ในการอบแห้ง แต่การอบแห้งด้วยลมร้อนนั้นเป็นการให้ความร้อนแก่วัสดุอบทางอ้อม กล่าวคือ เริ่มต้นพลังงานจะถูกใช้ในการทำให้อากาศร้อน จากนั้นความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทให้กับวัสดุอบเพื่อทำให้น้ำเกิดการระเหย ซึ่งการให้ความร้อนทางอ้อมแก่วัตถุนี้ มีข้อเสียหลายประการ เช่น ใช้เวลาในการอบแห้งนาน ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่ได้มีสีคล้ำ มีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค และคุณค่าทางอาหารลดลงมาก (Ratti & Mujumdar, 2006) จากข้อจำกัดของการอบแห้งแบบลมร้อนดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยศึกษาหาแนวทางในการลดระยะเวลาในการอบแห้งและพบว่ามีการใช้เทคโนโลยีอินฟราเรดซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่มีจุดเด่นด้านการถ่ายเทความร้อนตรงสู่ผิวของวัสดุโดยไม่อาศัยตัวกลางในกระบวนการอบแห้งวัสดุชนิดต่าง ๆ โดยเทคโนโลยีนี้ให้อัตราการระเหยของความชื้นออกจากวัสดุอบสูงกว่าการใช้ลมร้อน จึงสามารถลดระยะเวลาในการอบแห้งได้อย่างมีนัยสำคัญ (Nowak & Lewicki, 2005) และเนื่องจากระยะเวลาในการอบแห้งที่ลดลงส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation) ระหว่างวัสดุอบกับอากาศลดลงด้วย ทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ดีขึ้นในด้านของสีสัมผัสและผิวสัมผัส (Sakare et al., 2020) อีกทั้งการอบแห้งที่ใช้เวลาน้อยลงยังส่งผลต่อการใช้พลังงานโดยรวมของกระบวนการอบแห้งที่ลดลงด้วย จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสานต้นแบบที่บูรณาการเทคโนโลยีการให้ความร้อนแบบประหยัดพลังงานด้วยระบบปั๊มความร้อนและเทคโนโลยีการให้ความร้อน

แบบรวดเร็วด้วยรังสีอินฟราเรด เพื่อให้ได้เครื่องมือที่สามารถสนองตอบความต้องการที่จะลดระยะเวลาและลดการใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้งนำไปสู่การลดต้นทุนในการผลิต ทั้งนี้เมื่อทำการออกแบบและสร้างแล้วเสร็จ ผู้วิจัยจะทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบอบแห้งต้นแบบด้วยการทดลองอบแห้งเห็ดหูหนูดำซึ่งเป็นตัวแทนของผลิตผลทางการเกษตรที่มีความชื้นสูง (ประมาณร้อยละ 90 ฐานเปียก) จึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของผลิตผลทางการเกษตรที่ต้องการแปรรูปด้วยวิธีอบแห้งได้ค่อนข้างครอบคลุม ทั้งนี้เมื่อทราบถึงค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่สำคัญต่อกระบวนการอบแห้ง คณะผู้วิจัยจะทำการปรับปรุงและพัฒนาเป็นต้นแบบเทคโนโลยีที่จะถ่ายทอดให้กับวิสาหกิจชุมชนหรือผู้ประกอบการแปรรูปผลิตภัณฑ์อบแห้งได้นำไปใช้ในการพัฒนาธุรกิจเพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันต่อไป



วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสานต้นแบบที่สามารถลดระยะเวลาและลดการใช้พลังงานในกระบวนการอบแห้ง



วิธีดำเนินการวิจัย

การออกแบบระบบอบแห้ง

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยในเชิงวิศวกรรมเครื่องกลและพลังงาน โดยผู้วิจัยได้ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสาน และสร้างแบบจำลองการทำงานของระบบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบสมมติฐานในการออกแบบก่อนการสร้าง เพื่อให้ได้เครื่องจักรที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยประหยัดพลังงาน และลดระยะเวลาการอบแห้ง โดยขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 การตั้งสมมติฐานและการกำหนดเงื่อนไขในการออกแบบ

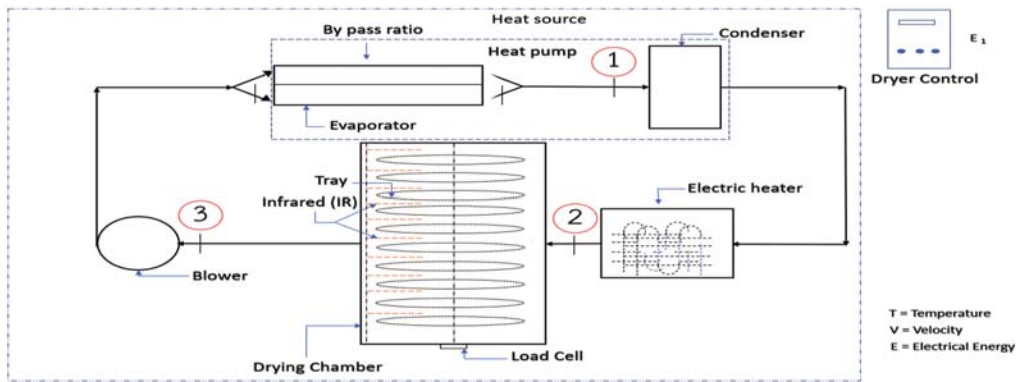
การออกแบบระบบอบแห้งในงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมติฐานในการออกแบบให้ระบบอบแห้งเป็นชนิดที่ใช้พลังงานมากที่สุด กล่าวคือ ผู้วิจัยกำหนดระบบอบแห้งนี้ระบายอากาศชั้นออกจากห้องอบแห้งทั้งหมดแล้วเติมอากาศแห้งจากภายนอกผ่านแหล่งความร้อนเพื่อเข้าไประเหยน้ำจากวัตถุดิบต่อไป ทำให้ระบบชนิดนี้ต้องการพลังงานในการอุ่นอากาศสูง และส่งผลให้เป็นระบบอบแห้งชนิดที่สิ้นเปลืองพลังงานสูงที่สุดด้วย เหตุที่ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานดังกล่าวเนื่องจากการทราบถึงภาระทางความร้อนสูงสุดที่จะเกิดขึ้นได้เพื่อกำหนดขนาดของแหล่งความร้อนให้มีพิกัดการสร้างความร้อนสูงสุดเท่าที่จะติดตั้งกับเครื่องต้นแบบได้ จากสมมติฐานดังกล่าวนี้จะทำให้ได้แหล่งความร้อนและระบบหมุนเวียนอากาศที่มีขนาดเพียงพอต่อการอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ ได้ครอบคลุมมากที่สุด ทั้งนี้เงื่อนไขที่ต้องกำหนดเพื่อการ

ออกแบบ ได้แก่ 1) ห้องอบแห้งมีความจุเท่ากับ 2 ลูกบาศก์เมตร 2) น้ำหนักและความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบเท่ากับ 50 กิโลกรัม และร้อยละ 99 ฐานเปียก ตามลำดับ 3) ความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้งเท่ากับร้อยละ 5 ฐานเปียก 4) อุณหภูมิลมร้อน ณ ทางเข้าและทางออกห้องอบแห้งมีค่าเท่ากับ 80 และ 70 องศาเซลเซียส ตามลำดับ 5) ความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 5 เมตรต่อวินาที 6) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อมเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส และร้อยละ 60 ตามลำดับ 7) ระยะเวลาในการอบแห้งเท่ากับ 12 ชั่วโมง และ 8) ค่าความปลอดภัยในการออกแบบ (Factor of Safety) เท่ากับร้อยละ 20

ขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลสมบัติของอากาศ ณ จุดต่าง ๆ ของระบบอบแห้ง ดังภาพ 1 สมบัติอากาศขึ้นจุดที่ 1 อากาศแวดล้อม ณ จุดนี้จะทำการกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ $T_{db,1}$ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม RH_1 ตามเงื่อนไขในการออกแบบ ลงบนแผนภูมิอากาศชื้น (Psychrometric Chart) แล้วอ่านค่าเอนทัลปี (Enthalpy) h_1 และค่าอัตราส่วนความชื้น w_1 (Brooker, 1992)

สมบัติอากาศขึ้นจุดที่ 2 อุณหภูมิอากาศร้อนก่อนเข้าห้องอบแห้ง (อากาศแวดล้อมที่ผ่านการให้ความร้อนแล้ว) ณ จุดนี้จะทำการกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ $T_{db,2}$ ตามเงื่อนไขในการออกแบบ และกำหนดให้ค่าอัตราส่วนความชื้น w_2 ของอากาศ ณ ตำแหน่งนี้ให้มีค่าคงที่เท่ากับค่าอัตราส่วนความชื้นของอากาศแวดล้อม w_1 ($w_2 = w_1$ เนื่องจากอากาศที่ผ่านแหล่งความร้อนไม่มีปริมาณน้ำในอากาศเพิ่มขึ้น) ลงบนแผนภูมิอากาศชื้น แล้วอ่านค่าเอนทัลปี h_2 และค่าปริมาตรจำเพาะ v_2 (Brooker, 1992)

สมบัติอากาศขึ้นจุดที่ 3 อากาศร้อนที่ออกจากห้องอบแห้ง เนื่องจากกระบวนการอบแห้งเป็นกระบวนการดึงความชื้นออกจากวัสดุทำให้อากาศมีความชื้นเพิ่มขึ้น และเป็นกระบวนการอะเดียแบติก (Adiabatic) ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสมบัติของอากาศขึ้นระหว่างจุด 2 ไป 3 จึงเป็นกระบวนการแบบเอนทัลปีคงที่ ($h_3 = h_2$) ณ จุดนี้จะทำการกำหนดอุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ $T_{db,3}$ ตามเงื่อนไขในการออกแบบ และกำหนดค่าเอนทัลปีของอากาศร้อนที่ออกจากห้องอบแห้งเท่ากับเอนทัลปีของอากาศร้อนก่อนเข้าห้องอบแห้งลงบนแผนภูมิอากาศชื้น แล้วอ่านค่าอัตราส่วนความชื้น w_3 (Brooker, 1992)



ภาพ 1 ตำแหน่งในการรวบรวมข้อมูลสมบัติของอากาศ

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณน้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้ง (W_f) โดยกำหนดน้ำหนักเริ่มต้นของวัตถุดิบ (W_i) ความชื้นเริ่มต้นของวัตถุดิบ (M_i) และความชื้นสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้ง (M_f) ตามเงื่อนไขการออกแบบที่กำหนด แล้วทำการคำนวณน้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้งด้วยสมการที่ (1) (ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2559)

$$W_f = \frac{W_i (100 - M_i)}{(100 - M_f)} \quad (1)$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากวัตถุดิบ (m_w) ด้วยค่าน้ำหนักเริ่มต้นของวัตถุดิบ (W_i) ตามเงื่อนไขการออกแบบและน้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้ง (W_f) จากขั้นตอนที่ 3 ด้วยสมการที่ (2) (ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2559)

$$m_w = W_i - W_f \quad (2)$$

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณอัตราการระเหยน้ำระหว่างการอบแห้ง ($\dot{m}_w$) จากปริมาณน้ำที่ต้องระเหยออกจากวัตถุดิบ (m_w) จากขั้นตอนที่ 4 และระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (t) ตามเงื่อนไขการออกแบบด้วยสมการที่ (3) (ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2559)

$$\dot{m}_w = \frac{m_w}{t} \quad (3)$$

ขั้นตอนที่ 6 คำนวณอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ($\dot{m}_a$) ที่ต้องใช้ในการอบแห้งด้วยค่าอัตราการระเหยน้ำระหว่างการอบแห้ง ($\dot{m}_w$) จากขั้นตอนที่ 5 และผลต่างของอัตราส่วนความชื้นของอากาศเข้าและออกจากห้องอบแห้ง (w_2 และ w_3 จากขั้นตอนที่ 2) ด้วยสมการที่ (4) (ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2559)

$$\dot{m}_a = \frac{\dot{m}_w}{w_f - w_i} = \frac{\dot{m}_w}{w_3 - w_2} \quad (4)$$

ขั้นตอนที่ 7 คำนวณอัตราการไหลเชิงปริมาตรของอากาศ ($\dot{V}_a$) ที่ต้องใช้ในการอบแห้งด้วยค่าอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ($\dot{m}_a$) จากขั้นตอนที่ 6 และค่าปริมาตรจำเพาะของอากาศเข้าห้องอบแห้ง (v_2 จากขั้นตอนที่ 2) ด้วยสมการที่ (5) (ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2559)

$$\dot{V}_a = \dot{m}_a \cdot v_i = \dot{m}_a \cdot v_2 \quad (5)$$

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณพลังงานความร้อนที่ระบบอบแห้งต้องการ (Q_{dryer}) ในขั้นตอนนี้จะทำการคำนวณค่าพลังงานที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศแวดล้อมให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นเท่ากับอุณหภูมิลมร้อนที่ต้องการใช้ในการอบแห้งตามเงื่อนไขในการออกแบบ โดยการคำนวณจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ของอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ ($\dot{m}_a$) ที่ต้องใช้ในการอบแห้งจากขั้นตอนที่ 6 และผลต่างเอนทาลปีของอากาศแวดล้อมก่อนเข้าและออกจากแหล่งความร้อน (h_1 และ h_2 จากขั้นตอนที่ 2) ด้วยสมการที่ (6) (ณัฐวุฒิ ดุษฎี, 2559)

$$Q_{\text{dryer}} = \dot{m}_a \times \frac{(h_2 - h_1)}{3,600} \quad (6)$$

ขั้นตอนที่ 9 กำหนดค่าความปลอดภัยเชิงวิศวกรรม (Safety Factor: SF) เพื่อให้แหล่งความร้อนที่จะติดตั้งให้กับระบบอบแห้งไม่ทำงานหนักจนเกินไปหรือเกิดการเสียหายโดยค่าพลังงานงานความร้อนออกแบบ (Q_{design}) สามารถคำนวณได้จากค่าพลังงานงานความร้อนที่ระบบอบแห้งต้องการ (Q_{dryer}) จากการคำนวณในขั้นตอนที่ 8 และค่าความปลอดภัย (Safety Factor: SF) ดังสมการที่ (7) (Ratti and Mujumdar, 2006)

$$Q_{\text{design}} = Q_{\text{dryer}} \times (SF) \quad (7)$$

การทดสอบสมรรถนะระบบอบแห้ง

งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบสมรรถนะระบบอบแห้งโดยการทดลองอบแห้งเห็ดหูหนูดำที่เก็บเกี่ยวจากฟาร์มของเกษตรกรในอำเภอสนทราย จังหวัดเชียงใหม่ เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่มีความชื้นเริ่มต้นค่อนข้างสูง (ประมาณร้อยละ 90 ฐานเปียก) และมีอายุกับจัดเก็บแบบสดต่ำจึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวแทนของผลิตผลทางการเกษตรสำหรับทดลองแปรรูปเป็นอาหารอบแห้งด้วยระบบอบแห้งต้นแบบนี้ ซึ่งในการทดลองผู้วิจัยจะทำการสุ่มตัวอย่างเห็ดหูหนูดำสดเพื่อวัดค่าความชื้นเริ่มต้นด้วยเครื่อง Moisture Analyzer ยี่ห้อ Ohaus รุ่น MB25 จากนั้นจะทำการบรรจุเห็ดหูหนูดำในถาดอบภายในเครื่องอบแห้งถาดละ 5 กิโลกรัม จำนวน 10 ถาด แล้วทำการทดลองด้วยเทคนิคการอบแห้ง 2 แบบ ได้แก่ 1) เทคนิคอบแห้งด้วยลมร้อน (Hot Air: HA) และ 2) เทคนิคอบแห้งด้วยลมร้อนผสมผสานอินฟราเรด (HA + IR) กำลังไฟฟ้า 400 วัตต์ (ทั้งนี้สาเหตุที่ผู้วิจัยกำหนดเทคนิคการอบแห้งด้วยอินฟราเรดเป็นกำลังไฟฟ้าแทนที่จะกำหนดเป็นอุณหภูมิ เนื่องจากวัตถุดิบถูกจัดวางในถาดอบแห้งที่หมุนตลอดเวลาทำให้วัตถุดิบดังกล่าวได้รับความร้อนจากหลอดอินฟราเรดซึ่งติดตั้งไว้เหนือถาดอบแห้งเพียงชั่วขณะ จึงไม่สามารถวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุดิบขณะเคลื่อนที่ผ่านรังสีอินฟราเรดได้) โดยทั้งสองเทคนิคจะกำหนดให้ถาดอบแห้งหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ 5 รอบต่อนาที อุณหภูมิและความเร็วลมร้อนคงที่เท่ากับ 65 องศาเซลเซียส และ 1.5 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ ระหว่างการทดลองจะทำการเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์อบแห้งทุก ๆ 10 นาที เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่าความชื้นด้วยเครื่องวัดความชื้น (ยี่ห้อ Ohaus รุ่น MB25) ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อบแห้งที่เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช.136/2558 ซึ่งกำหนดให้ผลิตภัณฑ์ผักและผลไม้แห้งต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 12 ฐานเปียก (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2558) ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องทำการอบแห้งเห็ดหูหนูดำจนกว่าค่าความชื้นสุดท้ายจะต่ำกว่าร้อยละ 10 ฐานเปียก เนื่องจากผลิตภัณฑ์อาหารอบแห้งทุกชนิดจะดูดความชื้นกลับจากอากาศแวดล้อมทั้งก่อนและระหว่างการบรรจุ ทำให้การผลิตสินค้าอบแห้งจำเป็นต้องเผื่อค่าความชื้นสุดท้ายให้ต่ำกว่าค่าที่ระบุในมาตรฐานเพื่อป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ โดยค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการประเมินสมรรถนะของระบบอบแห้งที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ได้แก่

1. อัตราการอบแห้ง เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อระยะเวลาในการอบแห้ง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (8) (Tonui et al., 2014)
2. อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ เป็นค่าที่แสดงถึงอัตราส่วนของปริมาณน้ำที่ระเหยออกจากวัสดุต่อพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (9) (Sarkar et al., 2006)

3. ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เป็นค่าที่แสดงถึงพลังงานที่ใช้ต่อปริมาณน้ำที่ระเหย ซึ่งเป็นค่าส่วนกลับของ SMER สามารถคำนวณจากสมการที่ (10) (Charoenvai et al., 2013)

4. ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของระบบอบแห้ง สามารถคำนวณได้จากสมการที่ (11) (Dincer et al., 2003)

$$DR = \frac{w_i - w_f}{t} \quad (8)$$

$$SMER = \frac{w_i - w_f}{P_E} \quad (9)$$

$$SEC = \frac{3.6P_E}{w_i - w_f} \quad (10)$$

$$\eta_{system} = \frac{m_w h_{fg}}{E_{total}} \times 100 \quad (11)$$

เมื่อ DR	คือ	อัตราการอบแห้ง (กิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมง)
SMER	คือ	อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (กิโลกรัมน้ำต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)
SEC	คือ	ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อกิโลกรัมน้ำ)
η_{system}	คือ	ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (ร้อยละ)
w_i	คือ	น้ำหนักเริ่มต้นของวัตถุดิบ (กิโลกรัม)
w_f	คือ	น้ำหนักสุดท้ายของผลิตภัณฑ์อบแห้ง (กิโลกรัม)
t	คือ	ระยะเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง (ชั่วโมง)
P_E	คือ	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (กิโลวัตต์ชั่วโมง)
m_w	คือ	มวลของน้ำที่ระเหยออกจากวัตถุดิบ (กิโลกรัม)
h_{fg}	คือ	ความร้อนแฝงของน้ำ (กิโลจูลต่อกิโลกรัม)
E_{Total}	คือ	พลังงานไฟฟ้ารวมที่ป้อนให้กับระบบ (กิโลจูล)

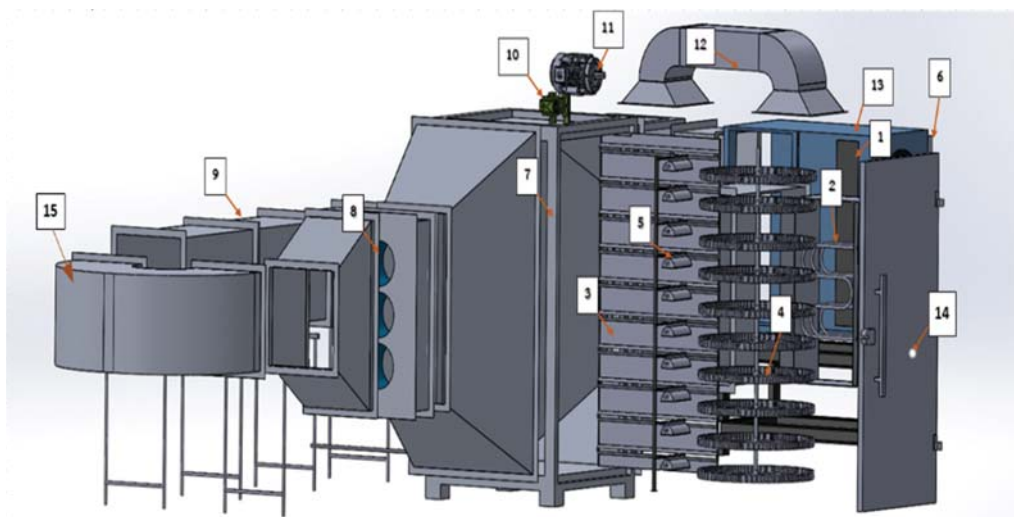


ผลการวิจัย

ผลการออกแบบและสร้างระบบอบแห้ง

จากผลการคำนวณตามเงื่อนไขการออกแบบข้างต้น พบว่าระบบอบแห้งต้องการแหล่งความร้อนในการระเหยน้ำออกจากวัตถุดิบสูงสุดเท่ากับ 20.50 กิโลวัตต์ โดยเมื่อเผื่อค่าความปลอดภัยร้อยละ 20 จากพิกัดที่คำนวณได้จะทำให้ระบบอบแห้งต้องการแหล่งความร้อนที่ขนาดไม่ต่ำกว่า 24.60 กิโลวัตต์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้แหล่งความร้อน

ที่มีพิกัดกำลังการผลิตความร้อนรวมไม่ต่ำกว่าค่าที่ได้จากการออกแบบ โดยบูรณาการระบบ
ปั๊มความร้อนขนาด 10.50 กิโลวัตต์ เข้ากับฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 14.40 กิโลวัตต์ ซึ่งคิดเป็นกำลัง
การผลิตความร้อนรวมเท่ากับ 24.90 กิโลวัตต์ และเสริมสมรรถนะการให้ความร้อนแก่วัตถุ
ด้วยรังสีอินฟราเรด (IR) โดยทำการติดตั้งหลอดอินฟราเรดแบบใช้ไฟฟ้าพร้อมคอมสัทอนรังสี
ที่สามารถควบคุมกำลังไฟฟ้าได้ในช่วง 0 ถึง 500 วัตต์ จำนวน 10 หลอด บริเวณเหนือ
ถาดอบแห้งแต่ละถาด เมื่อคำนวณจากประสิทธิภาพของหลอดอินฟราเรดประมาณร้อยละ 80
จะสามารถคิดเป็นพลังงานความร้อนที่ได้จากหลอดอินฟราเรดชุดนี้ประมาณ 4 กิโลวัตต์
ทำให้ระบบอบแห้งแบบผสมผสานนี้มีพิกัดกำลังการผลิตความร้อนประมาณ 29 กิโลวัตต์
ทำให้ระบบนี้สามารถอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรได้ 2 เทคนิค ได้แก่ 1) เทคนิคการอบแห้ง
ด้วยลมร้อนที่สามารถปรับเปลี่ยนอุณหภูมิและความเร็วลมได้สูงสุด 120 องศาเซลเซียส
และ 5 เมตรต่อวินาที ตามลำดับ และ 2) เทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อนผสมผสานอินฟราเรด
ที่สามารถสร้างอุณหภูมิที่ผิวผลิตภัณฑ์ได้สูงสุดมากกว่า 200 องศาเซลเซียส (กรณีถาดอบแห้ง
หยุดนิ่งและใช้กำลังอินฟราเรด 500 วัตต์) โดยระบบอบแห้งแบบผสมผสานแหล่งความร้อน
ที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้มีส่วนประกอบหลักแสดงดังภาพ 2

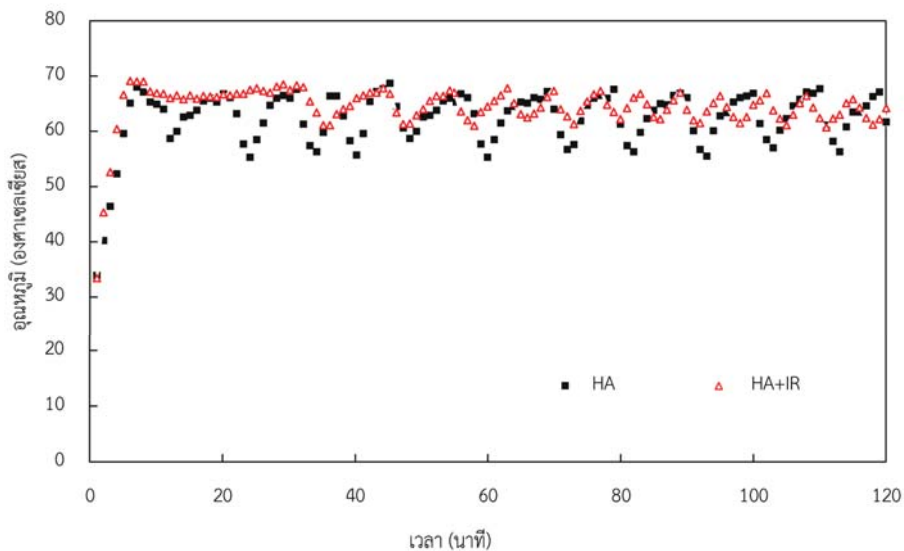


- | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 1) คอยล์ร้อนของปั๊มความร้อน | 2) ฮีตเตอร์ไฟฟ้า | 3) ช่องกระจายลมร้อน |
| 4) ถาดอบแห้งแบบหมุน | 5) หลอดอินฟราเรด | 6) ชุดควบคุม |
| 7) ห้องอบแห้ง | 8) พัดลม | 9) ท่อหมุนเวียนอากาศ |
| 10) ชุดเพื่อกดกำลัง | 11) มอเตอร์หมุนถาดอบแห้ง | 12) อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน |
| 13) ปั๊มความร้อน | 14) ประตูห้องอบแห้ง | 15) ช่องระบายอากาศขึ้น |

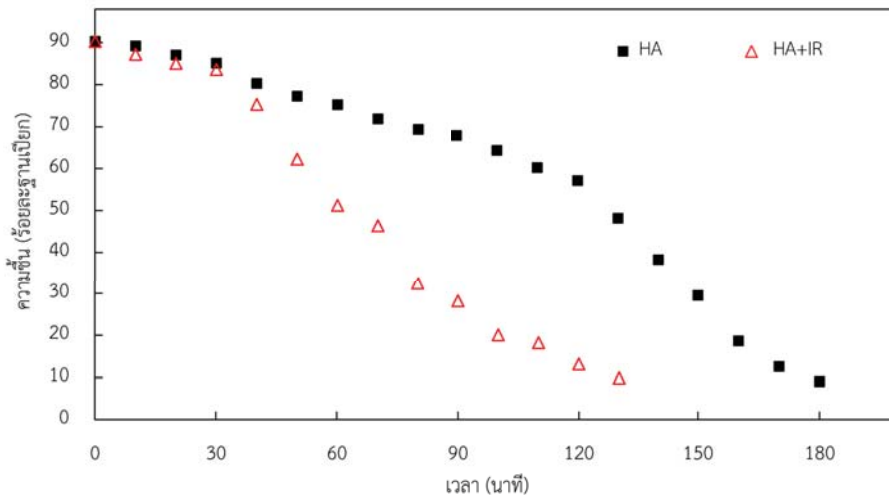
ภาพ 2 ส่วนประกอบที่สำคัญของระบบอบแห้ง

ผลการทดสอบสมรรถนะระบบอบแห้ง

จากผลการทดลองอบแห้งเห็ดหูหนูดำตัวอย่างมีความชื้นเริ่มต้นประมาณร้อยละ 90 ฐานเปียก ด้วยเทคนิคอบแห้งด้วยลมร้อน (HA) และเทคนิคอบแห้งด้วยลมร้อนผสมผสานอินฟราเรด (HA + IR) พบว่าทั้งสองเทคนิคสามารถผลิตเห็ดหูหนูดำอบแห้งที่มีความชื้นสุดท้ายต่ำกว่าร้อยละ 10 ฐานเปียก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพข.136/2558 โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากทั้งสองเทคนิคมีสีสัมผัสที่แตกต่างกัน แต่การใช้เทคนิคลมร้อนผสมผสานอินฟราเรด (HA + IR) จะทำให้ระบบอบแห้งเข้าสู่สมดุลทางอุณหภูมิได้เร็วและเสถียรกว่าเทคนิคลมร้อนเพียงอย่างเดียว (HA) (ภาพ 3) โดยเทคนิค HA + IR มีอัตราการระเหยน้ำออกจากผลิตภัณฑ์ (อัตราการอบแห้ง) เท่ากับ 20.63 กิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมง ใช้ระยะเวลาในการอบแห้ง 130 นาที ในขณะที่การใช้เทคนิค HA มีอัตราการระเหยน้ำที่ต่ำกว่าทำให้ต้องใช้เวลาในการอบแห้งนานกว่าถึง 50 นาที (ภาพ 4)



ภาพ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในห้องอบแห้ง



ภาพ 4 การเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในผลิตภัณฑ์อบแห้ง

ผลจากการวัดค่าพารามิเตอร์ด้านพลังงาน พบว่าระบบอบแห้งแบบผสมผสาน แหล่งความร้อนในงานวิจัยนี้เมื่อใช้เทคนิค HA + IR และ HA มีประสิทธิภาพเชิงความร้อน สูงสุดประมาณร้อยละ 81 และ 76 ตามลำดับ จากค่าประสิทธิภาพที่สูงกว่าทำให้การใช้เทคนิค HA + IR ส่งผลต่อค่าสมรรถนะเชิงความร้อนด้านอื่น ๆ ที่ดีกว่าการใช้เทคนิค HA อีกด้วย กล่าวคือ เทคนิคลมร้อนผสมผสานอินฟราเรดสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการอบแห้ง และลดอัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลงร้อยละ 6.18 และ 6.27 ตามลำดับ ในขณะที่ อัตราการระเหยน้ำจำเพาะสูงขึ้นร้อยละ 6.69 โดยผลการทดสอบสมรรถนะของระบบอบแห้ง ในงานวิจัยนี้ แสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการทดสอบสมรรถนะของระบบอบแห้ง (กรณีศึกษาเห็ดหูหนูดำ)

ค่าพารามิเตอร์	แหล่งความร้อน		การเปรียบเทียบ ลมร้อน + อินฟราเรด กับ ลมร้อน
	ลมร้อน	ลมร้อน + อินฟราเรด	
น้ำหนักเห็ดหูหนูดำ เริ่มต้น/สุดท้าย (กิโลกรัม)	50/5.35	50/5.31	ใกล้เคียงกัน
ความชื้นเห็ดหูหนู เริ่มต้น/สุดท้าย (ร้อยละฐานเปียก)	90.28/9.13	90.34/8.98	ใกล้เคียงกัน
ระยะเวลาในการอบแห้ง (นาท)	180	130	ลดลงร้อยละ 27.78

ค่าพารามิเตอร์	แหล่งความร้อน		การเปรียบเทียบ ลมร้อน + อินฟราเรด กับ ลมร้อน
	ลมร้อน	ลมร้อน + อินฟราเรด	
อัตราการระเหยน้ำ หรืออัตราการอบแห้ง (กิโลกรัมน้ำต่อชั่วโมง)	14.88	20.63	เพิ่มขึ้นร้อยละ 38.64
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการอบแห้ง (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	38.82	36.42	ลดลงร้อยละ 6.18
อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (SEC) (กิโลจูลต่อกิโลกรัมน้ำ)	3,130	2,934	ลดลงร้อยละ 6.26
อัตราการระเหยน้ำจำเพาะ (SMER) (กิโลกรัมน้ำต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	1.15	1.23	เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.96
ประสิทธิภาพของระบบอบแห้ง (ร้อยละ)	75.72	80.78	เพิ่มขึ้นร้อยละ 6.68



อภิปรายผลการวิจัย

การอบแห้งด้วยลมร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนให้กับวัสดุอบแบบพาความร้อน (Heat Convection) โดยใช้อากาศเป็นตัวกลาง การถ่ายเทความร้อนลักษณะนี้อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุอบจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิของลมร้อน จากภาพ 3 จะเห็นได้ว่าในช่วงเริ่มต้นของกระบวนการอบแห้ง (20 นาทีแรก) ลมร้อนยังมีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอบแห้งที่กำหนด (ต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส) ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุอบมีอัตราการเพิ่มขึ้นต่ำ ส่งผลต่ออัตราการระเหยของความชื้นในช่วงต้นของกระบวนการอบแห้งด้วยลมร้อนที่ต่ำตามไปด้วย ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีอบแห้ง ในขณะที่การให้ความร้อนด้วยรังสีอินฟราเรดเป็นการถ่ายเทความร้อนแบบไม่อาศัยตัวกลางหรือที่เรียกว่าการแผ่รังสีความร้อน (Heat Radiation) กล่าวคือ รังสีอินฟราเรดจะพุ่งตรงสู่วัสดุอบทำให้อุณหภูมิที่ผิวของวัสดุสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้น้ำที่ผิวของผลิตภัณฑ์ระเหยออกตั้งแต่เริ่มกระบวนการอบแห้ง เมื่อพิจารณาผลการทดลองพบว่า การอบแห้งเห็ดหูหนูดำด้วยลมร้อนผสมผสานอินฟราเรด (HA + IR) ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวประมาณร้อยละ 28 ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการถ่ายเทความร้อนดังกล่าวข้างต้น ผลของระยะเวลาในการอบแห้งที่ลดลงทำให้อุปกรณ์ส่วนควบต่าง ๆ อาทิ พัดลมไฟฟ้า มอเตอร์หมุนถาดอบแห้ง ระบบเฝ้าตรวจวัดและควบคุมทำงานน้อยลง ส่งผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของระบบอบแห้งที่ลดลงตามไปด้วย จากเหตุผลดังกล่าวทำให้อัตราส่วนของพลังงานที่ใช้ในการระเหยน้ำต่อพลังงานไฟฟ้ารวมที่ป้อนให้กับระบบอบแห้งมีค่าสูงขึ้น ซึ่งอัตราส่วนดังกล่าวคือค่าประสิทธิภาพ

ของระบบอบแห้งที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง อีกทั้งการที่ชิ้นส่วนต่าง ๆ ทำงานด้วยระยะเวลาที่สั้นลง จึงส่งผลต่อค่าซ่อมบำรุงซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของต้นทุนการผลิตมีค่าลดลงด้วย



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ทำการการออกแบบ สร้าง และทดสอบระบบอบแห้งแบบผสมผสานแหล่งความร้อนจากป้้มความร้อน ฮีตเตอร์ไฟฟ้า และหลอดอินฟราเรดไฟฟ้า ระบบนี้มีพิกัดกำลังการผลิตความร้อนรวมประมาณ 29 กิโลวัตต์ สามารถอบแห้งผลิตผลทางการเกษตรได้ 2 เทคนิค ได้แก่ 1) เทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อนที่มีอุณหภูมิในช่วง 40 ถึง 120 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อนในช่วง 0 ถึง 5 เมตรต่อวินาที และ 2) เทคนิคการอบแห้งด้วยลมร้อนผสมผสานอินฟราเรดที่กำลังอินฟราเรดในช่วง 0 ถึง 500 วัตต์ สามารถสร้างอุณหภูมิที่ผิวผลิตภัณฑ์ได้สูงที่สุดมากกว่า 200 องศาเซลเซียส จากการทดลองใช้ระบบดังกล่าวในการอบแห้งเห็ดหูหนูดำ พบว่าเทคนิคอบแห้งแบบผสมผสานสามารถผลิตเห็ดหูหนูดำอบแห้งที่มีความชื้นตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มพช.136/2558 และมีลักษณะทางกายภาพตรงต่อความต้องการของผู้บริโภค โดยระบบอบแห้งที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงสุดเท่ากับร้อยละ 75.72 และ 80.78 เมื่ออบแห้งด้วยเทคนิคลมร้อนเพียงอย่างเดียวและอบแห้งเทคนิคลมร้อนผสมผสานอินฟราเรด ตามลำดับ ทั้งนี้การเสริมสมรรถนะของการอบแห้งแบบลมร้อนด้วยอินฟราเรดจะทำให้ระบบอบแห้งมีประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นประมาณร้อยละ 7 ส่งผลให้ระยะเวลาในการอบแห้งลดลงประมาณร้อยละ 28 และสามารถลดต้นทุนทางด้านพลังงานลงประมาณร้อยละ 6 จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่าระบบอบแห้งแบบผสมผสานในงานวิจัยนี้สามารถเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับผู้ประกอบการอบแห้งได้เป็นอย่างดีซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย โดยปัจจุบันคณะผู้วิจัยในนามวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ได้ใช้ประโยชน์เทคโนโลยีระบบอบแห้งแบบผสมผสานที่ออกแบบและสร้างขึ้นในงานวิจัยนี้ ในรูปแบบของการรับแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรของเกษตรกร วิสาหกิจชุมชน และผู้สนใจ เพื่อเป็นการถ่ายทอดเทคโนโลยีเพื่อบริการชุมชน และเพื่อการฝึกอบรมให้กับนักศึกษาของมหาวิทยาลัยแม่โจ้อย่างต่อเนื่องอีกด้วย

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งเห็ดหูหนูดำด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวมีค่าเท่ากับ 65 องศาเซลเซียส ที่ระดับความเร็วลมคงที่เท่ากับ 1.5 เมตรต่อวินาที เนื่องจากการอบด้วยอุณหภูมิที่สูงกว่านี้จะส่งผลต่อระยะเวลาในการอบแห้งที่ลดลงเพียงเล็กน้อย แต่กลับทำให้ระบบอบแห้งใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นโดยใช้เหตุจึงไม่คุ้มค่า

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การให้ความร้อนด้วยเทคโนโลยีอินฟราเรดจะทำให้อุณหภูมิที่ผิวของผลิตภัณฑ์สูงขึ้นอย่างรวดเร็วจนวัตถุดิบบางชนิดที่มีผิวบางอาจเกิดการไหม้เกรียมหรือเสียหายได้ ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังในการใช้งานและควรปรับเปลี่ยนกำลังอินฟราเรดให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์อบแห้ง
2. การพัฒนาต่อยอดควรเพิ่มระบบควบคุมความชื้นภายในห้องอบ เพื่อลดการปล่อยอากาศชื้นที่ออกสู่ภายนอก ซึ่งเป็นการลดปัญหาด้านกลิ่นที่เกิดจากกระบวนการอบแห้งวัตถุดิบที่มีกลิ่นแรง เช่น พริก ใบมะกรูด ตะไคร้ เป็นต้น



กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการทำวิทยานิพนธ์ในโครงการผลิตและพัฒนาศักยภาพบัณฑิตทางด้านพลังงานในกลุ่มประเทศอาเซียนในระดับบัณฑิตศึกษา จากวิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาในโครงการทุนศิษย์ก้นกุฏิ ประจำปี 2562 จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ทุนวิจัยบัณฑิตศึกษาด้านการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร ประจำปี 2563 จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) และทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund) จากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) ประจำปี 2562 และ 2563 ผ่านมหาวิทยาลัยแม่โจ้ มา ณ ที่นี้



เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวุฒิ คุชฎี. (2559). *การอบแห้งผลผลิตเกษตรด้วยพลังงานทดแทนพื้นฐานและการประยุกต์ใช้งาน*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (2562). *สถิติการใช้พลังงานในประเทศไทย ปี 2562*. กระทรวงพลังงาน. ประเทศไทย.
- สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์การค้ากระทรวงพาณิชย์. (2562). *รายงานประจำปี 2562*. กระทรวงพาณิชย์. ประเทศไทย.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2558). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 136/2558*. กระทรวงอุตสาหกรรม. ประเทศไทย.
- Brooker, D. B., Bakker-Arkema, F. W., & Hall, C. W. (1992). *Drying and storage of grains and oilseeds*. Van Nostrand Reinhold.

- Charoenvai, S., Yingyuen, W., Jewyee, A., Rattanadecho, P., & Vongpradubchai, S. (2013). Analysis of energy consumption in a drying process of particleboard using a combined multi-feed microwave-convective air and continuous belt system (CMCB). *Thammasat International Journal of Science and Technology*, 18(3), 1–15.
- Nowak, D., & Lewicki, P. P. (2005). Quality of infrared dried apple slices. *Drying Technology*, 23(4), 831–846.
- Ratti, C., & Mujumdar, A. S. (2006). Infrared drying. In Arun S. Mujumdar (Ed.), *Handbook of industrial drying* (3rd ed.). CRC press.
- Sakare, P., Prasad, N., Thombare, N., Singh, R., & Sharma, S. C. (2020). Infrared drying of food materials: Recent advances. *Food Engineering Reviews*, 12(3), 381–398.
- Sarkar, J., Bhattacharyya, S., & Gopal, M. R. (2006). Transcritical CO₂ heat pump dryer: Part 2, validation and simulation results. *Drying Technology*, 24(12), 1593–1600.
- Tonui, K. S., Mutai, E. B. K., Mutuli, D. A., Mbugu, D. O., & Too, K. V. (2014). Design and evaluation of solar grain dryer with a back-up heater. *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 7(15), 3036–3043.



ACADEMIC JOURNAL
UTTARADIT RAJABHAT
UNIVERSITY

การออกแบบและทดสอบเครื่องผสมข้าวแนวนอนที่มีใบกวนแบบริบบอน

DESIGN AND TEST OF HORIZONTAL RICE MIXER WITH RIBBON STIRRING BLADE

วันที่รับ: 11 เมษายน 2565

วันที่แก้ไข: 6 มิถุนายน 2565

วันที่ตอบรับ: 9 มิถุนายน 2565

อำนาจ ตงติบ¹ และ พงษ์ธร วิจิตรกุล^{1*}

Amnad Tongtib¹ and Pongtorn Wichitkul^{1*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการพลังงาน

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000

¹Department of Energy Management Engineering,

Faculty of Industrial Technology,

Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit 53000

*Corresponding author e-mail: W.pongtorn@gmail.com



บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบเครื่องผสมข้าวแนวนอนที่มีใบกวนแบบริบบอน และทดสอบหาความเร็วและเวลาที่เหมาะสมในการผสมข้าวสารของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี ตำบลบ้านหม้อ อำเภอน้ำขุ่น จังหวัดอุดรดิตถ์ ในการออกแบบตัวเครื่องผสมแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นตัวถังผสม ส่วนที่สองเป็นชุดใบกวนเส้นแถบขดเป็นเกลียวสองชั้น ส่วนที่สามเป็นชุดมอเตอร์ที่ส่งกำลังผ่านชุดเฟืองไปยังเพลาลูกหมุนของใบกวน ซึ่งชุดมอเตอร์สามารถกำหนดความเร็วและทิศทางในการหมุนของการผสมผ่านชุดควบคุม ในการทดสอบใช้ข้าวจำนวน 200 กิโลกรัม โดยมีสัดส่วนของข้าวหอมมะลิที่มีสีข้าวกับข้าวหัดหิมชุมแพที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง ในอัตราส่วน 3:1 จากนั้นทำการทดสอบที่ความเร็วอินเวอร์เตอร์ 3 ระดับ คือ 15, 20 และ 25 เฮิร์ตซ์ (คิดเป็น 21.75, 29 และ 36.25 รอบต่อนาที ตามลำดับ) โดยการใส่ลูกปัดสีส้มขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวน 5,000 ลูก เป็นตัวแทนของข้าวที่ผสม ผลที่ได้ถูกนำไปแปรค่าเป็นสัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of Variation: CV) ซึ่งใช้เวลาในการผสม 300, 180 และ 30 วินาที ที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายน้อยกว่าร้อยละ 30 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบไปสร้างสมการเพื่อประเมินค่าที่ทำให้การผสมมีค่า CV น้อยกว่าร้อยละ 30 พบว่าใช้เวลาผสม 277, 165 และ 7 วินาทีตามลำดับ ผลของการออกแบบเครื่องผสมข้าวและการทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้

ในการผสมที่เหมาะสม สามารถช่วยเพิ่มกำลังการผลิตที่แรงงานคนเท่ากันและลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: การออกแบบเครื่องผสมข้าวแวนอน, ใบกวนริบบอน, สัมประสิทธิ์การกระจาย



Abstract

This research article aims to design a horizontal rice mixer with ribbon stirring blade, and to test the suitable speed and time for mixing of rice in Thongdee Agricultural Processing Community Enterprise in Ban Mor Sub-district, Pichai District, Uttaradit Province. The design of the mixer was divided into three main parts including the first part was a mixer tank. The second part was a ribbon stirring blade which was a double helix. The final part was a motor which functioned to transfer energy to rotary shaft of ribbon stirring blade. The main motor operated through a control unit that could set the speed and rotation direction of the mixer. In the mixing test to determine the mixing speed and time for mixing, 200 kg with red seed coat of White Hom Mali rice and Tum Tim Chum Phae was used at the ratio of 3:1. Then, a test was performed at three inverter frequencies of 15, 20 and 25 Hz (accounted for 21.75, 29 and 36.25 rpm, respectively) by using 5,000 orange beads of 5 mm diameter as representation of the mixed rice. The results were converted into the coefficient of variation (CV) as a criterion for mixing which took durations of mixing including 300, 180 and 30 seconds, respectively with the coefficient of variation of less than 30%. The data obtained from the experiment was used to create an equation to assess the value that caused the mixing to have the distribution coefficient in the acceptable range ($CV \leq 30\%$), and it revealed the time of mixing at 277, 165 and 7 seconds, respectively. The results of the rice mixer design and testing to determine the appropriate mixing speed and time could help increase the production capacity of the same labor and it could reduce the use of electricity accordingly.

Keywords: Horizontal Rice Mixer Design, Ribbon Stirring Blade, Coefficient of Variation



บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยซึ่งใช้ในการส่งออกและยังใช้บริโภคภายในประเทศ โดยข้าวในประเทศไทยมีหลากหลายประเภท เช่น ข้าวเหนียว ข้าวเจ้า เป็นต้น แต่ละสายพันธุ์นั้นจะมีลักษณะทางกายภาพที่ต่างกันออกไป เช่น รูปทรง ขนาด หรือสีของเมล็ดข้าว ซึ่งโดยทั่วไปแล้วข้าวสารหลังจากการสีนึ่งเปลือกออกจะมีสีขาว แต่ก็มีบางชนิดที่มีสีต่างกันไป เช่น ข้าวเจ้าเหลืองที่มีสีของเมล็ดข้าวเป็นสีเหลืองเข้มออกไปทางน้ำตาล ข้าวหอมปทุมที่มีสีเหลืองอ่อน หรือข้าวทับทิมชุมแพที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง เป็นต้น ในกระบวนการผลิตข้าวนั้นแบ่งเป็น การปลูก การแปรรูป และการจำหน่าย ในส่วนของการแปรรูปเป็นกระบวนการที่สำคัญก่อนการนำไปจำหน่ายซึ่งมีขั้นตอนหลัก คือ การสี การผสม และการบรรจุภัณฑ์ โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีกระบวนการและวัตถุประสงค์ที่ต่างกันไป ในส่วนของการผสมนั้นเป็นการนำข้าวที่ต่างสายพันธุ์กันมาผสมให้เข้ากันเพื่อเพิ่มตลาดให้กับผู้จัดจำหน่าย โดยการนำข้าวที่มีราคาสูงมาผสมกับข้าวที่มีราคาต่ำทำให้ราคาของข้าวผสมลดลงและยังช่วยปรับในเรื่องของความนุ่มของข้าวเมื่อหุงแล้วให้เหมาะกับลูกค้าบางกลุ่ม ในการผสมข้าวนั้นมีหลายวิธีในการผสม ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทและเป้าหมาย เช่น ในโรงสีจะใช้เครื่องผสมขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตสูงเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการในแต่ละครั้ง แต่ในครัวเรือน หมู่บ้าน รวมไปถึงกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนั้นไม่สามารถที่จะใช้เครื่องผสมขนาดใหญ่ได้ ซึ่งในปัจจุบันใช้วิธีการผสมแบบต่าง ๆ เช่น การเทใส่ถังแล้วเขย่าหรือกวน หรือการเทใส่กะละมังขนาดใหญ่โดยใช้มือคนกวนที่เป็นวิธีใช้แรงงานคนในการผสม โดยที่วิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี ตำบลบ้านหม้อ อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ ใช้แรงงาน 3-4 คน ในการผสมข้าวสาร ซึ่งได้ปริมาณเฉลี่ย 800 กิโลกรัมต่อวัน (คิดเป็นกำลังการผลิต 25 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน) ซึ่งไม่ทันต่อการผลิต และวิธีดังกล่าวทำให้เกิดความเสียหายของเมล็ดข้าวและไม่สามารถผสมเข้ากันได้อย่างสม่ำเสมอจึงเกิดความเสียหายเนื่องจากลูกค้าขอคืนสินค้า เป็นต้น (อังกาบ บุญสูง, 2563)

เครื่องผสมทั่วไปมี 2 ลักษณะที่ใช้ คือ ตัวถังเป็นแบบแนวตั้ง และแบบแนวนอน ในแบบแรกเป็นเครื่องผสมที่ตัวถังเป็นแบบแนวตั้งที่ใช้ผสมวัตถุดิบต่าง ๆ เช่น เครื่องผสมอาหารสัตว์ แบบแนวตั้ง (Balami et al., 2013) ที่ใช้วัตถุดิบ 3 ชนิด คือ ข้าวโพดบด แป้งมันสำปะหลัง และข้าวโพดปอกเปลือก ผสมเข้าด้วยกันด้วยใบกวนที่มีลักษณะเป็นเกลียว หรือถังผสมแนวตั้งที่มีสองชั้นที่ใช้ในการผสมอาหารปลา (Olaniyan & Odewole, 2013) โดยวัตถุดิบจะถูกใบกวนผสมดันขึ้นด้านบนและตกลงในชั้นนอกไหลลงสู่ก้นถังผสมอีกที นอกจากนี้ยังมีถังผสมแนวตั้งที่ใช้ใบกวนที่เป็นเกลียวมีดตัดย่อยและทำการผสมหญ้าหมักเพื่อเป็นวัตถุดิบในการทำปุ๋ยไปพร้อมกัน (Mocera & Soma, 2018) เครื่องผสมที่กล่าวมานั้นเป็นลักษณะการส่งกำลัง

จากมอเตอร์เพื่อให้ใบกวนหมุนผสมวัตถุดิบ แต่ก็ยังมีถึงผสมแนวตั้งอีกแบบที่ไม่ใช้ใบกวน แต่จะใช้การหมุนตัวถังผสมโดยหมุนแบบทวนเข็มนาฬิกาสลับกันไปมา วัสดุที่ได้จากการผสมมีลักษณะคลุกเคล้าเข้ากันดีสามารถนำออกจากถังได้ง่าย (ศุภกิตต์ สายสุนทร และคนอื่น ๆ, 2553) ถึงผสมแนวตั้งกล่าวมีข้อดี คือ การระบายวัตถุดิบออก เนื่องจากวัตถุดิบจะไหลจากด้านบนลงสู่ก้นถัง แต่ยังมีวัตถุดิบบางส่วนที่ตกค้างอยู่ที่ขอบของก้นถัง แบบที่สองเป็นเครื่องผสมที่มีตัวถังแวนอน ลักษณะการทำงานทั่วไปจะใช้เพลลาในการหมุนใบกวนซึ่งจะแตกต่างกันออกไป เช่น ใบกวนที่ใช้เหล็กเส้นเชื่อมติดกับเพลลา (ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม และคนอื่น ๆ, 2559; Makange et al., 2016) หรือเป็นแบบเกลียวที่มีทิศทางการลำเลียงต่างกัน (สุวรรณ หอมหวาน และวิขมา โพธิ์ทอง, 2554; Adebukola & Patrick, 2019; Okolie et al., 2021) ลักษณะใบกวนดังกล่าวทำให้การผสมวัตถุดิบความหนาแน่นสูงได้ดี แต่เกิดปัญหาคือการผสมใช้เวลานานเนื่องจากใบกวนมีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ยังมีรูปแบบของใบกวนที่มี 2 ชั้น ที่มีลักษณะเป็นเรียบอน (อภิชาติ ศรีชาติ และคนอื่น ๆ, 2562) โดยที่ใบเกลียวมีช่องว่างระหว่างเพลลาซับกับเกลียวจึงช่วยผสมวัตถุดิบให้ดีขึ้น แต่ก็มีข้อเสียคือใบกวนไม่แข็งแรงจึงไม่เหมาะกับการนำไปใช้กับวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นและความหนืดสูง ดังนั้นเมื่อนำลักษณะของถังผสมและใบกวนมา พบว่าถึงผสมแบบแวนอนที่ใช้ใบกวนแบบเรียบอนเหมาะสำหรับการผสมวัตถุดิบที่มีความหนาแน่นและความหนืดที่ไม่สูงมากนัก จึงเป็นแนวคิดในการนำไปใช้ผสมข้าว

จากการศึกษาการออกแบบเครื่องผสมชนิดต่าง ๆ จึงเป็นแนวคิดในการออกแบบเครื่องผสมข้าวแวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอน ซึ่งในการทดสอบการผสมของข้าวจะใช้สัมประสิทธิ์การกระจายเป็นเกณฑ์ในการบอกถึงความสามารถในการผสม โดยจะทำการทดสอบผสมข้าวสารที่ได้จากการปลูกในพื้นที่ตำบลบ้านหม้อ อำเภอฟิจัย จังหวัดอุดรธานี โดยการรวมกลุ่มเป็นวิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี (สหกรณ์การเกษตรบ้านหม้อ จำกัด) ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้จะถูกใช้เป็นข้อมูลในการใช้เครื่องผสมที่เหมาะสม ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและเพิ่มประสิทธิภาพของการผสม รวมไปถึงการประหยัดพลังงานซึ่งจะช่วยลดต้นทุนในกระบวนการผสมข้าวได้



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบบอนสำหรับผสมข้าวสารของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี ตำบลบ้านหม้อ อำเภอฟิชัย จังหวัดอุดรดิติ
2. เพื่อทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสมของเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบบอนสำหรับวิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี ตำบลบ้านหม้อ อำเภอฟิชัย จังหวัดอุดรดิติ

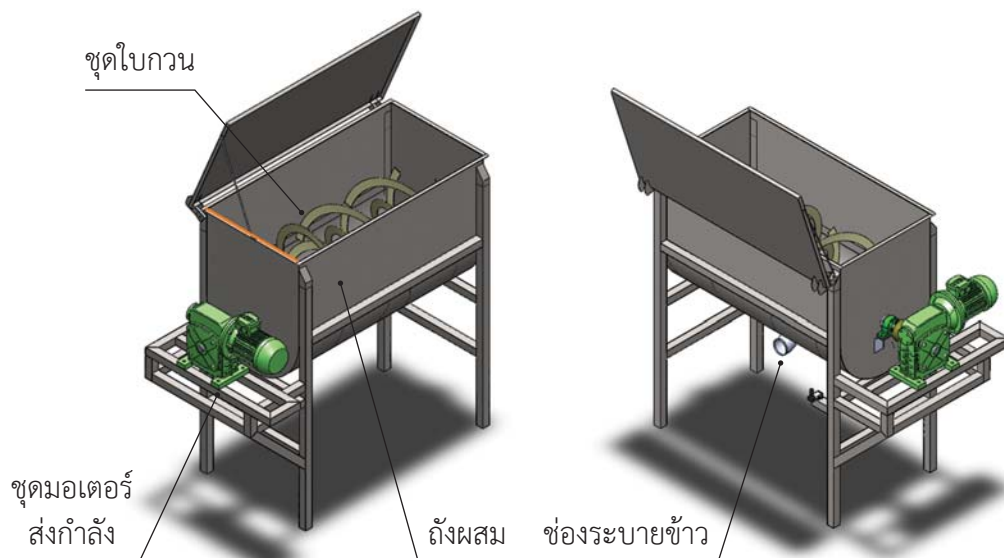


วิธีดำเนินการวิจัย

การทำวิจัยนี้ได้ทำการแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของการออกแบบเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบบอนซึ่งเป็นการออกแบบทางวิศวกรรม และส่วนที่สองเป็นการทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสมซึ่งเป็นการใช้ความรู้ทางสถิติในการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูล

1. การออกแบบเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบบอน

เครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบบอน มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ถังผสม ชุดใบกวน และชุดมอเตอร์ส่งกำลัง ดังแสดงในภาพ 1



ภาพ 1 ส่วนประกอบของเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบบอน

ถังผสมมีลักษณะหน้าตัดเป็นรูปผสมของสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับครึ่งวงกลม ซึ่งมีความจุ 500 กิโลกรัม ตามความต้องการของวิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดีและสามารถนำไปใช้งานในพื้นที่ที่จำกัดได้ ชุดใบกวนมีลักษณะเป็นเส้นแถบขดเป็นเกลียวสองชั้น (ชั้นนอกและชั้นใน) เกลียวชั้นนอกแบ่งเป็นสองช่วงที่มีทิศทางการตรงกันข้าม และเกลียวชั้นในแบ่งเป็นสองช่วงเช่นกันแต่มีทิศทางการตรงกันข้ามกับเกลียวชั้นนอก ความจุของการลำเลียงวัสดุของใบเกลียวสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (1)

$$Q = abV_m \quad (1)$$

เมื่อ Q คือ ความจุของการลำเลียง (kg/s) a คือ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยของวัสดุลำเลียง (m^2) b คือ ความหนาแน่นรวมของวัสดุที่ลำเลียง (kg/m^3) และ V_m คือ ความเร็วเฉลี่ยของวัสดุที่ถูกลำเลียง (m/s) ซึ่งหาได้จากสมการที่ (2)

$$V_m = N_m D_r \quad (2)$$

เมื่อ N_m คือ ความเร็วรอบของการกวน (rad/s) และ D_r คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียว (m) และแรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัสดุหาได้จากสมการที่ (3)

$$F_L = \mu Q V_m \quad (3)$$

เมื่อ F_L คือ แรงที่ใช้ในการเคลื่อนวัสดุ (N) L คือ ระยะทางในการลำเลียง (m) μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน จากนั้นสามารถหากำลังของมอเตอร์ได้จากสมการที่ (4)

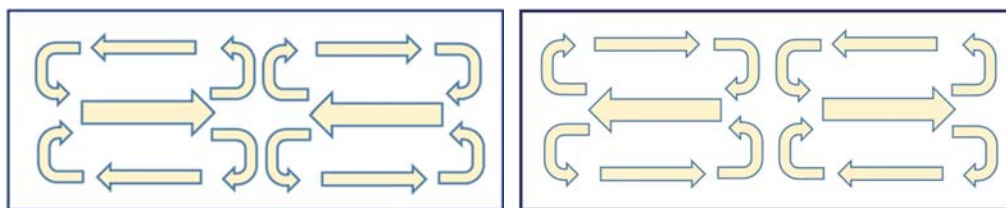
$$P = F_L V_m \quad (4)$$

เมื่อ P คือ กำลังของมอเตอร์ที่ใช้ผสมข้าว (Watt, W) จากนั้นพิจารณาตัวแปรที่ใช้ออกแบบแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ

ตัวแปรที่ใช้ในการออกแบบ							Q (kg/s)	P (W)
a (m ²)	b (kg/m ³)	V_m (m/s)	N_m (rad/s)	D_r		μ		
				ชั้นนอก	ชั้นใน			
0.7171	750	4.33	7.59	0.346	0.225	0.2	2,329	8,733

โดยที่ a คือ พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยที่ใบกวนลำเลียงวัสดุ b คือ ความหนาแน่นรวมเฉลี่ยของข้าวสารที่ใช้ผสม N_m คือ ความเร็วรอบของการกวน D_r คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของเกลียวซึ่งมีทั้งชั้นนอกและชั้นใน และ μ คือ สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน ซึ่งเมื่อแทนค่าในสมการที่ (1) สามารถหาค่าความจุของการลำเลียงได้ คือ 2,329 กิโลกรัมต่อวินาที โดยค่าดังกล่าวเป็นส่วนที่บอกถึงการกระจายตัวของการผสม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับพื้นที่เฉลี่ยที่ของใบกวนและความเร็วรอบของการกวน และเมื่อแทนค่าในสมการที่ (4) สามารถหากำลังของมอเตอร์ได้ คือ 8,733 วัตต์ โดยในการออกแบบเลือกมอเตอร์ขนาด 5 แรงม้า ที่ผ่านอัตราทด 20:1 ทำให้มีกำลัง 74,570 วัตต์ ซึ่งเพียงพอในสำหรับการใช้งานผสมข้าวสารในส่วนของถังผสมและชุดใบกวนทำจากสแตนเลสเกรดอาหาร และชุดใบกวนทำการหมุนกวนโดยที่สามารถควบคุมความเร็วในการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านชุดควบคุม (Inverter) ด้วยความถี่อินเวอร์เตอร์ในหน่วยเฮิร์ตซ์ (Hz) ในการกวนผสมข้าวใบกวนชั้นในจะหมุนกวนข้าวให้ชนกันบริเวณกึ่งกลางของถังกวน ในขณะที่ใบกวนวงนอกจะกวนข้าวออกจากกัน ดังแสดงในภาพ 2 (ก) และเมื่อต้องการนำข้าวออกจากถังผสมจะใช้ทิศทางการหมุนกวนตรงกันข้ามกับในกรณีแรก ลักษณะทิศทางการนำข้าวออกจากถัง แสดงในภาพ 2 (ข)



(ก) ทิศทางการเคลื่อนที่สำหรับการผสมข้าวในถังผสม

(ข) ทิศทางการเคลื่อนที่สำหรับการระบายข้าวออกจากถังผสม

ภาพ 2 ทิศทางการเคลื่อนที่ของข้าวในการกวนผสม

2. การทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสม

การทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสมกับการทำงานในแต่ละครั้งจะใช้สัมประสิทธิ์การกระจาย (Coefficient of variation: CV) เป็นตัวเปรียบเทียบการกระจายตัวของการผสมข้าว โดยหาได้จาก

$$CV = \frac{S.D.}{\bar{X}} \times 100 \quad (5)$$

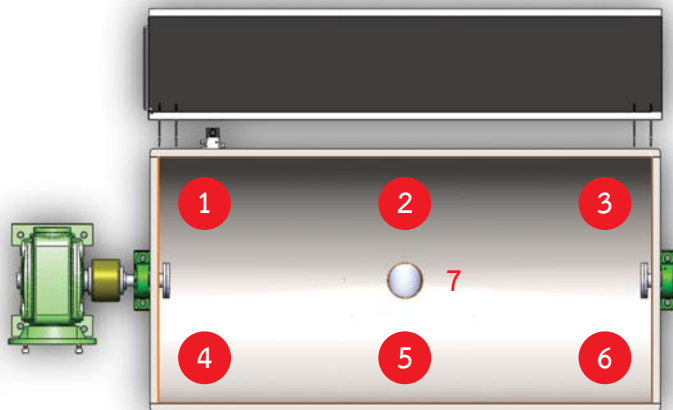
เมื่อ CV คือ สัมประสิทธิ์การกระจาย (%) $S.D.$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งหาได้จากสมการที่ (6) $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \quad (6)$$

เมื่อ X_i คือ ข้อมูลแต่ละจำนวน n คือ จำนวนข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัวจะถูกใช้ในการวัดค่าการกระจายตัวของการกวนผสมข้าวด้วยความเร็วและเวลาที่ต่างกัน ซึ่งในการทดสอบจะใช้ลูกปัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เป็นตัวแทนของการกระจายตัวของเมล็ดข้าว เนื่องจากขนาดของลูกปัดใกล้เคียงกับขนาดเมล็ดข้าวที่มีความยาว 7 มิลลิเมตร แต่เล็กกว่าเพื่อที่จะสามารถคัดแยกได้ โดยใช้จำนวน 2,500 เมล็ดต่อข้าวสาร 100 กิโลกรัม เช่นเดียวกับงานวิจัยของอภิชาติ ศรีชาติ และคนอื่น ๆ (2562)

ในการทดสอบเริ่มจากการเทข้าวสารจำนวน 200 กิโลกรัม (ข้าวหอมมะลิ 150 กิโลกรัม ที่มีสีข้าว และข้าวทับทิมชุมแพที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง 50 กิโลกรัม) ลงในถังผสม และทำการเทลูกปัดสีส้มขนาด 5 มิลลิเมตร จำนวน 5,000 เม็ด ลงในถังผสม จากนั้นทำการเปิดเครื่องผสมที่ความเร็ว 15, 20 และ 25 เฮิร์ตซ์ ตามลำดับ (คิดเป็น 21.75, 29 และ 36.25 รอบต่อนาที ตามลำดับ) ทำการเก็บตัวอย่างด้วยการใช้กระป๋องกลาง เส้นผ่านศูนย์กลาง 85 มิลลิเมตร โดยเก็บตัวอย่าง 6 ตำแหน่ง (แสดงในภาพ 3) ที่ความลึกจากผิวข้าวด้านบนลงไป 10 เซนติเมตร ซึ่งแต่ละตำแหน่งห่างจากขอบของถังผสม 10 เซนติเมตร และเก็บตัวอย่างอีกหนึ่งตำแหน่งที่ช่องระบายข้าว โดยเก็บตัวอย่างที่เวลา 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480 และ 540 วินาที ตามลำดับ หลังจากเก็บตัวอย่างที่ได้ในแต่ละจุดแล้ว ขั้นตอนมาเป็นการแยกลูกปัดออกจากข้าวโดยใช้ตะแกรงร่อนข้าวออกจนเหลือเพียงลูกปัด จากนั้นทำการนับลูกปัดที่ได้ในแต่ละตำแหน่ง และทำการบันทึกผลการทดลอง



ภาพ 3 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง



ผลการวิจัย

จากการออกแบบและทดสอบเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอนทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสม ผลการวิจัยพบว่าเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอนสามารถผสมข้าวสารที่มีคุณสมบัติทางกายภาพและสีที่ต่างกันดี เป็นอย่างดี โดยผลการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ผลการออกแบบเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอน และผลการทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสม

1. ผลการออกแบบเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอน

ผลการออกแบบเครื่องผสมข้าวแฉวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบอน แสดงในภาพ 4 ซึ่งมีส่วนประกอบ คือ ตัวถัง ขนาด 500 กิโลกรัม ชุดใบกวนเรียบอน (ภาพ 4 (ข)) และชุดมอเตอร์ส่งกำลังที่มีขนาด 5 แรงม้า การทำงานของเครื่องผสมเริ่มจากการนำข้าวสารที่ต้องการผสมสองชนิดตามสัดส่วนที่ต้องการเทลงในถังผสม จากนั้นทำการเปิดเครื่องผสมที่ตู้ควบคุม ดังแสดงในภาพ 4 (ก) โดยกำหนดทิศทางด้วยการเคลื่อนที่ของใบกวนเพื่อทำการผสม (ภาพ 2 (ก)) และปรับความเร็วในการหมุนกวนในหน่วยเฮิร์ตซ์ตามที่ต้องการ เมื่อทำการผสมเสร็จ ข้าวที่ผสมแล้วจะถูกระบายออกที่ช่องบริเวณใต้ถัง (ภาพ 4 (ค)) ที่ช่องระบายนี้ถูกควบคุมการเปิด-ปิดโดยใช้กระบอกสูบดึงช่องระบายด้วยระบบนิวเมติกส์ จากนั้นทำการกลับทิศทางการเคลื่อนที่ของใบกวนเป็นแบบระบายข้าวออกจากถังผสม (ภาพ 2 (ข)) เพื่อนำข้าวส่วนที่เหลือในถังผสมออกให้หมด ลักษณะของข้าวหลังผสมแสดงในภาพ 4 (ง)



(ก) ลักษณะตัวเครื่อง



(ข) ลักษณะใบกวนริบบอน



(ค) การระบายข้าวออกที่ช่องใต้ถัง



(ง) ลักษณะข้าวหลังผสม

ภาพ 4 เครื่องผสมข้าวแวนอนที่มีใบกวนแบบริบบอน

2. ผลการทดสอบหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสมที่เหมาะสม

จากผลการออกแบบเครื่องผสมข้าวแวนอนที่มีใบกวนแบบริบบอน ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการผสมข้าวด้วยความถี่อินเวอร์เตอร์ (ความเร็วของใบกวน) 3 ระดับ คือ 15, 20 และ 25 เฮิร์ตซ์ โดยเก็บค่าตัวอย่าง 7 ตำแหน่ง ที่เวลา 30, 60, 120, 180, 240, 300, 360, 420, 480 และ 540 วินาที ตามลำดับ การเก็บตัวอย่างแสดงในภาพ 5 (ก) และ (ข) ผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างแสดงในภาพ 5 (ค) และ (ง) จากนั้นนำค่าลูกบัตที่ได้ไปคำนวณหาค่า $S.D.$ และ CV ในสมการที่ (5) และ (6) ตามลำดับ โดยในผลการทดสอบได้ทำการทดสอบซ้ำ 3 ครั้ง และนำค่าที่ได้มาเฉลี่ย ซึ่งผลที่ได้แสดงในตาราง 2, 3 และ 4

(ก) เก็บตัวอย่าง
ด้านบน(ข) เก็บตัวอย่าง
ใต้ถัง(ค) ตัวอย่างที่เก็บ
ทั้ง 7 ตำแหน่ง(ง) จำนวนลูกปัด
ทั้ง 7 ตำแหน่ง

ภาพ 5 ผลการเก็บตัวอย่างและการนับจำนวนลูกปัดที่ได้

ตาราง 2 ผลการทดสอบและการแปรค่าที่ความเร็วเครื่อง 15 เฮิร์ตซ์ (21.75 rpm)

เวลา (วินาที)	จำนวนลูกปัด (เฉลี่ย 3 ครั้ง) ที่ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (ลูก)						ช่อง ระบาย ใต้ถัง	$\bar{X}$	S.D.	CV (%)
	ตำแหน่ง ที่ 1	ตำแหน่ง ที่ 2	ตำแหน่ง ที่ 3	ตำแหน่ง ที่ 4	ตำแหน่ง ที่ 5	ตำแหน่ง ที่ 6				
30	6.00	25.67	8.33	13.67	15.67	4.67	23.00	13.86	8.20	59.16
60	5.00	22.67	13.33	9.00	25.33	19.33	35.67	18.62	10.48	56.28
120	7.00	27.67	13.00	9.67	22.00	19.00	35.00	19.05	10.06	52.80
180	16.00	30.67	11.33	13.00	28.00	19.67	37.67	22.33	9.93	44.47
240	19.00	29.33	13.00	15.67	32.33	20.00	33.67	23.29	8.36	35.90
300	19.00	23.00	20.33	32.67	33.00	23.00	23.33	24.90	5.65	22.70
360	19.00	29.33	17.67	20.67	27.33	22.67	33.00	24.24	5.75	23.72
420	23.67	30.33	23.67	19.67	27.67	25.00	29.67	25.67	3.79	14.76
480	22.33	29.67	19.67	25.33	29.67	23.33	32.33	26.05	4.62	17.73
540	24.33	30.67	21.67	30.33	30.33	21.67	33.00	26.67	4.61	17.29

ตาราง 3 ผลการทดสอบและการแปรค่าที่ความเร็วเครื่อง 20 เฮิร์ตซ์ (29 rpm)

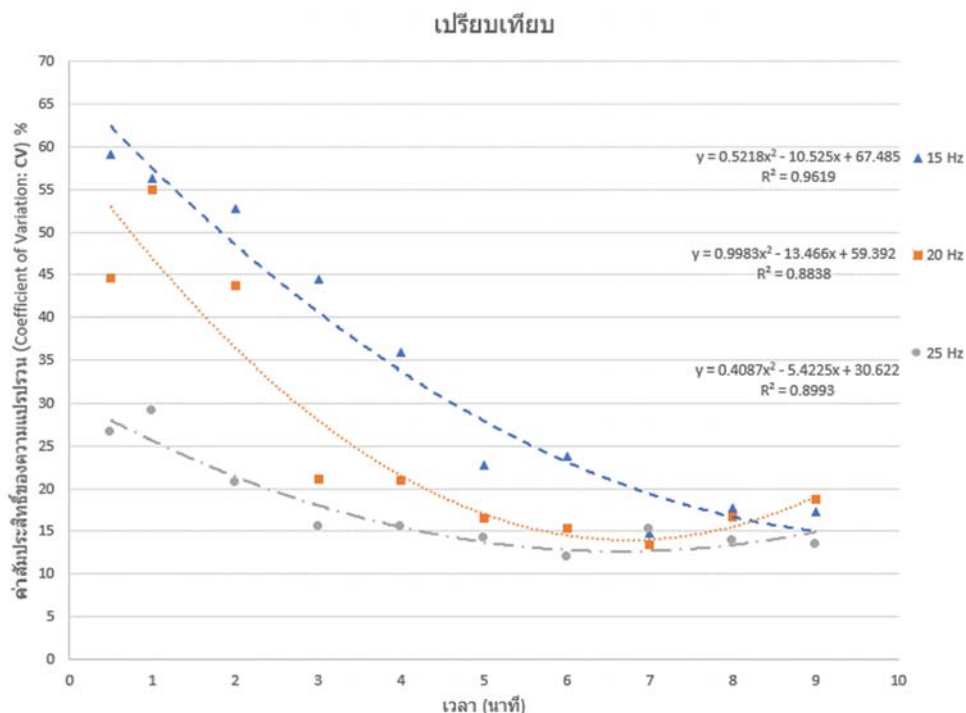
เวลา (วินาที)	จำนวนลูกปัด (เฉลี่ย 3 ครั้ง) ที่ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (ลูก)						ช่อง ระบาย ใต้ถัง	$\bar{X}$	S.D.	CV (%)
	ตำแหน่ง ที่ 1	ตำแหน่ง ที่ 2	ตำแหน่ง ที่ 3	ตำแหน่ง ที่ 4	ตำแหน่ง ที่ 5	ตำแหน่ง ที่ 6				
30	16.67	14.00	12.67	22.67	9.67	10.67	30.33	16.67	7.43	44.57

เวลา (วินาที)	จำนวนลูกปัด (เฉลี่ย 3 ครั้ง) ที่ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (ลูก)							$\bar{X}$	S.D.	CV (%)
	ตำแหน่ง ที่ 1	ตำแหน่ง ที่ 2	ตำแหน่ง ที่ 3	ตำแหน่ง ที่ 4	ตำแหน่ง ที่ 5	ตำแหน่ง ที่ 6	ช่อง ระบาย ใต้ถัง			
60	12.67	16.33	9.00	15.00	18.33	10.00	36.33	16.81	9.23	54.91
120	9.67	22.33	11.67	9.67	22.67	14.00	31.33	17.86	7.81	43.73
180	15.00	16.67	12.00	16.00	18.00	13.67	22.67	16.29	3.43	21.05
240	18.33	25.00	17.00	19.00	26.33	19.33	28.67	21.95	4.60	20.96
300	26.67	29.67	20.67	24.67	31.33	24.00	33.33	27.19	4.48	16.48
360	26.33	28.00	20.67	27.33	34.00	26.33	31.67	27.76	4.26	15.35
420	24.67	35.00	24.33	27.33	28.00	25.00	29.00	27.62	3.72	13.47
480	21.33	31.67	26.00	30.33	32.33	24.33	34.33	28.62	4.78	16.70
540	26.33	37.33	23.67	26.00	36.67	27.67	26.67	29.19	5.47	18.74

ตาราง 4 ผลการทดสอบและการแปรค่าที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 25 เฮิร์ตซ์ (36.25 rpm)

เวลา (วินาที)	จำนวนลูกปัด (เฉลี่ย 3 ครั้ง) ที่ตำแหน่งการเก็บตัวอย่าง (ลูก)							$\bar{X}$	S.D.	CV (%)
	ตำแหน่ง ที่ 1	ตำแหน่ง ที่ 2	ตำแหน่ง ที่ 3	ตำแหน่ง ที่ 4	ตำแหน่ง ที่ 5	ตำแหน่ง ที่ 6	ช่อง ระบาย ใต้ถัง			
30	18.67	24.33	10.67	23.67	21.67	14.33	22.33	19.38	5.14	26.52
60	16.00	25.00	21.33	20.33	30.00	20.67	37.00	24.33	7.08	29.09
120	19.67	27.33	20.33	22.67	30.67	25.33	34.00	25.71	5.33	20.73
180	25.00	30.67	27.33	24.33	28.67	23.33	33.67	27.57	3.72	13.49
240	21.67	31.33	27.00	26.33	32.67	25.00	33.33	28.19	4.36	15.47
300	26.00	31.33	22.33	23.67	32.33	28.00	31.00	27.81	3.95	14.20
360	26.67	33.00	25.67	26.33	30.33	27.33	34.33	29.10	3.48	11.96
420	24.33	34.33	26.33	30.00	33.00	27.33	37.00	30.33	4.63	15.27
480	29.67	35.33	26.00	29.00	35.33	26.67	36.00	31.14	4.32	13.87
540	28.67	31.67	28.33	39.00	29.67	35.00	38.00	32.90	4.44	13.50

จากผลการทดสอบในตาราง 2, 3 และ 4 นำค่า CV และเวลาที่ใช้ในการผสมของแต่ละความถี่อินเวอร์เตอร์มาสร้างกราฟความสัมพันธ์เพื่อวิเคราะห์แสดงในภาพ 6



ภาพ 6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่ใช้ในการผสม กับสัมประสิทธิ์การกระจายของแต่ละความถี่อินเวอร์เตอร์



อภิปรายผลการวิจัย

สำหรับผลการผสมข้าวที่คณะวิจัยได้ทดสอบการผสมที่ปริมาณ 200 กิโลกรัม เนื่องจากในการใช้งานจริงคณะวิจัยได้นำเครื่องผสมไปใช้กับวิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี (สหกรณ์การเกษตรบ้านหม้อ จำกัด อำเภอฟิชัย จังหวัดอุดรธานี) ซึ่งเป็นผู้ทำการแปรรูปและจัดจำหน่ายข้าวสารขนาดเล็ก โดยในการผสมแต่ละครั้งผู้ใช้ต้องการผสมเพื่อบรรจุใส่ถุงจำหน่าย บรรจุภัณฑ์ข้าวสารมีขนาด 15 กิโลกรัม เป็นหลัก โดยมีเป้าหมายในการผสมต่อครั้งได้ 10 ถุง ทำให้ในการใช้งานเครื่องเพื่อผสมแต่ละครั้งต้องใช้ปริมาณมากกว่า 150 กิโลกรัม จึงเป็นสาเหตุในการทดสอบได้ทำการผสมที่ปริมาณ 200 กิโลกรัม ในส่วนของการทำงานของเครื่องผสมข้าวแวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบ ซึ่งมีลักษณะดังและใบกวนเช่นเดียวกับอภิชาติ ศรีชาติ และคนอื่น ๆ (2562) การทำงานแบ่งเป็น 2 แบบด้วยกัน คือ การผสมและการระบายข้าวออก ในส่วนของการผสมชุดใบกวนชั้นในจะทำการกวนข้าวให้ผสมกันบริเวณกลางถึง ในขณะที่ชุดใบกวนชั้นนอกจะทำการกวนข้าวออกจากกลางถึง ซึ่งการทำงานดังกล่าวช่วยทำให้การกระจายตัวของข้าวเป็นไปอย่างทั่วถึง แต่ในการระบาย

ข้าวออกนั้นต้องทำการกลับทิศการหมุนของใบกวนซึ่งทำให้ชุดใบกวนขึ้นนอกทำการกวาดข้าวเข้าสู่บริเวณกลางถังผสมซึ่งมีช่องระบายอยู่ จากนั้นเมื่อทำการเปิดช่องระบายข้าวจึงถูกส่งออกจากถังไปยังภาชนะที่รองรับ แต่เมื่อใช้งานเครื่องผสมไประยะเวลาหนึ่งพบว่าเมื่อมีเศษเมล็ดข้าวได้เข้าไปอยู่ที่ช่องเปิด-ปิดการระบาย ทำให้ไม่สามารถเปิดช่องระบายได้อย่างเต็มที่ จึงเป็นเหตุให้ใช้เวลาในการระบายข้าวออกจากถังนาน ดังนั้นหลังการใช้งานเครื่องผสมทุกครั้งต้องทำความสะอาด ตรวจสอบเช็คช่องระบายว่ามีเมล็ดข้าวค้างไว้หรือไม่ เพื่อที่ในการใช้งานครั้งต่อไปจะไม่เกิดปัญหาและไม่เสียเวลาในการระบายข้าวออกจากถังผสมนานเกินไป

จากผลการทดสอบการผสมข้าวสารที่ความเร็วในการผสมที่ต่างกัน พบว่าเมื่อเวลาผ่านไปการกระจายตัวของข้าวสารที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ที่ทดสอบมีแนวโน้มที่ลดลงทั้งหมด ดังแสดงในภาพ 6 แต่ที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 20 เฮิร์ตซ์ ที่เวลา 60 วินาที ค่า CV มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับที่เวลา 30 วินาที และค่อย ๆ ลดลงในเวลาต่อมา สาเหตุดังกล่าวเกิดจากในช่วงแรกของการผสมลูกปัดที่ใช้เป็นตัวแทนยังกระจุกอยู่ในบางตำแหน่ง ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปลูกปัดจะเริ่มกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอและค่า CV มีแนวโน้มที่ลดลงอย่างชัดเจน ลักษณะการผสมดังกล่าวอาจเกิดขึ้นได้จากการผสมที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ต่ำ (ความเร็วต่ำ) ซึ่งสอดคล้องกับการผสมที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 15 เฮิร์ตซ์ คือ ที่เวลา 60 และ 120 วินาที ค่า CV ที่ได้มีค่าไม่ต่างกันมากนัก แต่เมื่อเวลาผ่านไปแนวโน้มของการกระจายตัวของลูกปัดนั้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากนั้นเมื่อพิจารณาการกระจายตัวของความถี่อินเวอร์เตอร์ที่ทดสอบโดยใช้การกระจายตัวของการผสมที่ CV น้อยกว่าร้อยละ 30 เป็นเกณฑ์ พบว่าการผสมที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 15 เฮิร์ตซ์ ใช้เวลา 300 วินาที ในการผสมที่ทำให้ค่า CV ต่ำกว่าร้อยละ 30 และเมื่อเวลาหลังจากเวลา 360 วินาที ค่า CV ยังคงมีค่าอยู่เกณฑ์ที่กำหนดโดยมีค่าต่ำสุดที่ร้อยละ 14.76 ที่เวลา 420 วินาที ถัดมาที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 20 เฮิร์ตซ์ พบว่าใช้เวลาในการผสม 180 วินาที ทำให้ CV อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดยมีค่าร้อยละ 21.05 และเมื่อเวลาผ่านไปจนถึง 540 วินาที ค่า CV ยังคงอยู่ในเกณฑ์โดยมีค่าน้อยที่สุดคือร้อยละ 13.47 ที่เวลา 420 วินาที และสุดท้ายที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 25 เฮิร์ตซ์ ใช้เวลาในการผสม 30 วินาที ที่ทำให้ค่า CV อยู่ในเกณฑ์โดยมีค่าร้อยละ 26.52 แต่จะเห็นได้ว่าที่เวลา 60 วินาที ค่า CV มีค่าสูงขึ้นเป็นร้อยละ 29.09 ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดสอบที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 20 เฮิร์ตซ์ ที่ค่า CV มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับที่เวลา 30 วินาที และค่อย ๆ ลดลงในเวลาต่อมา แต่ในกรณีความถี่อินเวอร์เตอร์ 25 เฮิร์ตซ์ มีค่า CV ที่สูงขึ้นยังอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดโดยมีค่าร้อยละ 29.09 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ จึงสามารถบอกได้ว่าที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 25 เฮิร์ตซ์ ใช้เวลาในการผสม 30 วินาที ที่ทำให้การผสมอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด ผลที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัย

ของอเดบูโคล่า และแพทริก (Adebukola & Patrick, 2019) ที่มีกระบวนการทดสอบและหาค่า CV เดียวกัน แต่ในงานวิจัยดังกล่าวใช้ผสมอาหารสัตว์ (ข้าวโพดบดและถั่วลิสงบด) พบว่าเมื่อความเร็วของเครื่องผสมเพิ่มขึ้น เวลาที่ใช้ในการผสมจะลดลง จากนั้นเมื่อพิจารณาสมการที่ได้จากการประมาณค่าของข้อมูลการกระจายตัวของข้าวกับเวลาที่ใช้ผสมที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ทั้งสามด้วยสมการพหุนามกำลังสอง (แสดงในภาพ 6) และใช้การกระจายตัวที่มีค่า CV เท่ากับร้อยละ 30 ซึ่งเป็นเกณฑ์ในการผสม พบว่าเครื่องผสมใช้เวลาในการผสม 277, 165 และ 7 วินาที สำหรับความถี่อินเวอร์เตอร์ 15, 20 และ 25 เฮิรตซ์ ตามลำดับ ซึ่งในการผสมข้าวสารด้วยเครื่องผสมจะใช้เวลาประมาณ 15 นาที สำหรับการเทข้าวลงในถังผสมและระบายข้าวออกจากถังผสมโดยใช้แรงงานที่ 2 คน และเมื่อคิดเป็นการผสมหนึ่งรอบ จะใช้เวลาประมาณ 20, 18 และ 16 นาที คิดเป็นกำลังการผลิต 300, 333.84 และ 375 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน สำหรับความถี่อินเวอร์เตอร์ 15, 20 และ 25 เฮิรตซ์ ตามลำดับ เมื่อนำผลที่ได้ไปเทียบกำลังการผลิตด้วยแรงคน (25 กิโลกรัมต่อชั่วโมงต่อคน) พบว่ามีค่าดีกว่าถึง 12, 13.35 และ 15 เท่า ตามลำดับ ในส่วนของพลังงานไฟฟ้าการผสมข้าวสารด้วยเครื่องผสมก่อนที่ผู้วิจัยจะเข้าไปทดสอบ ทางวิสาหกิจชุมชนได้ใช้งานเครื่องที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 20 เฮิรตซ์ ที่เวลาผสม 5 นาที ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการทดสอบซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 นาที ชี้ให้เห็นว่าสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 40



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทความวิจัยนี้ได้มีการออกแบบเครื่องผสมข้าวแวนอนที่มีใบกวนแบบเรียบขน ตัวเครื่องผสมมีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือ ถังผสมแวนอน ชุดใบกวนแบบเรียบขน และชุดมอเตอร์ส่งกำลัง ตัวถังผสมและชุดใบกวนทำจากสแตนเลสเกรดอาหาร (Stainless 304) โดยถังผสมมีหน้าตัดเป็นรูปผสมของสี่เหลี่ยมผืนผ้าและครึ่งวงกลม ซึ่งมีความจุ 500 กิโลกรัม ใบกวนที่ใช้ผสมแบ่งเป็นเกลียวสองชั้น คือ เกลียวชั้นนอก และเกลียวชั้นใน ซึ่งแต่ละชั้นแบ่งเป็นสองช่วงที่มีทิศทางของเกลียวตรงกันข้ามทำให้เกิดการกวนผสมได้เป็นอย่างดี ส่วนของชุดมอเตอร์ส่งกำลังถูกสั่งการทำงานจากกล่องควบคุมที่สามารถควบคุมได้ทั้งความเร็วและทิศทางการหมุน ซึ่งมีสองทิศทำให้ในการทำงานของเครื่องแบ่งเป็นทิศทางของการผสมและทิศทางในการระบายข้าวออก โดยผ่านช่องระบายที่อยู่บริเวณกึ่งกลางด้านล่างของถังผสม จากนั้นได้ทำการทดสอบเพื่อหาความเร็วและเวลาที่ใช้ในการผสม โดยทดสอบความเร็วในการหมุนกวนด้วยการปรับความถี่อินเวอร์เตอร์ 3 ระดับ คือ 15, 20, และ 25 เฮิรตซ์ ตามลำดับ (คิดเป็น 21.75, 29 และ 36.25 รอบต่อนาที ตามลำดับ) โดยในการทดสอบ

ใช้ข้าวสารผสมในอัตราส่วน 3:1 คือ ผสมด้วยข้าวหอมมะลิที่มีสีข้าว 150 กิโลกรัม กับข้าว หักต้มชุมแพที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดสีแดง 50 กิโลกรัม รวมเป็น 200 กิโลกรัม และใช้ลูกปัดสีส้มขนาด 5 มิลลิเมตร เป็นตัวแทนของเมล็ดข้าวที่ผสม ผลที่ได้ถูกนำไปแปรค่าเป็นสัมประสิทธิ์การกระจาย โดยค่าที่ได้น้อยกว่าร้อยละ 30 ใช้เวลา 300, 180 และ 30 วินาที สำหรับความถี่อินเวอร์เตอร์ 15, 20 และ 25 เฮิร์ตซ์ ตามลำดับ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง เวลาที่ใช้ผสมกับสัมประสิทธิ์การกระจายตัว สามารถประมาณเส้นกราฟเป็นสมการพหุนาม กำลังสองและนำไปวิเคราะห์ พบว่าเวลาที่ใช้ในการผสมที่ทำให้ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายอยู่ ในช่วงที่รับได้ (CV น้อยกว่าร้อยละ 30) ใช้เวลาในการผสม 277, 165 และ 7 วินาที สำหรับ ความถี่อินเวอร์เตอร์ 15, 20 และ 25 เฮิร์ตซ์ ตามลำดับ ผลที่ได้ทำให้กำลังการผลิตเพิ่มขึ้น 12, 13.35 และ 15 เท่า ในด้านของการใช้แรงงานคน และประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ถึง ร้อยละ 40 ที่ความถี่อินเวอร์เตอร์ 20 เฮิร์ตซ์

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการวิจัยจะเห็นได้ว่าที่ระดับความถี่อินเวอร์เตอร์ 25 เฮิร์ตซ์ ใช้เวลาในการผสม 30 วินาที ซึ่งใช้เวลาน้อยที่สุด แต่ในการใช้งานจริงนั้นชุดมอเตอร์ส่งกำลังได้เริ่มต้นทำงาน โดยความเร็วค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนถึงที่ตั้งไว้ นั่นคือช่วงระยะเวลาที่เริ่มทำงานสั้นเมื่อทำการผสม เสร็จจึงทำการหยุดการทำงาน ในส่วนนี้จะมีผลกับอายุการใช้งานของชุดมอเตอร์ส่งกำลัง นอกจากนี้ที่ความเร็วในการผสมสูงขึ้นจะมีผลต่อการแตกหักเสียหายของเมล็ดข้าว ดังนั้น ในการใช้งานจริงผู้วิจัยแนะนำให้ใช้ที่ระดับความถี่อินเวอร์เตอร์ 20 เฮิร์ตซ์ โดยใช้เวลาในการ ผสม 165 วินาที หรือประมาณ 3 นาที

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการออกแบบใบกวนยังมีแง่มุมของการปรับขนาดความกว้างของเส้นแถบที่ขด เป็นเกลียว จำนวนของใบเกลียว รวมไปถึงระยะห่างของแต่ละเกลียว ค่าดังกล่าวเป็นการเพิ่ม พื้นที่ของใบกวนซึ่งส่งผลกับความจุของการลำเลียง (Q) ที่เมื่อเพิ่มขึ้น การกระจายตัวของ การผสมจะมีค่าดีขึ้น โดยในการออกแบบอาจใช้วิธีการสร้างแบบจำลองของชุดใบเกลียวและ ถังผสมเพื่อทดสอบด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Method) และทำการ หาลักษณะการกระจายตัวของการผสมที่ดีที่สุด แต่ต้องคำนึงถึงกำลังของมอเตอร์ที่ใช้ (P) ที่จะต้องเพียงพอต่อการใช้งาน



กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบคุณ อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยภายใต้โครงการแผนงานพัฒนาขีดความสามารถทางเทคโนโลยีและวิจัยของภาคเอกชนในพื้นที่ ประจำปี 2564 และวิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี (สหกรณ์การเกษตรบ้านหม้อ จำกัด) อำเภอพิชัย จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และวัตถุดิบในการทดสอบในงานวิจัยครั้งนี้



เอกสารอ้างอิง

- ปิยะวัฒน์ ศรีธรรม, วิทยา อิมสำราญ, พิทักษ์ บุญไทย, และสุภา สีสนมาก. (2559). เครื่องผสมพร้อมกับอัดเม็ดปุ๋ย. ใน *การประชุมวิชาการวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติระดับชาติ ครั้งที่ 3 จังหวัดขอนแก่น* (น. 14–22). มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศุภกิตต์ สายสุนทร, ปณณธร ภัทรสถาพรกุล, วิภา ชาลียุทธ, เยาวลักษณ์ พัสดู, และนรินทร์ จันทวงศ์. (2553). การพัฒนาต้นแบบเครื่องผสมปุ๋ยหมักแบบถังหมุน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 3(1), 25–28.
- สุวรรณ หอมหวาน และวัชมา โพธิ์ทอง. (2554). การออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารที่เอ็มอาร์ สำหรับฟาร์มโคนมขนาดเล็ก. *วิทยาสารกำแพงแสน*, 9(1), 13–26.
- อภิชาติ ศรีชาติ, วีระพล แก้วก่า, และกวีพงษ์ หงส์ทอง. (2562). การพัฒนาเครื่องผสมอาหารสัตว์แวนอนด้วยใบกวน 2 ชั้น. *วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ*, 5(2), 38–48.
- อังกาบ บุญสูง. (2563). *การพัฒนากระบวนการผสมข้าวพิษณุโลก 80สู่การส่งเสริมทางการตลาดของข้าวดัชนีน้ำตาลต่ำ (Thai Low GI Rice) วิสาหกิจชุมชนแปรรูปการเกษตรทองดี (สหกรณ์การเกษตรบ้านหม้อ จำกัด)*. อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.
- Adebukola, A. A., & Patrick, O. A. (2019). Development and evaluation of a fish feed mixer. *Agricultural Engineering international: The CIGR Journal*, 21(3), 226–233.
- Balami, A. A., Adgidzi, D., & Mua'zu, A. (2013). Development and testing of an animal feed mixing machine. *International Journal of Basic and Applied Science*, 1(3), 491–503.
- Makange, N. R., Parmar, R. P., & Sungwa, N. (2016). Design and fabrication of an animal feed mixing machine. *Advances in Life Sciences*, 5(9), 3710–3715.

- Mocera, F., & Soma, A. (2018). Working cycle requirements for an electrified architecture of a vertical feed mixer vehicle. In *AIAS 2018 International Conference on Stress Analysis* (pp. 213–223).
- Okolie, P. C., Obika, E. N., Oluwadare, B. S., Azaka, O. A., & Okolie, U. O. (2021). Steel work design, production and analysis of a fish feed mixing machine. *Heliyon*, 7(8), e07658.
- Olaniyan, A. M., & Odewole, M. M. (2013). Design and development of a livestock feed mixer with spring-controlled packaging unit. *International Journal of Engineering Research in Africa*, 9, 43–55.

การศึกษาศักยภาพโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้
ในขวดแก้ว ของหมู่บ้านปงไคร้ อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่
POTENTIAL STUDY OF SMALL PLANT FACTORY FOR IN-FLASK
ORCHIDS CULTIVATION OF PONG KRAI VILLAGE,
MAE RIM DISTRICT, CHANG MAI PROVINCE

วันที่รับ: 26 เมษายน 2565

วันที่แก้ไข: 18 มิถุนายน 2565

วันที่ตอบรับ: 28 มิถุนายน 2565

สรารัฐ พลวงษ์ศรี¹ และ สุลักษณ์ มงคล^{1*}

Sarawut Polvongsri¹ and Sulaksana Mongkon^{1*}

¹วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้

จังหวัดเชียงใหม่ 50290

¹School of Renewable Energy, Maejo University, Chiang Mai 50290

*Corresponding author e-mail: s_mongkon@hotmail.com



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพการใช้งาน และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดแก้วในขวดแก้วของหมู่บ้านปงไคร้ ตำบลโป่งแยง อำเภอแมริม จังหวัดเชียงใหม่ วิธีการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การปรับปรุงอาคารเพาะเลี้ยงหลังเดิมที่เป็นอาคารแบบปิด กว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.5 เมตร ภายในติดตั้งระบบปรับอากาศขนาด 18,000 บีทียูต่อชั่วโมง ติดหลอดแอลอีดีปลูกพืชสีขาวขนาด 18 วัตต์ จำนวน 12 หลอด กับชั้นวางขวดเพื่อให้แสงแก่พืช และติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์กำลังไฟฟ้า 3.15 กิโลวัตต์สูงสุด บนหลังคา และการดำเนินการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ จากการทดสอบพบว่าโรงงานผลิตพืชสามารถรักษาระดับอุณหภูมิอากาศในห้องได้ตามต้องการในช่วง 25–27 องศาเซลเซียส และมีคุณภาพของแสงค่า Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD) ตั้งแต่ 10–49 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที ซึ่งเพียงพอกับการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ในขวดแก้วที่เพาะเลี้ยงในขวดแก้ว เมื่อศึกษาใช้งานเพื่อเพาะเลี้ยงกล้วยไม้เป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564 ถึงวันที่ 25 มิถุนายน 2564 พบว่า โรงงานผลิตพืชมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 3–12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นสัดส่วนจากพลังงานไฟฟ้าแสงอาทิตย์ 6–7 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือคิดเป็น 65–70 เปอร์เซ็นต์ กล้วยไม้ในขวดแก้วมีอัตราการรอดเฉลี่ย 71.32 เปอร์เซ็นต์ ดีกว่าเพาะเลี้ยงแบบเดิมที่มีอัตราการรอดประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลของชุมชน และอัตราความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อเดือน

ตั้งแต่ 1.56–72.77 เปอร์เซ็นต์ ผลการประเมินความทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าหากมีการใช้โรงงานผลิตพืชเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ตลอดทั้งปีจะมีกำไรสุทธิเพิ่มขึ้น 47,550 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 3.15 ปี มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ 369,848.49 บาท มีค่าอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เท่ากับ 30.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าค่า MRR 5.995 เปอร์เซ็นต์ หรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งถือว่าเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนได้ดี ผลที่เกิดขึ้นสามารถช่วยสร้างรายได้จากกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ของชุมชนมากกว่า 40,000 บาทต่อปี นอกจากนี้หากมีการเพิ่มจำนวนการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ขวดจะส่งผลให้ได้ผลตอบแทนที่เร็วขึ้น

คำสำคัญ: โรงงานผลิตพืช, กล้วยไม้ในขวดแก้ว, ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์, กล้วยไม้เนกคัมไฟ



Abstract

This research aimed to examine the potential of usage, and to perform an economic analysis of a small plant factory for in-flask orchid cultivation of Pong Krai Village, Mae Rim District, Chiang Mai Province. The research methods included improvement of an old cultivation building of 6-meter width, 6-meter length, and 3-meter height. Inside of the building was equipped with 18,000 BTU/hr of air conditioning system, 12 bulbs of 18 W white LED light installed to the bottle rack for plant photosynthesis, together with a 3.15 kW_p of solar power generation system on the rooftop. The test results revealed that the plant factory could maintain air conditioning system at the desired level of air temperature for in-flask orchids at 25–27°C and had the quality of light, Photosynthetic Photon Flux Density (PPFD), in the range of 10–49 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$, which was enough for growing *Anoectochilus burmannicus* orchid in flask. The results of a four-month study of culturing in-flask orchids since February 25, 2021 to June 25, 2021 showed that an average electricity was consumed 3–12 kWh/day which was accounted for from solar energy of 6–7 kWh/day or equivalent of 65–70%. The in-flask orchids had an average survival rate of 71.32%, which was better than the conventional culture for 50%, according to community data, and a monthly rate of height increase was in the range of 1.56–72.77%. As for economic assessment, it was found that if the plant factory was used

throughout the year, the net profit should increase by 47,550 baht with the simple payback period of 3.15 years. The present net value was 369,848.49 baht. The internal rate of return (IRR) was 30.56%, higher than the MRR 5.995% or loan interest rate, meaning it should be a project giving a good return. The outcome should profit a community with more than 40,000 baht per year from ecotourism activities. In addition, if there should be increasing number of in-flask orchid growing, it will result in faster return.

Keywords: Plant Factory, In-flask Orchid, Solar Power Generation System, *Anoectochilus burmannicus*



บทนำ

หมู่บ้านปงไคร้ ตั้งอยู่ในตำบลโป่งแยง อำเภอมะริม จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่บนเทือกเขาที่มีความสูงมากกว่า 1,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล พื้นที่โดยรวมเป็นป่าไม้มากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ สภาพแวดล้อมของหมู่บ้านปงไคร้จะค่อนข้างเย็นกว่าพื้นที่ราบตลอดทั้งปี หมู่บ้านปงไคร้ได้ชื่อว่าเป็นหมู่บ้านกล้วยไม้ของอำเภอมะริมและในชุมชน มีการจัดตั้งกลุ่มอนุรักษ์กล้วยไม้พามุ่ยขึ้นเพื่อดำเนินกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์กล้วยไม้ท้องถิ่น โดยทำการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้เอง เกิดการกระจายรายได้ให้กับชุมชน ซึ่งปัจจุบันมีการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้หนักคัมไฟ (*Anoectochilus burmannicus*) เป็นกล้วยไม้หลัก กล้วยไม้หนักคัมไฟเป็นกล้วยไม้ดินเฉพาะถิ่นที่พบได้ในต้นน้ำปงไคร้ พื้นที่อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย พบได้ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว ในฤดูร้อนสภาพอากาศแห้งแล้งจึงสูญพันธุ์ได้ง่าย มีสรรพคุณเป็นยาแผนโบราณของจีนและมีสารสกัด Flavonol Triglycoside และสารชีวภาพอื่น ๆ ที่นำไปพัฒนาไปเป็นพืชสมุนไพรได้ (Cai et al., 2015) จากการให้ข้อมูลของวันชัย อินสม (สัมภาษณ์, 11 เมษายน 2563) กล่าวว่า ปัจจุบันหมู่บ้านปงไคร้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานท้องถิ่นให้มีสถานที่เตรียมผลิตกล้วยไม้ซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนกลาง ในแต่ละปีชุมชนจะมีการเพาะเนื้อเยื่อกล้วยไม้ในขวดแก้วในช่วงปลายเดือนตุลาคมถึงมกราคม ประมาณ 1,000 ขวดต่อปี และใช้กล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยงสำหรับทำกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ของชุมชน แต่ปัจจุบันอัตราการรอดของกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยงในขวดแก้วลดลงเหลือประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ และเติบโตช้ากว่าปกติเนื่องจากเพาะเลี้ยงในห้องที่มีสภาพอากาศปกติและปัจจุบันอากาศมีแนวโน้มร้อนขึ้น จึงทำให้ปริมาณกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยงได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้งาน ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยประเมินจากพื้นฐานองค์ความรู้และการเรียนรู้การใช้เทคโนโลยีเกษตร

สมัยใหม่ของชุมชน และได้เลือกใช้โรงงานผลิตพืช (Plant Factory) ซึ่งเป็นเทคโนโลยีการผลิตพืชในระบบปิดที่สามารถควบคุมสภาพอากาศต่าง ๆ ให้เหมาะสมต่อการผลิตพืชจากการใช้ระบบปรับอากาศและให้แสงเทียมกับพืชโดยใช้หลอดแอลอีดี (ธนกร น้ำหอมจันทร์, 2562) การใช้โรงงานผลิตพืชให้ผลสำเร็จที่ดี เช่น ในการประยุกต์ใช้การปลูกผักกาดหอมในโรงงานผลิตพืชขนาด 40 ตารางเมตร โดยมีการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น และแสงให้แสงเทียมจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดแอลอีดีสีฟ้าและสีแดง พบว่าสามารถเร่งการเจริญเติบโตของพืชได้เนื่องจากพืชอยู่ในสภาพอากาศที่เหมาะสมและได้ช่วงแสงนานกว่าการเพาะปลูกตามธรรมชาติ ทำให้สามารถผลิตพืชได้ถึง 3 รอบต่อปี (Quan et al., 2018) นอกจากนั้นในการปลูกพืชในโรงงานผลิตพืชภายใต้แสงเทียมสีต่าง ๆ ทำให้ผลผลิตที่แตกต่างกัน เช่น การใช้แสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์เปรียบเทียบกับหลอดแอลอีดีสีแดงและน้ำเงิน พบว่าสเปกตรัมของแสงหลอดแอลอีดีมีความใกล้เคียงแสงธรรมชาติมากกว่าจึงทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและการใช้พลังงานต่อน้ำหนักผลผลิตต่ำกว่าทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง (Zhang et al., 2018) หรือการเลือกใช้ความเข้มของโฟตอนหรือค่า PPFD ที่เหมาะสมของหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอดแอลอีดีแดงต่อน้ำเงิน มีผลให้การสังเคราะห์แสงของพืชมากขึ้นทำให้พืชมีขนาดใบใหญ่และลำต้นสูง (Zou et al., 2020) ข้อดีของการใช้โรงงานผลิตพืชยังสามารถเพาะเลี้ยงพืชนอกฤดูกาลได้ เช่น การปลูกสตรอว์เบอร์รีในประเทศญี่ปุ่น ในโรงงานผลิตพืชที่มีอุณหภูมิ 20–25 องศาเซลเซียส และมีการจัดจำนวนชั่วโมงที่มีแสงตามที่พืชต้องการโดยใช้หลอดแอลอีดีทำให้สามารถขยายเวลาเพาะปลูกได้เพิ่มขึ้น 5 เดือน (Iwao et al., 2021) อย่างไรก็ตามการปลูกพืชในลักษณะนี้จะใช้พลังงานที่ค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะปลูกปกติ จึงมีการศึกษาการลดต้นทุนพลังงานของโรงงานผลิตพืช เช่น การพัฒนาโรงงานผลิตพืชอย่างง่ายสำหรับปลูกผักกาดหอมและสตรอว์เบอร์รีจากตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต จำนวน 6 ตู้ ในแต่ละตู้มีการจ่ายอากาศเย็นจากระบบปรับอากาศแบบดูดซับขนาด 70 กิโลวัตต์ โดยใช้ความร้อนพลังงานแสงอาทิตย์เป็นแหล่งให้ความร้อนในการทำความเย็นของระบบ และใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 21 กิโลวัตต์ และหลอดแอลอีดี 4.6 กิโลวัตต์ ให้แสง โดยใช้ไฟฟ้าส่วนหนึ่งจากระบบโซลาเซลล์ ผลพบว่าโรงงานผลิตพืชที่ออกแบบสามารถลดการใช้พลังงานได้มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับโรงงานผลิตพืชทั่วไป ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีและน้ำหนักเพิ่มขึ้นต่อต้น ในวันที่ 42 หลังจากการเพาะปลูกมากกว่า 70 กรัมต่อต้น (Ueno & Kawamitsu, 2017) นอกจากนี้มีการเปรียบเทียบทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงานผลิตพืชที่ใช้หลอดแอลอีดีและมีการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ (Solar PV) เทียบกับการปลูกพืชในโรงเรือนแสงธรรมชาติ และโรงงานผลิตพืชที่ใช้แสงธรรมชาติ พบว่าการใช้ Solar PV สามารถ

ลดการใช้พลังงานขึ้นต้นได้ถึง 424 เปอร์เซ็นต์ และลดก๊าซเรือนกระจกได้ 340 เปอร์เซ็นต์ แต่มีข้อจำกัดในเรื่องของระยะเวลาต้นทุน 7–9 ปี มากกว่าการใช้โรงเรือนปกติ (Kim et al., 2022)

จากงานวิจัยที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ของการนำโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กมาปรับใช้เพื่อแก้ไขปัญหาตามความต้องการของชุมชนบ้านปงไคร้ อย่างไรก็ตาม อาจมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้นกว่าเดิม ซึ่งคณะผู้วิจัยได้คำนึงถึงประเด็นนี้และได้ออกแบบระบบการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์มาผลิตไฟฟ้า เพื่อใช้ในโรงงานผลิตพืชร่วมกับการใช้ไฟฟ้าจากระบบสายส่ง ซึ่งจะทำให้เกิดความคุ้มค่าของการใช้งานโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กที่เหมาะสมกับบริบทชุมชนเร็วขึ้น



วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาศักยภาพการใช้งาน และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในเขตแก้วของหมู่บ้านปงไคร้ ตำบลโป่งแยง อำเภอมะเณร จังหวัดเชียงใหม่



วิธีดำเนินการวิจัย

1. โรงงานผลิตพืชในงานวิจัย

ในการดำเนินการวิจัย ประกอบด้วย การพัฒนาปรับปรุงโรงงานผลิตพืชที่เหมาะสมกับการใช้งานของชุมชน มีการประเมินสมรรถนะของระบบและการใช้งาน และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของโรงงานผลิตพืช ตามลำดับ ในภาพ 1 (ก) แสดงโรงงานผลิตพืชที่ศึกษาในวิจัย โดยปรับปรุงจากห้องเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอาคารกล้วยไม้ของชุมชนเดิมของห้องเพาะเลี้ยงเป็นแบบเปิดโล่ง กว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร สูง 3.5 เมตร ล้อมด้วยตาข่ายลูกกรง ภายในมีชั้นวางขวดสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสายส่งสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างของอาคาร ดังนั้นจึงได้ทำการปรับปรุงโรงงานผลิตพืชโดยเงื่อนไขในการออกแบบต้องรักษาระดับอุณหภูมิอากาศให้อยู่ในสภาวะเหมาะสมที่กล้วยไม้ต้องการและใช้ไฟฟ้าให้น้อยที่สุด คือ อุณหภูมิอากาศในช่วง 25–27 องศาเซลเซียส และคุณภาพแสงทำการประเมินจากค่าความหนาแน่นของปริมาณแสงช่วงเวลาที่พืชได้รับสำหรับการสังเคราะห์แสง (Photosynthetic Photon Flux Density: PPFD) ที่กล้วยไม้ในชุดปลูกต้องการ คือ 20–40 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที จากนั้นได้ทำการปรับปรุงอาคารให้มีผนังทึบ มีช่องหน้าต่างสำหรับระบายอากาศเมื่อไม่ต้องการใช้ระบบปรับอากาศเมื่ออุณหภูมิในห้อง

ต่ำกว่ากว่า 27 องศาเซลเซียส ภายในห้องติดตั้งระบบปรับอากาศขนาด 18,000 บีทียูต่อชั่วโมง ยี่ห้อ TCL (Power 1.46 กิโลวัตต์, COP = 3.56, 1 Phase) ระบบแสงเทียมติดตั้งหลอดแอลอีดี ชนิด Full Spectrum กำลังไฟฟ้า 18 วัตต์ (Voltage: 100–240 โวลต์ (กระแสสลับ)) จำนวน 12 หลอด กำลังไฟฟ้ารวม 216 วัตต์ กับชั้นวางขวดทั้งชั้นล่างและชั้นบน ทำการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์แบบเชื่อมต่อกับสายส่งการไฟฟ้าขนาด 3.15 กิโลวัตต์สูงสุด โดยใช้แผงเซลล์แสงอาทิตย์ชนิดผลึกรวมกำลังไฟฟ้า 315 วัตต์ ยี่ห้อ DAHSOLARPV จำนวน 10 แผง (V_{mmp} 33.10 โวลต์, I_{mmp} 9.53 แอมแปร์) ไฟฟ้าที่ผลิตได้จากระบบจะจ่ายให้กับโรงงานผลิตพืชและชาร์จแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 80 แอมแปร์ชั่วโมง จำนวน 2 ลูก เพื่อจ่ายให้กับระบบแสงเทียมในช่วงที่ไม่มีการผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เพื่อเพิ่มระยะเวลาการสังเคราะห์แสง ดังภาพ 1 (ข)



(ก) สภาพภายในและภายนอกของโรงงานผลิตพืชขนาดเล็ก

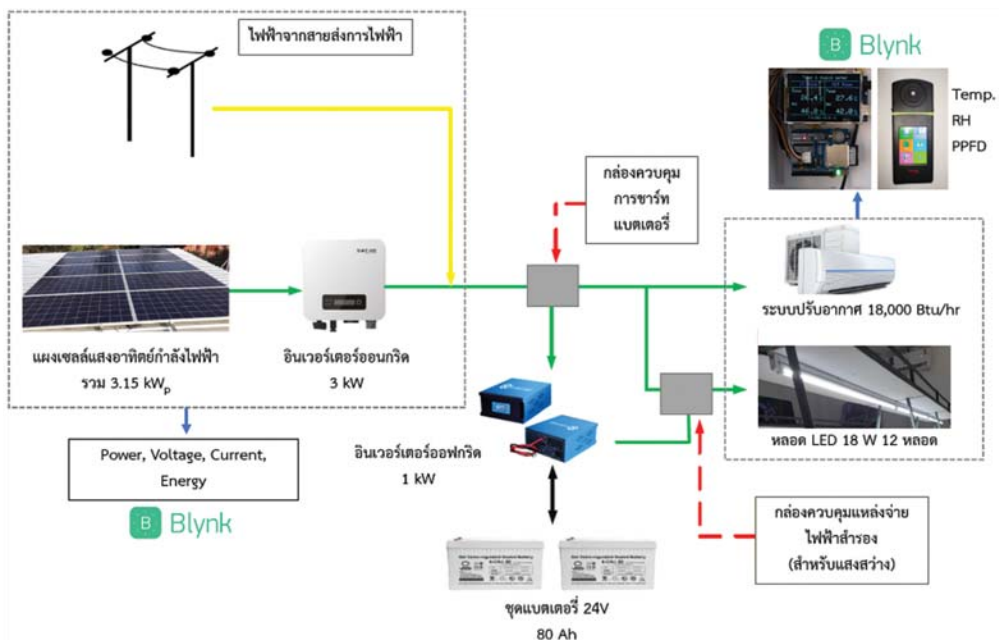


(ข) ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์

ภาพ 1 โรงงานผลิตพืชขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในเขตแก้วของหมู่บ้านปงไคร้

2. ขั้นตอนการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

สำหรับการทดสอบการใช้งานเพื่อประเมินสมรรถนะการทำงานของโรงงานผลิตพืช ตั้งโต๊ะแถมการทำงานแสดงดังภาพ 2 ประกอบด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศและความชื้นสัมพัทธ์อากาศในโรงงานผลิตพืชและบรรยากาศแวดล้อมโดยใช้เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ (BOSCH, Model: BEM280, Range อุณหภูมิ 0–65 องศาเซลเซียส Accuracy ± 0.5 องศาเซลเซียส, ความชื้นสัมพัทธ์ 0–100 เปอร์เซ็นต์ Accuracy ± 3 เปอร์เซ็นต์) สำหรับคุณภาพแสงเทียมทำการตรวจวัดค่า PPFD ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UPRtek, Model: PG100N, Range 1–3,000 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที Accuracy ± 3 เปอร์เซ็นต์) นอกจากนั้นระบบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าใช้เซนเซอร์ตรวจวัดพารามิเตอร์ไฟฟ้า DC ขาเข้าของอินเวอร์เตอร์โดยใช้ Power Analyzer DC (Voltage range 0.05–300 โวลต์ (กระแสตรง), Current range 50–300 แอมแปร์, Power range 0.2–90 กิโลวัตต์) และตรวจวัดพารามิเตอร์ไฟฟ้าขาออกของอินเวอร์เตอร์โดยใช้ Current Transformer ตรวจวัดพารามิเตอร์ไฟฟ้า AC (Voltage range 80–120 โวลต์, Current range 0–100 แอมแปร์, Power range 0–23 กิโลวัตต์) เข้ากับสายไฟของโหลดที่ต้องการและเชื่อมต่อกับอินเวอร์เตอร์และบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP8266 โดยใช้เครื่องแปลงสัญญาณ RS-485 Converter เพื่อรับส่งข้อมูลผ่านระบบอินเทอร์เน็ตบนที่กับระบบ Cloud Server



ภาพ 2 โต๊ะแถมการทำงานของโรงงานผลิตพืช

จากนั้นทำการศึกษาสมรรถนะการทำงานของโรงงานผลิตพืชแบบใช้งานเบื้องต้น เพื่อศึกษาพฤติกรรมการทำงานและหารูปแบบการใช้งานโรงงานผลิตพืช โดยเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ในช่วงเดือนเมษายน 2564 ที่มีสภาพอากาศร้อนจัด จึงทำให้โรงงานผลิตพืชมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าช่วงฤดูอื่น ๆ เนื่องจากสภาพอากาศของหมู่บ้านปงไคร้ตั้งอยู่บนพื้นที่สูง ในช่วงเช้าอุณหภูมิแวดล้อมไม่สูงมาก จึงกำหนดเงื่อนไขการใช้งานระบบดังนี้ เวลาเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศ ตั้งแต่ 09.30–16.00 น. เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่ง สำหรับเวลาเปิด-ปิด หลอดแอลอีดี เริ่มตั้งแต่ 07.00–17.00 น. นอกจากนั้นได้เพิ่มเวลาเปิด-ปิดหลอดแอลอีดี (ใช้ไฟฟ้าจากแบตเตอรี่) ตั้งแต่ 17.00–20.00 น. และเวลาชาร์ตแบตเตอรี่ ตั้งแต่ 08.00–17.00 น. ข้อมูลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ จะมีการบันทึกผ่านระบบ Cloud Server สำหรับบันทึกข้อมูลต่าง ๆ และได้ทำระบบติดตามการทำงานผ่านการใช้งานบนแอปพลิเคชัน Blynk จากโทรศัพท์มือถือ ซึ่งสามารถติดตามการทำงานของโรงงานผลิตพืชแบบเรียลไทม์ นอกจากนั้นทำการเก็บข้อมูลจำนวนต้นกล้วยไม้ในขวดแก้วที่สุ่มเลือก จำนวน 13 ตัวอย่าง คิดเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนกล้วยไม้ขวดที่ชุมชนผลิตในรอบเดียวกันตั้งแต่เดือนตุลาคม 2563 (จำนวนกล้วยไม้ขวดที่นำเข้ามาเลี้ยงในโรงงานผลิตพืชมีหลายช่วงเวลา) เพื่อนำมาหาอัตราการรอดโดยใช้วิธีการนับจำนวนของต้นกล้วยไม้ในกุ่มไฟประกอบด้วย จำนวนต้นเริ่มต้น จำนวนต้นที่งอกใหม่ ต้นกล้วยไม้ที่ตาย และวัดความสูงของต้นกล้วยไม้ทุกเดือน เริ่มตั้งแต่วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564 ถึงวันที่ 25 มิถุนายน 2564 เป็นระยะเวลา 4 เดือน ซึ่งในช่วงเวลานี้เป็นช่วงที่ชุมชนนำกล้วยไม้เข้าเลี้ยงในโรงงานผลิตพืช

3. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

ในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ได้คิดต้นทุนเฉพาะการปรับปรุงห้อง และการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้จากข้อมูลของชุมชนที่มีการรวบรวมไว้ และจากการเก็บข้อมูลในงานวิจัย ได้แก่ ข้อมูลจำนวนขวดของกล้วยไม้ที่เพาะเลี้ยง ระยะเวลาการเพาะเลี้ยง ราคาขายกล้วยไม้ต่อขวด จำนวนนักท่องเที่ยวข้อมูลรายได้ต่อปี รายจ่ายต่อปี จำนวนนักท่องเที่ยว ค่าลงทะเบียนศึกษาดูงานของนักท่องเที่ยว และอายุโครงการ ข้อมูลค่าใช้จ่าย ประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ค่าไฟฟ้า ค่าวัสดุอาหารสำหรับทำกล้วยไม้ขวดแก้ว ค่าจัดสถานที่ทำกิจกรรม และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เช่น ค่าซ่อมแซมอุปกรณ์ ข้อมูลรายได้ ประกอบด้วย รายได้จากการขายกล้วยไม้ และรายได้จากกิจกรรมท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ เป็นต้น จากนั้นนำมาประเมินความคุ้มค่าของโรงงานผลิตพืชในงานวิจัย ประกอบด้วย การหาระยะเวลาคืนทุน มูลค่าปัจจุบันสุทธิ และอัตราผลตอบแทนภายใน (Samuelson & Nordhaus, 2001) ดังนี้

การประเมินระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period: SPB) ดังสมการที่ (1)

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{มูลค่าในการลงทุนรวม}}{\text{ผลตอบแทนสุทธิสะสมรายปี}} \quad (1)$$

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) หรือผลบวกของรายรับทั้งหมดและรายจ่ายทั้งหมดที่ได้จากโครงการโดยการปรับทุกค่ามาที่เวลาปัจจุบัน ดังสมการที่ (2) โดย R_n คือ ผลตอบแทนในปีที่ n , C_n คือ ค่าใช้จ่ายในปีที่ n , N คือ ระยะเวลาโครงการ i คือ อัตราส่วนลด (Discount Rate) หรืออัตราดอกเบี้ย (Interest), TIC คือ เงินลงทุนทั้งหมด ณ เวลาปัจจุบัน

$$NVP = \sum_{n=0}^N \frac{R_n - C_n}{(1 + i)^n} - TIC \quad (2)$$

อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) หรืออัตราดอกเบี้ยที่ทำให้มูลค่าเงินปัจจุบันสุทธินี้ได้จากค่าตอบแทนการลงทุนมีค่าเป็นศูนย์ (ค่า IRR คือค่า i ที่ทำให้ $NPV = 0$) ดังสมการที่ (3)

$$NVP = \sum_{n=0}^N \frac{R_n - C_n}{(1 + i)^n} - TIC = 0 \quad (3)$$



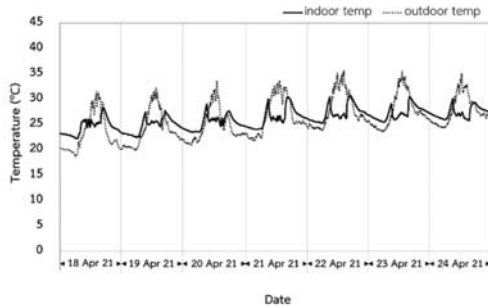
ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาศมรรถนะการทำงานของโรงงานผลิตพืช

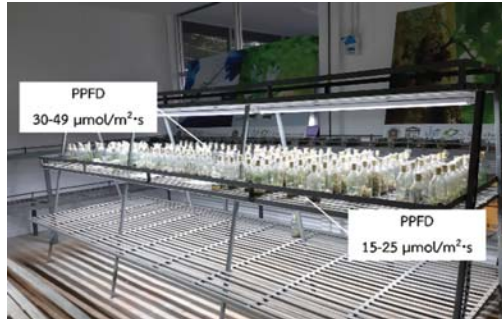
จากภาพ 3 แสดงสมรรถนะการทำงานของโรงงานผลิตพืชต่อเนื่อง 7 วัน ประกอบด้วย การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ค่า PPFD กำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า ในภาพ 3 (ก) พบว่า ลักษณะการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศในโรงงานผลิตพืชแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงที่ 1 เวลา 08.00–09.30 น. ก่อนเปิดใช้งานระบบปรับอากาศในช่วงเช้า เริ่มมีความร้อนเข้าสู่โรงงานผลิตพืชจึงทำให้อุณหภูมิอากาศเริ่มสูงขึ้นมีค่า 27–29 องศาเซลเซียส จากนั้นเข้าสู่ช่วงที่ 2 เป็นช่วงที่มีการใช้งานระบบปรับอากาศตั้งแต่ 09.30–16.00 น. อุณหภูมิในโรงงานผลิตพืชมีค่า 25–26 องศาเซลเซียส ซึ่งต่ำกว่าบรรยากาศภายนอก 5–8 องศาเซลเซียส แต่อาจมีบางวันที่อากาศร้อนจัดจึงทำให้อุณหภูมิในห้องสูงถึง 27 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามยังสามารถรักษาระดับอุณหภูมิให้กล้วยไม้เจริญเติบโตได้ 25–27 องศาเซลเซียส หลังจากปิดระบบปรับอากาศซึ่งได้ตั้งอัตโนมัติไว้เพื่อไม่ให้ระบบผลิตไฟฟ้าจ่ายพลังงานไฟฟ้า จะเข้าสู่ในช่วงที่ 3

ตั้งแต่เวลา 16.00 น. อุณหภูมิอากาศในโรงงานผลิตพืชจะสูงขึ้นอย่างรวดเร็วและเกินเงื่อนไขอุณหภูมิที่เหมาะสม และเริ่มมีค่าลดลงหลังเวลา 18.00 น. จากนั้นจะมีความร้อนบางส่วนสะสมอยู่ภายในห้อง ทำให้มีอุณหภูมิอากาศภายในสูงกว่าอุณหภูมิแวดล้อม 1–3 องศาเซลเซียส แต่ยังคงอยู่ในระดับอุณหภูมิ 25–27 องศาเซลเซียส สำหรับการเปลี่ยนแปลงของค่า PPFD ดังภาพ 3 (ข) พบว่ามีค่าสูงสุดบริเวณตำแหน่งตรงกลาง ซึ่งมีค่าประมาณ 30–49 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที และเมื่อระยะห่างจากตำแหน่งตรงกลางออกไปยังขอบชั้นวาง จะลดลงเหลือ 10–25 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที สำหรับจุดที่ต่ำกว่า 20 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที จะใช้วิธีการจัดวางขวดชิดกันและขยับขวดให้อยู่ใต้หลอดไฟให้มากที่สุด มีค่า PPFD ยังเพียงพอต่อความต้องการของกล้วยไม้ในร่มไฟเนื่องจากเป็นพืชในกลุ่มที่ต้องการแสงน้อย และกล้วยไม้จะได้แสงเป็นเวลานานขึ้นจากเดิมช่วงเวลากลางวัน 10 ชั่วโมง เพิ่มอีกวันละ 3 ชั่วโมงจากการใช้ไฟฟ้าที่สะสมไว้ในแบตเตอรี่จ่ายให้กับหลอดแอลอีดีตั้งแต่วันที่ 17.00–20.00 น. ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานของชุมชน เนื่องจากหากมีการบำรุงรักษา ชุมชนสามารถดำเนินการได้เองโดยใช้งบประมาณไม่สูง

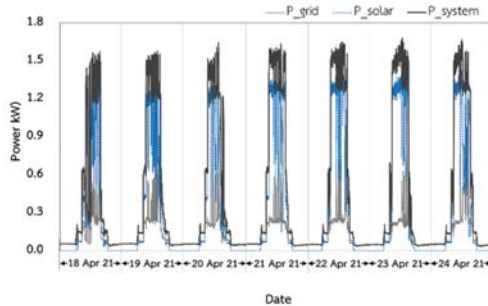
สำหรับค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานผลิตพืชดังภาพ 3 (ค) พบว่ากำลังไฟฟ้ารวมของโรงงานผลิตพืชมีค่าตั้งแต่ 0.05–1.65 กิโลวัตต์ และไฟฟ้าส่วนใหญ่ถูกจ่ายให้กับระบบปรับอากาศที่ใช้กำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 1.00–1.30 กิโลวัตต์ ในช่วงเวลา 07.00–08.00 น. พบว่ามีการดึงไฟฟ้าจากระบบสายส่งมาใช้เล็กน้อยประมาณ 0.40–0.06 กิโลวัตต์ เนื่องจากเริ่มเปิดใช้ระบบแสงเทียมและชาร์จแบตเตอรี่ จากนั้นตั้งแต่วันที่ 08.00–16.30 น. ไฟฟ้าส่วนที่ป้อนให้กับโรงงานผลิตพืชมาจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก ตั้งแต่ 0.2–1.4 กิโลวัตต์ และมีบางช่วงเวลาที่ดึงไฟฟ้าจากระบบสายส่งมาใช้ เช่น ช่วงที่ความเข้มรังสีอาทิตย์ลดลง กำลังไฟฟ้ามีค่า 0.04–1.2 กิโลวัตต์ หลังจากเวลา 16.30 น. กำลังไฟฟ้ารวมของระบบจะลดลงเนื่องจากการใช้งานเฉพาะระบบแสงเทียม และตั้งแต่วันที่ 17.00–21.00 น. ระบบแสงเทียมจะเปลี่ยนไปใช้แหล่งพลังงานจากไฟฟ้าในแบตเตอรี่ สำหรับในช่วงเวลากลางคืนมีการใช้ไฟฟ้าจากสายส่งประมาณ 0.05–0.06 กิโลวัตต์ เพื่อจ่ายไฟฟ้าเลี้ยงอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ สำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้างานภาพ 3 (ง) พบว่าในแต่ละวันโรงงานผลิตพืชมีการใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 9.25–11.72 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือมีค่าเฉลี่ย 10.85 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์ตั้งแต่ 6.13–8.60 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือคิดเป็น 60–75 เปอร์เซ็นต์ ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด โดยจะขึ้นอยู่กับค่าความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละวัน ทำให้บางช่วงเวลามีการดึงพลังงานไฟฟ้าจากสายส่งมาใช้ประมาณ 2.89–4.48 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน หรือคิดเป็น 25–40 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งใช้จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับหลอดแอลอีดีในช่วงเช้า และอุปกรณ์อื่น ๆ ในช่วงเวลากลางคืน



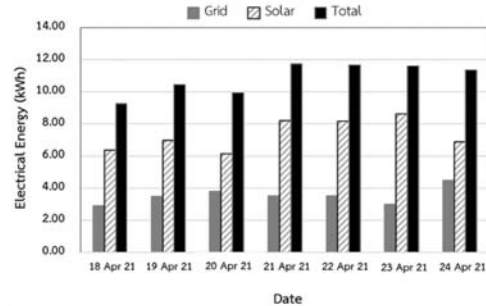
(ก) อุณหภูมิอากาศในโรงงานผลิตพืช



(ข) การเปลี่ยนแปลงค่า PPFD



(ค) กำลังไฟฟ้าของโรงงานผลิตพืช



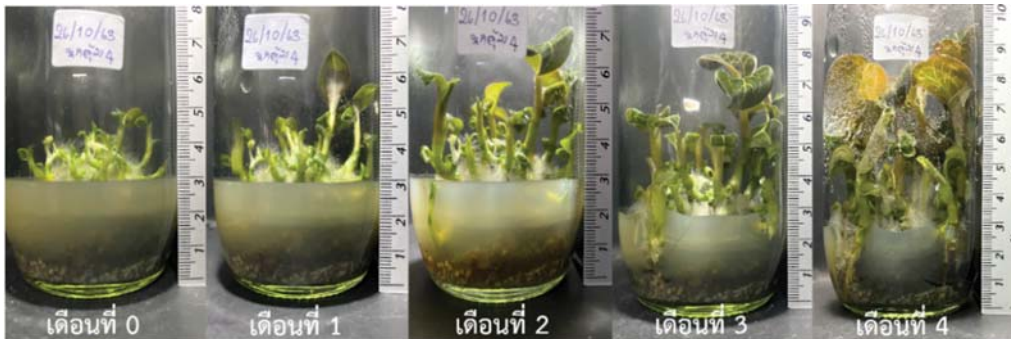
(ง) การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตพืช

ภาพ 3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอากาศ ค่า PPFD กำลังไฟฟ้า
และพลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตพืช

2. ผลักรอดของกล้วยไม้หน่อกุ้มไฟ

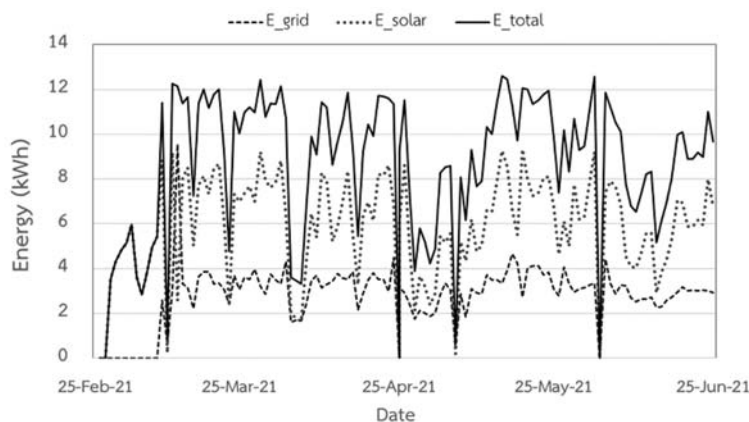
สำหรับผลจากการใช้งานโรงงานผลิตพืชได้ทำการประเมินจากข้อมูลลักรอดของกล้วยไม้หน่อกุ้มไฟในเขตแก้วจากการสุ่มเก็บข้อมูลทั้งหมด 13 ตัวอย่าง พบว่า จากจำนวนเริ่มต้นของต้นกล้วยไม้ที่เริ่มเก็บข้อมูลในวันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2564 และเพาะเลี้ยงครบ 4 เดือน จนถึงวันที่ 25 มิถุนายน 2564 มีกล้วยไม้ในเขตจำนวน 4 เขต ที่มีลักรอดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 5 เขต ที่มีลักรอดตั้งแต่ 50–80 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 2 เขต ที่ลักรอดต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในภาพรวมมีค่าเฉลี่ยลักรอดเท่ากับ 71.32 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม จำนวน 2 เขต ที่ตายทั้งเขตเนื่องจากมีเชื้อราขึ้นภายในเขตซึ่งมีสาเหตุมาจากการติดเชื้อในขั้นตอนทำเนื้อเยื่อ สำหรับความสูงของต้นกล้วยไม้หน่อกุ้มไฟในเขตแก้วมีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกันบ้าง โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราความสูงที่เพิ่มขึ้นต่อเนื่องตั้งแต่ 1.56–72.77 เปอร์เซ็นต์ (ค่าความสูงของต้นสูงสุดตั้งแต่ 1.10–7.70 เซนติเมตร) เมื่อนำข้อมูลผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เขตเมื่อนำมาประเมินระยะเวลาการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้หน่อกุ้มไฟในเขตแก้วในโรงงานผลิตพืชเทียบกับการเพาะเลี้ยงแบบเดิม พบว่าสามารถลดระยะเวลาจาก 12 เดือน ลดลง

เหลือ 8 เดือน โดยกล้วยไม้มีจำนวนต้นมากขึ้น มีขนาดใหญ่ และจำนวนใบมากขึ้น ตัวอย่าง
การเจริญเติบโตของกล้วยไม้ในขวดแก้วที่เพาะเลี้ยงในโรงงานผลิตพืช ดังภาพ 4



ภาพ 4 ตัวอย่างการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ในขวดแก้วที่เพาะเลี้ยง
ในโรงงานผลิตพืช

จากภาพ 5 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้ารวมที่ใช้ในโรงงานผลิตพืชตลอดระยะเวลา 4 เดือน
พบว่าในแต่ละวันมีการใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 3–12 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับ
สภาพแวดล้อม เช่น โดยสัดส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่มาจากระบบผลิตไฟฟ้า
พลังงานแสงอาทิตย์คิดเป็น 65–70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มรังสีอาทิตย์ในแต่ละวัน
และไฟฟ้าที่ต้องการเพิ่มเติมมาจากสายส่งการไฟฟ้า 30–35 เปอร์เซ็นต์โดยค่าเฉลี่ยของพลังงาน
ไฟฟ้าที่โรงงานผลิตพืชใช้งานต่อวันประมาณ 9 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน ประกอบด้วยพลังงาน
ไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 6 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน และไฟฟ้าจากระบบ
สายส่ง 3 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน



ภาพ 5 พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ตลอดระยะเวลาการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้

เมื่อวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ในการปรับปรุงโรงงานผลิตพืชร่วมกับการใช้ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จะมีการคำนวณปรับปรุงห้อง 80,000 บาท และระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ 70,000 บาท รวมเป็นเงินลงทุน 150,000 บาท ชุมชนสามารถเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ขวดได้เพิ่มขึ้นเป็น 700 ขวดต่อปี และสามารถขายได้ในราคา 100 บาทต่อขวด เนื่องจากจำนวนต้นในขวดเพิ่มขึ้น และสามารถเพิ่มจำนวนนักท่องเที่ยวได้เพิ่มขึ้นเป็น 150 คนต่อปี ทำให้ชุมชนมีรายได้คิดเป็นกำไรสุทธิที่เพิ่มขึ้น 47,550 บาทต่อปี มีระยะเวลาคืนทุน 3.15 ปี คิดเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) 369,848.49 บาท และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 30.56 เปอร์เซ็นต์ ผลแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์ของโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กหมู่บ้านปงไคร้

ลำดับ	รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1	จำนวนกล้วยไม้ขวดที่เพาะเลี้ยง (ขวด)	300	700
2	ระยะเวลาการเพาะเลี้ยง (เดือน)	12	8
3	ราคาขายกล้วยไม้ต่อขวด (บาทต่อขวด)	80.00	100.00
4	จำนวนนักท่องเที่ยวเข้าศึกษาดูงานท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ (คนต่อปี)	100	150
5	ค่าลงทะเบียนเข้าศึกษาดูงานและทำกิจกรรม (บาทต่อคน)	170	170
6	อายุโครงการ (ปี)	-	20
7	พลังงานไฟฟ้าจากระบบสายส่งที่ใช้เฉลี่ยต่อปี (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี)	120.00	1,095.00
8	Specific Energy Consumption (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อขวด) (7) ÷ (1)	0.40	1.56
9	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง)	4.00	4.00
10	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อปี) (7) × (9)	480.00	4,380.00
11	ต้นทุนค่าไฟฟ้าต่อขวด (บาท) (10) ÷ (1)	1.60	6.26
12	ค่าบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ (บาทต่อปี)	-	1,000.00
13	ค่าส่วนผสมอาหารขุนขวดละ 2 บาท (บาทต่อปี)	600.00	1,400.00
14	ค่าอุปกรณ์จัดสถานที่เวลาทำกิจกรรม (บาทต่อปี)	2,500.00	3,750.00
15	ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เช่น ซ่อมแซมอุปกรณ์ เครื่องมือ	22,630.00	22,630.00
16	รายจ่ายทั้งหมด (บาทต่อปี) (10) + (13) + (14) + (15)	26,210.00	33,160.00

ลำดับ	รายละเอียด	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
17	รายได้จากการขายกล้วยไม้ (บาทต่อปี)	24,000.00	70,000.00
18	รายได้จากการศึกษาดูงานท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ (บาทต่อปี) (4) × (5)	17,000.00	25,500.00
19	รายได้ทั้งหมด (17) + (18)	41,000.00	95,500.00
20	กำไรสุทธิต่อปี (บาทต่อปี) (19) – (16)	14,790.00	62,340.00
21	เงินลงทุนปรับปรุงโรงงานผลิตพีช (บาท)	-	150,000.00
22	กำไรที่เพิ่มขึ้นสุทธิต่อปี (บาทต่อปี)	-	47,550.00
23	ระยะเวลาคืนทุน ^a (ปี)	-	3.15
24	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ ^{a, b} (บาท)	-	369,848.49
25	อัตราผลตอบแทนภายใน IRR ^a (เปอร์เซ็นต์)	-	30.56

หมายเหตุ: ^a คำนวณจากสมการที่ 1–3 ตามลำดับ, ^b ใช้อัตราดอกเบี้ย MRR = 5.995 เปอร์เซ็นต์ (อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ ครั้งที่ 2/2564, 2564)



อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาพบว่า โรงงานผลิตพีชที่สร้างขึ้นสามารถนำมาใช้เพาะเลี้ยงกล้วยไม้ ในขวดแก้วของชุมชนได้เป็นอย่างดีทั้งการควบคุมอุณหภูมิอากาศและคุณภาพแสงที่เพียงพอ กับกล้วยไม้ อย่างไรก็ตามอาจมีการแกว่งตัวของอุณหภูมิอากาศบ้างเมื่อหยุดใช้งานระบบ ปรับอากาศ ซึ่งเมื่อเกิดเงื่อนไขที่เกินความต้องการของพืชอาจต้องมีการเปิดระบบนานขึ้น ทั้งนี้จะอยู่กับสภาพอากาศที่จะส่งผลให้โรงงานผลิตพีชมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ในแต่ละฤดูกาล จากการวิเคราะห์พบว่า ในช่วงที่อากาศร้อนจัดควรมีการเพิ่มเวลาในการ ทำความเย็นในช่วงเช้าเร็วขึ้น ประมาณ 15 นาที และเลื่อนเวลาปิดระบบปรับอากาศออกไป อีก 15 นาที ในช่วงเย็นเพื่อรักษาระดับอุณหภูมิอากาศในห้องไม่ให้สูงเกิน 27 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามอาจส่งผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้าจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์และ จากสายส่งเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ประมาณ 0.5 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อวัน

เมื่อเปรียบเทียบผลการใช้งานโรงงานผลิตพีชที่พัฒนาขึ้นกับงานวิจัยอื่น ๆ (Quan et al., 2018; Ueno & Kawamitsu, 2017) พบว่ามีความสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกัน คือ ทำให้ได้คุณภาพของพีชที่ดีขึ้น และใช้ระยะเวลาเพาะปลูกพีชที่สั้นลง สำหรับในด้านของ การใช้พลังงานโรงงานผลิตพีชของชุมชนมีต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าในการเพาะเลี้ยงพีชที่ต่ำกว่า เนื่องจากใช้ไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์เป็นหลักในการจ่ายให้ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนและ

หลอดแอลอีดี ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญในโรงงานผลิตพืช แตกต่างจากงานวิจัยของ Ueno and Kawamitsu ที่ใช้ไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์เฉพาะระบบแสงเทียมสำหรับระบบปรับอากาศเป็นแบบดูดซับคอนข้างมีกำลังไฟฟ้ามากจึงออกแบบใช้ไฟฟ้าจากสายส่งเป็นหลัก ดังนั้นหากพิจารณาความคุ้มค่าของการใช้โรงงานผลิตพืชขนาดเล็กร่วมกับการระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ จึงมีความเหมาะสมที่จะสามารถออกแบบการลดต้นทุนทางพลังงานได้มากกว่า และมีความเป็นไปได้ในการนำไปต่อยอดองค์ความรู้ในด้านเกษตรกรรมอื่น ๆ นอกจากนั้นหากพิจารณาผลตอบแทนที่ชุมชนได้รับจากการศึกษา คือ สามารถเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในขวดแก้วได้เพิ่มขึ้น และสามารถรับนักท่องเที่ยวเข้ามาทำกิจกรรมได้มากขึ้น ก็จะส่งผลให้รายได้เพิ่มมากขึ้นเช่นกัน โดยผลวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เห็นได้ชัดว่ามีความคุ้มค่าในการลงทุน ซึ่งผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าค่า MRR หรืออัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ซึ่งถือว่าเป็นโครงการที่ให้น่าลงทุนและให้ผลตอบแทนดี

จากนั้นผู้วิจัยได้ทำถ่ายถอดเทคโนโลยีโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กให้กับตัวแทนชุมชนและสมาชิกกลุ่มอนุรักษ์กล้วยไม้บ้านปงไคร้ เพื่อสร้างความเข้าใจการเลือกใช้เทคโนโลยีในโครงการทั้งการปรับปรุงโครงสร้าง การเลือกใช้และติดตั้งระบบปรับอากาศ ระบบแสงเทียม ระบบตรวจวัดสภาพแวดล้อม ระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ที่ถ่ายทอดให้กับโรงงานผลิตพืช และทำการฝึกปฏิบัติการใช้งาน การดูแล และแก้ปัญหาเบื้องต้น ดังภาพ 6 และได้มีการติดตามผลการใช้งานต่อเนื่องอีก 1 ปี



ภาพ 6 การถ่ายถอดเทคโนโลยีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักวิจัยและท้องถิ่น



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กสำหรับเพาะเลี้ยงกล้วยไม้ในเขตแก้วของหมู่บ้านปงไคร้ พบว่าโรงงานผลิตพืชที่พัฒนาขึ้นสามารถสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ ส่งผลให้กล้วยไม้มีอัตราการรอดที่สูงขึ้น และได้ผลผลิตที่ดีขึ้น โดยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้มาจากระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์เป็นหลัก 65-70 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลดต้นทุนทางพลังงานได้มาก

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลจากงานวิจัยโรงงานผลิตพืชขนาดเล็กที่พัฒนาขึ้นนี้ สามารถนำไปต่อยอดในการเพาะเลี้ยงพืชอื่น ๆ ที่มีมูลค่าสูงและเป็นที่ต้องการของตลาดในพื้นที่อื่น ๆ เช่น กล้วยไม้ตระกูลเอื้อง พืชสมุนไพรทางการแพทย์ และผลิตต้นพันธุ์ต่าง ๆ ของวิสาหกิจชุมชนต่าง ๆ ที่สนใจ แต่ขนาดและรูปแบบเทคโนโลยีของโรงงานผลิตพืชอาจมีการปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับพืชและสภาพแวดล้อมบริเวณนั้น ๆ ทำให้อาจมีความแตกต่างในแง่ในมูลค่าลงทุนเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่นำมาใช้ประกอบเป็นโรงงานผลิตพืช

2. ในอนาคตการลงทุนระบบโรงงานผลิตพืชอาจได้รับผลตอบแทนที่เร็วขึ้นเนื่องจากแนวโน้มราคาติดตั้งของหลอดแอลอีดีและระบบผลิตไฟฟ้าพลังงานแสงอาทิตย์ถูกลง ซึ่งอาจทำให้การใช้งานแพร่หลายมากขึ้น

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. หากมีการวิจัยเพิ่มเติมควรเริ่มต้นเก็บข้อมูลพร้อมกับการนำกล้วยไม้เขตหลังจากเพาะเนื้อเยื่อเสร็จ ซึ่งจะช่วยให้เห็นผลลัพธ์ของการใช้งานโรงงานผลิตพืชในระยะยาว

2. ควรมีการศึกษาผลของแสงจากรูปแบบการจัดวางขวดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ในตู้ปลูกไฟ หรือมีการเปลี่ยนสีของแสง



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม และเครือข่ายบริหารการวิจัยภาคเหนือตอนบน ที่สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ผ่านโครงการวิจัยและนวัตกรรมเพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่ชุมชนฐานราก และขอขอบคุณกลุ่มอนุรักษ์กล้วยไม้พำม่วยบ้านปงไคร้ ตำบลโป่งแยง อำเภอมะเริม จังหวัดเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสถานที่ทำวิจัย มา ณ ที่นี้



เอกสารอ้างอิง

- ธนากร น้ำหอมจันทร์. (2562). โรงงานผลิตพืช Plant Factory. *EAU Heritage Journal Science and Technology*, 13(2), 46–62.
- อัตราดอกเบี้ยเงินให้สินเชื่อ ครั้งที่ 2/2564. (2564). <https://www.scb.co.th/content/dam/scb/personal-banking/rates-fees/loans/2021/loans64-02.pdf>
- Cai, J., Zhao, L., & Zhu, E. (2015). A new flavonal triglycoside derived from *Anoectochilus elwesii* on stimulating glucose uptake in insulin-induced human HepG2 cells. *Natural Product Research*, 29(15), 1414–1418.
- Iwao, T., Murakami, T., Akaboshi, O., Cho, H. Y., Yamada, M., Takahashi S., Kato, M., Horiuchi, N., & Ogiwara, I. (2021). Possibility of harvesting June-bearing strawberries in a plant factory with artificial light during summer and autumn by re-using plants cultivated by forcing culture. *Environmental Control in Biology*, 59(2), 99–105.
- Kim, Y., Shin, Hye-Ry., Oh, Su-hyun., & Yu, Ki-Hyung. (2022). Analysis on the economic feasibility of a plant factory combined with architectural technology for energy performance improvement. *Agriculture*, 12(684), 1–11.
- Quan, Q., Zhang, X., & Xue, X. Z. (2018). Design and implementation of a closed-loop plant factory. *IFAC-PaperOnlines*, 57(17), 353–358.
- Samuelson, P. A., & Nordhaus, W. D. (2001). *Economics*. (17th ed.), McGraw-Hill Books.
- Ueno, M., & Kawamitsu, Y. (2017). Design of a plant factory suitable for Okinawa. *Engineering and Applied Science Research*, 44(3), 182–188.
- Zhang, X., He, D., Niu, G., Yan, Z., & Song, J. (2018). Effects of environment lighting on the growth, photosynthesis, and quality of hydroponic lettuce in a plant factory. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(2), 33–40.
- Zou, T., Huang, C., Wu, P., Ge, L., & Xu, Y. (2020). Optimization of artificial light for spinach growth in plant factory based on orthogonal test. *Plants*, 9(4), 490.



ACADEMIC JOURNAL
UTTARADIT RAJABHAT
UNIVERSITY

การกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยที่เกี่ยวข้องของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี

SOIL CARBON STOCK AND ASSOCIATED FACTORS OF MIXED DECIDUOUS FOREST AND DECIDUOUS DIPTEROCARP FOREST IN ERAWAN NATIONAL PARK IN KANCHANABURI PROVINCE

วันที่รับ: 30 เมษายน 2565

วันที่แก้ไข: 27 มิถุนายน 2565

วันที่ตอบรับ: 28 มิถุนายน 2565

ภานุพงศ์ พรหมมารัตน์^{1*} และ ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช¹

Bhanupong Phrommarat^{1*} and Dirakrit Buawech¹

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ จังหวัดนครปฐม 73000

Department of Environmental Science, Faculty of Science,

Silpakorn University Sanamchandra Campus, Nakhon Pathom 73000

*Corresponding author e-mail: phrommarat_b@su.ac.th



บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปอินทรีย์คาร์บอนของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการที่อาจมีความสัมพันธ์กับคาร์บอนในดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ความหนาแน่นของต้นไม้ดัชนีความหลากหลาย และประเภทของป่า แปลงตัวอย่างที่นำมาศึกษาเป็นแปลงของป่าเบญจพรรณ 7 แปลง และป่าเต็งรัง 5 แปลง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ นำข้อมูลจากแปลงตัวอย่างมาวิเคราะห์โครงสร้างทางสังคมพืช ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความหลากหลาย รวมถึงคำนวณการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินด้วยสมการแอลโลเมตรี นำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ค่าอินทรีย์คาร์บอนในดินและความเป็นกรด-ด่างของดิน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยโดยใช้ Pearson Correlation Coefficient ผลการศึกษาพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินของป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.87 t/ha (134.53–229.93 t/ha) และป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.97 t/ha (96.15–244.37 t/ha) และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติ พบว่าคาร์บอนในดินของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การวิเคราะห์ปัจจัยที่อาจมีอิทธิพลด้านอื่น ๆ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในป่าทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน

โดยค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของดินในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 6.98 และความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของดินในป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 7.07 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 290 ต้น/ha และป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 360 ต้น/ha ค่าดัชนีความหลากหลายของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.620 และ 2.100 ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.41 t/ha ป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 109.42 t/ha อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างการกักเก็บคาร์บอนในดินกับปัจจัยด้านอื่น พบว่าทุกปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กับคาร์บอนในดินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลการศึกษาแสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ซึ่งเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลคาร์บอนทั้งในพื้นที่ระดับท้องถิ่นและในระดับโลก สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบในการให้ความรู้และสร้างความตระหนักแก่ประชาชนในพื้นที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการอนุรักษ์และเพื่อบูรณาการข้อมูลในการวางแผนจัดการการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ใกล้เคียง

คำสำคัญ: คาร์บอนในดิน, การกักเก็บคาร์บอน, ป่าเบญจพรรณ, ป่าเต็งรัง



Abstract

The objectives of this research were to investigate soil carbon stock of mixed deciduous forest (MDF) and deciduous dipterocarp forest (DDF) in Erawan National Park in Kanchanaburi Province, and to study some factors that could potentially influence on soil carbon content, namely soil pH, aboveground carbon, tree density, diversity index and forest type. The sampling plots included 7 plots in mixed deciduous forest and 5 plots in deciduous dipterocarp forest in Erawan National Park. Plant community structure, tree density, and diversity index were analyzed. Above-ground biomass was calculated based on allometric equations. Soil organic carbon and soil pH were analyzed. Pearson correlation coefficient was employed to investigate the relationship of variables. The results showed that the average content of soil organic carbon in MDF is 193.87 t/ha (134.53–229.93 t/ha) and in DDF is 175.97 t/ha (96.15–244.37 t/ha). Nonetheless, there was no significant difference ($p < 0.05$) of soil carbon content between MDF and DDF. The results associated with the other potential influence factors indicated that the average pH values in soil of MDF and DDF were 6.98 and 7.07,

respectively. The average value of tree density in MDF was 290 trees/ha, and 360 trees/ha in DDF. The average diversity indices were 1.620 in MDF and 2.100 in DDF. The average values of aboveground carbon were 41.41 t/ha and 109.42 t/ha in MDF and DDF, respectively. However, according to the correlation analysis, it was found that there was no significant relationship ($p < 0.05$) between soil carbon and the other interested factors. The results pointed out the potential of MDF and DDF in sequestering carbon as the forests play a crucial role in maintaining carbon balance in both local and global scales. These research results can also be used for education, raising awareness to locals who live in adjacent areas, and integration in land-use planning and management in the area.

Keywords: Soil Carbon, Carbon Stock, Mixed Deciduous Forest, Deciduous Dipterocarp Forest



บทนำ

ปัจจุบันโลกได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่เกิดจากการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมของมนุษย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีสัดส่วนมากกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ ของก๊าซเรือนกระจกทั้งหมดที่ปลดปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศ (Intergovernmental Panel of Climate Change, 2014) การลดก๊าซเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศจึงเป็นความท้าทายของมวลมนุษยชาติที่จะต้องดำเนินการอย่างจริงจังและเร่งด่วน แนวทางหลักในการลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ทั่วโลกดำเนินการ คือ การลดการใช้และลดการปลดปล่อยจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงฟอสซิล และการระบุดอกไม้ในการกักเก็บหรือจัดการกับก๊าซเรือนกระจกที่ปลดปล่อยออกมา (Amundson & Biardeau, 2018) จากการประเมินแหล่งสะสมคาร์บอนบนโลก (Carbon Pool) พบว่าแหล่งสะสมคาร์บอนในดินมีปริมาณ 2,500 GT (Lal, 2008) ซึ่งสูงกว่าแหล่งสะสมคาร์บอนในชั้นบรรยากาศถึงสามเท่า (800 GT) (Oelkers & Cole, 2008) โดยแหล่งสะสมคาร์บอนปริมาณสูงสุดที่สุดคือทะเล มีปริมาณการสะสม 38,400 GT (Houghton, 2007) ดังนั้น การกักเก็บคาร์บอนในชั้นบรรยากาศให้อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนในดิน (Soil Organic Carbon: SOC) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ได้รับการสนใจในการศึกษาเพื่อประเมินศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนในระบบนิเวศรูปแบบต่าง ๆ ตามธรรมชาติ (Lal, 2001; Sanderman et al., 2017) ระดับของ SOC เป็นผลจากปฏิสัมพันธ์

ของกระบวนการทางระบบนิเวศหลายกระบวนการโดยมีกระบวนการที่สำคัญ ได้แก่ การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ และการย่อยสลาย ซึ่งกระบวนการเหล่านี้ถูกกำหนดด้วยปัจจัยทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ที่ทำให้เกิดความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในการกระจายตัวเชิงพื้นที่ เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ธาตุอาหารในดิน คุณสมบัติของดิน ลักษณะภูมิประเทศ และลักษณะพืชพรรณ (Wang et al., 2021) ในระบบนิเวศป่าไม้ พบว่าโดยเฉลี่ยแล้วในป่าเขตร้อนมี SOC อยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นผลจากระดับผลผลิตขั้นต้น (Primary Productivity) ที่สูงและมีกระบวนการย่อยสลายจากจุลินทรีย์ในดินที่สูงเช่นกัน จึงทำให้มีการสูญเสียคาร์บอนบางส่วนในรูปของ CO_2 จากการหายใจของจุลินทรีย์ในสภาพอากาศที่อุ่นและมีความชื้นสูงตลอดทั้งปี ในขณะที่ป่าเขตอบอุ่นมีผลผลิตขั้นปฐมภูมิที่สูงในฤดูร้อนที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง และในช่วงอื่น ๆ ของปีที่มีอากาศหนาวเย็นลงทำให้จุลินทรีย์ในดินมีกิจกรรมการย่อยสลายที่ช้าลง ทำให้เกิดการสะสมสารอินทรีย์ในดินอย่างช้า ๆ และกักเก็บในรูปของ SOC เป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่าป่าเขตร้อน (Ontl & Shelte, 2012) นอกจากนี้แล้วมีการศึกษาที่พบว่าปัจจุบัน SOC ในป่าเขตร้อนกำลังถูกรบกวนจากการทำลายป่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเพื่อการเกษตร และความแห้งแล้ง (Nave et al., 2019)

มีการศึกษาเพื่อประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าประเภทต่าง ๆ ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทย เช่น รายงานการสะสมคาร์บอนในพื้นที่อุทยานแห่งชาติกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จัดทำโดย ธรรมนูญ เต็มไชย และคนอื่น ๆ (2560) ได้ทำการประเมินการสะสมคาร์บอนในดินและมวลชีวภาพของป่า 9 ประเภท ในเขตอุทยานแห่งชาติกุยบุรี โดยผลการศึกษาพบว่า ป่าดิบชื้นผสมดิบแล้งมีค่าการสะสมคาร์บอนในดินสูงที่สุด (67.8 t/ha) วสันต์ จันทร์แดง และคนอื่น ๆ (2563) ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชของป่าชนิดต่าง ๆ ในเขตอำเภอด่านช้าง จังหวัดนครราชสีมา พบว่าการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0–30 เซนติเมตร ของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่า 50.50 และ 35.51 t/ha ตามลำดับ การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าที่ได้รับการฟื้นฟูในพื้นที่อำเภอมะหิมา จังหวัดเชียงใหม่ เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่ได้รับการฟื้นฟูและพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ไม่มีการรบกวน พบว่าคาร์บอนในดินของป่าธรรมชาติที่ไม่มีการรบกวนมีค่าสูงที่สุด (156.10 t/ha ที่ระดับความลึก 0–1 เมตร) และพื้นที่ป่าที่ได้รับการฟื้นฟูมีปริมาณคาร์บอนในดินสูงกว่าพื้นที่ที่ไม่ได้รับการฟื้นฟูอย่างมีนัยสำคัญ (Kavinchan et al., 2015) วสันต์ จันทร์แดง และคนอื่น ๆ (2553) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น พบว่ามีการสะสมคาร์บอนในดินของสวนป่ายูคาลิปตัสอายุน้อย (1–2 ปี) สูงกว่าพื้นที่ป่าเต็งรังซึ่งมีปัจจัยมาจากการชะล้างของดินลงสู่พื้นที่สวนป่าที่มีระดับ

ต่ำกว่า วรพัชร วิชัยสุชาติ และคนอื่น ๆ (2561) ได้ศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่าง ๆ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า การกักเก็บคาร์บอนในดิน พบว่าป่าดิบเขามีค่ามากที่สุด รองลงมาคือป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังเท่ากับ 21.0, 14.2 และ 12.4 t/ha ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีอื่น ๆ เช่น ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน อุณหภูมิอากาศ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ความจุแลกเปลี่ยน แคตไอออน ความเป็นกรด-ด่างของดิน และการนำไฟฟ้าของดิน เป็นต้น มีอิทธิพลสูงต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน และยังพบว่าความสัมพันธ์รายฤดูกาลมีความสัมพันธ์สูงมาก ทั้งในช่วงฤดูฝนและฤดูแล้ง โดยฤดูฝนมีค่าสูงกว่าเล็กน้อยและปัจจัยแวดล้อม ได้แก่ ความชื้นดิน อุณหภูมิดิน และอุณหภูมิอากาศ มีอิทธิพลสูงกว่าสมบัติดินในทุกชนิดป่า อย่างไรก็ตาม การศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณป่าชายเลนคลองโคน จังหวัดสมุทรสงคราม โดยเปรียบเทียบลักษณะของป่าชายเลนธรรมชาติและป่าปลูกทดแทน ไม่พบความแตกต่างของการกักเก็บคาร์บอนในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทั้งเชิงพื้นที่ ฤดูกาล และระดับความลึก โดยในดินชั้นบนมีค่าการกักเก็บ 5.60–6.27 t/ha และในดินชั้นล่างมีค่าการกักเก็บ 5.76–7.40 t/ha (รสริน มังกะโรทัย และคนอื่น ๆ, 2561)

จากการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ผ่านมา พบว่าปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าประเภทต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งป่าเขตร้อนในประเทศไทย มีความผันแปรตามปัจจัยทั้งทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ดังนั้นการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าไม้ แม้เป็นป่าประเภทเดียวกันแต่อยู่ในพื้นที่ที่มีอิทธิพลของปัจจัยที่แตกต่างกัน อาจมีผลทำให้ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินเกิดความผันแปรในเชิงพื้นที่ (Spatial Variation) ได้ในระดับประเทศ การประเมินการกักเก็บคาร์บอนในดินในภาคป่าไม้รวมถึงการเข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดินจะช่วยให้ทราบถึงศักยภาพแหล่งในการกักเก็บคาร์บอนของประเทศ และสามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการการปลดปล่อยและดูดซับก๊าซเรือนกระจกของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นในระดับพื้นที่ สามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบในการให้ความรู้และสร้างความตระหนักให้ภาคประชาชนในพื้นที่ต่อผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อแหล่งกักเก็บคาร์บอน บทบาทของป่าไม้ในการบรรเทาผลกระทบโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นหนึ่งในบริการทางระบบนิเวศ (Ecosystem Services) ที่ได้จากป่าไม้ ซึ่งองค์ความรู้และความตระหนักนี้จะเป็นแรงจูงใจของประชาชนในพื้นที่มีส่วนร่วมในการวางแผนและดำเนินการอนุรักษ์พื้นที่ป่าไม้ได้อย่างยั่งยืนต่อไป



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปของอินทรีย์คาร์บอนของป่าเขตร้อนสองประเภท คือ เบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี
2. ศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ความหนาแน่นของต้นไม้ และประเภทของป่า ที่อาจมีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน



วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนดำเนินการวิจัยประกอบไปด้วยขั้นตอนการกำหนดพื้นที่ในการเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ลักษณะทางโครงสร้างของสังคมพืช การวิเคราะห์การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน การเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. สถานที่เก็บข้อมูลในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ ป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ตำบลท่ากระดาน อำเภอศรีสวัสดิ์ จังหวัดกาญจนบุรี อุทยานแห่งชาติเอราวัณ มีพื้นที่ทั้งหมด 549.976 ตารางกิโลเมตร มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ตั้งแต่ 165–996 เมตร โดยภูเขาส่วนใหญ่เป็นเพือกเขาหินปูน บริเวณตอนกลางจะเป็นแนวเขาทอดยาวในแนวทิศตะวันตกเฉียงเหนือ-ตะวันออกเฉียงใต้ สภาพภูมิอากาศของอุทยานแห่งชาติเอราวัณ แบ่งออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคม-ตุลาคม ฤดูหนาว ระหว่างเดือนพฤศจิกายน-มกราคม และฤดูร้อน ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-เมษายน สภาพป่าของอุทยานแห่งชาติเอราวัณ ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ มีร้อยละ 81.05 ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ ขึ้นปกคลุมตั้งแต่ระดับความสูง 100–800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง ป่าเต็งรัง มีร้อยละ 1.68 กระจายอยู่ในระดับความสูง 100–800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และป่าดิบแล้ง มีร้อยละ 14.35 อยู่บนสันเขาทอดเป็นแนวยาวตรงใจกลางของพื้นที่อุทยานแห่งชาติ และอยู่ต่ำถัดลงมาในระดับความสูงระหว่าง 600–800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2548)

การเก็บข้อมูลได้ดำเนินการในช่วงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 การวางแผนตัวอย่างดำเนินการโดยหาตำแหน่งที่ใช้เป็นจุดอ้างอิงของแปลงตัวอย่างแล้วทำการวางแผนขนาด 20 × 20 เมตร (Cusack et al., 2018; Baldeck et al., 2013) หาพันธุ์ไม้ที่เป็นต้นไม้ โดยต้นไม้จะมีความสูงมากกว่า 1.3 เมตรขึ้นไป และมีเส้นผ่านศูนย์กลางที่ระดับสูงเพียงอก (Diameter at Breast High: DBH) มากกว่า 10 เซนติเมตร หรือมีเส้นรอบวงที่ระดับสูงเพียงอก (Girth at Breast High: GBH) มากกว่า 30 เซนติเมตร (ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช, 2561) ทำการจำแนกประเภทและ

บันทึกชื่อพรรณไม้เพื่อใช้สำหรับหาประเภทป่า โดยทำทั้งหมด 12 แปลง แบ่งออกเป็น
ป่าเบญจพรรณ 7 แปลง และป่าเต็งรัง 5 แปลง ตำแหน่งของแปลงตัวอย่างแสดงในภาพ 1 และ
พิกัดทางภูมิศาสตร์แสดงในตาราง 1 แล้วนำข้อมูลต้นไม้ที่ได้จากการสำรวจภาคสนามไป
วิเคราะห์ข้อมูลเชิงโครงสร้างของสังคมพืช ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความ
หลากหลาย รวมถึงการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน (Above-Ground Carbon Stock (t/ha):
AGC) ของป่าแต่ละแปลง



ภาพ 1 ตำแหน่งของแปลงตัวอย่างและจุดเก็บตัวอย่างดิน

ตาราง 1 ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ของแปลงตัวอย่าง

ป่าเบญจพรรณ แปลงที่	ตำแหน่ง		ป่าเต็งรัง แปลงที่	ตำแหน่ง	
	ตะวันออก	เหนือ		ตะวันออก	เหนือ
1	513638	1589467	1	513701	1589333
2	513666	1589442	2	513704	1589315
3	513717	1589442	3	513758	1589384
4	513643	1589412	4	513751	1589364
5	513705	1589489	5	513738	1589364
6	513734	1589459			
7	513770	1589445			

2. การวิเคราะห์ลักษณะทางโครงสร้างของสังคมพืช โดยพิจารณาจาก 2 ตัวแปร ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในหน่วย ต้น/ha และค่าดัชนีความหลากหลาย ซึ่งในการวิเคราะห์ดัชนีความหลากหลาย (Diversity Index) อ้างอิงตามดัชนีความหลากหลายของ Shannon–Wiener (H') ซึ่งจะบ่งบอกถึงค่ารวมของความมากชนิดและความสม่ำเสมอของชนิด (Species Richness and Evenness) โดยมีสมการในการคำนวณ คือ

$$H' = \sum_{i=1}^S (p_i \ln p_i) \text{ หรือ } \sum_{i=1}^S \left[\left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right) \right]$$

โดยที่ H' = ดัชนีความหลากหลายของ Shannon–Wiener

p_i = สัดส่วนจำนวนต้นของต้นไม้ชนิดที่ i (n_i) เทียบกับจำนวนต้นไม้ทั้งหมด (N)

S = จำนวนชนิดทั้งหมดที่พบในสังคม

ดัชนีความหลากหลายจะสูงเมื่อมีความมากชนิดที่มากและความสม่ำเสมอในการกระจายตัวของชนิดในพื้นที่ ค่า H' มีค่าเท่ากับ 0 เมื่อมีจำนวนชนิดในสังคมเพียงชนิดเดียว และโดยทั่วไปแล้ว ค่า H' มีค่าสูงสุดไม่เกิน 5 (Washington, 1984)

3. การกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินคำนวณจากผลรวมมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Total Above Ground Biomass: AGB) จากสมการแอลโลเมตริก (Allometric Equation) (Ogawa et al., 1965) ดังต่อไปนี้

$$AGB \text{ (kg)} = W_s + W_b + W_l$$

$$W_s \text{ (kg)} = 0.0396 \times (DBH^2 \times H)^{0.9326}$$

$$W_b \text{ (kg)} = 0.003487 \times (DBH^2 \times H)^{1.027}$$

$$W_l \text{ (kg)} = \left(\frac{28}{W_s + W_b + 0.025} \right)^{-1}$$

หา AGC จากสมการ $AGC = AGB \times 0.47$

โดยที่ W_s = มวลชีวภาพของเปลือกไม้ (Biomass of stem) (kg)

W_b = มวลชีวภาพของกิ่งต้นไม้ (Biomass of branch) (kg)

W_l = มวลชีวภาพของใบไม้ (Biomass of leaves) (kg)

มวลชีวภาพเหนือดินจะถูกแปลงเป็นค่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินโดยคูณกับ 0.47 (Intergovernmental Panel of Climate Change, 2007)

4. เก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างที่ความลึก 30 เซนติเมตร โดยเก็บตัวอย่างดินจาก 4 จุด ในแปลงตัวอย่าง (20 x 20 เมตร) โดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน (Soil Auger) นำดินตัวอย่างมารวมกันผสมดินให้เข้ากันแล้วทำ Quartering แบ่งเป็น 4 ส่วน เอา 2 ส่วนออกไป แล้วผสม 2 ส่วนที่เหลือ แล้วทำ Quartering อีกครั้ง หลังจากนั้นนำตัวอย่างดิน 2 ส่วนไปวิเคราะห์หาอินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอนและความเป็นกรดเป็นด่างของดิน เตรียมตัวอย่างดินโดยอบในตู้อบความร้อนที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำมาร่อนโดยใช้ตะแกรงร่อนดินขนาดช่อง 2 มิลลิเมตร และ 0.5 มิลลิเมตร วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่างด้วย pH meter (Blakemore et al., 1987) และวิเคราะห์หาอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุด้วยวิธีการ Walkley and Black method (Walkley & Black, 1934) การคำนวณหาอินทรีย์คาร์บอนในดินใช้ค่าความหนาแน่นรวม (Bulk Density) ของป่าทั้งสองประเภทโดยอ้างอิงข้อมูลความหนาแน่นรวมของดินในป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 1.30 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และความหนาแน่นรวมของดินในป่าเต็งรัง เท่ากับ 1.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Vicharnakorn et al., 2014)

5. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ ใช้การทดสอบ Independent t-test เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละตัวแปรการศึกษาในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณคาร์บอนในดินกับประเภทของป่า ความเป็นกรด-ด่างของดิน การสะสมคาร์บอนเหนือดิน ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความหลากหลาย โดยใช้การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 วิเคราะห์และแปลผลข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS (Version 26)



ผลการวิจัย

ผลการศึกษาลักษณะของสังคมพืชในแปลงตัวอย่างของป่าทั้งสองประเภท ได้แก่ ความหนาแน่นของไม้ยืนต้น และดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener (ตาราง 2) พบว่าความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในแปลงตัวอย่างป่าเบญจพรรณมีค่าต่ำสุด 75 ต้น/ha และมีความหนาแน่นสูงที่สุด 600 ต้น/ha โดยมีค่าเฉลี่ย 290 ต้น/ha ในขณะที่ป่าเต็งรังมีความหนาแน่นของไม้ยืนต้นอยู่ในช่วง 275-500 ต้น/ha โดยมีค่าเฉลี่ย 350 ต้น/ha และผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ยืนต้นของป่าสองประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ตาราง 3) ค่าดัชนีความหลากหลายของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.620 และ 2.100 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าป่าเต็งรังมีความมากชนิดและความสม่ำเสมอของชนิดพืชพรรณที่มากกว่าป่าเบญจพรรณเล็กน้อย ผลการวิเคราะห์คาร์บอนจากมวลชีวภาพเหนือดิน พบว่าป่าเบญจพรรณมีคาร์บอน

เหนือดินน้อยกว่าป่าเต็งรัง โดยมีค่าเฉลี่ย 41.41 t/ha (10.11–108.61 t/ha) ในป่าเบญจพรรณ และ 109.42 t/ha (59.55–231.69 t/ha) ในป่าเต็งรัง อย่างไรก็ตาม จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าเฉลี่ยของดัชนีความหลากหลายและคาร์บอนเหนือดินของป่าทั้งสองประเภท ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4)

ตาราง 2 ลักษณะของสังคมพืชและคาร์บอนเหนือดินในแปลงตัวอย่าง

ชนิดป่า	แปลงที่	จำนวนชนิด	ความหนาแน่นของ ไม้ยืนต้น (ต้น/ha)	ดัชนีความ หลากหลาย	คาร์บอน เหนือดิน (t/ha)
เบญจพรรณ	1	4	125	1.332	10.11
	2	6	150	1.792	45.73
	3	9	600	2.047	108.61
	4	5	200	1.560	12.76
	5	7	550	1.664	44.55
	6	7	325	1.845	22.00
	7	3	75	1.099	46.09
เต็งรัง	1	9	275	2.098	96.29
	2	11	500	2.155	59.55
	3	10	350	2.206	78.73
	4	8	300	1.936	80.82
	5	9	350	2.107	231.69

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในแปลงศึกษา พบว่าความเป็นกรด-ด่างของดินในป่าเบญจพรรณ มีค่า pH เฉลี่ยเท่ากับ 6.98 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 6.62–7.24 และดินในป่าเต็งรัง มีค่า pH เฉลี่ยสูงกว่าป่าเบญจพรรณเล็กน้อย คือ 7.07 โดยมีค่าอยู่ในช่วง 7.02–7.13 ซึ่งค่าความเป็นกรด-ด่างของป่าทั้งสองประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังแสดงในตาราง 3 และ 4 และผลการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุและอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 30 เซนติเมตร พบว่าค่าอินทรีย์วัตถุในป่าเบญจพรรณมีค่าอยู่ระหว่างช่วงร้อยละ 5.95 ถึง 10.16 ส่วนป่าเต็งรังอยู่ในช่วงร้อยละ 3.81 ถึง 9.68 และเมื่อนำค่าอินทรีย์วัตถุมาคำนวณเป็นอินทรีย์คาร์บอนในดิน ในป่าเบญจพรรณมีค่าอินทรีย์คาร์บอน

อยู่ในช่วง 134.53 ถึง 229.93 t/ha มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.87 t/ha และป่าเต็งรังมีค่าอยู่ที่ 96.15 ถึง 244.37 t/ha โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.97 t/ha

ตาราง 3 ผลการวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง อินทรีย์วัตถุ และอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ชนิดป่า	แปลงที่	pH	อินทรีย์วัตถุ (%)	อินทรีย์คาร์บอน (t/ha)
เบญจพรรณ	1	6.80	9.08	205.14
	2	7.24	9.81	221.85
	3	7.24	7.67	173.44
	4	6.62	10.16	229.93
	5	6.87	9.45	213.70
	6	7.04	5.95	134.53
	7	7.05	7.89	178.52
เต็งรัง	1	7.02	9.68	244.37
	2	7.03	7.78	196.28
	3	7.13	3.81	96.15
	4	7.05	7.13	179.87
	5	7.11	6.47	163.16

ตาราง 4 ค่าเฉลี่ยของตัวแปรที่พิจารณาและความแตกต่างทางสถิติ

	หน่วย	ค่าเฉลี่ยป่าเบญจพรรณ (n = 7)	ค่าเฉลี่ยป่าเต็งรัง (n = 5)
ความหนาแน่นของไม้ต้น	ต้น/ha	290 ± 21	350 ± 9*
ดัชนีความหลากหลาย		1.620 ± 0.322	2.100 ± 0.102
คาร์บอนเหนือพื้นดิน	t/ha	41.41 ± 33.52	109.42 ± 69.59
pH		6.98 ± 0.23	7.07 ± 0.05*
อินทรีย์คาร์บอนในดิน	t/ha	193.87 ± 33.61	175.97 ± 53.95

* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (ทดสอบด้วย Independent Samples t-test)

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการกักเก็บคาร์บอนในดินในรูปของคาร์บอนอินทรีย์กับปัจจัยด้านอื่น ๆ ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson Correlation Coefficient) แสดงดังตาราง 5 ผลการศึกษาพบว่า คาร์บอนอินทรีย์ในดินมีแนวโน้มความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านอื่น ๆ ในทิศทางที่ตรงกันข้ามจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่เป็นลบ ในระดับน้อย ($r < 0.50$) และไม่มีนัยสำคัญของความสัมพันธ์ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คาร์บอนอินทรีย์ในดินกับตัวแปรอื่น ๆ ไม่มีความสัมพันธ์กันในทางสถิติ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอื่น ๆ พบว่าประเภทของป่ามีความสัมพันธ์กับดัชนีความหลากหลายและคาร์บอนเหนือพื้นดินในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญ และค่าดัชนีความหลากหลายมีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันกับความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย

	forest_type	Density	Diversity_index	AGC	pH	SOC
forest_type	1					
Density	0.202	1				
Diversity_index	0.710*	0.624*	1			
AGC	0.584*	0.317	0.558	1		
pH	0.254	0.244	0.486	0.485	1	
SOC	-0.220	-0.190	-0.293	-0.223	-0.414	1

* ค่าสัมประสิทธิ์ที่มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 (Two-Tailed)



อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลโครงสร้างของสังคมพืชในพื้นที่ศึกษาแสดงให้เห็นว่า ความหนาแน่นของไม้ยืนต้นและดัชนีความหลากหลายของป่าเต็งรังมีค่าสูงกว่าป่าเบญจพรรณซึ่งพบไม้เป็นพืชที่โดดเด่นในพื้นที่ (ไม่ได้นับรวมในการศึกษาครั้งนี้) และยังพบว่าการกักเก็บคาร์บอนเหนือดินในป่าเต็งรังมีค่าสูงกว่า ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลเส้นรอบวงลำต้นระดับอก (Girth at Breast Height: GBH) และความสูงของต้นไม้ในแปลงที่ พบว่าไม้ยืนต้นที่พบในแปลงของป่าเบญจพรรณมี GBH และความสูงเฉลี่ยที่น้อยกว่าป่าเต็งรัง จึงทำให้คาร์บอนจากชีวมวลเหนือดินที่คำนวณจากค่าทั้งสองด้วยสมการแอลโลเมตรีมีค่าแตกต่างกันด้วย และเมื่อพิจารณาคาร์บอนในดิน

ในดินของป่าเบญจพรรณซึ่งมีค่าอยู่ระหว่างช่วงร้อยละ 5.95 ถึง 10.16 และป่าเต็งรังซึ่งอยู่ในช่วงร้อยละ 3.81 ถึง 9.68 โดยประเมินเทียบกับมาตรฐานร้อยละของอินทรีย์วัตถุในดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553) จะพบว่าป่าทั้ง 2 ประเภท มีค่าอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วงสูงมาก (เกินกว่าร้อยละ 4.5) ความเป็นกรด-ด่างในดินของป่าสองประเภทมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากการสะสมอินทรีย์วัตถุในดินของป่าเบญจพรรณมีปริมาณที่มากกว่าป่าเต็งรัง ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 ของอินทรีย์วัตถุในดินประกอบไปด้วยสารฮิวมิก (Humic Substances) (Stevenson, 1994) สารฮิวมิกมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ กรดฮิวมิก (Humic Acid) และกรดฟุลวิก (Fulvic Acid) ซึ่งจะส่งผลทำให้ความเป็นกรด-ด่างของดินลดลงได้ (Ali & Mindari, 2016)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า การกักเก็บคาร์บอนในดินไม่มีความต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยการกักเก็บคาร์บอนของการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่าง ๆ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่ ของวรพัชร วิชัยสุชาติ และคนอื่น ๆ (2561) พบว่าในป่าเบญจพรรณมีค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินที่เฉลี่ยรายเดือนตั้งแต่เดือนกันยายน 2559 ถึงสิงหาคม 2560 ระดับความลึก 5 เซนติเมตร มีค่ามากกว่าป่าเต็งรังอยู่ที่ 0.0013 และ 0.0012 t/ha และยังพบว่าป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากงานวิจัย ธรรมบุญ เต็มไชย และคนอื่น ๆ (2560) ที่ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ของอุทยานแห่งชาติกุยบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบว่าป่าเต็งรังมีค่าการกักเก็บคาร์บอนอยู่ที่ 39.3 t/ha ส่วนป่าดิบแล้งผสมเบญจพรรณมีค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินอยู่ที่ 67.20 t/ha ตามลำดับ โดยผลที่ได้จากงานวิจัยนี้ที่มีค่าการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าที่ไม่มีความแตกต่างกันกับประเภทของป่าเช่นกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างของป่าที่อยู่ในเขตรอยต่อของป่าทั้งสองประเภท หรือเป็นเพราะปัจจัยอื่น ๆ เช่น ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ที่มีอิทธิพลต่อปริมาณคาร์บอนในดินมากกว่า นอกจากนั้นในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่พบค่าดัชนีความหลากหลาย มีความสัมพันธ์ทิศทางเดียวกันกับความหนาแน่นของไม้ยืนต้นในระดับปานกลางอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีผลสอดคล้องกับกรณีศึกษาหลายกรณี que แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างการสะสมคาร์บอนในระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ (Gardner et al., 2012; Sangermano et al., 2012)



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ได้ศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าเขตร้อนสองประเภท คือ เบญจพรรณและป่าเต็งรัง ในเขตอุทยานแห่งชาติเอราวัณ จังหวัดกาญจนบุรี โดยเน้นการศึกษาความผันแปรในเชิงพื้นที่ (Spatial Variation) และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการกักเก็บคาร์บอนในดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน (pH) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดิน ความหนาแน่นของต้นไม้ ดัชนีความหลากหลาย และประเภทของป่า จากการศึกษาพบว่าปริมาณคาร์บอนในดินที่คำนวณจากอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์วัตถุของป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 193.87 t/ha (134.53–229.93 t/ha) และป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 175.97 t/ha (96.15–244.37 t/ha) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่สูง และเมื่อวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติพบว่า คาร์บอนในดินของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) การวิเคราะห์ปัจจัยด้านอื่น ๆ พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างของดินในป่าทั้งสองประเภทมีค่าใกล้เคียงกัน โดยค่าเฉลี่ยความเป็นกรด-ด่างของดินในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 6.98 และความเป็นกรด-ด่างเฉลี่ยของดินในป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 7.07 ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของไม้ใหญ่ในป่าเบญจพรรณมีค่าเท่ากับ 290 ต้น/ha และป่าเต็งรังมีค่าเท่ากับ 360 ต้น/ha ค่าดัชนีความหลากหลายของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.620 และ 2.100 ตามลำดับ ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนเหนือพื้นดินในป่าเบญจพรรณ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 41.41 t/ha ป่าเต็งรังมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 109.42 t/ha อย่างไรก็ตาม ผลจากการวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างการกักเก็บคาร์บอนในดินกับปัจจัยด้านอื่น พบว่าทุกปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์กับคาร์บอนในดินอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างของป่าที่อยู่ในเขตรอยต่อของป่าทั้งสองประเภท เนื่องจากข้อจำกัดในการเข้าถึงสถานที่และระยะเวลาในการศึกษา หรือเป็นเพราะปัจจัยอื่น ๆ ที่ไม่ได้นำมาพิจารณา เช่น ลักษณะภูมิอากาศของพื้นที่ ฤดูกาล ลักษณะเนื้อดิน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าและความสัมพันธ์ของปัจจัยที่เกี่ยวข้องในกรณีศึกษาครั้งนี้ แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการกักเก็บคาร์บอนของป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังซึ่งเป็นทรัพยากรทางธรรมชาติที่มีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลคาร์บอนทั้งในพื้นที่ระดับท้องถิ่นและในระดับโลก และสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบในการให้ความรู้และสร้างความตระหนักแก่ประชาชนในพื้นที่ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการอนุรักษ์ได้

2. กิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำการเกษตรในพื้นที่รอบเขตแนวป่า มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ป่าไม้เป็นอย่างมาก ส่งผลให้แหล่งสะสมคาร์บอนเกิดการรบกวน ศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอนลดลง ซึ่งข้อมูลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้

เพื่อการวางแผนในการจัดการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งการศึกษาในอนาคตอาจนำข้อมูลการกักเก็บคาร์บอนในดินและปัจจัยที่เกี่ยวข้องมาวิเคราะห์ร่วมกับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อช่วยแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลในเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยวางแผนการใช้ประโยชน์ในพื้นที่รอบเขตอุทยานได้

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นเพิ่มเติมจากการศึกษาในครั้งนี้ การเพิ่มแปลงตัวอย่างในการเก็บข้อมูลในป่าแต่ละประเภทให้มีระยะห่างมากยิ่งขึ้นเพื่อหลีกเลี่ยงกรณีป่าที่เป็นพื้นที่รอยต่อซ้อนทับกัน
2. พิจารณาการเก็บข้อมูลที่มีความแปรผันตามช่วงเวลา (Temporal Variation) เช่น ระยะเวลาแต่ละเดือนในช่วงปี ตามช่วงฤดูกาล เป็นต้น
3. ควรขยายพื้นที่การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ของที่ดินโดยรอบพื้นที่อุทยานที่อาจมีผลการปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในดินของป่าได้อีกด้วย



เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. (2553). *คู่มือการปฏิบัติงานการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี*. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2564, จาก <http://www.ddd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf>
- กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2548). *โครงการศึกษาขีดความสามารถในการรองรับได้ของพื้นที่อุทยานแห่งชาติเอราวัณ*. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2564, จาก https://www.dnp.go.th/nprd/detailproject/cc_erawan.php
- ดิเรกฤทธิ์ บัวเวช. (2561). *ปฏิบัติการนิเวศวิทยาสิ่งแวดล้อม*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- ธรรมบุญ เต็มไชย, เพชรรัตน์ ดีแก้ว, มยุรี แสงสว่าง, พันธุ์ทิพา ใจแก้ว, ดำรงค์ดี เสงสว่าง, ชุมพล แก้วเกตุ, สว่างพงษ์ วรรณมณี, ณัฐนันท์ จิตรา, ปิยธิดา ทองสุข, ปิยภรณ์ มาตผาง, ตะหลก ทองเกิด, สุมาลี จิวพงษ์, ชะนัย บัวศรี, ณัฐชานนท์ ปุ๊ยะ, สุขวินัย คำกลั่น, และเชษฐพงษ์ ทับทิมแดง. (2560). รายงานการศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่มรดกอาเซียน: อุทยานแห่งชาติกุยบุรี. *วารสารนภาเพชร*, (1), 38–52.
- รสริน มังกะโรทัย, ศิรประภา เปรมเจริญ, ศศิธร หาสิน, และฝอยผา ชูดีดำรง. (2561). สภาพป่าและการกักเก็บคาร์บอนในดินบริเวณป่าชายเลนคลองโค่น จังหวัดสมุทรสงคราม. *PSRU Journal of Science and Technology*, 3(3), 39–49.

- วรพัชร วิชัยสุชาติ, สมนิมิตร พุกงาม, ปิยพงษ์ ทองดินนอก, นฤมล แก้วจำปา, และรจนา ตั้งกุลบริบูรณ์. (2561). การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และการกักเก็บคาร์บอนในดิน บริเวณพื้นที่ป่าชนิดต่าง ๆ อุทยานแห่งชาติดอยสุเทพ-ปุย จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น (ฉบับบัณฑิตศึกษา)*, 18(4), 61–77.
- วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงจิตร, นพพร จันเกิด, และนรินธร จำวงษ์. (2563). การกักเก็บคาร์บอนในสังคมพืชป่าไม้ชนิดต่าง ๆ ณ สถานีวิจัยและฝักนิสิตวนศาสตร์วังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวนศาสตร์ไทย*, 39(1), 57–70.
- วสันต์ จันทร์แดง, ลดาวัลย์ พวงพิจิตร, และสาพิศ ดิลกสัมพันธ์. (2553). การกักเก็บคาร์บอนของป่าเต็งรังและสวนป่ายุคาลิปตัส ณ สวนป่านมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. *วารสารวนศาสตร์*, 29(3), 36–44.
- Ali, M., & Mindari, W. (2016). Effect of humic acid on soil chemical and physical characteristics of embankment. *MATEC Web of Conferences*, 58, 1–6.
- Amundson, R., & Biardeau, L. (2018). Soil carbon sequestration is an elusive climate mitigation tool. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 115(46), 11652–11656.
- Baldeck, C. A., Harms, K. E., Yavitt, J. B., John, R., Turner, B. L., Velencia, R., Navarrete, H., Davies, S. J., Chuyong, G. B., Kenfack, D., Thomas, D. W., Madawala, S., Gunatilleke, N., Gunatilleke, S., Bunyavejchewin, S., Kiratiprayoon, S., Yaacob, A., Supardi, M. N., & Dalling, J. W. (2013). Soil resources and topography shape local tree community structure in tropical forest. *Proceedings of the Royal Society B*, 280, 20122532.
- Blakemore, L. C., Searle, P. L., & Daly, B. K. (1987). *Methods for chemical analysis of soils*. Department of Scientific and Industrial Research.
- Cusack, D. F, Markesteyn, L., Condit, R., Lewis, O. T., & Turner, B. L. (2018). Soil carbon stocks across tropical forests of Panama regulated by base cation effects on fine roots. *Biochemistry*, 137, 253–266.
- Gardner, T. A., Burgess, N. D., Aguilar-Amuchasegui, N., Barlow, J., Berenguer, E., Clements, T., Danielson, F., Ferreira, J., Foden, W., Kapos, V., Khan, S. M., Lees, A. C., Parry, L., Roman-Cuesta, R. M., Schmitt, C. B., Strange, N., Theilade, I., & Vieira, I. C. G. (2012). A framework for integrating biodiversity concerns into national REDD+ programmes. *Biological Conservation*, 154, 61–71.

- Houghton, R. A. (2007). Balancing the global carbon budget. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 35, 313–347.
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). (2007). *Climate Change 2007: The physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC*. Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel of Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers*. IPCC.
- Kavinchan, N., Wangpakapattanawong, P., Elliot, S., Chairuangsi, S., & Pinthong, J. (2015). Soil organic carbon stock in restored and natural forests in northern Thailand. *KKU Research Journal*, 20(3), 294–304.
- Lal, R. (2001). Potential of desertification control to sequester carbon and mitigate the greenhouse effect. *Climate Change*, 15, 35–72.
- Lal, R. (2008). Carbon sequestration. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 815–830.
- Nave, L., Marin-Spiotta, E., Ontl, T., Peters, M., & Swanston, C. (2019). Soil carbon management. *Developments in Soil Science*, 36, 215–257.
- Oelkers, E. H., & Cole, D. R. (2008). Carbon dioxide sequestration: a solution to the global problem. *Elements*, 4, 305–310.
- Ogawa, H., Yoda, K., Ogino, K., & Kira, T. (1965). Comparative ecological studies on three main type of forest vegetation in Thailand II Plant Biomass. *Nature and Life in Southeast Asia*, 4, 49–80.
- Ontl, T. A., & Schulte, L. A. (2012). Soil Carbon Storage. *Nature Education Knowledge*, 3(10), 35.
- Sanderman, J., Hengl, T., & Fiske, G. J. (2017). Soil carbon debt of 12,000 years of human land use. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, 114, 9575–9580.
- Sangermano, F., Toledano, J., & Eastman, J. R. (2012). Land cover change in the Bolivian Amazon and its implications for REDD plus and endemic biodiversity. *Landscape Ecology*, 27, 571–584.
- Stevenson, F. J. (1994). *Humus chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. New York: John Wiley.

- Vicharnakorn, P., Shrestha, R., Nagai, M., & Salam, P. (2014). Carbon Stock Assessment Using Remote Sensing and Forest Inventory Data in Savannakhet, Lao PDR. *Remote Sensing*, 6(6), 5452–5479.
- Walkley, A. J., & Black, I. A. (1934). Estimation of soil organic carbon by the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37, 29–38.
- Wang, X., Li, Y., Duan, Y., Wang, L., Niu, Y., Li, X., & Yan, M. (2021). Spatial variability of soil organic carbon and total nitrogen in desert steppes of China's Hexi corridor. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1–14.
- Washington, H. G. (1984). Diversity, biotic and similarity indices: a review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Research*, 18, 653–694.

การศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินจากการเพาะปลูกข้าว
ในพื้นที่ตำบลทวิวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี
A STUDY OF SOIL POLLUTANT CONTAMINATIONS FROM
PADDY FIELDS IN THAWI WATTHANA SUBDISTRICT,
SAI NOI DISTRICT, NONTHABURI PROVINCE

วันที่รับ: 28 มีนาคม 2565

วันที่แก้ไข: 28 มิถุนายน 2565

วันที่ตอบรับ: 28 มิถุนายน 2565

ณัฐนันท์ คล้ายชุม¹, ปิยนุช ใจแก้ว²,
เสฏฐา ศาสนนันท์² และ ณภัทร โพธิ์วัน^{*}

Nattinan Khlaichum¹, Piyanuch Jaikaew²,

Setta Sasananan² and Naphat Phowan^{1*}

¹คณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร 10400

¹Faculty of Environmental Culture and Ecotourism,
Srinakharinwirot University, Bangkok 10400

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ จังหวัดนครนายก 26120
Faculty of Engineering, Srinakharinwirot University, Nakhonnayok 26120

^{*}Corresponding author e-mail: naphat@g.swu.ac.th



บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกข้าว บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวตำบลทวิวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงปริมาณด้วยการเก็บตัวอย่างดินโดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ให้ครอบคลุมพื้นที่จำนวน 10 แปลง ศึกษาการปนเปื้อนสารมลพิษ 2 กลุ่ม ได้แก่ โลหะหนัก ประกอบด้วย ซีลีเนียม แมงกานีส ทองแดง โครเมียม สังกะสี นิกเกิล สารหนู แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท และสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ประกอบด้วย สารฆ่าแมลงและไร และสารกำจัดวัชพืช จากนั้นหาความแตกต่างทางสถิติกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินด้วยโปรแกรม SPSS ในการหาค่าทดสอบที (t-test) ผลการศึกษาพบว่า มีการปนเปื้อนโลหะหนัก ได้แก่ ซีลีเนียม แมงกานีส ทองแดง โครเมียม สังกะสี และนิกเกิล โดยพบซีลีเนียมทั้ง 10 แปลง เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่กำหนด และพบสังกะสีในแปลงที่ 9 เกินมาตรฐานที่กำหนด ปริมาณโลหะหนักที่พบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่ามาตรฐานเทียบเคียง

อีกทั้งยังพบการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชประเภทสารฆ่าแมลงและไร คือ Methoprene ในแปลงที่ 8 และ 9 ซึ่งออกฤทธิ์ขัดขวางกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลงจากตัวอ่อนไปเป็นตัวเต็มวัย และยังมีผลในการฆ่าไข่ของแมลงด้วย จากการศึกษาี้แสดงให้เห็นว่ามีการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินจากการเพาะปลูกข้าวที่มีการใช้สารเคมีในพื้นที่ศึกษา เกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรพิจารณากำหนดมาตรการป้องกันและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร เพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับประชาชนและสิ่งแวดล้อมจากการได้รับสารมลพิษ และต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเรื่องการดูดซึมสารมลพิษไปสู่ผลผลิตและการสะสมในสิ่งแวดล้อมโดยรอบ

คำสำคัญ: มลพิษทางดิน, โลหะหนัก, สารเคมีกำจัดศัตรูพืช, การปนเปื้อน



Abstract

This purpose of research was to investigate the soil pollutant contaminations where pesticides were used in paddy fields of Thawi Watthana Sub-district, Sai Noi District in Nonthaburi Province. This study applied a quantitative research model. Soil samples were collected at the study area by simple random sampling to cover the area amounting to 10 plots. Soil pollution in this investigative study was divided into 2 groups: heavy metals including selenium, manganese, copper, chromium, zinc, nickel, arsenic, cadmium, lead and mercury, and the group of pesticides, including insecticides and herbicides. The data was analyzed to differentiate with the statistics and soil quality standard with SPSS for t-test. The result revealed that there were heavy metal contaminants such as selenium, manganese, copper, chromium, zinc and nickel. Selenium were found in all plots which exceeded the soil quality standards and zinc in plot 9 which also exceeded standard. The heavy metal contents found in the study sites were statistically significantly different from the comparable standard values and found contamination of pesticides. Moreover, contamination of Methoprene, an insecticide which prohibits the transformation process of insects from larvae to adults, was found in plots 8 and 9. Its effect was to kill the eggs of insects. The research result pointed out that soil pollutants contaminated in the paddy fields were resulted from agrochemical use in the study area. Farmers and

related agencies should consider preventing and reducing the use of agricultural chemicals to reduce the potential impact on people and the environment from exposure to pollutants. And further studies are needed on the absorption of pollutants into plants and yields.

Keywords: Soil Pollution, Heavy Metal, Pesticide, Contamination



บทนำ

ปัจจุบันมลพิษทางดินยังคงเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในประเทศไทย ซึ่งมีสาเหตุหลักมาจากกิจกรรมของมนุษย์ เช่น การทำเกษตรกรรมอย่างต่อเนื่องทำให้สูญเสียแร่ธาตุที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เกษตรกรจึงนิยมใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มสารอาหารที่สำคัญ รวมถึงการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดศัตรูพืช เมื่อใช้สารเคมีเหล่านี้เป็นระยะเวลายาวนานจะส่งผลให้เกิดการตกค้างสะสมของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและโลหะหนักในดิน อีกทั้งยังมีการประกอบกิจการอุตสาหกรรมที่มีการบำบัดและกำจัดของเสียอันตรายอย่างผิดกฎหมาย อาทิ การลักลอบทิ้งกากของเสีย วัตถุพิษ สารเคมี หรือน้ำเสียลงสู่พื้นที่สาธารณะ ทำให้มลพิษของของเสียเหล่านั้นปนเปื้อนออกสู่สิ่งแวดล้อม รวมถึงการทิ้งขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลจากชุมชนและการกำจัดอย่างผิดวิธี เช่น การทิ้งขยะอันตราย ขยะติดเชื้อ หรือขยะอิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับขยะมูลฝอยทั่วไป ทำให้สารอันตรายและโลหะหนักปนเปื้อนสู่ดินได้ จากสาเหตุที่กล่าวมานี้จะทำให้เกิดปัญหามลพิษทางดินซึ่งจะทวีความรุนแรงมากขึ้น เมื่อเกิดการพัดพาดินที่ปนเปื้อนไปสู่แหล่งน้ำจนเกิดเป็นมลพิษทางน้ำทำให้คุณภาพน้ำเปลี่ยนแปลงไป หรือดินบริเวณที่ปนเปื้อนฟุ้งกระจายในรูปของฝุ่นก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ และระบบนิเวศ รวมถึงเกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (กองการวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2562; คัดค้านัฐ ชื่นวงศ์อรุณ, 2563)

ประเทศไทยมีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เหมาะสมในการทำเกษตรกรรม ประชากรในประเทศส่วนใหญ่จึงประกอบอาชีพทางการเกษตร ทั้งการผลิตเพื่อบริโภคเองภายในประเทศ และการผลิตเพื่อการส่งออกต่างประเทศ ข้อมูลการสำรวจภาวะการทำงานของประชากรไทย ปี พ.ศ. 2563 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ เผยว่ามีผู้ที่ทำงานภาคเกษตรกรรม จำนวน 10.52 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 28 ของผู้ที่ประกอบอาชีพทั้งหมดภายในประเทศ ซึ่งเป็นสัดส่วนที่มีจำนวนมากที่สุด (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2563) และข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจหลักของประเทศไทยนิยมปลูกสูงถึงร้อยละ 46 ของพืชที่ปลูกในประเทศทุกชนิด (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) โดยเกษตรกรจะใช้สารเคมีในการทำนาข้าวที่หลากหลาย เช่น ปุ๋ยเคมี

สารเคมีกำจัดแมลง สารเคมีกำจัดวัชพืช สารเคมีป้องกันโรคพืช และสารเคมีเพิ่มผลผลิตของข้าว เนื่องจากมีความสะดวกและรวดเร็วในการใช้ ให้ผลผลิตที่ออกงามมีคุณภาพและปริมาณสูง (สยาม อรุณศรีมรกต และคนอื่น ๆ, 2560) อีกทั้งยังพบว่าประเทศไทยมีการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรในปี พ.ศ. 2563 สูงถึง 98,449,035.43 กิโลกรัม (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2563) เพื่อนำมาใช้ในการเพาะปลูก เช่น สารกำจัดแมลง สารกำจัดวัชพืช สารป้องกันกำจัดโรคพืช สารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และสารกำจัดไรศัตรูพืช เป็นต้น สารเคมีเหล่านี้มีส่วนประกอบของโลหะหนักที่มีความเป็นอันตรายต่อเกษตรกรเองเมื่อสะสมในร่างกายจนถึงปริมาณที่เป็นพิษถึงขั้นแสดงอาการเจ็บป่วย (กองการวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, 2562; สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2563) รวมถึงอาจเป็นสารตกค้างในผลผลิตทางการเกษตร พื้นที่เพาะปลูก หรือแพร่กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อมได้ มีการศึกษาวิจัยการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในดินจากนาข้าว พบว่ามีการปนเปื้อนของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ กลุ่ม Carbamate กลุ่ม Organochlorine และกลุ่ม Herbicide สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด (ภัทรราตี วัฒนสุนทร และจินตนา อมรสงวนสิน, 2559) และการศึกษาการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชที่ใช้เพาะปลูกข้าวในสิ่งแวดล้อม พบว่ามีการตกค้างในดินบริเวณพื้นที่เพาะปลูกและพบการตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชชนิดเดียวกันในเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด (ศิริอุมา เจาะจิตต์ และอื่น ๆ, 2560) นอกจากข้อกังวลของการพบสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในสิ่งแวดล้อมและผลผลิตทางการเกษตรแล้ว ยังพบว่าการเพาะปลูกที่ใช้สารเคมีมักจะพบการตกค้างของสารโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ดังที่ได้มีการศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินที่ทำเกษตรเคมีพบการปนเปื้อนของทองแดง สังกะสี ตะกั่ว และเหล็กในนาข้าว ซึ่งปริมาณเหล็กที่พบมีค่าเกินมาตรฐาน (วรรณศักดิ์ สุขสง และคนอื่น ๆ, 2556)

จากการพบสารตกค้างในดินบ่งชี้ถึงความเสี่ยงที่อาจก่อให้เกิดอันตรายจากการได้รับสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อมที่จะส่งผลกระทบต่อมนุษย์ สัตว์ ห่วงโซ่อาหาร และระบบนิเวศได้ รวมถึงการก่อเกิดเป็นมลพิษทางดิน อันเนื่องมาจากสารเคมีสลายตัวช้าและตกค้างในดินทำให้โครงสร้างของดินเสื่อมโทรมลง เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมแหล่งอื่น ๆ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการเกิดปัญหามลพิษทางดินและความเสื่อมโทรมของคุณภาพดินจากการทำเกษตรกรรม จึงได้ศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษที่ตกค้างในดินจากการเพาะปลูกข้าวเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของดินจากการปลูกแบบใช้สารเคมี โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกจังหวัดนนทบุรีเป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากจังหวัดนนทบุรีถูกจัดให้เป็นเขตปริมาณพลที่รองรับการขยายตัวของเมือง นอกจากนี้พื้นที่เกษตรกรรมดั้งเดิมแล้วยังมีพื้นที่ที่ถูกใช้ประโยชน์เพื่อจัดทำเป็นที่อยู่อาศัยของประชาชน ซึ่งมีแนวโน้มจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี, 2557) การปนเปื้อนของสารมลพิษที่เกิดจากการทำเกษตรกรรมอาจส่งผลกระทบต่อ

ต่อประชาชนที่อยู่อาศัยทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ จากการศึกษาข้อมูลการปนเปื้อนของสารมลพิษจากการทำเกษตรกรรมในจังหวัดนนทบุรี พบว่าในพื้นที่ที่ยังไม่มีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานนี้ และการทำเกษตรกรรมในจังหวัดนนทบุรีนิยมปลูกข้าวมากที่สุด สูงถึงร้อยละ 78 ของพื้นที่การเกษตรทั้งหมดของจังหวัดนนทบุรี (สำนักงานเกษตรจังหวัดนนทบุรี, 2563) โดยพื้นที่ที่ปลูกข้าวมากที่สุดและมีขอบเขตติดต่อกับแหล่งที่อยู่อาศัย ได้แก่ ตำบลทวีพัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี มีการเพาะปลูกข้าวสูงถึง 7,668 ไร่ จากพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมดจำนวน 9,459 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 81 ของพื้นที่เกษตรกรรมในตำบลทวีพัฒนา (สำนักงานเกษตรอำเภอไทรน้อย, 2563) และในพื้นที่ที่มีการเพาะปลูกข้าวตลอดทั้งปี จากการสอบถามแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเกษตรกรในพื้นที่ระบุว่ามีการใช้สารเคมีอย่างต่อเนื่องยาวนานมากกว่า 10 ปี ซึ่งอาจมีการตกค้างสะสมจนเป็นอันตรายต่อตัวเกษตรกรเอง อันตรายต่อประชาชนโดยรอบ และอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมได้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาในพื้นที่ดังกล่าว ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นประโยชน์ในการบ่งชี้คุณภาพดินในพื้นที่อันเกิดจากการเพาะปลูกโดยใช้สารเคมี ซึ่งเกษตรกรและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องพึงตระหนักถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้ และสามารถนำผลการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำแนวทางการบริหารจัดการการใช้สารเคมีทางการเกษตรในพื้นที่อย่างถูกวิธี เพื่อลดผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชนที่อยู่อาศัยโดยรอบ อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการกำหนดมาตรการป้องกันและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร หรือการปรับเปลี่ยนสู่การทำเกษตรอินทรีย์ให้กับเกษตรกรในพื้นที่ศึกษารวมถึงพื้นที่ใกล้เคียงที่มีบริบทใกล้เคียงกัน รวมถึงการนำข้อมูลองค์ความรู้ไปใช้ประโยชน์ผ่านภาคส่วนต่าง ๆ ทั้งหน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน ภาคประชาชน และภาคการศึกษาต่อไปได้



วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกข้าว บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวตำบลทวีพัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี



วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินจากการเพาะปลูกข้าวในพื้นที่ตำบลทวีพัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ใช้แบบแผนการวิจัยเชิงปริมาณด้วยวิธีการเก็บตัวอย่างดินให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา โดยการสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) ซึ่งจำนวนพื้นที่เพาะปลูกข้าวในตำบลทวีพัฒนาที่ขึ้นทะเบียนของสำนักงานเกษตรอำเภอไทรน้อย ปี 2563 มีจำนวน 7,668 ไร่ (สำนักงานเกษตรอำเภอไทรน้อย, 2563) ผู้วิจัยคัดเลือก

กลุ่มตัวอย่างโดยเป็นพื้นที่ปลูกข้าวที่ใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกอย่างต่อเนื่อง ซึ่งในพื้นที่ศึกษาไม่มีพื้นที่ที่ได้รับรองการทำเกษตรอินทรีย์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2565) อนุมาณได้ว่าพื้นที่ปลูกข้าวในตำบลทวีวัฒนาใช้สารเคมีในการเพาะปลูกทั้งหมดกว่า 7,668 ไร่ และการคำนวณกลุ่มตัวอย่างใช้การกำหนดขนาดโดยใช้เกณฑ์จากจำนวนประชากร ซึ่งในประชากรจำนวนหลักพัน ใช้กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 10 (กัญญ์สิริ จันทรเจริญ, 2554) การศึกษานี้ จึงใช้กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 791 ไร่ โดยแบ่งเป็น 10 แปลง ในแต่ละแปลงมีขนาดพื้นที่ ดังแสดงในตาราง 1 การวิจัยในครั้งนี้กำหนดช่วงเวลาการเก็บตัวอย่าง คือ เดือนมกราคม 2565 เมื่อเก็บตัวอย่างในพื้นที่แล้ว จากนั้นได้นำตัวอย่างดินไปตรวจวิเคราะห์หาชนิดของสารมลพิษ ที่ปนเปื้อนในดิน โดยแบ่งการตรวจวิเคราะห์เป็น 2 ประเภท คือ การตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก และการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืช โดยมีชนิดของสารที่ตรวจวิเคราะห์ทั้งหมด ดังแสดงในตาราง 2 และนำผลการวิเคราะห์ที่ได้มาหาความแตกต่างทางสถิติกับค่ามาตรฐาน คุณภาพดิน

ตาราง 1 ขนาดพื้นที่แปลงปลูกข้าวตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี ที่ใช้เป็น จุดเก็บตัวอย่าง

รหัสจุดเก็บตัวอย่าง	ขนาดแปลง	หน่วย
TW01	90	ไร่
TW02	84	ไร่
TW03	46	ไร่
TW04	78	ไร่
TW05	80	ไร่
TW06	97	ไร่
TW07	65	ไร่
TW08	72	ไร่
TW09	90	ไร่
TW10	89	ไร่
รวม	791	ไร่

ตาราง 2 ชนิดของโลหะหนักและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่ตรวจวิเคราะห์จากดินที่มีการใช้ สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกข้าว บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวตำบลทิวพัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

ประเภทของสารปนเปื้อน	ชนิดของสารที่ตรวจวิเคราะห์
โลหะหนัก	ซีลีเนียม (Se) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) สังกะสี (Zn) นิกเกิล (Ni) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb)ปรอท (Hg)
สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	
สารฆ่าแมลงและไร	
กลุ่ม 1 สารกลุ่มยับยั้ง เอนไซม์	กลุ่มย่อย 1A สารคาร์บาเมต (Carbamates) Alanycarb, Aldicarb, Bendiocarb, Benfuracarb,
อะเซพทิลโคลีนเอสเทอร์เอส	Butocarboxim, Butoxycarboxim, Carbaryl, Carbofuran, Carbosulfan, Ethiofencarb, Fenobucarb, Formetanate, Furathiocarb, Isoprocarb, Methiocarb, Methomyl, Metolcarb, Oxamyl, Pirimicarb, Propoxur, Thiodicarb, Thiofanox, Triazamate, Trimethacarb, XMC, Xylcarb
	กลุ่มย่อย 1B สารออร์แกนโนฟอสเฟต (Organophosphates) Acephate, Azamethiphos, Azinphos-ethyl, Azinphosmethyl, Cadusafos, Chlorethoxyfos, Chlorfenvinphos, Chlormephos, Chlorpyrifos, Chlorpyrifos-methyl, Coumaphos, Cyanophos, Demeton-S-methyl, Diazinon, Dichlorvos/DDVP, Dicrotophos, Dimethoate, Dimethylvinphos, Disulfoton, EPN, Ethion, Ethoprophos, Famphur, Fenamiphos, Fenitrothion, Fenthion, Fosthiazate, Heptenophos, Imicyafos, Isofenphos, Isopropyl O-(methoxyaminothio-phosphoryl) salicylate, Isoxathion, Malathion, Mecarbam, Methamidophos, Methidathion, Mevinphos, Monocrotophos, Naled, Omethoate, Oxydemeton-methyl, Parathion, Parathion-methyl, Phenthoate, Phorate, Phosalone, Phosmet, Phosphamidon, Phoxim, Pirimiphos-methyl, Profenofos, Propetamphos, Prothiofos, Pyraclofos, Pyridaphenthion, Quinalphos, Sulfotep, Tebupirimfos, Temephos, Terbufos, Tetrachlorvinphos, Thiometon, Triazophos, Trichlorfon, Vamidothion

ประเภทของสารปนเปื้อน	ชนิดของสารที่ตรวจวิเคราะห์
กลุ่ม 2 สารกลุ่ม ที่หยุดการทำงานของ ช่องคลอไรด์ที่ทำงาน โดยกรดแกมมา อะมิโนบิวไทริก (GABA)	กลุ่มย่อย 2A สารไซโคลไดอิน (Cyclodiene) Chlordane, Endosulfan กลุ่มย่อย 2B สารฟีนีลไพราโซล (Phenylpyrazoles) Ethiprole, Fipronil
กลุ่ม 3 สารกลุ่ม ที่ปรับการทำงานของ ช่องโซเดียม	กลุ่มย่อย 3A สารไพรีทริน (Pyrethrins) และไพเรทรอยด์ (Pyrethroids) Acrinathrin, Allethrin, d-cis-trans Allethrin, d-trans Allethrin, Bifenthrin, Bioallethrin, Bioallethrin S-cyclopentenyl isomer, Bioresmethrin, Cycloprothrin, Cyfluthrin, beta-Cyfluthrin, Cyhalothrin, lambda-Cyhalothrin, gamma-Cyhalothrin, Cypermethrin, alpha-Cypermethrin, beta-Cypermethrin, thetacypermethrin, zeta-Cypermethrin, Cyphenothrin [(1R)-trans- isomers], Deltamethrin, Empenthrin (EZ) [(1R)-isomers], Esfenvalerate, Etofenprox, Fenpropathrin, Fenvalerate, Flucythrinate, Flumethrin, tau-Fluvalinate, Halfenprox, Imiprothrin, Kadethrin, Permethrin, Phenothrin [(1R)-trans-isomer], Prallethrin, Pyrethrins (pyrethrum), Resmethrin, Silafluofen, Tefluthrin, Tetramethrin, Tetramethrin [(1R)-isomers], Tralomethrin, Transfluthrin, กลุ่มย่อย 3B สารดีดีที (DDT) และเมท็อกซีคลอร์ (Methoxychlor) DDT, Methoxychlor
กลุ่ม 4 สารกลุ่ม ที่ปรับการทำงานของ ตัวรับสารอะเซติลโคลีน ชนิดนิโคติค โดยการ จับแบบแข่งขัน	กลุ่มย่อย 4A สารนีโอนิโคตินอยด์ (Neonicotinoids) Acetamiprid, Clothianidin, Dinotefuran, Imidacloprid, Nitenpyram, Thiacloprid, Thiamethoxam กลุ่มย่อย 4B Nicotine กลุ่มย่อย 4C Sulfoximines กลุ่มย่อย 4D สารบูทีโนไลด์ (Butenolides) Flupyradifurone กลุ่มย่อย 4E สารเมโสไอโอนิกส์ (Mesoionics) Triflumezopyrim

ประเภทของสารปนเปื้อน	ชนิดของสารที่ตรวจวิเคราะห์
กลุ่ม 5 สารกลุ่มที่ปรับ การทำงานของตัวรับ สารอะเซติลโคลีนชนิด นิโคตินิก โดยการจับ ที่ตำแหน่งแอลโลสเตอริก ที่ตำแหน่งที่ 1	Spinetoram, Spinosad
กลุ่ม 6 สารกลุ่มที่ปรับ การทำงานของช่อง คลอไรด์ที่ทำงาน โดยกลูตาเมต โดยการจับ ที่ตำแหน่งแอลโลสเตอริก	Abamectin, Emamectin benzoate, Lepimectin, Milbemectin
กลุ่ม 7 สารกลุ่มเลียนแบบ ฮอร์โมนจูวีไนล์	กลุ่มย่อย 7A สารจูวีไนล์ฮอร์โมนอนาล็อก (Juvenile hormone analogues) Hydroprene, Kinoprene, Methoprene กลุ่มย่อย 7B Fenoxycarb กลุ่มย่อย 7C Pyriproxyfen
กลุ่ม 8 สารกลุ่มที่ยับยั้ง กลไกการทำงาน ของร่างกายแบบ ไม่เฉพาะเจาะจง (ยับยั้งหลายจุด)	กลุ่มย่อย 8A แอลคิล เฮไลด์ (Alkyl halides) Methyl bromide กลุ่มย่อย 8B คลอโรพิกรีน (Chlorpicrin) กลุ่มย่อย 8C ฟลูออไรด์ (Fluorides) Cryolite (Sodium aluminum fluoride), Sulfuryl fluoride กลุ่มย่อย 8D โบเรต (Borates) Borax, Boric acid, Disodium octaborate, Sodium borate, Sodium metaborate กลุ่มย่อย 8E Tatar emetic กลุ่มย่อย 8F สารที่ทำให้เกิดเมธิลไอโซไธโอไซยาเนต (Methyl isothiocyanate generators) Dazomet, Metam
กลุ่ม 9 สารกลุ่มที่ปรับ การทำงานของช่อง TRPV ที่ Chordotonal organ	กลุ่มย่อย 9B สารอนุพันธ์ของไพรีดีน อะโซเมธีน (Pyridine azomethine) Pymetrozine, Pyrifluquinazon กลุ่มย่อย 9D สารไพโรเพน (Pyropenes) Afidopyropen

ประเภทของสารปนเปื้อน	ชนิดของสารที่ตรวจวิเคราะห์
กลุ่ม 10 สารกลุ่มที่ยับยั้ง การเจริญเติบโตของไรโดย ไปจับที่เอนไซม์ chitin synthase (CHS1)	กลุ่มย่อย 10A Hexythiazox, Clofentezin, Diflovidazin กลุ่มย่อย 10B Etoxazole
สารกำจัดวัชพืช	2,4-D, 2,4-DB, dicamba, picloram, triclopyr, quinclorac, naptalam, diflufenzopyr-Na, benazolin-ethyl, imazapyr, imazethapyr, bensulfuron-methyl, metsul furon-methyl, pyrazosulfuron-ethyl, diclosulam, metosulam, bispyribac-Na, Pyribenzoxim, flucarba zone-Na, procarbazon-Na, glyphosate, sulfosate, glufosinate-ammonium, alloxymid, butoxydim, quizalofop, fenoxaprop, propaquizafop, haloxyfop-R-methyl, EPTC, benthicarb, molinate, bensulide, benfuresate, ethofumesate, dalapon, butralin, pendimethalin, asulam, alachlor, butachlor, acetochlor, pretilachlor, propisochlor, anilofos, piperophos, ametryn, atrazine, dimethametryn, hexazinone, metribuzin, bromacil, diuron, linuron, propanil, bentazon, paraquat, CNP, fomesafen, oxyfluorfen, oxadiazon, diflufenican, dichlobenil, chlorthiamide, isoxaben, flupoxam, DSMA, MSMA, cinmethylin, dazomet, fosamine

การแบ่งกลุ่มสารฆ่าแมลงและไรจัดกลุ่มตามกลไกการออกฤทธิ์ อ้างอิงตามข้อมูลการจัดกลุ่มของ Insecticide Resistance Action Committee (IRAC) (IRAC, 2020) และกรมวิชาการเกษตร (สุภรดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง และคนอื่น ๆ, 2563)

การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่ศึกษาโดยใช้วิธีการสุ่ม (Random Sampling) ให้ครอบคลุมทั้งแปลง แปลงละ 15 จุด ในแต่ละจุดต้องวางหลุม กวาดเศษวัชพืชที่ปกคลุมผิวดินออกก่อน และผู้เก็บตัวอย่างต้องสวมใส่ถุงมือยางที่สะอาด จากนั้นใช้จอบ เสียม หรือพลั่ว ขุดหลุมเป็นรูปตัว V ให้ลึกในแนวตั้งประมาณ 15 เซนติเมตร แล้วชะเอาดินหนึ่งด้าน ความหนาประมาณ 2-3 เซนติเมตร ทำเช่นเดียวกันจนครบทั้ง 15 จุด แล้วนำดินทุกจุดใส่รวมกันในถุงพลาสติก (Polyethylene) ที่แห้ง สะอาด และปิดปากถุงให้เรียบร้อย ซึ่งต้องมีน้ำหนักรวมไม่น้อยกว่า 1 กิโลกรัม ถือว่าเป็นตัวแทนของตัวอย่างดิน 1 แปลง (สำนักวิทยาศาสตร์ เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2555; มหาวิทยาลัยมหิดล, 2562)

การเตรียมและวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างดินไปชั่งน้ำหนักเปียกและผึ่งให้แห้งในที่ร่มเพื่อลดความชื้น และอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักแห้งคงที่ และชั่งน้ำหนักดินเพื่อให้ได้น้ำหนักแห้งของดิน โดนคำนวณปริมาณน้ำในดินได้ดังสมการ (1) (FAO, 2020) จากนั้นนำไปบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มิลลิเมตร

$$\text{Gravimetric water content} = \theta_d = \frac{(W_t - W_d)}{W_d} \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ W_t = น้ำหนักดินเปียก (g)

W_d = น้ำหนักดินแห้ง (g)

1. การวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อตรวจสอบโลหะหนัก

ชั่งตัวอย่างดิน 2 กรัม บรรจุลงในภาชนะบรรจุที่ปิดด้วยแผ่นไมลาร์ ให้มีปริมาณความหนาของดินประมาณ 0.5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น EDX-8000

2. การวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อตรวจสอบสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ชั่งตัวอย่างดิน 20 กรัม สกัดด้วย Ethyl Acetate (AR grade) ปริมาตร 75 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่าสาร (Shaker) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำไปลดปริมาตรโดยให้ความร้อนด้วยเตาให้ความร้อน (Hot plate) จนเกือบแห้ง ปรับปริมาตรเป็น 2 มิลลิลิตร แล้วกรองสารละลายด้วยกระดาษกรองวอดต์แมน เบอร์ 42 (พนิดา ไชยยันต์บุรณ์, 2558) นำไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) ยี่ห้อ Shimadzu รุ่น GCMS-QP2020

การวิเคราะห์ข้อมูล

เมื่อศึกษาชนิดของสารปนเปื้อนในดินแล้วจะนำข้อมูลที่พบมาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพดินจากแหล่งกำเนิดประเภทเกษตรกรรม จากนั้นศึกษาความแตกต่างทางสถิติของการปนเปื้อนโลหะหนักกับค่ามาตรฐานคุณภาพดิน โดยใช้การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS ในการหาค่าการทดสอบที (t-test)



ผลการวิจัย

ผลการตรวจวิเคราะห์สารพิษที่ปนเปื้อนในดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จากการสุ่มเก็บตัวอย่างจำนวน 10 แปลง ซึ่งแบ่งออกเป็นผลการปนเปื้อนโลหะหนัก และผลการปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ดังนี้

การปนเปื้อนโลหะหนัก

จากการตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 10 แปลง โดยได้ตรวจวิเคราะห์โลหะหนัก จำนวนทั้งสิ้น 10 ชนิด ได้แก่ ซีลีเนียม (Se) แมงกานีส (Mn) ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) สังกะสี (Zn) นิกเกิล (Ni) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) และปรอท (Hg) พบการปนเปื้อนของซีลีเนียม จำนวน 10 แปลง โดยทั้ง 10 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 83,199.62–122,403.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด พบแมงกานีส จำนวน 10 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 62.18–119.40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด พบทองแดง จำนวน 7 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 13.81–50.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด พบโครเมียม จำนวน 10 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 29.16–50.73 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด พบสังกะสี จำนวน 10 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 26.76–55.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐานที่กำหนด ในแปลงที่ 9 มีค่า 55.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พบนิกเกิล จำนวน 4 แปลง มีค่าอยู่ในช่วง 9.29–14.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งไม่เกินมาตรฐานที่กำหนด และตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารหนู แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ผลการตรวจวิเคราะห์การปนเปื้อนโลหะหนักในตัวอย่างดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกข้าว บริเวณพื้นที่ปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

แปลงที่	ปริมาณการปนเปื้อน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)									
	Se	Mn	Cu	Cr	Zn	Ni	As	Cd	Pb	Hg
TW01	95,525.06	72.15	42.16	36.04	27.92	ND	ND	ND	ND	ND
TW02	83,199.62	62.18	34.26	29.16	27.90	ND	ND	ND	ND	ND
TW03	94,877.53	101.35	43.50	43.78	33.71	10.40	ND	ND	ND	ND
TW04	108,076.20	78.02	48.46	43.40	34.03	12.40	ND	ND	ND	ND
TW05	110,262.60	112.10	50.73	44.87	41.98	14.35	ND	ND	ND	ND

ปริมาณการปนเปื้อน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)										
แปลงที่	Se	Mn	Cu	Cr	Zn	Ni	As	Cd	Pb	Hg
TW06	99,847.67	70.46	13.81	39.11	29.06	9.29	ND	ND	ND	ND
TW07	99,727.87	80.21	43.96	40.64	28.31	ND	ND	ND	ND	ND
TW08	112,200.90	109.81	ND	30.71	32.92	ND	ND	ND	ND	ND
TW09	119,703.20	119.40	ND	47.82	55.94	ND	ND	ND	ND	ND
TW10	122,403.60	97.25	ND	50.73	26.76	ND	ND	ND	ND	ND
ค่ามาตรฐาน	4,380 ^(*)	19,640 ^(*)	35,040 ^(*)	212 ^(*)	50 ^(**)	5,205 ^(*)	25 ^(*)	762 ^(*)	800 ^(*)	263 ^(*)

ND = Not Detected

(*) ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ ค่ามาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการค้าขาย เกษตรกรรม และกิจการอื่น ๆ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปกป้องประชาชนกลุ่มวัยทำงาน รวมถึงเกษตรกร ที่เพาะปลูกพืชสวนและพืชไร่ ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน ประกาศ ณ วันที่ 6 มกราคม พ.ศ. 2564 (กรมควบคุมมลพิษ, 2564)

(**) ค่ามาตรฐานเทียบเคียง คือ ค่าสูงสุดที่ยอมให้มีการปนเปื้อนในดินของประเทศเนเธอร์แลนด์ (Denneman & Robberse, 1990)

ตาราง 4 ความแตกต่างทางสถิติของค่าการปนเปื้อนโลหะหนักกับค่ามาตรฐานคุณภาพดิน

โลหะหนัก	n	Mean	S.D.	t	p
ซีลีเนียม	10	104,582.43	12,148.04	26.084*	0.000
แมงกานีส	10	90.29	20.11	-3074.27*	0.000
ทองแดง	10	27.69	21.66	-5,111.718*	0.000
โครเมียม	10	40.62	7.01	-77.28*	0.000
สังกะสี	10	33.85	9.00	-5.67*	0.000
นิกเกิล	10	4.64	6.13	-2,681.57*	0.000
สารหนู	10	-	-	-	-
แคดเมียม	10	-	-	-	-
ตะกั่ว	10	-	-	-	-
ปรอท	10	-	-	-	-

* นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตาราง 4 พบว่าปริมาณโลหะหนักที่พบในดินและค่ามาตรฐานมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการปนเปื้อนซีลีเนียม แมงกานีส ทองแดง โครเมียม สังกะสี และนิกเกิล บริเวณพื้นที่ศึกษา ($p < 0.001$) และไม่พบการปนเปื้อนของสารหนู แคดเมียม ตะกั่ว และปรอท

การปนเปื้อนสารเคมีกำจัดศัตรูพืช

ผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในดินบริเวณพื้นที่ปลูกข้าว ตำบลทิวพัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 10 แปลง ประกอบด้วยการตรวจวิเคราะห์กลุ่มสารฆ่าแมลงและไร และสารกำจัดวัชพืช พบว่าจากตัวอย่างดินจำนวน 10 แปลง พบการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชตกค้างในดิน 1 ชนิด คือ Methoprene ในแปลงที่ 8 และ 9 ซึ่งเป็นชนิดสารฆ่าแมลงและไร กลุ่มที่ 7 สารกลุ่มเลียนแบบฮอร์โมนจูวีไนล์ กลุ่มย่อย 7A สารจูวีไนล์ฮอร์โมนอนาล็อก (Juvenile Hormone Analogues) และตรวจไม่พบสารกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่น ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น ในตัวอย่างดินบริเวณพื้นที่ศึกษา ดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 ผลการตรวจวิเคราะห์สารเคมีกำจัดศัตรูพืชจากตัวอย่างดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกข้าว บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวตำบลทิวพัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช		ผลการตรวจวิเคราะห์
สารฆ่าแมลงและไร		
กลุ่ม 1 สารกลุ่ม	กลุ่มย่อย 1A สารคาร์บาเมต (Carbamates)	ไม่พบ
ยับยั้งเอนไซม์อะเซทิล	กลุ่มย่อย 1B สารออร์แกนโนฟอสเฟต	ไม่พบ
โคลินเอสเทอเรส	(Organophosphates)	
กลุ่ม 2 สารกลุ่มที่	กลุ่มย่อย 2A สารไซโคลไดอิน (Cyclodiene)	ไม่พบ
หยุดการทำงานของ	กลุ่มย่อย 2B สารฟีนิลไพราโซล	ไม่พบ
ช่องคลอไรด์ที่ทำงาน	(Phenylpyrazoles)	
โดยกรดแกมมา		
อะมิโนบิวไทริก (GABA)		
กลุ่ม 3 สารกลุ่มที่	กลุ่มย่อย 3A สารไพรีทริน (Pyrethrins)	ไม่พบ
ปรับการทำงานของ	และไพรีทรอยด์ (Pyrethroids)	
ช่องโซเดียม	กลุ่มย่อย 3B สารดีดีที (DDT) และเมทอกซีคลอร์	ไม่พบ
	(Methoxychlor)	

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช		ผลการตรวจวิเคราะห์
กลุ่ม 4 สารกลุ่ม ที่ปรับการทำงานของ ตัวรับสารอะเซติลโคลีน	กลุ่มย่อย 4A สารนีโอนิโคตินอยด์ (Neonicotinoids)	ไม่พบ
ชนิดนิโคตินิก	กลุ่มย่อย 4B	ไม่พบ
โดยการจับแบบแข่งขัน	กลุ่มย่อย 4C	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 4D สารบูทีโนไลด์ (Butenolides)	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 4E สารเมโสไอโอนิกส์ (Mesoionics)	ไม่พบ
กลุ่ม 5 สารกลุ่ม ที่ปรับการทำงานของ ตัวรับสารอะเซติลโคลีน		ไม่พบ
ชนิดนิโคตินิก		
โดยการจับที่ตำแหน่ง แอลโลสเตอริก		
ที่ตำแหน่งที่ 1		
กลุ่ม 6 สารกลุ่ม ที่ปรับการทำงานของ ของช่องคลอไรด์ ที่ทำงานโดยกลูตาเมต		ไม่พบ
โดยการจับที่ตำแหน่ง แอลโลสเตอริก		
กลุ่ม 7 สารกลุ่ม เลียนแบบฮอร์โมนจูวีไนล์	กลุ่มย่อย 7A สารจูวีไนล์ฮอร์โมนนาลิค (Juvenile hormone analogues)	พบสาร Methoprene ในแปลงที่ 8 และ 9
	กลุ่มย่อย 7B	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 7C	ไม่พบ
กลุ่ม 8 สารกลุ่ม ที่ยับยั้งกลไกการทำงานของ ของร่างกายแบบ ไม่เฉพาะเจาะจง (ยับยั้งหลายจุด)	กลุ่มย่อย 8A แอลคิล เฮไลด์ (Alkyl halides)	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8B	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8C ฟลูออไรด์ (Fluorides)	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8D โบเรต (Borates)	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8E	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 8F สารที่ทำให้เกิดเมธิลไอโซไธโอ ไซยาเนต (Methyl isothiocyanate generators)	ไม่พบ
กลุ่ม 9 สารกลุ่ม ที่ปรับการทำงานของ ของช่อง TRPV ที่ Chordotonal organ	กลุ่มย่อย 9B สารอนุพันธ์ของไพรีดีน อะโซเมธีน (Pyridine azomethine)	ไม่พบ
	กลุ่มย่อย 9D สารไพโรเพน (Pyropenes)	ไม่พบ

สารเคมีกำจัดศัตรูพืช	ผลการตรวจวิเคราะห์
กลุ่ม 10 สารกลุ่มที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของไรโดยไปจับที่เอนไซม์ chitin synthase (CHS1)	ไม่พบ
กลุ่มย่อย 10A	ไม่พบ
กลุ่มย่อย 10B	ไม่พบ
สารกำจัดวัชพืช	ไม่พบ



อภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาการปนเปื้อนในดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูกบริเวณพื้นที่ปลูกข้าว ตำบลทวีวัฒนา อำเภอไทรน้อย จังหวัดนนทบุรี จำนวน 10 แปลง โดยแบ่งเป็นการศึกษาสาร 2 กลุ่ม ได้แก่ การศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence Spectrophotometry (XRF) พบว่ามีการปนเปื้อนของซีลีเนียมในตัวอย่างดินทั้ง 10 แปลง สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กรมควบคุมมลพิษกำหนด คือ 4,380 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม การปนเปื้อนของซีลีเนียมในดินแสดงให้เห็นว่าดินบริเวณนี้อาจมีคุณสมบัติที่ไม่เหมาะสมในการเพาะปลูกพืชมากนัก เนื่องจากซีลีเนียมไม่ใช่ธาตุอาหารที่พืชใช้ในการเจริญเติบโต หากมีการปนเปื้อนซีลีเนียมในดินจะทำให้พืชเจริญเติบโตไม่เต็มที่และให้ผลผลิตต่ำ ในสภาวะที่การเจริญเติบโตของพืชถูกจำกัดด้วยการปนเปื้อนของซีลีเนียมในดินบริเวณพื้นที่ศึกษานี้ เป็นไปตามหลักของปัจจัยที่ขาดแคลน (Principle of Limiting Factors) (ทงศักดิ์ ประไพ, ม.ป.ป.) ความเป็นพิษของซีลีเนียมต่อพืช จะทำให้ใบเหลืองซีดจากการขาดคลอโรฟิลล์ ใบแห้งหรือไหม้เป็นต้น อีกทั้งการปนเปื้อนของซีลีเนียมในดินที่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนด อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้บริโภคได้หากมีการดูดซึมไปสู่ผลผลิต โดยเมื่อได้รับซีลีเนียมในปริมาณมากเกินไปเกินความต้องการของร่างกายจะส่งผลให้เกิดพิษเรื้อรัง มีลักษณะอาการ เช่น ท้องร่วง เหนื่อยล้า ผอมร่าง เเสบเปราะ โลหิตจาง เหน็บชา กล้ามเนื้ออ่อนแรง หรืออาจมีภาวะตับวายได้ (MacFarquhar et al., 2010) และหากได้รับพิษเฉียบพลันจากการหายใจหรือรับประทาน ผุ่นดินที่มีการปนเปื้อนของซีลีเนียมเข้าไป จะทำให้มีอาการคลื่นไส้ ท้องเสีย ใจสั่น ความดันโลหิตต่ำ หัวใจล้มเหลว หรือหมดสติได้ (ซีลีเนียม, 2563) จากการตรวจวิเคราะห์ยังพบการปนเปื้อนของสังกะสี จำนวน 1 แปลง ที่มีสูงกว่าค่ามาตรฐานการปนเปื้อนโลหะหนักในดินของประเทศเนเธอร์แลนด์ คือ 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม สอดคล้องกับการศึกษาปริมาณโลหะหนักสะสมในดินที่มีการทำเกษตรเคมีพบการปนเปื้อนของทองแดง สังกะสี ตะกั่ว และเหล็ก ในนาข้าว เป็นผลมาจากการใช้สารกำจัดศัตรูพืชที่มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ (วรรณศักดิ์ สุขสง และคนอื่น ๆ, 2556) และยังตรวจพบการปนเปื้อนของแมงกานีส

ทองแดง โครเมียม และนิกเกิล ในบางแปลงปลูก แม้จะไม่เกินค่ามาตรฐานที่กำหนดแต่ยังจำเป็นต้องเฝ้าระวังการปนเปื้อนของสารเหล่านี้ หากยังมีการปลูกข้าวโดยใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเป็นระยะเวลาต่อเนื่องยาวนาน อีกทั้งผลการศึกษาการปนเปื้อนของสารเคมีกำจัดศัตรูพืชด้วยเทคนิค Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS) พบการปนเปื้อนของสาร Methoprene ในแปลงที่ 8 และ 9 ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงออกฤทธิ์ขัดขวางกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลง (Metamorphosis) จากตัวอ่อนไปเป็นตัวเต็มวัย โดยสารกลุ่มนี้จะไปเลียนแบบการทำงานของฮอร์โมนจูวีไนล์ โดยการเข้าไปจับที่ juvenile hormone receptor ทำให้เกิดการยับยั้งการแสดงออกของยีนต่าง ๆ ที่จำเป็นในกระบวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลง ส่งผลให้แมลงมีการลอกคราบที่ไม่สมบูรณ์ สภาพเป็นตัวอ่อนผิดปกติ และไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยได้ นอกจากนี้สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ยังมีส่วนในการฆ่าไข่ของแมลง (Ovicidal Effect) อีกด้วย (สุภรดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง และคนอื่น ๆ, 2563) สำหรับผลการตรวจวิเคราะห์ที่ไม่พบสารเคมีฆ่าแมลงและไรในกลุ่มอื่น ๆ และสารกำจัดวัชพืชนั้น อาจเป็นผลมาจากการถูกชะล้างจากน้ำที่ใช้เพาะปลูกในแปลงนา และอัตราการสลายตัว (half-life) ของสารเคมีแต่ละชนิดที่แตกต่างกัน ดังที่การศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช อธิบายว่า หลังจากการฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืช มีเพียงร้อยละ 0.1 เท่านั้นที่ไปถึงศัตรูพืช ส่วนที่เหลือจะปลิวไปในอากาศและรอเวลาที่น้ำจากแปลงเกษตรจะชะสารเคมีลงสู่ดินหรือแหล่งน้ำใกล้เคียง (สุธาสนี อึ้งสูงเนิน, 2558)

การปนเปื้อนของโลหะหนักและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในดินจากพื้นที่ศึกษานี้ หากมีการสะสมเป็นระยะเวลานานและปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อคุณลักษณะของดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินเปลี่ยนแปลงไป ส่งผลต่อการเพาะปลูก อาจทำให้ผลผลิตตกต่ำ และหากมีการดูดซึมสารมลพิษเหล่านี้โดยพืชไปสะสมในส่วนต่าง ๆ ของพืช ทั้งในระบอบราก ลำต้น ใบ มนุษย์นำผลผลิตไปบริโภคหรือมีสัตว์บริโภคพืชที่ขึ้นบริเวณนั้นโดยตรง อาจทำให้เกิดการสะสมสารมลพิษในร่างกาย ซึ่งหากมีปริมาณมากจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ อีกทั้งเมื่อดินหรือตะกอนดินบริเวณพื้นที่ศึกษานี้พัดพาไปสู่แหล่งน้ำจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ซึ่งประชาชนที่อาศัยในบริเวณพื้นที่ศึกษาอาจได้รับผลกระทบ



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาการปนเปื้อนของสารมลพิษในดินที่มีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชในการเพาะปลูก พบว่ามีการปนเปื้อนของซีลีเนียมและสังกะสีในปริมาณที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนด ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบการปนเปื้อนของแมงกานีส ทองแดง โครเมียม นิกเกิล และสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มที่ 7 สารกลุ่มเลียนแบบฮอร์โมนจูวีไนล์

เป็นสารฆ่าแมลงและไร ได้แก่ Methoprene ในดินบางแห่งของพื้นที่ศึกษา การปนเปื้อนของโลหะหนักและสารกำจัดศัตรูพืชดังกล่าวที่แตกต่างกันในแต่ละแปลง อาจเกิดได้จากชนิดของสารกำจัดศัตรูพืชที่เกษตรกรใช้และปริมาณการใช้ที่แตกต่างกัน โดยการปนเปื้อนดังกล่าวอาจส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคข้าว ประชาชนที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งใช้ประโยชน์จากดินและแหล่งน้ำ และเกษตรกรเองจากการได้รับฝุ่นดินโดยการสูดดมเข้าไปโดยตรงหรือถูกพัดพาปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค รวมถึงจะทำให้คุณภาพและคุณสมบัติของดินและน้ำ และกระบวนการทำงานของระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไป เพื่อลดผลกระทบจากการปนเปื้อนของสารมลพิษเหล่านี้และปรับเปลี่ยนเป็นการทำเกษตรกรรมแบบยั่งยืน ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรควรใช้สารเคมีอย่างถูกวิธีและพอดีกับความต้องการของพืช หรือสลับปรับเปลี่ยนระหว่างการใช้และไม่ใช้สารเคมีในแต่ละรอบการเพาะปลูก เพื่อลดการสะสมของสารมลพิษที่ปนเปื้อนในดิน
2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการศึกษาไปใช้เป็นข้อมูลประกอบการจัดทำแนวทางการบริหารจัดการการใช้สารเคมีทางการเกษตร การกำหนดมาตรการป้องกันและลดการใช้สารเคมีทางการเกษตร หรือการปรับเปลี่ยนพื้นที่เกษตรเคมีมาเป็นเกษตรอินทรีย์ต่อไป

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม เรื่อง การสะสมของโลหะหนักและสารเคมีกำจัดศัตรูพืชในเมล็ดข้าวในพื้นที่สิ่งแวดล้อมใกล้เคียง และต้องประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของมนุษย์จากการสัมผัสสารปนเปื้อนที่พบในพื้นที่ศึกษานี้ เพื่อให้มีข้อมูลสำหรับการเฝ้าระวังความเสียหายต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวัฒนธรรมสิ่งแวดล้อมและการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และกรมควบคุมมลพิษ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิเคราะห์ขั้นสูง และขอบคุณผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี



เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. กองการวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน. (2562). *ข้อมูลการจัดการดิน*.
https://www.ddd.go.th/Web_Soil/polluted.htm#3
- กรมพัฒนาที่ดิน. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. (2555). *การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สำหรับการปลูกพืช*. https://osd101.ddd.go.th/?page_id=39
- กรมวิชาการเกษตร. สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. (2563). *รายละเอียดการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร*. <https://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2021/01/รายละเอียดการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตร-ปี-2563.pdf>
- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2565). *ฐานข้อมูลกลางเกษตรกรที่ได้รับใบรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์*. <https://organicmoac.ddd.go.th/agriculture/#/reports>
- กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2563). *สรุปผลการสำรวจภาวะการทำงานของประชากร*. http://www.nso.go.th/sites/2014/DocLib13/ด้านสังคม/สาขาแรงงาน/ภาวะการทำงานของประชากร/2563/Report_02-63.pdf
- กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรมควบคุมมลพิษ. (2564). *ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน*. <https://www.pcd.go.th/laws/25162>
- กัญญ์สิริ จันทรเจริญ. (2554). *การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง*. มหาวิทยาลัยพะเยา. <https://shorturl.asia/50Zkp>
- คัดค้านัฐ ชื่นวงศ์อรุณ. (2563, 26 มกราคม). *มลพิษในดิน (Soil Pollution)*. National Geographic. <https://ngthai.com/science/27458/soil-pollution/>
- ซีลีเนียม. (2563). <http://mutualselfcare.org/medicine/holistic/element-selenium.aspx?M=k&G=f>
- ทองศักดิ์ ประไพ. (ม.ป.ป.). *ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารพืชกับดิน*. http://r07.ddd.go.th/Web/15_KM/S2.pdf
- พนิดา ไชยยันต์บุรณ์. (2558). *การพัฒนาการตรวจวิเคราะห์สารพิษตกค้างของวัตถุอันตรายทางการเกษตรให้ถูกต้อง แม่นยำตามมาตรฐานสากล (รายงานการวิจัย)*. <https://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=2219>
- ภัทราวดี วัฒนสุนทร และจินตนา อมรสงวนสิน. (2559). *การตรวจวิเคราะห์การตกค้างของสารกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ในตัวอย่างดินจากนาข้าวในพื้นที่จังหวัดชัยนาท*. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 11(2), 245–258.

- มหาวิทยาลัยมหิดล. (2562, 4 มกราคม). *คู่มือบริการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่างผลิตภัณฑ์เกษตร ผัก ผลไม้ น้ำ ดิน*. https://mt.mahidol.ac.th/wp-content/uploads/2019/10/1-foodsafety_guidebook-2562.pdf
- วรรณศักดิ์ สุขสง, รวี จันทรัตน์, สรพงศ์ เบญจศรี, และวิชุดา กล้าเวช. (2556). ปริมาณโลหะหนักสะสมในดินที่ทำการเกษตรเคมีในอำเภอบางปะอิน จังหวัดพิจิตร. ใน *การประชุมวิชาการแห่งชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10* (น. 248–255). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.
- ศิริอุมา เจาะจิตต์, วิดา กวานเทียน, อุดมรัตน์ วัฒนสิทธิ์, พิมาน ธีระรัตนสุนทร, สุภาภรณ์ ยิ้มเที่ยง, จันจิรา มหาบุญ, และปนัดดา พิบูลย์. (2560). การเปรียบเทียบความรู้ ทักษะ พฤติกรรมของเกษตรกรผู้ปลูกข้าว และปริมาณสารกำจัดศัตรูพืชตกค้างในสิ่งแวดล้อม จังหวัดนครศรีธรรมราช. *วารสารความปลอดภัยและสุขภาพ*, 10(37), 10–20.
- สยาม อรุณศรีมรกต, วรพร สังเนตร, และปิยะรักษ์ ประดับเพชรรัตน์. (2560). การใช้สารเคมีในการทำนาข้าวของเกษตรกรในอำเภอนองสี จังหวัดปทุมธานี. *วารสารเกษตรพระวรุณ*, 14(2), 173–180.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดนนทบุรี. (2563). *ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร ระดับจังหวัด ประจำปี 2563*. <http://www.nonthaburi.doae.go.th/statisticss/statistic63.pdf>
- สำนักงานเกษตรอำเภอไทรน้อย. (2563). *ข้อมูลพื้นฐานด้านการเกษตร*. สำนักงานฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). *เนื้อที่ใช้ประโยชน์ทางการเกษตร รายจังหวัด ปี พ.ศ. 2562*. <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/socio/LandUtilization2562.pdf>
- สุธาสินี อึ้งสูงเนิน. (2558). ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 9(1), 50–63.
- สุรดาดา สุนธกริรมย์ ณ พัทลุง, เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์, ศรีจันทร์ ศรีจันทร์, และ พงษ์ชาติ ปุณณวัฒน์. (2563). *เอกสารวิชาการ คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลง-สัตว์ศัตรูพืช อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัยจากงานวิจัย*. กรมวิชาการเกษตร.
- องค์การบริหารส่วนจังหวัดนนทบุรี. (2557). *ลักษณะสังคม*. <http://nont-pro.go.th/public/social/data/index/menu/25>
- Denneman, C. A., & Robberse, J. G. (1990). *Target values are specified to indicate desirable maximum levels of elements in unpolluted soils*. <https://www.omicsonline.org/articles-images/2161-0525-5-334-t011.html>

- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). (2020). *Soil testing methods – Global Soil Doctors Programme – A farmer-to-farmer training programme*. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca2796en>
- IRAC (Insecticide Resistance Action Committee). (2020). *IRAC Mode of Action Classification Scheme*. <https://irac-online.org/>
- MacFarquhar, J. K., Broussard, D. L., Melstrom, P., Hutchinson, R., Wolkin, A., Martin, C., Burk, R. F., Dunn, J. R., Green, A. L., Hammond, R., Schaffner, W., & Jones, T. F. (2010). Acute Selenium Toxicity Associated with a Dietary Supplement. *Archives of internal medicine*, 170(3), 256–261



ACADEMIC JOURNAL
UTTARADIT RAJABHAT
UNIVERSITY

แอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยี
ความเป็นจริงเสริม เพื่อเพิ่มศักยภาพของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อ
บ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี

THE PUBLIC RELATIONS MEDIA APPLICATION TO PROMOTE
MATS WITH AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IS TO LEVERGE
THE POTENTIAL OF BAN NONG OM MAT WEAVING CAREER
DEVELOPMENT GROUP IN UBON RATCHATHANI PROVINCE

วันที่รับ: 28 มีนาคม 2565

วันที่แก้ไข: 21 มิถุนายน 2565

วันที่ตอบรับ: 30 มิถุนายน 2565

ปิยภัทร โกษาพันธุ์^{1*}, ศิริภิญญา อาสา¹ และ ภัทระ เกิดอินทร์¹

Piyapat Kosapan^{1*}, Siripinya Asa¹ and Phatthara Kirdin¹

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี จังหวัดอุบลราชธานี 34000

¹Faculty of Industrial Technology,

Ubon Ratchathani Rajabhat University, Ubon Ratchathani 34000

*Corresponding author e-mail: piyapat.k@ubru.ac.th



บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์การขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์การขายเสื้อของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี ประชากร ได้แก่ สมาชิกของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จำนวน 46 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรก แบบสัมภาษณ์และการสนทนาแบบกลุ่ม สำหรับเก็บรวบรวมข้อมูลบริบทของชุมชน ส่วนที่สอง สื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยพัฒนาแอปพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ด้วยโปรแกรม Unity โปรแกรมภาษา C# และโปรแกรม Vuforia และส่วนสุดท้าย แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า แอปพลิเคชันสามารถนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อในรูปแบบภาพโมเดลสามมิติด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ให้เห็นภาพลายเสื้อชัดเจนขึ้น เหมือนได้สัมผัสจริงพร้อมเสียงบรรยายข้อมูลเสื้อแต่ละผืน และสมาชิกกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัมมีความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ในภาพรวมอยู่ในระดับมาก

(ค่าเฉลี่ย = 4.46, S.D. = 0.67) โดยงานวิจัยนี้ได้นำไปใช้ประโยชน์เชิงพื้นที่เป็นกลยุทธ์ทางการค้า
ในด้านการประชาสัมพันธ์สินค้าและลายเสื้อที่เป็นเอกลักษณ์ของชุมชนให้น่าสนใจมากขึ้น
ผ่านแอปพลิเคชัน โดยตัวแทนชุมชนสามารถนำไปเผยแพร่ขณะออกบูธ และประชาสัมพันธ์
ผ่านเพจเฟซบุ๊กของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหนองอ้ม ซึ่งจะช่วยเพิ่มช่องทางการขายสินค้า และ
ช่วยให้ชุมชนและลูกค้าสามารถซื้อ-ขายสินค้าได้สะดวกมากขึ้น

คำสำคัญ: สื่อประชาสัมพันธ์, เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม, ผลิตภัณฑ์ชุมชน, ศักยภาพชุมชน



Abstract

The purpose of this research was to develop an application on an Android operating system with the objectives to 1) develop a media to promote the sale of mats with augmented reality technology, and 2) to study the satisfaction of the sample group towards the implementation of the application. The population of this study included 46 members of Ban Nong Om Mat Weaving Vocational Development Group. The research instruments were divided into three parts which were, first, interview forms and discuss group for data collection about the contexts of the community; second, the public relations media of application on an Android operating system developed with augmented reality technology to promote the sale of mats with the use of Unity, C#, and Vuforia; and the final part, questionnaire on satisfaction assessment towards the use of the public relation media application. The statistics used in the research were mean and standard deviation. The results showed that 1) the application could present the mat promotional material in a 3D model with augmented reality technology. It helped visualize the mat patterns more clearly as if experiencing the real with audio describing information about each mat. And 2) the members from Ban Nong Om Mat Weaving Vocational Development Group, the members were satisfied with the application at a high level (Mean = 4.46, S.D. = 0.67). This research had been used for area-based public relations campaigns to promote the unique mat pattern of the community. The community representatives could implement it to publicize at the showcase booth and

advertise through the Facebook page of Ban Nong Om Community Enterprise Group to increase sales channels and help the community and customers to buy and sell products more conveniently.

Keywords: Public Relations Media, Augmented Reality, Community Products, Community Potential



บทนำ

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายใต้กระแสโลกยุคดิจิทัล เป็นความท้าทายที่ผลักดันให้ผู้ประกอบการไทยทุกระดับจะต้องเรียนรู้และปรับตัวรองรับความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เพื่อลดความเสี่ยงที่อาจจะเป็นภัยคุกคามต่อธุรกิจหรือแสวงหาโอกาสทางธุรกิจที่ท้าทายความสำเร็จ ซึ่งการเตรียมความพร้อมของผู้ประกอบการชุมชน ควรสร้างนวัตกรรมผลิตภัณฑ์ใหม่สร้างคุณค่าให้กับผู้บริโภค พัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์พร้อมทั้งหากกลุ่มตลาดเป้าหมายและช่องทางการตลาดในการกระจายสินค้าให้ครอบคลุมกลุ่มเป้าหมายในต้นทุนที่ต่ำ ควรมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการระบบการทำงานรวมถึงระบบสารสนเทศและด้านการสร้างเครือข่ายธุรกิจ ควรมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนด้านการนำความรู้สมัยใหม่ทั้งด้านการตลาด การผลิต และการบริหารจัดการมาประยุกต์ใช้กับภูมิปัญญาท้องถิ่นในชุมชนโดยมีเป้าหมายให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืน สามารถพึ่งพาตนเองและใช้ทรัพยากรภายในชุมชนให้เกิดประโยชน์สูงสุด (ทิชากร เกสรบัว, 2556) ผู้ประกอบการชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชนจำนวนมากที่ยังคงประสบปัญหาด้านการตลาด ด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการออกแบบ การสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ (งพล พรหมสาขา ณ สกลนคร และอุทิศ สังขรัตน์, 2557) การบริหารจัดการด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ชุมชน ควรมีการจัดอบรมถ่ายทอดองค์ความรู้ในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับสินค้าและการขยายช่องทางการจัดจำหน่ายให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มโอกาสและช่องทางในการเข้าถึงผู้บริโภค (วิภาดา มุกดา, 2557) ผู้ประกอบการชุมชนส่วนใหญ่จะพึ่งพาช่องทางการจัดจำหน่ายหลัก คือ การออกบูธตามงานต่าง ๆ ซึ่งหน่วยงานราชการเป็นผู้จัดหรือเป็นผู้สนับสนุนงบประมาณ นอกจากนี้ก็มีบ้างที่จำหน่าย ณ สถานที่ประกอบการแต่ก็ไม่มากนัก จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายที่มีความหลากหลาย เพื่อการสร้างความเข้มแข็งให้ผู้ประกอบการชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้ (ประสิทธิ์ รัตนพันธ์ และคนอื่น ๆ, 2561) การประกอบอาชีพในชุมชนนั้นเป็นสิ่งที่ช่วยสร้างอาชีพเสริมให้แก่ชาวบ้านของแต่ละครอบครัวของชุมชน แต่ต้องมองเห็นตลาดเป้าหมายที่จะนำสินค้าไปขายสู่ตลาดให้ได้เสียก่อน และชุมชนต้องมีการเปลี่ยนแปลงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ชาวบ้านในชุมชนเองนั้นจะต้องเป็น

บุคคลที่คอยช่วยการสร้างอาชีพหรือสินค้าของชุมชนของตัวเองให้เป็นที่รู้จักควบคู่ไปกับการพัฒนาศักยภาพชุมชน ซึ่งมีความสำคัญในฐานะที่ชุมชนเป็นรากฐานของเศรษฐกิจส่วนใหญ่ในการขับเคลื่อนการพัฒนาชุมชนอย่างเป็นระบบ ต้องได้รับความสนับสนุนจากบุคคลในชุมชนและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่จะคอยขับเคลื่อนช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ เพื่อขยายตลาดและประชาสัมพันธ์สินค้าของชุมชนให้กว้างยิ่งขึ้น

เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR) เป็นการนำระบบความจริงเสมือนมาผนวกกับเทคโนโลยีภาพ เพื่อสร้างสิ่งที่เสมือนจริงให้กับผู้ใช้และเป็นนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่มีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 ปัจจุบันเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมถูกนำมาประยุกต์ใช้ในด้านต่าง ๆ โดยเฉพาะการสร้างสื่อประชาสัมพันธ์ ดวงจันทร์ สีหาราช และคนอื่น ๆ (2563) กล่าวว่าเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเป็นนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยสนับสนุนส่งเสริมการท่องเที่ยว และนอกจากนี้ยังเป็นการสร้างแรงจูงใจ เพิ่มช่องทางในการให้ข้อมูล และก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มด้านการท่องเที่ยว สอดคล้องกับธวัชชัย สหพงษ์ (2562) ซึ่งได้ศึกษาการพัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือน “สะดืออีสาน” อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม เพื่อเป็นการแนะนำแหล่งท่องเที่ยว “สะดืออีสาน” ให้ประชาชนทั่วไปได้รู้จักในรูปแบบโมเดล 3 มิติ มีภาพและเสียงเพื่อความน่าสนใจ นอกจากการนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาใช้ในการแนะนำสถานที่ท่องเที่ยวแล้ว อรวรรณ เชื้อเมืองพาน และคนอื่น ๆ (2564) ยังเพิ่มการนำเสนอข้อมูลของผลิตภัณฑ์ของหมู่บ้านปางห้า ตำบลเกาะช้าง อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย ในรูปแบบความเป็นจริงเสริม ทำให้หมู่บ้านปางห้าถูกรู้จักแพร่หลายมากขึ้น “เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำการตลาดแบบเดิมได้” (Sung, 2021)

จากการลงพื้นที่หมู่ที่ 1 บ้านหนองอัม ตำบลหนองอัม อำเภอทุ่งศรีอุดม จังหวัดอุบลราชธานี ซึ่งชาวบ้านในพื้นที่ประกอบอาชีพทอเสื้อเป็นรายได้เสริม พบปัญหาในการจัดจำหน่ายสินค้าและการประชาสัมพันธ์สินค้าของชุมชน ขั้นตอนการจัดจำหน่ายและการประชาสัมพันธ์สินค้าจะส่งซื้อผ่านผู้นำชุมชนหรือองค์การบริหารส่วนตำบลท้องถิ่นและเป็นสื่อกลางในการประชาสัมพันธ์สินค้า ส่งผลให้การสั่งซื้อและการประชาสัมพันธ์สินค้าของชุมชนยังไม่ขยายวงกว้างมากนัก ด้วยเหตุนี้จึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจว่าการนำเทคโนโลยีสารสนเทศทางการตลาดสมัยใหม่มาใช้เพื่อส่งเสริมการขายผลิตภัณฑ์ชุมชนบ้านหนองอัม ตำบลหนองอัม อำเภอทุ่งศรีอุดม จังหวัดอุบลราชธานี เป็นการส่งเสริมโอกาสทางการตลาดของสินค้าชุมชนให้เป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น

จากปัญหาข้างต้น ทางกลุ่มผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำเสนอการพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี อันจะเป็นประโยชน์ในการเลือกและสั่งซื้อเสื้อ

ผ่านระบบออนไลน์ รวมถึงสร้างกลยุทธ์ทางการตลาด โดยการเพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์
สินค้าให้กับกลุ่มลูกค้าที่สนใจสินค้า โดยการพิจารณาจากรูปแบบสื่อด้วยการนำเทคโนโลยี
ความเป็นจริงเสริมซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยมเป็นอย่างมากมาใช้ในการแสดงผล
รูปภาพของเสื้อที่ทอสำเร็จให้เป็นโมเดลภาพสามมิติในลักษณะแสดงผลทันที เพื่อให้ลูกค้าหรือ
ผู้สนใจเห็นภาพสมจริงมากยิ่งขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องมาที่ชุมชน และเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
ของคนในชุมชนทั้งเด็กและผู้ใหญ่ให้มีรายได้เสริมในการเลี้ยงดูครอบครัว เป็นการสร้างชื่อเสียง
ของชุมชนได้อีกทางหนึ่งที่จะทำให้ชุมชนได้มีการพัฒนาตนเองให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาสื่อประชาสัมพันธ์การขายสื่อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของ
กลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื่อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี
2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันการนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์
การขายสื่อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม



วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีกระบวนการวิจัยประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) การเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษา
บริบทชุมชน ผลผลิตชุมชน การมีส่วนร่วมของคนในชุมชน การผลิตและจัดจำหน่ายสินค้า
รูปแบบการประชาสัมพันธ์สินค้าและการจัดจำหน่าย 2) การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อ
ประชาสัมพันธ์การขายสื่อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมที่ใช้ผ่านอุปกรณ์พกพา และ
3) การประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างในชุมชน โดยมีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ กลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื่อบ้านหนองอัม หมู่ที่ 1 ตำบลหนองอัม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดอุบลราชธานี

กลุ่มตัวอย่าง คือ สมาชิกของกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม หมู่ที่ 1 ตำบลหนองอัม
อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดอุบลราชธานี โดยการคัดเลือกแบบเจาะจง ซึ่งสมาชิกทั้งหมดของ
กลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพทอเสื่อบ้านหนองอัม จำนวน 46 คน เป็นผู้ให้ข้อมูลและประเมินความ
พึงพอใจในการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัยทั้ง 3 ส่วน ได้ออกแบบเครื่องมือที่ใช้สำหรับการเก็บรวบรวม
ข้อมูล การสร้างแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อ และการประเมินความพึงพอใจ ดังนี้

2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาบริบทชุมชน ผลผลิตชุมชน การมีส่วนร่วมของ
คนในชุมชน การผลิตและจัดจำหน่ายสินค้า รูปแบบการประชาสัมพันธ์สินค้าและการจัด
จำหน่าย ได้ใช้แบบสัมภาษณ์และการสนทนาแบบกลุ่มในการทำวิจัย

2.1.1 คณะผู้วิจัยได้ศึกษาและวิเคราะห์วิธีการขายและประชาสัมพันธ์ในรูปแบบ
ของระบบการทำงานเดิมของชุมชน โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1) ติดต่อประสานงานหน่วยงาน
ที่เกี่ยวข้องลงพื้นที่เก็บข้อมูลและจัดเตรียมข้อมูลเพื่อใช้งาน 2) ดำเนินการเก็บข้อมูลจาก
กลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี โดยแจกแบบสัมภาษณ์พร้อมอธิบาย
รายละเอียดให้เข้าใจและกรอกข้อมูล และ 3) จัดเก็บแบบสัมภาษณ์ รวบรวมและตรวจสอบ
ความสมบูรณ์ของแบบสัมภาษณ์ที่ได้รับกลับมาและนำมาวิเคราะห์ข้อมูล

2.1.2 คณะผู้วิจัยศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการทอเสื้อของชุมชน
บ้านหนองอัม หมู่ที่ 1 ตำบลหนองอัม อำเภอทุ่งศรีอุดม จังหวัดอุบลราชธานี การวิเคราะห์
เอกสารที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยเลือกผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเส้นมาเป็นองค์ประกอบหลัก
จากข้อมูลเดิม รูปแบบของลายเสื้อ แผ่นพับประชาสัมพันธ์ลายเสื้อฉบับเดิมจากภาพ 1 ที่ยัง
ไม่มีการปรับปรุงข้อมูล ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมภาพถ่ายลายเสื้อแบบใหม่ ๆ สัมภาษณ์ข้อมูล
ด้านนโยบาย การบริหารจัดการ การส่งเสริมประชาสัมพันธ์จากกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพ
บ้านหนองอัม รวบรวมข้อมูลสำคัญที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบ และพัฒนา
แอปพลิเคชันในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมต่อไป



ภาพ 1 ตัวอย่างลายเสื้อบ้านหนองอัมฉบับเดิม

2.2 การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วย
เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม พัฒนาโดยใช้โปรแกรม
Unity โปรแกรมภาษา C# และโปรแกรม Vuforia โดยผู้วิจัยได้มีการถ่ายทอดองค์ความรู้ด้าน
เทคโนโลยีและวิธีการในการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์แก่กลุ่มเป้าหมาย

2.3 การประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ โดยใช้แบบประเมินความพึงพอใจที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่าแบบลิเคิร์ท (Likert rating scales) 5 ระดับ โดยให้ผู้ตอบแบบประเมินให้คะแนนตามเกณฑ์ ดังนี้

5 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อย

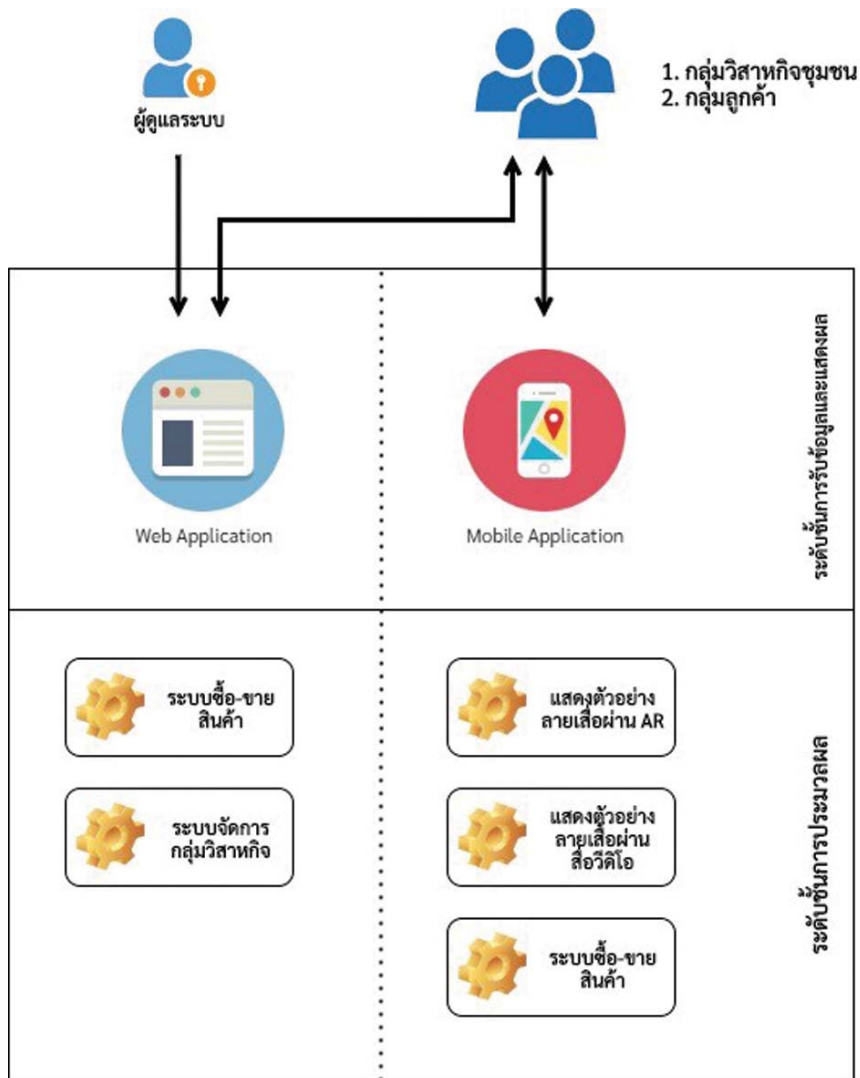
1 หมายถึง มีระดับความคิดเห็นอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ในการทำวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ลำดับที่ 016/2563, เลขที่ HE632018

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

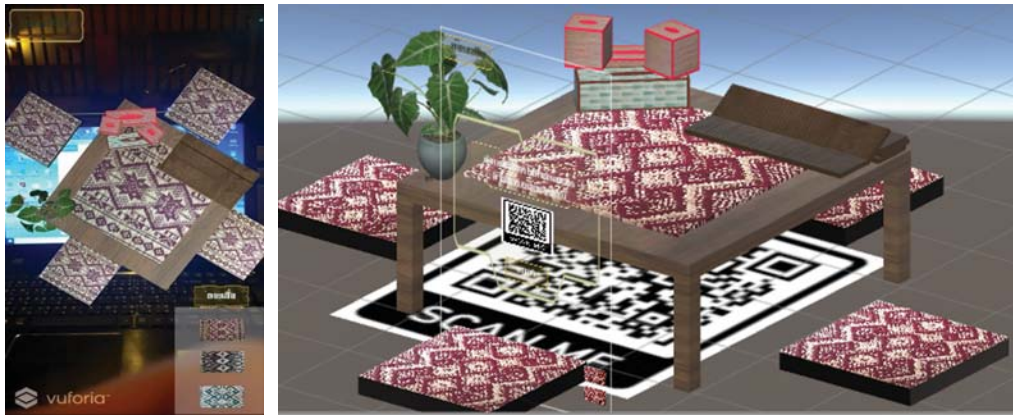
3.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากข้างต้นด้วยการจัดระเบียบข้อมูล และนำมาวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) สามารถสรุปปัญหาการทำงานของระบบเดิม ได้ดังนี้ 1) ลูกค้าไม่สามารถค้นหาสินค้าด้วยตัวเองได้ทันที 2) ลูกค้าต้องสั่งซื้อสินค้าผ่านตัวแทนชุมชนหรือผู้นำชุมชน 3) สมาชิกไม่ทราบยอดขายสินค้าที่ชัดเจน 4) การขายสินค้าไม่ต่อเนื่อง 5) การตรวจสอบข้อมูลการชำระเงินของลูกค้ามีความล่าช้า 6) ไม่มีการเก็บข้อมูลลูกค้าไม่มีระบบฐานข้อมูล ทำให้สิ้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อน และ 7) การทำรายงานสรุปข้อมูลต่าง ๆ ใช้เวลานาน เนื่องจากข้อมูลมีเป็นจำนวนมากและไม่มีที่จัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ

3.2 วิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการออกแบบระบบรายละเอียดของเนื้อหาที่จะปรากฏอยู่ในแอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานีนั้น นำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ภาพ 5 ซึ่งรายละเอียดของเนื้อหาที่ปรากฏมีทั้งภาพเสียง และข้อความภาษาไทย โดยคณะผู้วิจัยได้เรียบเรียงเนื้อหาและตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา จากนั้นออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้โดยออกแบบส่วนของการแสดงผลบนจอภาพ แอปพลิเคชัน การออกแบบรายละเอียดในการทำงานของแอปพลิเคชัน การออกแบบเมนูเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเป็นส่วนแสดงรายละเอียดสินค้า ซึ่งผู้ใช้งานจะสามารถเห็นภาพสามมิติของผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากลายเสื้อของชุมชน สามารถปรับเปลี่ยนลายเสื้อทั้งหมดที่มีการผลิตจริง และออกแบบคู่มือแอปพลิเคชัน ซึ่งประกอบด้วย รูปภาพ ข้อความประกอบ และรายละเอียดของเว็บไซต์เพื่อซื้อขายผลิตภัณฑ์ สินค้าของชุมชน และเป็นระบบการจัดการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนบ้านหนองอัม อธิบายดังภาพ 2, 3, 4 และ 5



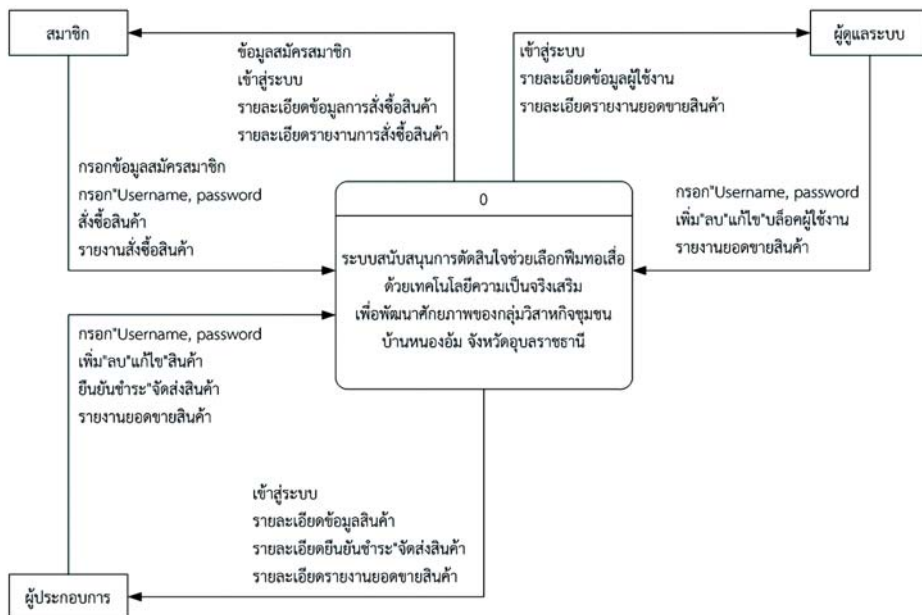
ภาพ 2 การวิเคราะห์และออกแบบระบบ

ในการวิเคราะห์และออกแบบระบบจะแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก ๆ คือ ส่วนที่นำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์สินค้าในรูปแบบของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หรือ AR และส่วนของระบบซื้อ-ขายสินค้าออนไลน์ ซึ่งในการออกแบบช่องทางการซื้อ-ขายออนไลน์ ผู้วิจัยได้เปิดช่องทางการขายได้ 3 ช่องทาง ดังนี้ 1) ผ่านเว็บไซต์ระบบซื้อ-ขาย 2) ผ่านแอปพลิเคชันไลน์ กลุ่มบ้านหนองอัม 3) ผ่านเพจเฟซบุ๊กของกลุ่มบ้านหนองอัม ซึ่งทั้ง 3 ช่องทาง จะมีตัวแทนของชุมชนเป็นผู้ดูแลระบบและทีมผู้วิจัยคอยเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ

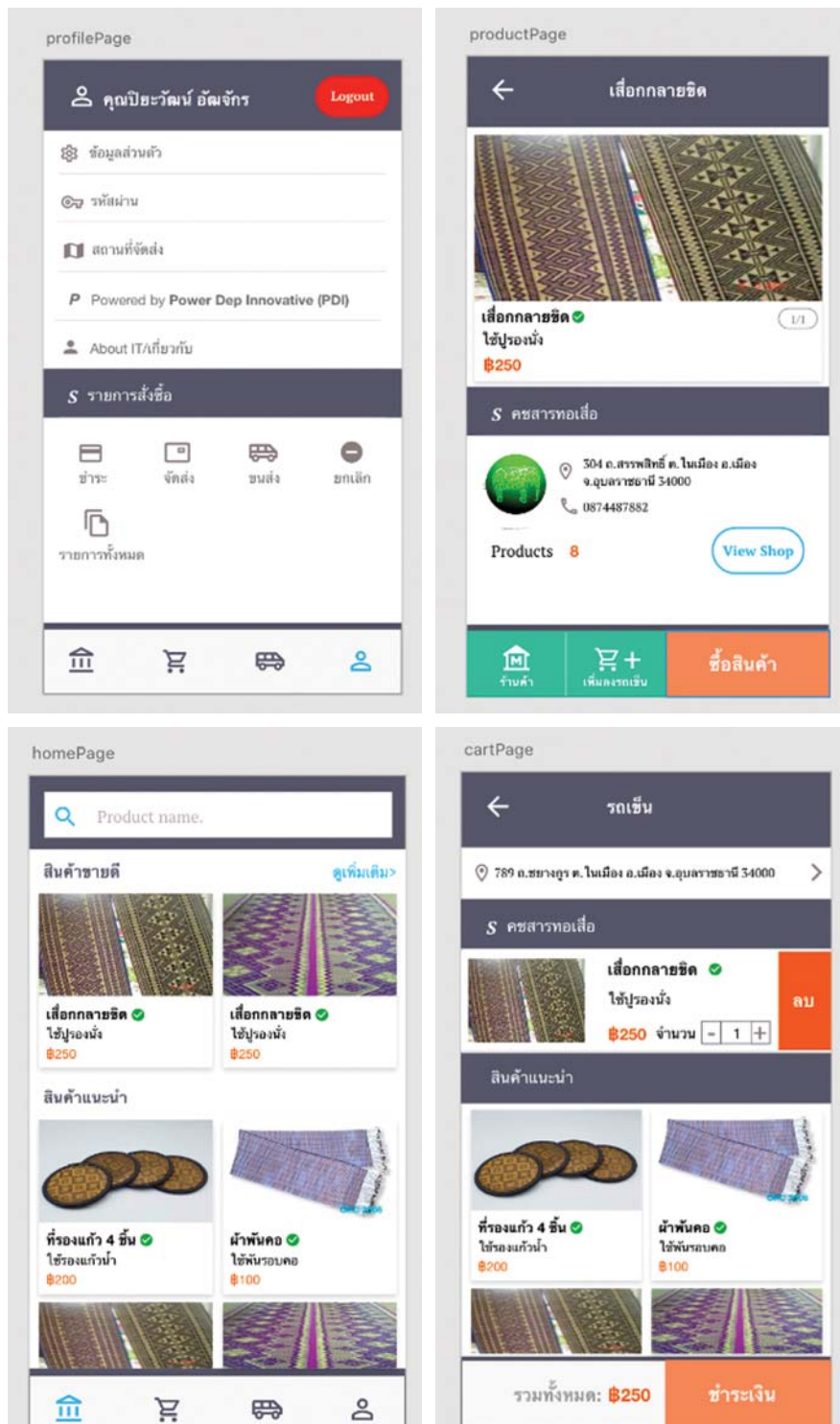


ภาพ 3 ตัวอย่างการแสดงผลภาพสามมิติลายเสื้อในการนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์

จากภาพ 3 ทางผู้วิจัยได้เลือกตัวอย่างสินค้าชุมชนที่แปรรูปจากเสื้อทอเพื่อนำมาสร้างเป็นโมเดลสามมิติโดยให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการเลือกโดยการสนทนาแบบกลุ่ม สรุปได้เป็นโต๊ะ อาสนะหรือเบาะนั่ง และกล่องกระดาษชำระ มาเป็นตัวอย่างในการแสดงลวดลายเอกลักษณ์ต่าง ๆ ของเสื้อทอชุมชนบ้านหนองอัม โดยผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน AR สามารถเปลี่ยนสีลวดลายเสื้อได้ 16 ลวดลาย ตามจำนวนตัวอย่างที่ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลมา และผู้ใช้งานสามารถเพิ่มขนาดของตัวอย่างสินค้าให้มีขนาดเล็กใหญ่ได้ตามความต้องการเพื่อดูรายละเอียดลายเสื้อทอ รวมถึงเสียงบรรยายชื่อลวดลายของเสื้อทอในรูปแบบภาษาไทย



ภาพ 4 บริบทข้อมูลของระบบซื้อ-ขายสินค้า



ภาพ 5 การออกแบบ UX/UI ระบบซื้อ-ขายสินค้า

3.3 การวิเคราะห์ความพึงพอใจเป็นคำถามเกี่ยวกับการวัดผลและประเมินผล
การใช้งานระบบโดยสมาชิกกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จากการใช้งานแอปพลิเคชัน
การนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม จากนั้น
ขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างในการตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยใช้สถิติที่เกี่ยวข้อง ได้แก่
ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยในการวิเคราะห์จะใช้ค่าเฉลี่ยเทียบกับเกณฑ์การ
ประเมิน เพื่อการแปลความหมายของค่าคะแนน ดังนี้

4.51–5.00 มีความพึงพอใจระดับมากที่สุด

3.51–4.50 มีความพึงพอใจในระดับมาก

2.51–3.50 มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

1.51–2.50 มีความพึงพอใจในระดับน้อย

0.51–1.50 มีความพึงพอใจในระดับน้อยที่สุด

เกณฑ์เฉลี่ยของระดับความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมาย ใช้ค่าเฉลี่ยของคะแนน
ตั้งแต่ 3.51 ขึ้น และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00



ผลการวิจัย

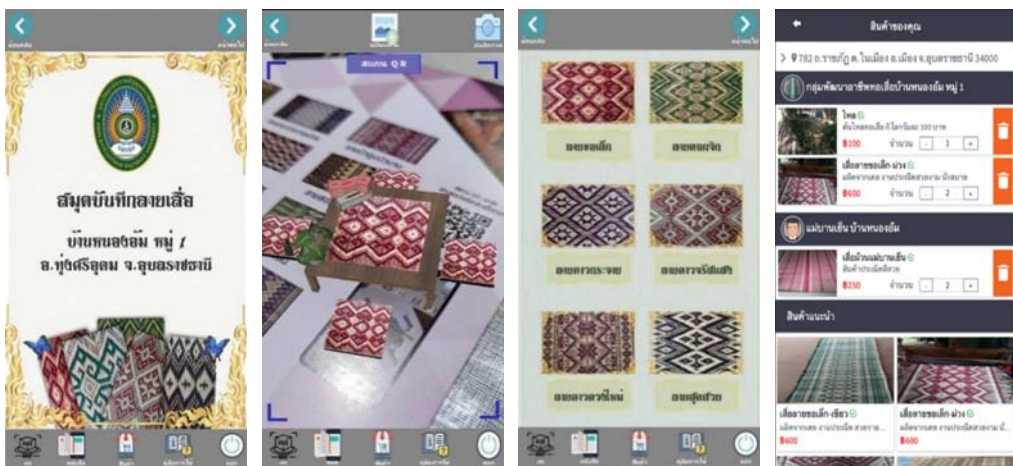
1. ในส่วนของการเก็บรวบรวมข้อมูล ศึกษาบริบทชุมชน ผลิตภัณฑ์ชุมชน การมีส่วนร่วม
ของคนในชุมชน การผลิตและจัดจำหน่ายสินค้า รูปแบบการประชาสัมพันธ์สินค้าและการ
จัดจำหน่าย ทำให้ผู้วิจัยทราบปัญหาการทำงานของระบบเดิมจากการมีส่วนร่วมในการตอบ
แบบสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่มของชุมชน ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์และพัฒนาสื่อการ
นำเสนอในรูปแบบที่ตรงตามความต้องการของชุมชน โดยสร้างเอกสารประชาสัมพันธ์ในรูปแบบ
แผ่นพับเป็นเอกสารเก็บรวบรวมลายเสื้อทั้งหมดของชุมชน เพื่อใช้งานร่วมกับแอปพลิเคชัน
การนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ที่สามารถ
ค้นหาสินค้า สั่งซื้อสินค้าผ่านแอปพลิเคชันได้สะดวกยิ่งขึ้น

ผลการออกแบบเอกสารประชาสัมพันธ์ในรูปแบบแผ่นพับเป็นเอกสารเก็บรวบรวม
ลายเสื้อทั้งหมดของบ้านหนองอัม ข้อมูลสินค้าแปรรูปของชุมชน ภาพวัตถุสัญลักษณ์ (Marker)
สำหรับใช้ส่องในการแสดงโมเดลภาพสามมิติของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเสื้อ และข้อมูล
ช่องทางการสั่งซื้อสินค้า ที่ได้เสื้อหรือผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ของชุมชนที่แปรรูปจากเสื้อ ดังภาพ 6



ภาพ 6 รูปแบบแผ่นพับประชาสัมพันธ์และภาพวัตถุสัญลักษณ์สำหรับส่อง AR

2. ส่วนของการสร้างและพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม โดยเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรมภาษา C# ร่วมกับโปรแกรม Unity และ Vuforia จะทำการนำเข้าโมเดลภาพสามมิติเพื่อกำหนดการเชื่อมโยงระหว่างโมเดลและข้อมูล หลังจากนั้น Export Program ออกมาอยู่ในรูปแบบไฟล์ .apk เพื่อนำไปใช้กับระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ การทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ใช้งานต้องสแกน QR Code ซึ่งมีอยู่ในแผ่นพับประชาสัมพันธ์ในภาพ 4 เพื่อทำการติดตั้งแอปพลิเคชัน เมื่อติดตั้งเรียบร้อยแล้วปรากฏไอคอนของแอปพลิเคชันชื่อ “ARMatBanNongOm” และสามารถใช้งานในส่วนของ AR และแอปพลิเคชันการสั่งซื้อสินค้าได้ในระบบเดียวกัน ดังภาพ 7



(ก) หน้าแรกแอปพลิเคชัน

(ข) เมนู AR

(ค) เมนูหนังสือ

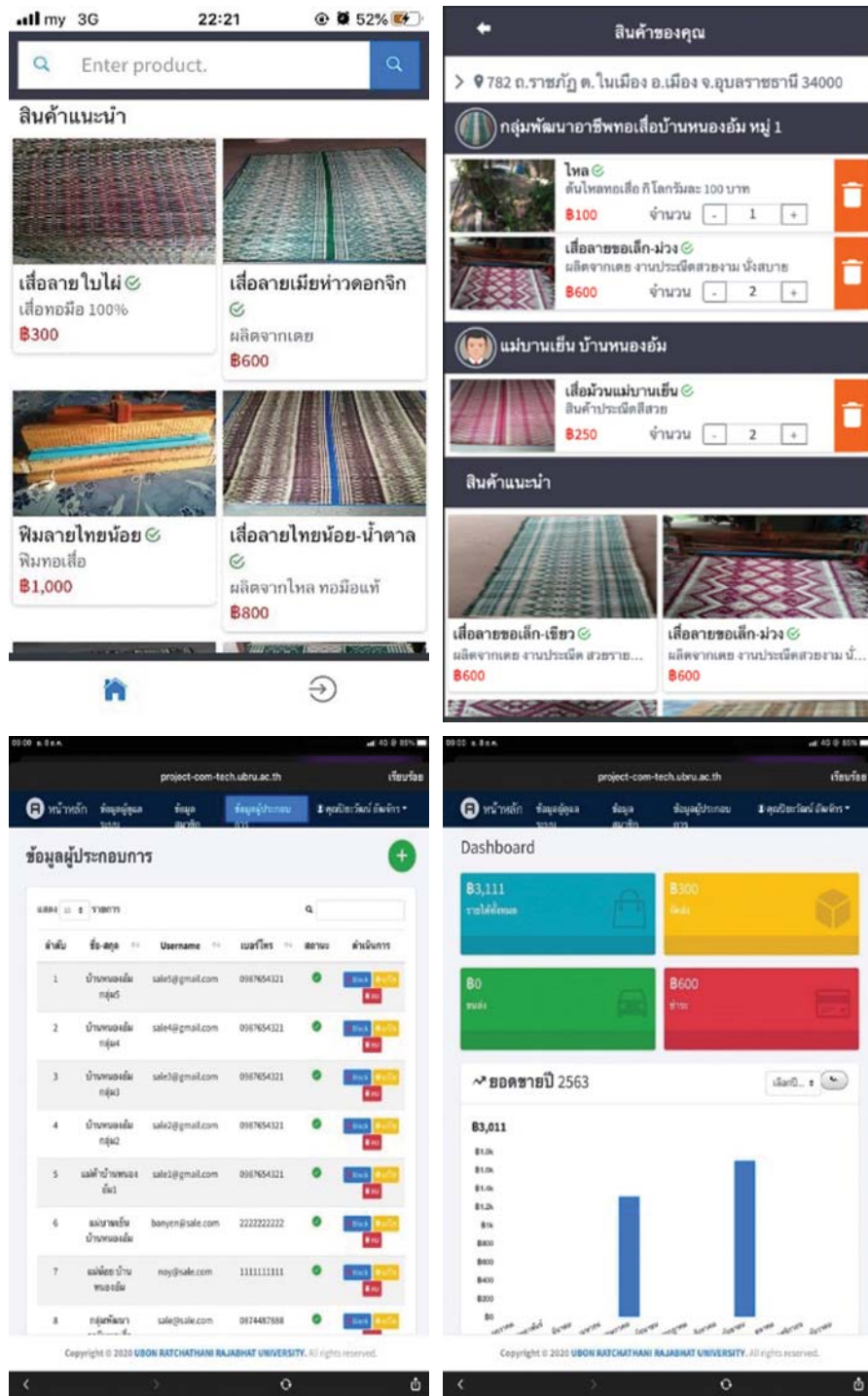
(ง) เมนูสินค้า

ภาพ 7 การใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อ AR

จากภาพ 7 การใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ เมื่อทำการเปิดแอปพลิเคชัน ผู้ใช้งานสามารถเลือกเมนูเข้าใช้งาน ดังนี้ (ก) หน้าแรกของแอปพลิเคชัน (ข) เมนู AR จะเป็นการเรียกใช้งานกล้องในสมาร์ทโฟนเพื่อส่องภาพวัตถุสัญลักษณ์ที่อยู่ในแผ่นพับประชาสัมพันธ์ หรือที่เรียกว่า มาร์คเกอร์ ในที่นี้ใช้เป็นภาพ QR Code ที่อยู่ในแผ่นพับภาพ 6 เมื่อผู้ใช้งานทำการสแกนด้วยกล้องจากสมาร์ทโฟนจะแสดงโมเดลภาพสามมิติของผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากเสื่อตามที่ได้ออกแบบไว้ (ค) เมนูหนังสือ จะแสดงสมุดบันทึกลายเสื่อทั้งหมดและประวัติของชุมชนบ้านหนองอัม โดยบรรยายเป็นเสียงภาษาไทย และ (ง) เมนูสินค้า เป็นเมนูที่เชื่อมโยงไประบบการซื้อ-ขายผ่านระบบออนไลน์ ตัวอย่างการใช้งานในภาพ 8 และภาพ 9 มีช่องทางการติดต่อให้กับผู้ซื้อได้เลือกช่องทางการซื้อ-ขายสินค้าเองได้อีก 2 ช่องทาง คือ ผ่านระบบไลน์กลุ่มและเพจเฟซบุ๊กกลุ่มชุมชนบ้านหนองอัม ซึ่งในแอปพลิเคชันนี้ยังมี “เมนูคู่มือการใช้” จะอธิบายขั้นตอนการใช้งานของแอปพลิเคชัน และ “เมนูออก” จะทำการออกจากแอปพลิเคชันเมื่อไม่ใช้งานทันที



ภาพ 8 การทดลองใช้งานแอปพลิเคชัน AR จากกลุ่มตัวอย่างในชุมชน



ภาพ 9 ตัวอย่างการใช้งานระบบซื้อ-ขายสินค้า

3. ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี โดยกลุ่มเป้าหมายในการดำเนินการวิจัย คือ สมาชิกกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม หมู่ที่ 1 บ้านหนองอัม ตำบลหนองอัม อำเภอทุ่งศรีอุดม จังหวัดอุบลราชธานี โดยคัดเลือกแบบเจาะจง เป็นเพศหญิงทั้งหมด จำนวน 46 คน ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงอายุ 41–50 ปี คิดเป็นร้อยละ 67.39 ทั้งนี้มีระดับความพึงพอใจต่อการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบประเมินความพึงพอใจในการใช้งาน

รายการประเมิน	N = 46		แปลความ
	ค่าเฉลี่ย	S.D.	
1. ระบบเป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนของท่าน	4.59	0.51	มากที่สุด
2. ท่านสามารถประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยได้ตลอดเวลา	4.71	0.85	มากที่สุด
3. ระบบใช้งานได้ง่ายและมีความสะดวกต่อชุมชน	4.59	0.80	มากที่สุด
4. ระบบสามารถตอบโต้กับผู้ใช้งานระบบ	4.53	0.51	มากที่สุด
5. ท่านมีความเข้าใจการใช้งานระบบ	4.29	0.59	มาก
6. คำและภาษาที่ใช้ในระบบมีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.00	0.79	มาก
7. ระบบช่วยให้มีผู้มาสนใจสินค้าของชุมชนท่านมากขึ้น	4.76	0.44	มากที่สุด
8. ระบบมีความเหมาะสมต่อการเรียนรู้ในยุคปัจจุบัน	4.41	0.71	มาก
9. ภาพรวมความพึงพอใจของการนำระบบนี้ไปใช้งาน	4.65	0.49	มากที่สุด
10. เลือกซื้อสินค้าได้สะดวก	4.06	0.97	มาก
เฉลี่ย	4.46	0.67	มาก

จากการประเมินผลการใช้งาน พบว่าการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์มีความพึงพอใจโดยรวมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.46 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.67 เมื่อวิเคราะห์เป็นรายประเด็น พบว่าผู้ตอบแบบประเมินมีความพึงพอใจระดับมากที่สุด คือ 1) ระบบช่วยให้มีผู้มาสนใจสินค้าของชุมชนมากขึ้น 2) ชุมชนสามารถประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารที่ทันสมัยได้ตลอดเวลา 3) ภาพรวมความพึงพอใจของการนำระบบนี้ไปใช้งานได้จริง 4) ระบบใช้งานได้ง่ายและมีความสะดวกต่อชุมชน 5) ระบบเป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มรายได้ให้กับชุมชนของท่าน และ 6) ระบบสามารถตอบโต้กับผู้ใช้งานระบบได้ ตามลำดับ



อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี จากประเด็นปัญหาในการดำเนินงานวิจัย และความต้องการในการพัฒนาศักยภาพกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม ผู้วิจัยมีการรวบรวมข้อมูลสร้างแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ และถ่ายทอดความรู้แก่สมาชิกในกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม และประเมินผลการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์

1. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์กลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม ถือว่าเป็นชุมชนที่มีความสามัคคีและมีความเข้มแข็ง แต่สมาชิกในกลุ่มยังมีความเคยชินกับการขายรูปแบบเดิม ดังนั้นยอดขายจะได้ตอนช่วงเริ่มแรกเท่านั้น โดยการสั่งซื้อและขายผ่านทางตัวแทนชุมชน ผู้ใหญ่บ้าน หรือการออกบูธ การจัดนิทรรศการที่หน่วยงานรัฐจัดขึ้น อีกทั้งกลุ่มสมาชิกกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพกลุ่มนี้มีภาระงานหลัก คือ ทำเกษตรกรรม ยังขาดทักษะและความชำนาญในการใช้งานเทคโนโลยี แต่มีความคิดเห็นร่วมกันว่าอยากมีระบบช่องทางออนไลน์ที่ช่วยเพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์ให้สินค้าของชุมชนขายได้ตลอดเวลาและจะได้มีรายได้หมุนเวียนในกลุ่มเพิ่มมากขึ้น รวมถึงสร้างฐานข้อมูลลูกค้าที่สนใจสินค้าของชุมชนบนระบบออนไลน์มากขึ้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้แนวคิดจากการเก็บข้อมูลชุมชนข้อมูลเดิมที่ชุมชนมีอยู่ คือ แผ่นพับประชาสัมพันธ์ลายเสื้อมาสร้างให้สามารถใช้งานร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือนได้ ทำให้ผู้วิจัยได้นำไปสร้างเป็นแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ และช่องทางการขายสินค้าออนไลน์ ผ่านเว็บแอปพลิเคชันและสร้างกลุ่มไลน์และเฟซบุ๊กให้กับชุมชน โดยที่ชุมชนได้นำระบบไปทดลองใช้งานจริงได้

2. การพัฒนาแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ที่พัฒนาขึ้น มีระบบบริหารจัดการการจัดการสินค้า การขายสินค้า การสั่งซื้อสินค้า สถิติยอดขายและสถิติรายได้โดยใช้งานผ่านสมาร์ทโฟน สามารถใช้งานได้ตลอดเวลา สมาชิกในกลุ่มบ้านหนองอัมสามารถเข้าถึงข้อมูลและสนับสนุนการขายของสมาชิกเพื่อเพิ่มความต่อเนื่องและการพึ่งพาตนเองของชุมชนในระยะยาว สอดคล้องกับจินตนา วงศ์วิภูษณะ (2550) อีกทั้งผู้ซื้อสามารถเห็นภาพจำลองของสินค้าก่อนทำการสั่งซื้อสินค้าผ่านการทำงานของแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมจึงเป็นการเปิดตลาดให้มีผู้ใช้บริการช่องทางนี้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งทั้งนี้ยังส่งผลต่อไปยังผู้ที่ต้องการลงทุนทำธุรกิจ โดยช่วยลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนเนื่องจากไม่จำเป็นต้องมีหน้าร้านเพื่อให้บริการจึงไม่ต้องเสียค่าเช่าสถานที่ ค่าน้ำ ค่าไฟฟ้า ฯลฯ ทำให้ชุมชนมีการเรียนรู้การจัดการและการพัฒนาซึ่งก็คือชุมชนมีการจัดการตนเอง มีการจัดองค์กรชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ

สอดคล้องกับเสรี พงศ์พิศ (2549) ที่อธิบายถึงการพัฒนาศักยภาพชุมชน คือ การเริ่มและเน้นที่การจัดกระบวนการเรียนรู้ “คนสัมพันธ์กับความรู้” กระบวนการจัดการทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัยความรู้ “คนสัมพันธ์กับทรัพยากร” และกระบวนการพัฒนาทุนของชุมชนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพเป็นกระบวนการสร้างความรู้ ทุนทางปัญญา และทุนทางสังคม ซึ่งเป็นประสบการณ์ในการพัฒนาความรู้สัมพันธ์กับทรัพยากร

3. ความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่างการใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์โดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.67) ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของหริพล ธรรมนารักษ์ และคนอื่น ๆ (2563) ที่กล่าวว่า การนำเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ทำให้เพิ่มประสบการณ์การรับรู้โดยใช้จุดเด่นของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมทำให้เห็นข้อมูลจริงหรือเสมือนจริงบนหน้าจอที่หลากหลาย สามารถมีปฏิสัมพันธ์ได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดการตลาดเชิงประสบการณ์ การสื่อสารการตลาดเพื่อส่งเสริมการจัดจำหน่าย ทำให้ผู้บริโภครู้สึกมีส่วนร่วมสัมผัสได้จากประสาทสัมผัส เช่น การมองเห็น การได้ยิน ทำให้เกิดแรงจูงใจในการตัดสินใจซื้อ เกิดทัศนคติและความรู้สึกด้านบวกต่อผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้ทำการศึกษาเรื่องการใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมเพื่อส่งเสริมการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกล้วยหอมทองยัดเยียด อำเภอจุน จังหวัดพะเยา โดยงานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงพัฒนาด้วยวิธีการพัฒนาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมบนฉลากผลิตภัณฑ์หรือบรรจุภัณฑ์ เพื่อส่งเสริมการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ ผลการศึกษาค้นพบว่าความพึงพอใจของกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมส่งเสริมการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกล้วยหอมทองยัดเยียด อำเภอจุน จังหวัดพะเยา อยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.06$, S.D. = 0.42) โดยผู้บริโภคมีความรู้เกี่ยวกับการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์กล้วยหอมทองยัดเยียดเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับข้อมูลผ่านเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม โดยขนาดและภาพเสมือนจริงมีความเหมาะสมมากที่สุด นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับจินตนา ดาวใส (2561) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสามมิติเชิงแนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ฟาร์มเกษตรด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งผลการวิจัยพบว่าการนำเอาเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมมาประยุกต์ใช้ในฟาร์มเกษตรสามารถสร้างความพึงพอใจให้แก่เจ้าของธุรกิจและผู้ใช้งานทั่วไปเป็นอย่างดี โดยมีผลความพึงพอใจในระดับดี ($\bar{X} = 4.06$, S.D. = 0.42) หากกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัมมีตัวแทนชายหรือสมาชิกใหม่ที่ทำหน้าที่ฝึกทักษะการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องและใช้งานระบบอย่างจริงจัง โดยมีผู้เชี่ยวชาญถ่ายทอดองค์ความรู้และติดตามการใช้งานอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ตัวแทนดังกล่าวนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดให้กับสมาชิกของชุมชน และยังขาดทักษะและความชำนาญในการใช้งานเทคโนโลยีทำให้ชุมชนมีทักษะในการจัดการหรือทักษะความรู้ความเข้าใจในการใช้

เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาประยุกต์ใช้กับการประชาสัมพันธ์การขายสินค้าให้กับกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม ให้เกิดประโยชน์และพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เกิดการเรียนรู้เทคโนโลยีสมัยใหม่ส่งผลให้ชุมชนเกิดการพัฒนาตนเองด้านองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการพัฒนาศักยภาพบุคลากรของชุมชนอย่างต่อเนื่องต่อไปได้



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมในพัฒนาแอปพลิเคชันสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี ผลการศึกษา คือ ได้แอปพลิเคชันส่งเสริมการขายเสื้อในรูปแบบเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม ซึ่งประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ส่วนแรก คือ ส่วนประชาสัมพันธ์สินค้าในรูปแบบของเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม หรือ AR โดยแอปพลิเคชันจะแสดงโต๊ะ อาสนะหรือเบาะนั่ง และกล่องกระดาษชำระ มาเป็นตัวอย่างในการแสดงลวดลายเอกลักษณ์ต่าง ๆ ของเสื้อทอชุมชนบ้านหนองอัม โดยผู้ใช้งานแอปพลิเคชัน AR สามารถเปลี่ยนสีลวดลายเสื้อได้ 16 ลวดลาย ส่วนที่สอง คือ ระบบซื้อ-ขายสินค้าออนไลน์ 3 ช่องทาง คือ 1) ผ่านเว็บไซต์ระบบซื้อ-ขาย 2) ผ่านแอปพลิเคชันไลน์กลุ่มบ้านหนองอัม 3) ผ่านเพจเฟซบุ๊กของกลุ่มบ้านหนองอัม

2. ผลการศึกษาคความพึงพอใจของผู้ใช้งานแอปพลิเคชันนำเสนอสื่อประชาสัมพันธ์ส่งเสริมการขายเสื้อด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมของกลุ่มพัฒนาอาชีพทอเสื้อบ้านหนองอัม จังหวัดอุบลราชธานี จากกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 46 คน มีระดับความพึงพอใจในระดับมาก ($\bar{X} = 4.46$, S.D. = 0.67) โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ระบบช่วยให้มีผู้มาสนใจสินค้าของชุมชนมากขึ้น รองลงมาเป็นภาพรวมความพึงพอใจของการนำระบบนี้ไปใช้งาน และระบบใช้งานได้ง่าย และมีความสะดวกต่อชุมชน

ข้อเสนอแนะการวิจัย

การที่คณะผู้วิจัยได้เข้าศึกษาการดำเนินงานของกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม ได้พบกับประเด็นปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานอยู่หลายประการ เห็นถึงจุดแข็งและจุดอ่อน รวมถึงโอกาสในการพัฒนาและปรับปรุงระบบในการดำเนินงานให้กับชุมชนให้มีศักยภาพเพิ่มมากขึ้น โดยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. จากผลการวิจัยสามารถนำไปประชาสัมพันธ์หรือขายสินค้าประเภทอื่น ๆ ของชุมชนได้ โดยเพิ่มการซื้อ-ขายผ่านระบบออนไลน์
2. งานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาเป็นต้นแบบการประชาสัมพันธ์หรือขายผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนในด้านอื่น ๆ ได้

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. หากกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัมมีตัวแทนชายที่ทำหน้าที่ฝึกทักษะการเรียนรู้ด้านเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องและเป็นผู้ดูแลระบบอย่างจริงจัง จะทำการเพิ่มช่องทางการประชาสัมพันธ์นี้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
2. ควรมีการถ่ายทอดองค์ความรู้และติดตามการใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยให้ผู้ดูแลระบบหรือตัวแทนขายนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดให้กับสมาชิกของชุมชนเพื่อพัฒนาศักยภาพบุคลากรของชุมชนอย่างต่อเนื่อง
3. เพิ่มศักยภาพด้านบุคลากรในการสร้างการมีส่วนร่วมอย่างจริงจัง เนื่องจากสมาชิกชุมชนบางส่วนเหมาะกับการเป็นตัวแทน ไม่ใช่แค่สมาชิกของกลุ่มสตรีพัฒนาอาชีพบ้านหนองอัม เช่น กลุ่มเด็กและเยาวชนในช่วงปิดเทอม เนื่องจากเยาวชนสมัยนี้เรียนรู้ทักษะด้านเทคโนโลยีได้รวดเร็ว กระตุ้นให้ชุมชนเล็งเห็นความจำเป็นที่ต้องดำเนินการเป็นการส่งเสริมความรับผิดชอบและสร้างการมีส่วนร่วม ทำให้เกิดการเรียนรู้ถึงความสำคัญของค่าตอบแทนที่ได้รับจากการทำงานเพื่อส่วนรวมและสังคม



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2563 ขอขอบพระคุณ ผู้ใหญ่บ้านบ้านหนองอัม กลุ่มพัฒนาอาชีพสตรีบ้านหนองอัม และชุมชนบ้านหนองอัม ตำบลหนองอัม อำเภอกุดรังศรีอุดม จังหวัดอุบลราชธานี รวมทั้งผู้ที่ให้การสนับสนุนทุกท่านที่เล็งเห็นความสำคัญของงานวิจัยนี้ และอนุญาติให้สามารถทำงานวิจัยชิ้นนี้ได้



เอกสารอ้างอิง

- จินตนา ดาวใส. (2561). *การพัฒนาแบบจำลองสารสนเทศสามมิติเชิงแนะนำสำหรับผลิตภัณฑ์ฟาร์มเกษตรด้วยเทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยศรีปทุม].
- จินตนา วงศ์วิภูษณะ. (2550). *แนวทางการพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ชุมชน (OTOP) ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ กรณีศึกษาผลิตภัณฑ์จากเกลือปลา กลุ่มแม่บ้านเกษตรกรเขารูปช้าง (บ้านบางदान) ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมืองสงขลา จังหวัดสงขลา* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา].
- ดวงจันทร์ สีหาราช, ยุภา คำตะพล, ฐิณารักษ์ นิธิวิทย์, และศรัณญา ตรีทศ. (2563). แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยวในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 12, 135–148.

- ทิชากร เกสรบัว. (2556). แนวทางการพัฒนาสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (One Tambon One Product: OTOP) เพื่อการส่งออกในตลาดอาเซียน. *วารสารมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 30(2), 155–174.
- ธงพล พรหมสาขา ณ สกลนคร และอุทิศ สังข์รัตน์ (2557). แนวทางการพัฒนาการดำเนินงานของวิสาหกิจชุมชนในเขตลุ่มทะเลสาบสงขลา. *วารสารวิชาการคณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 10(1), 97–122.
- ธวัชชัย สหพงษ์. (2562). การพัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือน “สะดืออีสาน” อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม. *วารสารศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*, 11, 139–151.
- ประสิทธิ์ รัตนพันธ์, มณีรัตน์ รัตนพันธ์, และจาริณี แซ่วงศ์. (2561). การพัฒนาช่องทางการจัดจำหน่ายและการสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์ชุมชนประเภทอาหารในจังหวัดสงขลา. *วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 11(4), 42–51.
- วิภาดา มุกดา. (2557). แนวทางการบริหารจัดการของกลุ่มผู้ผลิตสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์จังหวัดตาก. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต*, 10(1), 187–205.
- เสรี พงศ์พิศ (2549). *เศรษฐกิจพอเพียงการพัฒนาที่ยั่งยืน*. เจริญวิทย์การพิมพ์.
- หริพล ธรรมนารักษ์, ชินดนัย คำคม, และลัทพล บุตรเทศ. (2563). การใช้เทคโนโลยีเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกล้วยหอมทองยัดเยียด อำเภอจุน จังหวัดพะเยา. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม*, 4(1), 53–61.
- อรรวรรณ เชื้อเมืองพาน, จิรภา ศักดิ์กิตติมาลัย, รจนา บุญลพ, และเอกชัย อุตสาหะ. (2564). การเพิ่มมูลค่าความรู้ด้านกลยุทธ์ทางการค้า โดยระบบ AR เพื่อส่งเสริมแนวความคิดการพัฒนาเมืองสู่ Smart City. *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น*, 7(5), 61–74.
- Sung, E. C. (2021). The effects of augmented reality mobile app advertising: Viral marketing via shared social experience. *Journal of Business Research*, 122, 75–87.

การใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนเพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง
ในการพัฒนาที่อยู่อาศัย ชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเมือง

เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร

USING COMMUNITY-BASED LEARNING OF ARCHITECTURE
CLASSROOM TO CREATE URBAN LOW-INCOME
HOUSING DEVELOPMENT SCENARIOS
IN YANNAWA DISTRICT BANGKOK

วันที่รับ: 3 พฤษภาคม 2565

วันที่แก้ไข: 16 กรกฎาคม 2565

วันที่ตอบรับ: 19 กรกฎาคม 2565

มณฑล จันทน์แจ่มใส^{1*}

Monton Janjamsai^{1*}

¹คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพมหานคร 10220

¹Faculty of Industrial Technology,

Phranakhon Rajabhat University, Bangkok 10220

*Corresponding e-mail: monton@pnru.ac.th



บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างสถานการณ์จำลองทางเลือกในการพัฒนาที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเขตยานนาวา โดยใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนเพื่อศึกษารูปแบบการสร้างความร่วมมือของสถาบันการศึกษาภาคีเครือข่ายในการพัฒนาชุมชนและเพื่อสร้างทักษะให้กับนักศึกษาสาขาสถาปัตยกรรมชั้นปีที่ 4 ในการแก้ไขปัญหาโดยใช้สถานการณ์จริง ระเบียบวิธีการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้กระบวนการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อสร้างทางเลือกในการพัฒนา โดยการบูรณาการกับการเรียนการสอนสถาปัตยกรรมพื้นที่ศึกษา คือ ชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนา เขตยานนาวา ปัญหาสำคัญ คือ การอยู่อาศัยอย่างแออัดและขาดสุขภาวะของชุมชนผู้มีรายได้น้อยที่อยู่อาศัยต่อเนื่องกันมายาวนาน ผลการวิจัยพบว่าสามารถสร้างสถานการณ์จำลองรูปแบบในการพัฒนาได้เป็น 3 แนวทาง ประกอบด้วย 1) รูปแบบที่อยู่อาศัยแนวราบ 2) รูปแบบอาคารอยู่อาศัยรวมสูง 6–9 ชั้น และ 3) รูปแบบอาคารอยู่อาศัยรวมขนาดใหญ่พิเศษสูง 36 ชั้น และจากการจัดเวทีรับฟังความคิดเห็นของชุมชน ส่วนใหญ่ต้องการรูปแบบที่อยู่อาศัยแนวราบในพื้นที่เดิม รองลงมายังไม่แสดงความคิดเห็น เนื่องจาก

ไม่มั่นใจในสถานะทางการเงินของตนเอง ส่วนผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน พบว่าส่วนใหญ่ได้เรียนรู้ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น รองลงมาคือทักษะการสื่อสารกับชุมชน และการได้ใช้ทักษะด้านการออกแบบและวิชาชีพเพื่อแก้ปัญหาให้ชุมชน นอกจากนั้น การเรียนรู้จากสถานการณ์จริงทำให้ได้เข้าใจปัญหาชุมชน รวมทั้งได้รู้ถึงศักยภาพของตนเอง และมีความภาคภูมิใจที่ได้ใช้ความรู้ช่วยเหลือผู้อื่นในสังคม

คำสำคัญ: ห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชน, การพัฒนาที่อยู่อาศัย, ชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเมือง, ยานนาวา



Abstract

This research aims to create scenarios, design alternatives for housing development of low-income communities in Yannawa District in Bangkok by using the community-based learning of architecture classroom model, to investigate the cooperation model of educational institutions and network partners for community development, and to build skills for 4th year architecture-program students to solve problems in real situation. This research methodology implemented the architectural design process to create development options by integrating with teaching architecture. The area of study was Chueplerng Pattana Community which is located in Yannawa District. A major problem of the area was that this low-income communities had been overcrowded and unhealthy living for a long time. The results showed that to develop the community could be presented through three approaches; which were 1) Low Rise Housing, 2) Middle Rise Housing, and 3) 36-story high rise housing (High Rise Housing). Results from organizing a forum to listen to the opinions of the communities showed that most majority of the communities wanted a low-rise housing style in the original area, while the others had not yet commented due to lack of confidence in their own financial status. As for the results that occurred with the students, it was found that most of them learned collaboration skills, followed by communication skills with the community and the use of design and career skills to solve problems for the community.

In addition, learning from real situations helps them understand community problems, realize their own potential, and be proud to use knowledge to support others in society.

Keywords: Community Based Learning of Architecture Classroom, Housing Development, Urban Low-income Community, Yannawa



บทนำ

เขตยานนาวาเป็นพื้นที่สำคัญทางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานคร เพราะส่วนหนึ่งเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมและเป็นแหล่งงานที่สำคัญ ข้อมูลจากสมุด ยางสูง และเรวดี อุลิต (2558) ระบุว่าเขตยานนาวาพื้นที่ส่วนใหญ่ตามประกาศผังเมืองกำหนดให้เป็นพื้นที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก และพื้นที่พาณิชยกรรม มีประชากรอาศัยหนาแน่นประมาณ 4,779 คนต่อตารางกิโลเมตร ทิศทางการพัฒนาในปัจจุบันส่งผลให้ราคาที่ดินในเขตยานนาวามีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อย ๆ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสถานการณ์ที่อยู่อาศัยของคนในพื้นที่ โดยเฉพาะที่อยู่อาศัยของกลุ่มผู้มีรายได้น้อย ฐานข้อมูลสำรวจชุมชนแออัดทั่วประเทศ ในปี 2550 กรุงเทพมหานคร มีชุมชนผู้มีรายได้น้อยทั้งหมด 1,266 ชุมชน ในเขตยานนาวา มีชุมชนผู้มีรายได้น้อยจำนวน 28 ชุมชน มีผู้เดือดร้อนเรื่องที่อยู่อาศัยจำนวนรวม 3,904 ครัวเรือน จากสถานการณ์ราคาที่ดินซึ่งสูงเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องส่งผลให้ชุมชนมีความเสี่ยงที่จะไม่ได้รับการต่อสัญญาเช่าที่ดินจากเจ้าของที่ดินในปัจจุบัน ทำให้สถานการณ์ที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเขตยานนาวาขาดความมั่นคง รวมทั้งเป็นปัญหาของการพัฒนาพื้นที่และชุมชนในระยะยาว ซึ่งในระดับนโยบายจากการประชุมคณะกรรมการเมืองยานนาวา ซึ่งประกอบด้วย หน่วยงานหลัก คือ สำนักงานเขตยานนาวา มีหน้าที่ดูแลและพัฒนาคุณภาพชีวิตของชุมชน สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) มีหน้าที่สนับสนุนชุมชนให้มีความเข้มแข็งและมั่นคงโดยใช้กลไกการสนับสนุนการพัฒนาที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อย โดยใช้เครื่องมือที่สำคัญคือ โครงการบ้านมั่นคง ที่สนับสนุนให้ชุมชนรวมตัวกันจัดตั้งกลุ่มออมทรัพย์หรือสหกรณ์ เพื่อดำเนินการทำให้โครงการที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมกับผู้มีรายได้น้อยที่มีความมั่นคง นอกจากนั้นหน่วยงานที่สำคัญ คือ กรมธนารักษ์ ที่มีนโยบายด้านการใช้ที่ดินราชพัสดุในด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และสิ่งแวดล้อม การยกระดับความเป็นอยู่ของประชาชนให้ดีขึ้น รวมทั้งนโยบายการสนับสนุนโครงการด้านที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อย เช่น การสร้างความร่วมมือกับการเคหะแห่งชาติ จัดทำโครงการที่อยู่อาศัยสำหรับ

ผู้มีรายได้น้อย โดยใช้ที่ราชพัสดุที่มีอยู่ทั่วประเทศ จัดให้การเคหะแห่งชาติเข้าในอัตราต่ำสุด เพื่อให้การเคหะแห่งชาตินำไปก่อสร้างที่อยู่อาศัยสำหรับผู้มีรายได้น้อย (กรมธนารักษ์, 2564) และรวมถึงการสร้างความร่วมมือกับสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) กระทรวงการพัฒนาสังคมและความมั่นคงของมนุษย์ โดยเริ่มดำเนินการโครงการบ้านมั่นคงในที่ราชพัสดุ มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 เพื่อแก้ไขปัญหาที่อยู่อาศัยของชุมชนตามนโยบายของรัฐบาล จึงได้สนับสนุนการพัฒนาที่อยู่อาศัยในชุมชนแออัดซึ่งเป็นที่ราชพัสดุ ปรับสภาพที่อยู่อาศัยให้มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย มีการจัดวางผัง สร้างบ้านให้มั่นคงแข็งแรง มีระบบสาธารณูปโภค และจัดระเบียบการใช้ประโยชน์ที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้อยู่อาศัยในชุมชนดังกล่าวมีสังคม คุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อมที่ดีขึ้น และยังเป็นการแก้ไขปัญหาการบุกรุกที่ราชพัสดุทั้งในเขตกรุงเทพฯ และต่างจังหวัด (สำนักข่าวออนไลน์ RYT9, 2564) โดยทั้งสามหน่วยงานหลักของคณะกรรมการเมืองยานนาวามีเป้าหมายร่วมกันในการพัฒนาพื้นที่ให้เหมาะสมตามศักยภาพ ส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดสภาพแวดล้อมของเมืองที่ยั่งยืน รวมทั้งแก้ปัญหาที่อยู่อาศัยและคุณภาพชีวิตของชุมชนผู้มีรายได้น้อยให้มีความมั่นคง

จากสถานการณ์ที่ได้กล่าวไปแล้วในขั้นต้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัยเพื่อทำแผนพัฒนาที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อยในพื้นที่เขตยานนาวา ที่ทำให้คนกลุ่มนี้มีโอกาสอยู่ในพื้นที่ได้อย่างมั่นคง ควบคู่ไปกับความเจริญเติบโตของเมือง ซึ่งการศึกษาครั้งนี้นอกจากเป็นการสนับสนุนการแก้ปัญหาที่อยู่อาศัยผู้มีรายได้น้อยในเขตยานนาวาอย่างยั่งยืนและก่อให้เกิดความสมดุลในการพัฒนาเมืองในระยะยาว ตามแนวคิดการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals: SDGs) เป้าหมายที่ 11 คือ ทำให้เมืองและการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีความครอบคลุม ปลอดภัย ยืดหยุ่นต่อการเปลี่ยนแปลงและยั่งยืน เป้าหมายย่อย 11.1 คือ สร้างหลักประกันว่าทุกคนเข้าถึงที่อยู่อาศัยและการบริการพื้นฐานที่เพียงพอ ปลอดภัย ในราคาที่สามารถจ่ายได้ และยกระดับชุมชนแออัดภายในปี พ.ศ. 2573 โดยแนวทางการศึกษาครั้งนี้เป็นการบูรณาการความร่วมมือระหว่างสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน กับสาขาสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ในการจัดการเรียนการสอน โดยใช้โจทย์จากสภาพปัญหาจริงในพื้นที่ รูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวได้พัฒนาขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2553 ในชื่อ ห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน (Community-Based Learning) หรือ CBL ซึ่งเป็นกลวิธีในการสอนที่มุ่งเน้นบูรณาการการบริการชุมชนกับการเรียนในห้องเรียน (Ibrahim, 2010) โดยมุ่งเน้นการฝึกทักษะควบคู่ไปกับการฝึกประสบการณ์การใช้ความรู้ทางสถาปัตยกรรมและใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาให้กับชุมชน โดยมีหลักเกณฑ์ที่สำคัญ 5 ประการ คือ การใช้พื้นที่และปัญหาในชุมชนจริงเป็นโจทย์ในการทำงาน การมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง การทำงานเป็นทีม

การมีส่วนร่วมของชุมชน และการบูรณาการการทำงานร่วมกับภาคีเครือข่าย (มณฑล จันทร์แจ่มใส, 2558) ห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนยังเป็นรูปแบบการเรียนรู้โดยการบริการ (Service Learning) ตามแนวทางที่เมลาวิลล์ และคนอื่น ๆ (Melaville et al., 2006, pp. 36–45) ได้ระบุว่าเป็นกลยุทธ์หนึ่งของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐานที่บูรณาการระหว่างการให้บริการชุมชนกับการศึกษาเนื้อหาสาระตามหลักสูตร เพื่อเสริมสร้างความรับผิดชอบ ต่อสังคมและชุมชน กิจกรรมการให้บริการที่ผู้เรียนกำหนดขึ้นต้องตอบสนองความต้องการ ของชุมชนและเชื่อมโยงกับเป้าหมายของการเรียนรู้ตามหลักสูตร โดยมีหลักการสำคัญ คือ 1) เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการที่มีเป้าหมายด้านความรู้ ความสามารถ ทักษะที่ชัดเจน 2) การบริการตอบสนองความต้องการของชุมชนที่แท้จริง มีช่วงเวลาการปฏิบัติอย่างเหมาะสม เกิดประโยชน์ทั้งต่อผู้เรียนและชุมชน 3) มีการร่วมมือระหว่างผู้เกี่ยวข้องเป็นจำนวนมาก โดยผู้เกี่ยวข้องทั้งหมดมีส่วนร่วมในการวางแผนการให้บริการ และทุกฝ่ายได้รับประโยชน์ ร่วมกัน 4) ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนโครงการ และดำเนินการตามภาระงานที่ได้รับ มอบหมาย 5) การสะท้อนคิดซึ่งเกิดขึ้นก่อน ระหว่าง และหลังการเรียนรู้ และ 6) ผู้เรียน มีส่วนร่วมในการประเมินผลการเรียนรู้โดยมีเป้าหมายเพื่อวัดความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของตน

นอกจากนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้ให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมของชุมชน ตามแนวทางของคณะกรรมการเมืองยานนาวา โดยมีแนวทางที่สอดคล้องกับที่นรินทรชัย พัฒนพงศา (2547, น. 17) ได้ระบุระดับของการมีส่วนร่วมไว้ 5 ระดับ คือ การมีส่วนร่วม ในการให้ข้อมูล การมีส่วนร่วมรับข้อมูลข่าวสาร การมีส่วนร่วมตัดสินใจ การมีส่วนร่วมทำ และการมีส่วนร่วมสนับสนุน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการแบบมีส่วนร่วม (Participatory Action Research หรือ PAR) ซึ่งเป็นแนวทางในการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่เน้นการมีส่วนร่วม และการดำเนินการโดยสมาชิกของชุมชนที่ได้รับผลกระทบจากการวิจัยนั้น มุ่งเน้นการสอบถาม และการทดลองร่วมกันโดยมีพื้นฐานมาจากประสบการณ์และประวัติศาสตร์สังคมในฐานะ ที่ชุมชนเป็นผู้ร่วมวิจัย (Reason & Bradbury, 2008) PAR แตกต่างกับวิธีการวิจัยกระแสหลัก ซึ่งเน้นการทดลองควบคุม การวิเคราะห์ทางสถิติ และการทำซ้ำของสิ่งที่ค้นพบ แต่พยายาม ร่วมกันเพื่อบูรณาการพื้นฐานสามด้านเข้าด้วยกัน ประกอบด้วย การมีส่วนร่วม (Participation) การกระทำ (Action) และการวิจัย (Research) (Chevalier & Buckles, 2013) ซึ่งการวิจัย ครั้งนี้มุ่งเน้นการทำความเข้าใจชุมชน รับฟังข้อมูลสภาพปัญหา และความต้องการเรื่องที่อยู่อาศัย รวมทั้งความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบของการพัฒนาพื้นที่ ซึ่งรูปแบบทางสถาปัตยกรรม ทั้ง 3 รูปแบบ เป็นเพียงเครื่องมือในการสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อให้เกิดการรับรู้ข้อมูล แนวทางการพัฒนาในรูปแบบที่หลากหลายที่มีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน ยังไม่ครอบคลุมกระบวนการ ออกแบบอย่างมีส่วนร่วมซึ่งมีการปฏิบัติการที่ละเอียดลึกซึ้งมากขึ้น ซึ่งจะดำเนินการในโอกาส

ต่อไป อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของการวิจัยนอกจากการสร้างความร่วมมือของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐกับสถาบันทางวิชาการแล้ว ยังเปิดโอกาสในการรับฟังและส่งเสริมการมีส่วนร่วมของชุมชนเพื่อแสวงหาแนวทางในการพัฒนาเชิงพื้นที่ในระดับเมือง ซึ่งนับเป็นความก้าวหน้าในกระบวนการแก้ปัญหาชุมชนผู้มีรายได้น้อยไปพร้อม ๆ กับการพัฒนาเมืองที่จะช่วยลดความขัดแย้งและสร้างการพัฒนาที่ยั่งยืนในอนาคต



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างสถานการณ์จำลองทางเลือกในการพัฒนาที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเขตยานนาวา โดยใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชน
2. เพื่อศึกษารูปแบบการสร้างความร่วมมือของสถาบันการศึกษากับภาคีเครือข่ายในการพัฒนาชุมชน
3. เพื่อสร้างทักษะให้กับผู้เรียนในการแก้ไขปัญหาที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อยโดยใช้สถานการณ์จริง



กรอบแนวคิดการวิจัย



แผนภูมิ 1 กรอบแนวความคิดในการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างสถานการณ์จำลองเพื่อสร้างทางเลือกในการพัฒนาพื้นที่ในเขตยานนาวา โดยเลือกพื้นที่ศึกษาแบบเฉพาะเจาะจง คือ ชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนา ตั้งอยู่บนพื้นที่ 22 ไร่ ซึ่งเป็นพื้นที่ราชพัสดุในความครอบครองของกรมธนารักษ์ มีบ้านพักอาศัย 560 หลังคาเรือน มีการจัดวางอย่างไม่เป็นระเบียบ ทั้งหมดมีการจ่ายค่าเช่าที่ดินเป็นรายหลังในราคาถูกโดยมี สัญญารายปี ภายในชุมชนมีการแบ่งกลุ่มย่อยตามแนวทางการอยู่อาศัยเป็น 12 กลุ่ม (กลุ่มละ 30-50 หลังคาเรือน) มีรายละเอียดดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลและลงพื้นที่สำรวจชุมชน

ขั้นตอนแรกของการศึกษาหลังจากการกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจน คือ ผู้สอนจะจัดแบ่ง ทีมนักศึกษาสาขาสถาปัตยกรรมชั้นปีที่ 4 จำนวน 32 คน เพื่อมอบหมายความรับผิดชอบและ กำหนดบทบาทในการรวบรวมข้อมูลโดยทั้งหมดจะทำงานร่วมกัน โดยในส่วนแรก คือ ภาพรวม ของพื้นที่เขตยานนาวาในเรื่องตำแหน่งที่ตั้ง ข้อกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินในผังเมืองและ การใช้ประโยชน์ที่ดินในปัจจุบัน โครงสร้างพื้นฐาน การเชื่อมโยงกับระบบคมนาคม ส่วนที่สอง คือ ข้อมูลชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนาทั้งในมิติทางเศรษฐกิจ สังคม และสภาพแวดล้อม การรวบรวม ข้อมูลปฐมภูมิจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และข้อมูลจากเว็บไซต์ นอกจากนั้นการเก็บข้อมูลจาก การลงพื้นที่จะนำไปสู่ข้อมูลเชิงลึก โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ข้อมูลสภาพแวดล้อมทาง กายภาพของชุมชน ใช้การบันทึกภาพและบันทึกรายละเอียด 2) ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม ระดับครัวเรือน การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง 3) ข้อมูลที่เกี่ยวกับ ความคิดเห็นเรื่องการพัฒนาที่อยู่อาศัย การสะท้อนสภาพปัญหาและความต้องการ ใช้วิธีการ สนทนากลุ่ม (Focus Group) ซึ่งภายในชุมชนมีการแบ่งกลุ่มย่อยตามแนวทางการอยู่อาศัย เป็น 12 กลุ่ม (กลุ่มละ 30-50 หลังคาเรือน) แต่ละกลุ่มจะมีตัวแทนมาร่วมประชุม 5-10 คน โดยนักศึกษาจะแบ่งทีมไปจัดการสนทนาในแต่ละกลุ่มทั้ง 12 กลุ่ม โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ตัวแทน สะท้อนปัญหาและความต้องการเรื่องที่อยู่อาศัย รวมทั้งอุปสรรคในการพัฒนาที่อยู่อาศัยจาก สภาพปัจจุบัน โดยแต่ละกลุ่มจะใช้เวลาประมาณ 60-90 นาที หลังจากนั้นตัวแทนของ แต่ละกลุ่มจะเป็นผู้ประสานงานนำนักศึกษาประจำกลุ่มไปทำการบันทึกภาพและเก็บข้อมูล สภาพแวดล้อมทางกายภาพ รวมทั้งทำการเก็บข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคม รายครัวเรือน โดยใช้แบบสอบถาม หลังจากนั้นจะนำข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ของแต่ละกลุ่มมาประมวลผลและ วิเคราะห์ร่วมกัน

2. การวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อระบุปัญหา

หลังจากการลงพื้นที่สำรวจและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ผู้สอนและผู้เรียนจะตั้งวงอภิปรายสภาพปัญหาต่าง ๆ ที่ได้พบเจอและจากการพูดคุยกับผู้คนในพื้นที่ ซึ่งจะต้องสรุปเป็นประเด็นปัญหาที่เกี่ยวข้องและนำไปสู่การออกแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อแก้ปัญหาของชุมชน

3. การกำหนดแนวความคิดในการพัฒนาที่อยู่อาศัยเพื่อแก้ไขปัญหา

ข้อมูลจากการอภิปรายและวิเคราะห์ร่วมกัน จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ของแต่ละปัญหาที่เชื่อมโยงกัน การเสนอทางออกในการแก้ปัญหาจึงมุ่งเน้นการมองภาพรวมและบูรณาการการทำงานให้เกิดประโยชน์กับทุกฝ่าย โดยกำหนดเป็นสถานการณ์จำลอง กล่าวคือ ต้องเสนอการออกแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมทางกายภาพไปพร้อม ๆ กันกับแนวทางการปรับปรุงฟื้นฟูสภาพปัญหาทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชนด้วย นอกจากนั้นควรคำนึงถึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นกับสังคมและพื้นที่โดยรอบ

4. การจัดเวทีวิพากษ์เพื่อสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน

เป็นอีกขั้นตอนที่สำคัญของการวิจัย เพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากชุมชน รวมทั้งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจะได้ร่วมรับฟังปัญหาและความต้องการของชุมชน

5. การพัฒนางานออกแบบเพื่อส่งมอบให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

หลังจากรับฟังข้อคิดเห็นจากเวทีวิพากษ์ จะเป็นขั้นตอนการพัฒนางานออกแบบเพื่อให้เกิดความเหมาะสม รวมทั้งสรุปผลลัพธ์และเงื่อนไขของแต่ละสถานการณ์ของการออกแบบ (Scenario) และทำการส่งมอบให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องและชุมชน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโครงการต่อไป

6. การประเมินผลทักษะของผู้เรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมในรูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชน



ผลการวิจัย

ผลจากการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลในพื้นที่ศึกษา คือ ชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนา (ภาพ 1) แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนแรก เป็นการสำรวจข้อมูลสภาพแวดล้อมทางกายภาพของชุมชน โดยใช้การบันทึกภาพและเขียนคำบรรยาย พบว่าชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนาเป็นชุมชนแออัดที่มีบ้านเรือนสูงไม่เกิน 2 ชั้น สภาพอาคารไม่มั่นคงถาวรและมีความชำรุดทรุดโทรม วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างส่วนใหญ่เป็นวัสดุเหลือใช้ที่ได้จากการรื้อถอนมาจากที่อื่น เช่น เศษเหล็ก สังกะสี ไม้ขนาดต่าง ๆ กัน ในส่วนของทางสัญจรมีความคับแคบ พื้นผิวเป็นคอนกรีตขรุขระ บางช่วงมีความกว้างต่ำกว่า 80 เซนติเมตร มีการใช้ประโยชน์ทั้งการเดิน ขี่จักรยานและจักรยานยนต์

ไม่มีไฟฟ้าส่องสว่างในช่วงกลางคืน ภายในพื้นที่ชุมชนไม่มีระบบการจัดการเรื่องขยะ ส่วนใหญ่นำมาทิ้งในถังขยะริมถนนใหญ่ นอกพื้นที่ชุมชน พื้นที่ส่วนกลางจะใช้ประโยชน์จากพื้นที่ใต้ทางยกระดับบริเวณด้านหน้าของชุมชน มีเครื่องออกกำลังกาย และเป็นพื้นที่พักผ่อนพบปะพูดคุยของผู้สูงอายุในชุมชน เด็ก ๆ ในชุมชนใช้พื้นที่รกร้างบริเวณใกล้เคียงเพื่อทำกิจกรรมและเล่นกีฬา



ภาพ 1 การลงพื้นที่เพื่อสำรวจและจัดเก็บข้อมูลในชุมชนเพื่อเพลิงพัฒนา

ส่วนที่สอง คือ ข้อมูลทางเศรษฐกิจและสังคมระดับครัวเรือน การเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามแบบมีโครงสร้าง โดยการแบ่งนักศึกษาออกเป็น 12 ทีม สอดคล้องกับการแบ่งกลุ่มภายในชุมชน (12 โซน) จัดเก็บข้อมูลร่วมกับตัวแทนของแต่ละโซนโดยมีเป้าหมายในการจัดเก็บทุกหลัง (560 หลังคาเรือน) อย่างไรก็ตาม การจัดเก็บข้อมูลมีข้อจำกัด คือ สมาชิกในชุมชนบางส่วนยังไม่เข้าใจในเป้าหมายของโครงการและขาดความเชื่อมั่น จึงมีความกังวลว่าจะถูกไล่ออกจากพื้นที่อย่างไม่มีเงื่อนไข หรือหากเป็นการรื้อเพื่อสร้างที่อยู่อาศัยใหม่ก็ไม่ต้องมีการมีภาระค่าใช้จ่ายในการผ่อนชำระ จึงไม่ประสงค์จะเข้าร่วมโครงการและไม่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม นอกจากนั้นยังมีปัญหาในการเก็บข้อมูลรายครัวเรือนอื่น ๆ อีก ได้แก่ สมาชิกของชุมชนส่วนใหญ่เป็นผู้มีรายได้น้อย จึงมักใช้เวลาส่วนใหญ่ในการออกไปทำงานทุกวันและกลับมาบ้านเฉพาะช่วงเวลาพักผ่อนเท่านั้น จึงไม่สามารถเก็บข้อมูลในส่วนนี้ได้ ผลจากการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม พบว่าสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ทั้งหมด 226 ชุด คิดเป็นร้อยละ 40.35 กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในชุมชนเป็นระยะเวลามากกว่า 10 ปี

จำนวน 138 ราย (ร้อยละ 61.06) รองลงมา คือ ระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในชุมชนระหว่าง 5–10 ปี จำนวน 72 ราย (ร้อยละ 31.85) และระยะเวลาที่อาศัยอยู่ในชุมชนไม่เกิน 5 ปี จำนวน 16 ครั้วเรือน (ร้อยละ 7.07) ตามลำดับ รายได้ครัวเรือน ส่วนใหญ่อยู่ระหว่าง 10,000–30,000 บาทต่อเดือน จำนวน 102 ครั้วเรือน (ร้อยละ 45.13) รองลงมา คือ รายได้ต่อเดือนมากกว่า 30,000 บาท จำนวน 81 ครั้วเรือน (ร้อยละ 35.84) และรายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 10,000 บาท จำนวน 43 ครั้วเรือน (ร้อยละ 9.02) ตามลำดับ จำนวนสมาชิกในครัวเรือนส่วนใหญ่มีจำนวนสมาชิก 5–8 คน จำนวน 92 ครั้วเรือน (ร้อยละ 40.70) รองลงมา คือ จำนวนสมาชิกในครัวเรือนไม่เกิน 4 คน จำนวน 87 ครั้วเรือน (ร้อยละ 38.49) และจำนวนสมาชิกในครัวเรือนมากกว่า 8 คน จำนวน 47 ครั้วเรือน (ร้อยละ 20.79) ตามลำดับ ส่วนในเรื่องอาชีพของชุมชน ใช้การสอบถามอาชีพของหัวหน้าครอบครัวที่เป็นผู้หารายได้หลัก พบว่าส่วนใหญ่ประกอบอาชีพรับจ้างทั่วไป จำนวน 109 ราย (ร้อยละ 48.23) รองลงมา คือ เป็นลูกจ้างหรือพนักงานบริษัทเอกชน จำนวน 63 ราย (ร้อยละ 27.87) ประกอบธุรกิจส่วนตัว จำนวน 28 ราย (ร้อยละ 12.38) และรับราชการ จำนวน 26 ราย (ร้อยละ 11.50) ตามลำดับ

ส่วนที่สาม คือ ข้อมูลความคิดเห็นเรื่องการพัฒนาที่อยู่อาศัย พบว่าชุมชนส่วนใหญ่มีความกังวลเรื่องการถูกไล่รื้อออกจากพื้นที่และไม่สามารถหาที่อยู่ใหม่ในทำเลเดิมเนื่องจากรายได้ไม่เพียงพอ การย้ายไปอยู่ในพื้นที่ใหม่จะส่งผลต่อวิถีชีวิต เนื่องจากที่เดิมอยู่ใกล้ที่ทำงาน และโรงเรียนของบุตรหลาน ส่วนในอนาคตหากมีโครงการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่เดิม อยากให้มีพื้นที่อยู่อาศัยราคาถูกที่สามารถจ่ายได้และมีความมั่นคงในระยะยาว เมื่อสอบถามถึงสภาพปัญหาของชุมชนสามารถประมวลออกเป็นมิติต่าง ๆ ประกอบด้วย มิติทางสังคม ได้แก่ ปัญหา ยาเสพติด การศึกษา สาธารณูปโภค อาชญากรรม และความปลอดภัย มิติทางเศรษฐกิจ ได้แก่ อาชีพและรายได้ไม่มั่นคง ความยากจน และปัญหาหนี้สิน มิติทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปัญหา การจัดการขยะ มลภาวะทางเสียงและอากาศที่ส่งผลต่อภาพลักษณ์ของชุมชน มิติทางการใช้ประโยชน์ที่ดินและที่พักอาศัย ได้แก่ ปัญหาสิทธิครอบครองการใช้ที่ดินที่ขาดความมั่นคง ที่ดินมีราคาแพง ปัญหาอาคารสิ่งปลูกสร้างทรุดโทรม อย่างไรก็ตาม จากการอภิปรายพบว่า ปัญหาทุกเรื่องมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์และส่งผลต่อกัน การเสนอทางออกในการแก้ปัญหาจึงไม่สามารถแยกคิดออกเพียงมิติใดมิติหนึ่ง แต่จะต้องแก้ไขปัญหาโดยเสนอทางออกที่เป็นการบูรณาการทุกมิติ

การกำหนดแนวความคิดในการพัฒนาที่อยู่อาศัยเพื่อแก้ไขปัญหามาจากการอภิปรายของผู้เรียนมีความเห็นร่วมกันเป็นข้อเสนอในภาพรวม คือ ควรจัดระเบียบสภาพแวดล้อมและลดความแออัด เพิ่มพื้นที่สีเขียวและพื้นที่ส่วนกลางของชุมชน เพิ่มสิ่งอำนวยความสะดวก การเปิดพื้นที่ให้ชุมชนมีความสัมพันธ์กับเมือง รวมทั้งการสร้างภาพลักษณ์ใหม่ให้กับชุมชน

ผู้เรียนได้รับมอบหมายให้แบ่งกลุ่มทำงานระดมความคิดในการออกแบบสถานการณ์จำลองในการแก้ปัญหาที่อยู่อาศัยของชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนา โดยมีขอบเขตที่กำหนดการใช้ที่ดินตามนโยบายของกรมธนารักษ์ คือ การใช้ประโยชน์ที่ดินจะต้องเป็นไปในลักษณะการเช่าที่มีระยะเวลาไม่เกิน 30 ปี กรรมสิทธิ์ในที่ดินยังคงเป็นของกรมธนารักษ์ ซึ่งแนวคิดในการพัฒนาสามารถสรุปเป็น 3 แนวคิด ดังนี้

1. แนวคิดการพัฒนาที่อยู่อาศัยแนวราบ (Low-rise Housing) เป็นแนวคิดที่พัฒนาที่อยู่อาศัยบนที่ดินเดิม การใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่ใช้เพื่อการอยู่อาศัยของชุมชนเดิม มีการจัดกลุ่มอาคารเป็น 12 กลุ่ม ตามกลุ่มที่มีความสัมพันธ์เดิมของชุมชน มุ่งเน้นการจัดระเบียบที่อยู่อาศัยโดยใช้รูปแบบอาคารเรือนแถวสูงไม่เกิน 2 ชั้น ค่าก่อสร้างราคาถูกและสร้างได้เร็ว มีพื้นที่สวนสาธารณะที่ให้ผู้คนทั่วไปเข้ามาใช้ประโยชน์ได้บางส่วน ตามภาพ 2



ภาพ 2 แนวความคิดที่อยู่อาศัยแนวราบ (Low-rise Housing)

2. แนวคิดการพัฒนาที่อยู่อาศัยแบบอาคารชุดความสูงปานกลาง (Middle-rise Housing) เป็นแนวคิดที่คำนึงถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยเป็นส่วนใหญ่ ใช้รูปแบบอาคารชุดเพื่อการพักอาศัยที่สูงไม่เกิน 23 เมตร (ไม่เข้าเกณฑ์อาคารสูง) ทำให้มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น การจัดกลุ่มแบ่งเป็น 12 อาคาร ตามกลุ่มสัมพันธ์เดิมของชุมชน แต่ละอาคารวางเป็นรูปตัวแอล (L shape) มีพื้นที่ว่างส่วนกลางของแต่ละอาคาร รวมกับอาคารส่วนกลาง เพื่อส่งเสริมการประกอบอาชีพและศูนย์การเรียนรู้ให้กับคนในชุมชนและชุมชนผู้มีรายได้น้อยในละแวกเดียวกัน ตามภาพ 3 การจัดในรูปแบบนี้ได้จัดแบ่งพื้นที่ส่วนหนึ่งคืนให้แก่กรมธนารักษ์ใช้ทำประโยชน์ต่อไป



ภาพ 3 แนวความคิดที่อยู่อาศัยแบบอาคารชุดความสูงปานกลาง (Middle-rise Housing)

3. แนวคิดการพัฒนาที่อยู่อาศัยแบบอาคารสูงและใช้สอยแบบผสมผสาน (High-rise and Mixed-use Building) แนวคิดนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามมูลค่าสูงสุด คือ ใช้ประโยชน์ตามเกณฑ์ข้อกำหนดที่ให้อาคารสูงได้โดยมีลักษณะโครงการที่มีประโยชน์ใช้สอยที่ผสมผสาน สามารถตอบสนองทั้งความต้องการที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อยในพื้นที่เดิมและพื้นที่ใกล้เคียง รวมทั้งบริการอื่น ๆ ในอาคารเดียวกัน รูปแบบอาคารจึงเป็นอาคารขนาดใหญ่พิเศษ ตามภาพ 4 นอกจากนั้นมีการใช้ประโยชน์เพื่อการพักอาศัยรูปแบบอื่น ๆ เช่น โฮสเทล และอาคารทางพาณิชย์กรรมอื่น ๆ เพื่อส่งเสริมการประกอบอาชีพและศูนย์การเรียนรู้ให้กับคนในชุมชน และคืนพื้นที่ให้กับเมือง



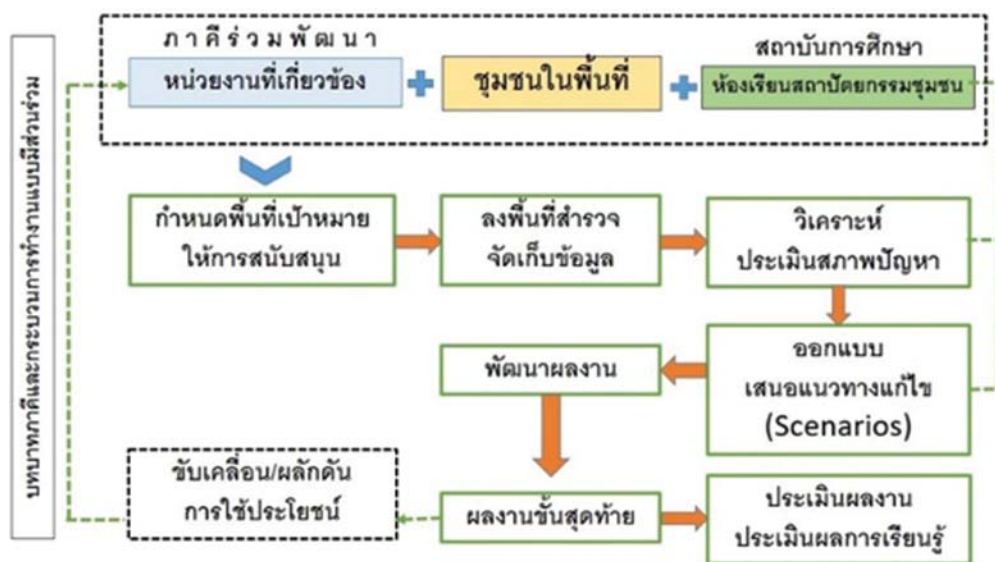
ภาพ 4 แนวความคิดที่อยู่อาศัยอาคารสูงและใช้สอยผสมผสาน
(High-rise and Mixed-use Building)

หลังจากพัฒนางานออกแบบตามแนวคิดทั้ง 3 รูปแบบ ในขั้นตอนของการจัดเวทีวิพากษ์ เพื่อสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมของชุมชน จัดขึ้นที่ศูนย์เยาวชนชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนาซึ่งเป็นพื้นที่ส่วนกลาง โดยมีผู้คนในชุมชนได้เข้าร่วมรับฟังและเสนอแนะความคิดเห็นที่หลากหลาย การประชุมได้เชิญตัวแทนของชุมชนจากทั้ง 12 โซน ตัวแทนโซนละไม่เกิน 3 คน จำนวนรวมทั้งสิ้น 32 คน ทั้งนี้ เป้าหมายของการจัดเวทีวิพากษ์เพื่อสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบการพัฒนาพื้นที่ที่เหมาะสมในอนาคต ตามภาพ 5 พบว่าส่วนใหญ่มีความเห็นอยากพัฒนาที่อยู่อาศัยในพื้นที่เดิม จำนวน 32 คน (ร้อยละ 100) โดยส่วนใหญ่ยังคงสนใจการพัฒนาแบบที่อยู่อาศัยในแนวราบ (แนวความคิด 1) จำนวน 21 ราย (ร้อยละ 65.62) รองลงมา ยังไม่แสดงความคิดเห็น จำนวน 9 ราย (ร้อยละ 28.12) และสนใจรูปแบบอาคารชุดพักอาศัย (แนวความคิด 2) จำนวน 3 ราย (ร้อยละ 9.37) เหตุผลของกลุ่มที่สนับสนุนการพัฒนาที่อยู่อาศัยแนวราบ คือ มีความคุ้นเคยกับที่อยู่อาศัยแบบเดิม ไม่ต้องการขึ้นอาคารสูง เพราะมีเครื่องมือหากินที่ต้องการการจัดเก็บในแนวราบ เช่น รถเข็นและที่เก็บอุปกรณ์เพื่อการค้าขาย นอกจากนี้ ส่วนหนึ่งเป็นผู้สูงอายุที่ไม่สะดวกในการอยู่อาศัยในอาคารสูง รวมทั้งมีความกังวลเรื่องพื้นที่ทางสังคมที่ใช้พบปะเพื่อนบ้าน อีกส่วนหนึ่งของผลการวิจัยที่มีผู้ที่ยังไม่แสดงความคิดเห็น พบว่ามีความไม่มั่นใจในสถานะทางการเงิน โดยมีเงื่อนไขที่สำคัญคืออัตราการผ่อนชำระสำหรับที่อยู่ใหม่ หากโครงการมีรูปแบบและราคาที่เหมาะสมกับรายได้ก็พร้อมสนับสนุน



ภาพ 5 การจัดเวทีนำเสนอผลงานออกแบบเพื่อรับฟังความคิดเห็นจากชุมชน

นอกจากนั้น กระบวนการดำเนินการวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปรูปแบบการสร้างความร่วมมือของสถาบันการศึกษา กับภาคีเครือข่ายในการพัฒนาชุมชน ได้ตั้งแผนภูมิ 2 ซึ่งสามารถอธิบายถึงบทบาทและความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานท้องถิ่น ภาคีร่วมพัฒนา ชุมชนในพื้นที่ รวมทั้งสถาบันการศึกษา ที่ใช้รูปแบบของห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนในการสร้างความร่วมมือในการพัฒนาชุมชน หรือการพัฒนาเชิงพื้นที่ของเมือง ความสัมพันธ์ของทุกภาคส่วนได้สร้างกระบวนการทำงานร่วมกันอย่างมีส่วนร่วม และก่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกัน ตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและประเมินสภาพปัญหา การเสนอแนวทางการแก้ไข การพัฒนางานออกแบบ การจัดเวทีวิพากษ์ การพัฒนาผลงาน จนถึงการร่วมผลักดันไปสู่การทำให้จริง ซึ่งเป็นแนวทางการทำงานที่ช่วยให้การพัฒนาเชิงพื้นที่สามารถขับเคลื่อนไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ



แผนภูมิ 2 รูปแบบความร่วมมือของสถาบันการศึกษา กับภาคีเครือข่ายในการพัฒนาชุมชน

ผลลัพธ์ในส่วนของการพัฒนาทักษะของผู้เรียนโดยใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนจากการประเมินผลนักศึกษาสาขาสถาปัตยกรรมที่เข้าร่วมกิจกรรม โดยใช้การประเมินในขั้นตอนหลังจากเสร็จสิ้นโครงการ ผู้สอนจะทำการสัมภาษณ์บุคคลโดยใช้คำถามว่า ผู้เรียนคิดว่าได้เรียนรู้ทักษะอะไรมากที่สุด พบว่าส่วนใหญ่ได้เรียนรู้ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration Skill) จำนวน 22 คน (ร้อยละ 68.75) รองลงมา คือ ทักษะการสื่อสารกับชุมชน (Communication Skill) จำนวน 6 คน (ร้อยละ 18.75) และการได้ใช้ทักษะด้านการออกแบบและวิชาชีพเพื่อแก้ปัญหาให้ชุมชน (Career Skill) จำนวน 4 คน (ร้อยละ 12.5)

ตามลำดับ นอกจากนั้นผู้เรียนได้ให้ความเห็นเพิ่มเติมว่า การเรียนรู้จากสถานการณ์จริงทำให้ได้เข้าใจปัญหาชุมชน รวมทั้งได้รู้ถึงศักยภาพของตนเองและมีความภาคภูมิใจที่ได้ใช้ความรู้ช่วยเหลือผู้อื่นในสังคม



อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแนวทางการพัฒนาที่อยู่อาศัยชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนาซึ่งเป็นพื้นที่ตัวอย่างในเขตยานนาวาที่มีปัญหาเรื่องที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อย มีการครอบครองหรือบุกรุกในพื้นที่สาธารณะเป็นระยะเวลายาวนาน แนวทางในการศึกษาเป็นการออกแบบเพื่อสร้างสถานการณ์จำลองทางเลือกของการใช้พื้นที่เพื่อแก้ปัญหาที่อยู่อาศัยเดิม รวมทั้งการพัฒนาพื้นที่ให้เหมาะสมตามศักยภาพของพื้นที่ดินในเมืองที่มีความหนาแน่นสูง โดยสรุปได้ออกแบบเป็น 3 แนวทาง มีเงื่อนไขที่แตกต่างกันทั้งในด้านระยะเวลาและงบประมาณในการดำเนินการเพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ผลการวิจัยได้ชี้ให้เห็นในมุมมองของชุมชนที่มีความต้องการอยู่อาศัยในพื้นที่เดิม เนื่องจากวิถีชีวิตและการประกอบอาชีพที่เชื่อมโยงกับทำเลของที่อยู่อาศัย นอกจากนั้น ยังต้องการที่อยู่อาศัยในรูปแบบที่เป็นแนวราบที่ใกล้เคียงกับแบบเดิม เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับการประกอบอาชีพที่มีความจำเป็นต้องมีพื้นที่จอดรถขึ้นและเก็บของ นอกจากนั้นยังมีเรื่องพื้นที่ทางสังคมและผู้สูงอายุ ซึ่งหากมองในเรื่องความคุ้มค่าของการใช้ที่ดินในเมืองซึ่งมีการกำหนดการใช้ที่ดินให้มีการใช้ที่ดินเป็นอาคารที่มีความหนาแน่นมากขึ้น เช่น อาคารสูงหรืออาคารที่มีการใช้สอยแบบผสมผสาน (Mixed-use Building) ซึ่งต้องมีการลงทุนที่สูงเนื่องจากมีต้นทุนราคาที่ดินที่สูงตามราคาตลาด ชุมชนผู้มีรายได้น้อยที่อยู่ในพื้นที่เดิมหรือพื้นที่ใกล้เคียงไม่สามารถเข้าถึงการเช่าหรือเป็นเจ้าของได้อย่างไรก็ตาม หากมองในมุมมองของการพัฒนาเศรษฐกิจในพื้นที่เมืองมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการขับเคลื่อนการพัฒนาในทุกภาคส่วน ไม่ว่าจะเป็นพื้นที่เพื่อการทำงาน สำนักงาน สถานที่ราชการ สถาบันการศึกษา พื้นที่สาธารณะเพื่อการนันทนาการ พื้นที่เพื่อการอยู่อาศัยที่สะดวกต่อการเดินทางมายังแหล่งงานของผู้คนทุกกลุ่มที่เกี่ยวข้อง ผู้คนในภาคส่วนบริการ (Service Sector) ก็เป็นส่วนที่สำคัญจำเป็นในการสนับสนุนด้านการใช้แรงงาน (ต้นทุนต่ำ) เพื่อขับเคลื่อนกิจกรรมบริการในเมือง ช่วยลดต้นทุนการผลิตในส่วนต่าง ๆ ของเมือง กลุ่มคนเหล่านี้เป็นผู้มีรายได้น้อยที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ชุมชนที่เป็นปัญหาในทุกย่านเมือง ดังนั้น การวางแผนจัดวางองค์ประกอบพื้นที่เพื่อให้เมืองมีความสมดุลจึงควรพิจารณาให้มีการพัฒนาที่เปิดโอกาสให้ชุมชนผู้มีรายได้น้อยเหล่านี้ได้มีโอกาสร่วมอยู่อาศัยในพื้นที่เมือง ซึ่งเป็นแหล่งงานสร้างความมั่นคงและมีคุณภาพชีวิตที่ดี อย่างไรก็ตาม การพัฒนารูปแบบที่เหมาะสมก็ควรพิจารณาถึงความคุ้มค่าของการใช้ที่ดิน กล่าวคือ มีการใช้พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพตามศักยภาพของที่ดินทั้งในด้าน

เศรษฐกิจ สังคม ที่ตอบสนองต่อการใช้พื้นที่สาธารณะทั้งในระดับเมือง ระดับย่าน และระดับชุมชน โดยพิจารณาถึงความสอดคล้องของการใช้สอยพื้นที่ที่สนับสนุนวิถีชีวิต การประกอบอาชีพ กิจกรรมทางสังคมของชุมชน รวมทั้งการดูแลสวัสดิการของชุมชนในทุกช่วงวัย ผลการวิจัยครั้งนี้ อาจนำไปสู่การเปิดโอกาสให้ภาคเอกชนมาร่วมลงทุนเพื่อพัฒนาโครงการที่ตอบสนองต่อการใช้ศักยภาพของที่ดินอย่างคุ้มค่า (ในมุมมองของเจ้าของที่ดิน) สามารถสร้างผลประโยชน์ทางธุรกิจ ต่อผู้ลงทุน สามารถตอบสนองการแก้ไขปัญหาที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อยให้มีที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมอย่างมั่นคง รวมทั้งการจัดสรรพื้นที่สาธารณะประโยชน์ให้แก่ผู้คนในเมือง ซึ่งนับเป็นโจทย์ที่ท้าทายต่อการพัฒนาพื้นที่เมืองที่มีความหนาแน่นและมีปัญหาซับซ้อน การออกแบบเพื่อสร้างทางเลือกในการพัฒนาจึงเป็นการสร้างกระบวนการมีส่วนร่วมให้ทุกฝ่าย ทั้งภาครัฐและชุมชนได้มีความเข้าใจและยอมรับกันด้วยเหตุผลมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลต่อความร่วมมือและลดความขัดแย้งในการพัฒนาที่จะสร้างประโยชน์ให้กับทุกฝ่ายในอนาคต

ส่วนผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียนในด้านของทักษะที่ได้รับจากการใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรม พบว่าส่วนใหญ่ได้เรียนรู้ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration Skill) รองลงมา คือ ทักษะการสื่อสารกับชุมชน (Communication Skill) และการได้ใช้ทักษะด้านการออกแบบและวิชาชีพเพื่อแก้ปัญหาให้ชุมชน (Career Skill) นอกจากนั้น การเรียนรู้จากสถานการณ์จริงทำให้ได้เข้าใจปัญหาชุมชน รวมทั้งได้รู้ถึงศักยภาพของตนเองและมีความภาคภูมิใจที่ได้ใช้ความรู้ช่วยเหลือผู้อื่นในสังคม ผลลัพธ์ดังกล่าวมีความสอดคล้องกับทักษะที่สำคัญของคนในศตวรรษที่ 21 ซึ่งได้จัดหมวดหมู่เป็น 4 กลุ่ม คือ 1) วิถีทางของการคิด (Ways of Thinking) ได้แก่ การคิดสร้างสรรค์ การคิดแบบมีวิจารณญาณ การแก้ปัญหาการเรียนรู้และตัดสินใจ 2) วิถีทางของการทำงาน (Ways of Working) ได้แก่ การติดต่อสื่อสารและการร่วมมือ 3) เครื่องมือสำหรับการทำงาน (Tools for Working) ได้แก่ เทคโนโลยีสารสนเทศและความรู้ด้านข้อมูล และ 4) ทักษะสำหรับดำรงชีวิตในโลกปัจจุบัน (Ways of Living in the World) ได้แก่ ความเป็นพลเมือง ชีวิตและอาชีพ และความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม (Saavedra & Opfer, 2012, pp. 4–5; Schleicher, 2012, pp. 34–35) นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner Aspirations) ในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 ของประเทศไทย ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีทักษะการเรียนรู้ 8Cs ประกอบด้วย ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ (Cross-cultural Understanding) ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ (Collaboration, Teamwork, and Leadership) ทักษะด้านการสื่อสาร สารสนเทศ และการรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information,

and Media Literacy) ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) ทักษะอาชีพและทักษะการเรียนรู้ (Career and Learning Skills) รวมทั้งความมีเมตตา กรุณา มีวินัย คุณธรรม จริยธรรม (Compassion) (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 79–80) ผลลัพธ์จากการใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนในการบูรณาการจัดการเรียนการสอนกับการบริการชุมชนในครั้งนี้ นอกจากเป็นการใช้ความรู้และทักษะทางวิชาชีพเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาให้กับชุมชนแล้วยังก่อให้เกิดการพัฒนาทักษะที่สำคัญต่อผู้เรียน รวมทั้งเชื่อมโยงผู้เรียนไปสู่ความเป็นพลเมืองด้วย (Melaville et al., 2006, pp. 36–45)



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า ชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนาในเขตยานนาวา ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาจากการสำรวจโดยใช้แบบสอบถามเพื่อทำความเข้าใจชุมชนในพื้นที่ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้มีรายได้น้อย มีอาชีพรับจ้างทั่วไป (ร้อยละ 48.23) มีจำนวนสมาชิกในครัวเรือนระหว่าง 5–8 คน (ร้อยละ 40.70) รายได้ครัวเรือนต่อเดือน อยู่ระหว่าง 15,000–30,000 บาท (ร้อยละ 45.13) ส่วนใหญ่พักอาศัยในชุมชนเป็นระยะเวลามากกว่า 10 ปี (ร้อยละ 61.06) และจากการสนทนากลุ่มตัวแทนของชุมชน พบว่าส่วนใหญ่มีความกังวลเรื่องการถูกไล่รื้อออกจากพื้นที่ เนื่องจากที่เดิมอยู่ใกล้ที่ทำงานและโรงเรียนของลูกหลาน ส่วนในอนาคตหากมีโครงการพัฒนาปรับปรุงพื้นที่เดิม อยากให้มีส่วนพื้นที่อยู่อาศัยราคาถูกที่สามารถจ่ายได้และมีความมั่นคงในระยะยาว เมื่อสอบถามถึงสภาพปัญหาของชุมชนสามารถประมวลออกเป็นมิติต่าง ๆ ประกอบด้วย มิติทางสังคม ได้แก่ ปัญหายาเสพติด การศึกษา สาธารณูปโภค อาชญากรรม และความปลอดภัย มิติทางเศรษฐกิจ ได้แก่ อาชีพและรายได้ไม่มั่นคง ความยากจน และปัญหาหนี้สิน มิติทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ปัญหาการจัดการขยะ มลภาวะทางเสียงและอากาศ ที่ส่งผลต่อภาพลักษณ์ของชุมชน มิติทางการใช้ประโยชน์ที่ดินและที่พักอาศัย ได้แก่ ปัญหาสิทธิครอบครอง การใช้ที่ดินที่ขาดความมั่นคง ที่ดินมีราคาแพง ปัญหาอาคารสิ่งปลูกสร้างทรุดโทรม ส่วนผลการจัดเวทีวิพากษ์แนวความคิดและรูปแบบในการพัฒนาที่ดิน พบว่าตัวแทนชุมชนทั้งหมดมีความคิดเห็นอยากพัฒนาที่อยู่อาศัยในพื้นที่เดิม (ร้อยละ 100) โดยส่วนใหญ่ยังคงสนใจการพัฒนารูปแบบที่อยู่อาศัยในแนวราบ (แนวความคิดที่ 1) (ร้อยละ 65.62) เหตุผลของกลุ่มที่สนับสนุนการพัฒนาที่อยู่อาศัยแนวราบ คือ มีความคุ้นเคยกับที่อยู่อาศัยแบบเดิม ไม่ต้องการขึ้นอาคารสูง เพราะมีเครื่องมือหากินที่ต้องการการจัดเก็บในแนวราบ และส่วนหนึ่งเป็นผู้สูงอายุที่ไม่สะดวกในการอยู่อาศัยในอาคารสูง รวมทั้งมีความกังวลเรื่องพื้นที่ทางสังคมที่ใช้พบปะเพื่อนบ้าน อีกส่วนหนึ่งที่มีผู้ที่ยังไม่แสดงความคิดเห็น พบว่าไม่มั่นใจในสถานะ

ทางการเงินโดยมีเงื่อนไขที่สำคัญ คือ ราคาและอัตราการผ่อนชำระสำหรับที่อยู่ใหม่ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นอีกประการหนึ่งจากการใช้รูปแบบห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชนมาใช้ในการเสนอแนวทางการแก้ปัญหาให้กับชุมชน คือ การพัฒนาทักษะของผู้เรียน การสร้างการเรียนรู้และประสบการณ์ให้กับผู้เรียน รวมทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Schleicher, 2012, pp. 34–35; Saavedra & Opfer, 2012, pp. 4–5) และสอดคล้องกับเป้าหมายด้านผู้เรียน (Learner Aspirations) ในแผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579 ของประเทศไทย ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนให้มีทักษะการเรียนรู้ 8Cs (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 79–80) และความรู้สึกรับผิดชอบต่อสังคม (Cuban & Anderson, 2007) รวมทั้งเชื่อมโยงผู้เรียนไปสู่ความเป็นพลเมือง (Melaville et al., 2006, pp. 36–45)

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ในส่วนของผลลัพธ์จากการออกแบบสถานการณ์จำลอง (Scenarios) ทั้งสามรูปแบบ คือ ที่อยู่อาศัยแนวราบ อาคารชุดความสูงปานกลาง และอาคารสูงที่มีประโยชน์ใช้สอยที่หลากหลาย ให้ผลลัพธ์และส่งผลกระทบที่แตกต่างกันในหลายมิติ ก่อให้เกิดการเรียนรู้ร่วมกันทั้งชุมชน ภาครัฐ และเจ้าของที่ดิน จากการร่วมอภิปรายและวิเคราะห์เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจดำเนินการโครงการในอนาคตของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดประโยชน์กับทุกฝ่ายและเกิดการยอมรับของชุมชน จึงควรพิจารณาปัจจัยและเงื่อนไขที่สำคัญในการกำหนดนโยบายภาครัฐ ดังนี้

1. โครงการพัฒนาที่อยู่อาศัยสำหรับชุมชนผู้มีรายได้น้อยในรูปแบบโครงการบ้านมั่นคงควรเป็นส่วนหนึ่งของการแก้ไขปัญหาที่อยู่อาศัยของชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเขตยานนาวาและย่านใกล้เคียง เนื่องจากการดำรงอยู่ของชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเขตเมืองเป็นการลดต้นทุนของเมือง เนื่องจากชุมชนผู้มีรายได้น้อยในเมืองส่วนใหญ่อยู่ในภาคแรงงานและบริการของเมืองเป็นต้นทุนภาคการผลิตของธุรกิจเอกชน หากมีการเคลื่อนย้ายแรงงานออกนอกพื้นที่จะส่งผลกระทบต่อแรงงานในภาคบริการ การที่รัฐมีนโยบายสนับสนุนการเข้าถึงที่อยู่อาศัยราคาถูกให้แก่ชุมชนผู้มีรายได้น้อยโดยใช้เครื่องมือและกลไกการสนับสนุนการให้เช่าที่ดิน (ราชพัสดุ) ระยะยาวในราคาถูกผ่านกลไกของโครงการบ้านมั่นคง จะช่วยสนับสนุนให้กลไกการเติบโตทางธุรกิจในเมืองขับเคลื่อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. โครงการที่เกิดขึ้นควรพิจารณาการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและคุ้มค่าสอดคล้องกับการเติบโตทางธุรกิจ แต่ควรพิจารณาผลประโยชน์ที่ตอบสนองต่อสังคมในวงกว้าง เช่น การใช้ที่ดินเพื่อประโยชน์ต่อสาธารณะเป็นพื้นที่สวนสาธารณะเพื่อการพักผ่อนหย่อนใจของผู้นอนในย่านนั้น หรือการกำหนดให้มีพื้นที่ที่สนับสนุนการประกอบอาชีพ หรือพัฒนาระดับฝีมือแรงงานเพื่อสร้างการเติบโตและความเข้มแข็งของชุมชน

3. หากพิจารณาถึงความคุ้มค่าในการใช้ที่ดิน อาจดำเนินการโครงการผ่านความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชนโดยมีผลตอบแทนที่เหมาะสม ในขณะเดียวกันก็ควรพิจารณาให้ชุมชนผู้มีรายได้น้อยในพื้นที่ได้มีส่วนร่วมในการสะท้อนปัญหาและความต้องการพัฒนาที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมด้วย รวมทั้งสามารถประสานความร่วมมือภาคีหน่วยงานอื่น ๆ เช่น สถาบันการศึกษาหรือภาคประชาสังคมในการร่วมสร้างสรรค์ (Co-Create) โครงการที่สามารถตอบสนองเป้าหมายของรัฐ ผลประโยชน์ของภาคเอกชนและแก้ปัญหาให้กับชุมชน รวมทั้งการสร้างผลประโยชน์ร่วมกันของผู้คนในสังคมได้อยู่ร่วมกันอย่างมั่นคงและยั่งยืน การพิจารณาตัดสินใจจึงควรประเมินผลกระทบทั้งองคาพยพของเมืองในระดับเขตและระดับเมืองทั้งชุมชนในที่ดินเดิม ภาคธุรกิจเอกชน กรมธนารักษ์ และประชาชนในสังคม และแสวงหาความร่วมมือในการดำเนินการไปด้วยกันโดยไม่ทิ้งใครไว้ข้างหลัง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

หากมีการศึกษาโครงการแก้ไขปัญหาในบริบทที่มีการใช้ที่ดินที่มีความหนาแน่นและมูลค่าที่ดินมีราคาสูง ควรพิจารณาให้มีภาคส่วนของเอกชนหรือองค์กรธุรกิจและภาคประชาสังคมเข้ามามีส่วนร่วมในการศึกษาวิจัย และศึกษาเพิ่มเติมในมิติของผลประโยชน์ทางธุรกิจ รวมทั้งความคุ้มค่าของการใช้ที่ดิน เนื่องจากเงื่อนไขของการพิจารณาในการออกแบบเพื่อสร้างสถานการณ์จำลองในแต่ละรูปแบบจะมีมูลค่าการลงทุน รวมทั้งผลตอบแทนที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาร่วมกับผลกระทบในด้านอื่น ๆ การพิจารณาตัดสินใจดำเนินการในแต่ละโครงการของภาครัฐจึงควรพิจารณาความเป็นไปได้ของโครงการให้ครบทุกมิติ ทั้งเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดความน่าอยู่และยั่งยืนสำหรับทุกคน



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนจากสถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์การมหาชน) ในการประสานงาน ตลอดจนตัวแทนชุมชนเชื้อเพลิงพัฒนา และสำนักงานเขตยานนาวา ที่สนับสนุนการลงพื้นที่สำรวจและเก็บข้อมูล รวมทั้งการเข้าร่วมเวทีพหุภาคีการนำเสนอแนวทางการพัฒนาพื้นที่ชุมชนจนได้รับความสำเร็จร่วมกัน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านมา ณ ที่นี้



เอกสารอ้างอิง

- กรมธนารักษ์. (2564). *การใช้ที่ราชพัสดุทางด้านสังคมและสิ่งแวดล้อม*. สืบค้น 2 พฤษภาคม 2564, จาก <https://www.treasury.go.th/th/management-of-the-palace/view/MDY1cDBzNnM0NHlyb3Ezc3E2NnEyNDk0cDRyOTQzcjQ0NDI=>
- นรินทร์ชัย พัฒนพงศา. (2547). *การมีส่วนร่วม: หลักการพื้นฐาน เทคนิค และกรณีตัวอย่าง* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สิริลักษณ์การพิมพ์
- มณฑล จันทน์แจ่มใส. (2558). ห้องเรียนสถาปัตยกรรมชุมชน การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุมชนเป็นฐาน กรณีศึกษา: การบูรณาการการจัดการเรียนรู้วิชาออกแบบสถาปัตยกรรมกับการพัฒนาที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้น้อย (โครงการบ้านมั่นคง ชุมชนพระราม 9 บ่อ 3). *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 7(3), 106–117.
- สำนักข่าวออนไลน์ RYT9. (2564). *กรมธนารักษ์สนับสนุนที่ราชพัสดุสร้างบ้านมั่นคงแก้ไขปัญหาที่อยู่อาศัยตามนโยบายของรัฐบาลและสอดคล้องกับแนวทาง UN*. สืบค้น 14 มิถุนายน 2564, จาก <https://www.ryt9.com/s/prg/724471>
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560–2579*. สืบค้น 14 มิถุนายน 2564, จาก <http://www.onec.go.th/index.php/book/BookView/1540>
- สมุล ยางสูง และเรวดี อูลิต. (2558). *โครงการบ้านมั่นคง การพัฒนาที่อยู่อาศัยโดยองค์กรชุมชนและท้องถิ่น*. สำนักงานบ้านมั่นคง สถาบันพัฒนาองค์กรชุมชน (องค์กรมหาชน). https://ref.codi.or.th/attachments/article/28/Project_Guide%20_111158.pdf
- Chevalier, J. M., & Buckles, D. J. (2013). *Participatory Action Research: Theory and Methods for Engaged Inquiry*. UK: Routledge.
- Cuban, S., & Anderson, J. B. (2007). Where's the justice in service-learning? Institutionalizing service-learning from a social justice perspective at a Jesuit university. *Equity & Excellence in Education*, 40(2), 144–155.
- Ibrahim, M. (2010). The use of community based learning in educating college students in Midwestern USA. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 392–396.
- Melaville, A., Berg, A. C., & Blank, M. J. (2006). Community-based learning: Engaging students for success and citizenship. *Partnerships/Community*, 40. Retrieved on June 15, 2018, from <http://digitalcommons.unomaha.edu/slcepartnerships/40>

- Reason, P., & Bradbury, H. (Eds). (2008). *The Sage Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice*. CA: Sage.
- Saavedra, A. R., & Opfer, V. D. (2012). *Teaching and learning 21st century skills: Lessons from the learning sciences*. Retrieved on June 15, 2018, from <https://asiasociety.org/education/teaching-and-learning-21st-century-skills>
- Schleicher, A. (Ed.). (2012). *Preparing teachers and developing school leaders for the 21st century: lessons from around the world*. Retrieved on June 15, 2018, from <https://www.oecd.org/site/eduistp2012/49850576.pdf>



ACADEMIC JOURNAL
UTTARADIT RAJABHAT
UNIVERSITY

ผลของอุณหภูมิในการอบต่อคุณค่าทางโภชนาการ และลักษณะทางกายภาพของกากมันหมู

EFFECT OF ROASTING TEMPERATURE ON NUTRITIONAL QUALITY AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF CRISPED PORK FAT

วันที่รับ: 22 กุมภาพันธ์ 2565

วันที่แก้ไข: 2 พฤษภาคม 2565

วันที่ตอบรับ: 26 กรกฎาคม 2565

ณัฐพงษ์ เจนวิพากษ์¹ และ บุญยศ คำจิแจ่ม^{1*}

Natthapong Jenwipack¹ and Boonyote Kamjijam^{1*}

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

¹Department of Food Technology, Faculty of Agricultural Technology,

Kalasin University, Kalasin 46000

*Corresponding author e-mail: boonyote.ka@ksu.ac.th



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบต่อคุณค่าทางโภชนาการ และลักษณะทางกายภาพของกากมันหมู โดยใช้มันแข็งหมู ขนาด 3 x 5 เซนติเมตร บรรจุใน ถุงพลาสติก ขนาด 1 กิโลกรัมต่อถุง เก็บที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส ผันแปรอุณหภูมิ ในการอบมันแข็งหมูที่ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และวิเคราะห์ ปริมาณพลังงานทั้งหมด ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต วอเตอร์แอคทีวิตี วัดค่าสี CIE L*, a*, b* วัดค่าแรงเคียน และพลังงานในการเคี้ยว ผลการวิจัยพบว่า เมื่ออุณหภูมิ ในการอบเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไขมัน ค่าความสว่างของสี (L*) มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าสีแดง (a* value) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) การอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง ทำให้ปริมาณไขมันและปริมาณโปรตีนมีค่าสูงที่สุด การอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส ทำให้ค่าความเป็นสีเหลือง (b* value) และพลังงานในการเคี้ยวมีค่าสูงที่สุด คือ 34.21 และ 17.67 นิวตันต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ ($p < 0.05$) อุณหภูมิที่เหมาะสมของการอบกากมันหมู คือ 175 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง ทำให้กากมันหมูที่มีค่าความเป็นสีเหลืองมากที่สุด ทั้งนี้ สีเหลืองของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเป็นปัจจัยสำคัญของผลิตภัณฑ์กากมันหมูที่ผู้บริโภคต้องการ

คำสำคัญ: กากมันหมู, อุณหภูมิในการอบ, คุณค่าทางโภชนาการ



Abstract

The present study aimed to investigate the influence of roasting temperature on nutritional values and physical characteristics of crisped pork fat. It examined the pork fat in the size of 3 x 5 centimeters which was packed 1 kg per a plastic bag and stored in a container of below -18°C . The alternative roastings were conducted at 150, 175, and 200°C for 3 hours. Chemical value and physical characteristics were analyzed for total energy including moisture content, protein, ash, fat, carbohydrate contents and water activity as well as the color (CIE), shearing force, and chewing energy. It was found that when higher temperature for roastings was conducted, the fat content and brightness of crisped pork fat (L^*) was likely to be lower. In contrast, the crisped pork fat tended to increase the redness (a^* value) ($p < 0.05$). Roasting temperature at 200°C for 3 hours could increase the highest volume of ash and protein contents. Roasting at 175°C could result in the highest increase in yellowness values (b^* value) and shear energy at 34.21 and 17.67 N/mm, respectively ($p < 0.05$). The optimum roasting temperature was 175°C for 3 hours could give the highest yellowness which could be endorsed as an important quality factor of commercial crisped pork fat.

Keywords: Crisped Pork Fat, Roasting Temperature, Nutritional Value



บทนำ

การผลิตสุกรในประเทศไทยมีมาเป็นเวลานานทั้งในระดับท้องถิ่น ซึ่งเป็นฟาร์มขนาดเล็ก ไปจนถึงฟาร์มขนาดกลางและขนาดใหญ่ ความต้องการการบริโภคสุกรทั่วโลกลดลงนับจากปี พ.ศ. 2559–2563 ความต้องการบริโภคเนื้อหมูของประเทศต่าง ๆ ลดลงในอัตรา 3.49 เปอร์เซ็นต์ต่อปี โดยในปี พ.ศ. 2563 การบริโภคเนื้อหมูของโลกมีปริมาณรวม 97.48 ล้านตัน ลดลงจากปี พ.ศ. 2562 ซึ่งมีปริมาณ 100.94 ล้านตัน แต่อย่างไรก็ตาม ในปี 2564 ปริมาณการบริโภคเนื้อหมูมากขึ้น 10.74 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับปี 2563 (สมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ, 2565) ปาร์ค และคนอื่น ๆ (Park et al., 2002, pp. 129–136) รายงานว่าปัญหาด้านการผลิตหมูที่มีการแข่งขันด้านคุณภาพซากมากยิ่งขึ้น ซากหมูจะต้องมีคุณภาพดีโดยต้องมีชั้นไขมันน้อย มีไขมันแทรก และปริมาณเนื้อมาก คุณภาพซากของหมูมีความสัมพันธ์กับ

น้ำหนักของหมูอีกด้วย คิม และคิม (Kim & Kim, 2017, pp. 385–391) รายงานว่าหมูที่มีน้ำหนักตัวในช่วง 70–74 กิโลกรัม มีปริมาณเนื้อมากที่สุด 73.41 เปอร์เซ็นต์ เป็นหมูที่มีราคาสูงที่สุด ขณะที่หมูมีน้ำหนักตัวมากกว่า 80 กิโลกรัม ขึ้นไขมันจะหนาขึ้น คุณภาพและราคาของเนื้อหมูก็ลดลงด้วย ซึ่งเป็นปัญหาของเกษตรกรผู้ผลิตหมูในประเทศไทยที่ไม่สามารถขายหมูได้ทันในขณะที่มีน้ำหนักที่เหมาะสมได้ โดยในปี พ.ศ. 2559–2563 ราคาหมูเนื้อแดงที่เกษตรกรขายได้เพิ่มขึ้นเพียง 2.68 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น (สมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ, 2565) นอกจากนี้ ปัญหาที่เกษตรกรจำหน่ายหมูเนื้อแดงได้ในราคาต่ำแล้ว ส่วนไขมันหมูยังล้นตลาด ส่งผลให้ไขมันหมูจำหน่ายไม่หมดอีกด้วย ปัจจุบันมีงานวิจัยหลายเรื่องที่ศึกษาเรื่องการให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์ด้วยวิธีต่าง ๆ และศึกษาแนวทางการลดปริมาณการใช้ไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปชนิดต่าง ๆ ด้วยกระแสความต้องการผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น บาร์เรตโต และคนอื่น ๆ (Barretto et al., 2015, pp. 100–107) กล่าวว่า รายงานสูตรไส้กรอกอิมัลชันที่มีการลดปริมาณไขมันและเพิ่มปริมาณกากใยอาหารมากขึ้น เบค และคนอื่น ๆ (Baek et al., 2016, pp. 865–871) รายงานการใช้น้ำมันคาโนล่า (Canola Oil) และน้ำมันเมล็ดแฟลกซ์ (Flaxseed Oil) ทดแทนน้ำมันหมูในผลิตภัณฑ์ไส้กรอก ทั้งที่ไขมันจากหมูช่วยให้การสูญเสียน้ำหนักจากการให้ความร้อนในไส้กรอกลดลง (Glorieux et al., 2018, pp. 16–26) ภูมิใจ สอาดโฉม และธนิต สวัสดิ์เสวี (2557) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความชื้นและอุณหภูมิของเนื้อหมูบดแผ่นในระหว่างการอบแห้งด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล และเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของเนื้อหมูบดแผ่นที่ได้หลังการอบแห้งทางด้านสี การหดตัว ความแข็ง และความเหนียว รวมทั้งหาความสัมพันธ์ของพลังงานจำเพาะของการอบแห้ง และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยอบแห้งเนื้อหมูบดแผ่น ขนาด $10 \times 10 \times 0.13$ เซนติเมตร และ $10 \times 10 \times 0.22$ เซนติเมตร (ขนาดการบดที่ 2 มิลลิเมตร และ 4.5 มิลลิเมตร) ด้วยเทคนิคสุญญากาศร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกลที่ความดันของห้องอบแห้ง 10 กิโลปาสกาล และควบคุมอุณหภูมิอากาศเหนือผลิตภัณฑ์ 3 เซนติเมตร ที่ 110 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองพบว่า การอบแห้งเนื้อหมูบดแผ่นหนา 1.3 มิลลิเมตร ใช้เวลาอบแห้งน้อยกว่า แต่มีความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะมากกว่าการอบแห้งเนื้อหมูบดแผ่นหนา 2.2 มิลลิเมตร ขนาดการบดไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ต่อเวลาที่ใช้ออบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ ส่วนคุณภาพของเนื้อหมูบดแผ่นหลังการอบแห้ง พบว่าความสว่างและสีเหลืองมีค่าลดลง แต่สีแดงและร้อยละการหดตัวมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความหนาของเนื้อหมูเพิ่มขึ้น ขนาดการบดไม่มีผล อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ต่อสี ร้อยละการหดตัว ความแข็ง และความเหนียวของเนื้อหมูบดแผ่นอบแห้ง ประวิทย์ สันติวัฒนา และธิดา สิริสุขพรชัย (2559) ศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันเป็นสารทดแทนเนื้อหมูบดในผลิตภัณฑ์

หมูปดทอดแบบน้ำมันท่วม โดยการวิจัยนี้ทดสอบผลิตหมูปั่นทอดแบบน้ำมันท่วมทั้งหมด 4 สูตร ได้แก่ 1) สูตรปกติ (สูตรควบคุม) 2) สูตรทดแทนเนื้อหมูด้วยโปรตีนถั่วลันเตา 5 เปอร์เซ็นต์ 3) สูตรทดแทนเนื้อหมูด้วยโปรตีนถั่วลันเตา 2.5 เปอร์เซ็นต์ ผสมแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน 2.5 เปอร์เซ็นต์ และ 4) สูตรทดแทนเนื้อหมูด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน 5 เปอร์เซ็นต์ พบว่าหมูปดทอดสูตรทดแทนเนื้อหมูปดด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสมากที่สุด ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพพบว่า หมูปดทอดสูตรทดแทนเนื้อหมูปดด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันปริมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณผลผลิตของชิ้นหมูหลังทอดสูงกว่าสูตรควบคุม 9.6 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณความชื้นของชิ้นหมูหลังทอดสูงกว่าสูตรควบคุม 4.5 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณน้ำมันที่ดูดซับในชิ้นหมูปดทอดลดลง 2.15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสูตรควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันรำข้าวที่ผ่านการทอดหมูปดทอดสูตรทดแทนเนื้อหมูปดด้วยแป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมัน มีค่าเปอร์ออกไซด์และสารประกอบโพลาร์เพิ่มขึ้นต่ำกว่าน้ำมันรำข้าวที่ใช้ทอดหมูปดทอดสูตรปกติอย่างมีนัยสำคัญ

ไขมันจากหมูมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีคุณค่าทางโภชนาการสูงอันดับ 8 ของโลก จากอาหาร 100 ชนิด เนื่องจากในไขมันหมูประกอบด้วยไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวมากกว่าร้อยละ 60 นอกจากนี้ยังมีกรดไขมันชนิดโอเลอิกเป็นกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย ซึ่งกรดโอเลอิกดีต่อหลอดเลือดหัวใจและช่วยบำรุงผิว นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งวิตามินบีและแร่ธาตุที่มีความสำคัญต่อร่างกายของมนุษย์ (กรุงเทพธุรกิจออนไลน์, 2563) วูด และคนอื่น ๆ (Wood et al., 1989. pp. 351–362) กล่าวว่าหมูไม่สามารถสังเคราะห์กรดไขมันไม่อิ่มตัวได้เอง ดังนั้นปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวรวมถึงโอเลอิกในเนื้อหมูจะได้จากอาหารของหมู ซึ่งปริมาณกรดโอเลอิกในเนื้อหมูจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของชั้นไขมันหมู การเพิ่มขึ้นของชั้นไขมันหมูจาก 8, 12 และ 16 มิลลิเมตร ปริมาณโอเลอิกจะเพิ่มขึ้นเป็น 40.34, 42.83 และ 43.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากข้อมูลเบื้องต้นพบว่าไขมันหมูมีคุณค่าทางโภชนาการสูง และเมื่อเกษตรกรชำแหละหมูเพื่อจำหน่ายด้วยตัวเองทำให้เกษตรกรมีส่วนของไขมันหมูเหลือจากการจำหน่ายในตลาดจำนวนมาก ประกอบกับการเจียน้ำมันหมูที่เกษตรกรผู้จำหน่ายสุกรในเขตอำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ทำอยู่ก่อให้เกิดกลิ่น คาว และกากสีดำจากการเจียน้ำมัน ซึ่งก่อให้เกิดมลพิษในชุมชน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาอุณหภูมิในการอบที่เหมาะสมเพื่อที่จะได้กากมันหมูที่มีคุณภาพดี ซึ่งเกษตรกรสามารถจำหน่ายในราคากิโลกรัมละประมาณ 900–1,000 บาท ราคาส่ง กิโลกรัมละประมาณ 600–700 บาท ซึ่งการใช้วิธีการอบทดแทนการเจียน้ำมันทำให้เกิดมลพิษจากกลิ่น คาว และกากสีดำอีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับไขมันหมูอีกด้วย



วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบต่อคุณค่าทางโภชนาการของกากมันหมู
2. ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบต่อลักษณะทางกายภาพด้านสีและลักษณะเนื้อสัมผัสของกากมันหมู



วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง

มันแข็งหมูซื้อจากห้างสรรพสินค้าในจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งอุณหภูมิในชั้นจำหน่ายต่ำกว่า 4 องศาเซลเซียส จากนั้นนำไขมันมาล้างและหั่นไขมันหมูเป็นชิ้น 3×5 เซนติเมตร เก็บในถุงพลาสติกปิดผนึกด้วยความร้อน ขนาดบรรจุ 1 กิโลกรัมต่อถุง เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า -18 องศาเซลเซียส แล้วนำไปอบ อุณหภูมิที่ศึกษามี 3 ระดับ ดังนี้ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง โดยใช้เตาอบไฟฟ้ายี่ห้อ SKPM (Sakolphan Machinery Co., Ltd.) จากนั้นนำกากมันหมูทั้งให้เย็น นำมาบรรจุในถุงสุญญากาศ โดยแบ่งสำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ นำมาแช่เย็นที่อุณหภูมิไม่เกิน 4 องศาเซลเซียส สำหรับการวิเคราะห์ทางเคมีนำไปแช่เยือกแข็งจนกว่าจะทำการวิเคราะห์ ส่วนน้ำมันที่ได้จะแยกออกไปเพื่อผลิตพลังงานทางเลือกต่อไป

2. การศึกษาผลของระดับอุณหภูมิต่อคุณค่าทางโภชนาการของกากมันหมู

2.1 การเตรียมตัวอย่างก่อนการวิเคราะห์

ตัวอย่างเป็นกากมันหมูที่เหลือจากการสกัดน้ำมัน โดยในแต่ละอุณหภูมิจะทำการแยกบรรจุกากหมูปริมาณ 100 กรัมต่อถุง โดยบรรจุในถุงสุญญากาศ จำนวน 7 ถุง สำหรับการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ

ระดับอุณหภูมิที่ศึกษามี 3 ระดับ ดังนี้ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส โดยศึกษาคุณค่าทางโภชนาการดังนี้

2.1.1 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า (AOAC, 2019)

2.1.2 วิเคราะห์ปริมาณพลังงานทั้งหมด (FAO, 2003)

2.1.3 วิเคราะห์ประมาณความชื้น (AOAC, 2019)

2.1.4 วิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC, 2019)

2.1.5 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน (AOAC, 2019)

2.1.6 วิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (AOAC, 2019)

2.1.7 วิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี โดยใช้เครื่องวิเคราะห์วอเตอร์แอกทิวิตี ยี่ห้อ Aqualab รุ่น PRE (บริษัท จาร์พา เทคโนโลยี จำกัด)

3. การศึกษาผลของระดับอุณหภูมิต่อลักษณะทางกายภาพของกากมันหมู

3.1 วัดค่าสีระบบ CIE L^* a^* b^* โดยเครื่อง Hunter Lab (รุ่น CQXE, US-VIS, US-PRO บริษัท Hunter Associates Laboratory, Inc. 11491 Sunset Hills Road Reston, Virginia 20190, USA)

L^* ใช้กำหนดค่าความสว่างของสีมีค่าจาก 0–100 ค่า

$L^* = 0$ คือ สีที่ได้จะมีมืดเป็นสีดำ

$L^* = 100$ สว่างเป็นสีขาว

a^* คือ ใช้กำหนดค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว

a^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเป็นสีเขียว

a^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเป็นสีแดง

b^* ใช้กำหนดค่าความเป็นสีเหลืองและน้ำเงิน

b^* มีค่าเป็นลบ หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเป็นสีม่วง

b^* มีค่าเป็นบวก หมายถึง วัตถุที่มีสีออกเป็นสีน้ำเงิน

3.2 วัดค่าแรงเฉือน

ค่าแรงเฉือนใช้เครื่องวัดเนื้อสัมผัส Texture Analyzer ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA-XT2 นำตัวอย่างจากตู้เย็นตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 2 ชั่วโมง นำตัวอย่างกากมันหมูมาวัดค่าแรงเฉือน โดยใช้หัววัดแบบใบมีด Warner Bratzler Shear Apparatus ความเร็วก่อนเจาะ 1.1 มิลลิเมตรต่อวินาที และความเร็วหลังการตัดตัวอย่าง 10.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ตัดเป็นระยะทาง 30 มิลลิเมตร ค่าที่ได้ คือ ค่าแรงเฉือน (N) และพลังงานในการเคี้ยว (นิวตัน•มิลลิเมตร) โดยคำนวณในโปรแกรมของเครื่อง (Küçüközet & Uslu, 2018, pp. 1–9)

4. การวางแผนการทดลอง

การวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพและคุณค่าทางโภชนาการ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Duncan's New Multiple Range Test



ผลการวิจัย

1. ผลของระดับอุณหภูมิในการอบ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส ต่อคุณค่าทางโภชนาการของกากมันหมู จากตาราง 1 พบว่าอุณหภูมิในการอบจาก 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณเถ้าเท่ากับ 0.28, 0.31 และ 0.48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p < 0.05$) ปริมาณพลังงานทั้งหมดลดลงจาก 864.33, 849.77 และ 843.08 กิโลแคลอรี ตามลำดับ ($p < 0.05$) ปริมาณไขมันลดลงจาก 92.63, 90.09 และ 87.76 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ($p < 0.05$) กากมันหมูที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด 13.31 เปอร์เซ็นต์ ($p < 0.05$) ส่วนอุณหภูมิในการอบไม่มีผลต่อปริมาณความชื้นและปริมาณคาร์โบไฮเดรต ($p > 0.05$)

การอบที่อุณหภูมิ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง สามารถแยกน้ำมันออกได้ 60, 63 และ 65 เปอร์เซ็นต์ และได้กากมันหมู 40, 37 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งกากมันหมูสามารถนำมาแปรรูปและจำหน่ายที่ตลาดในชุมชนได้ กิโลกรัมละประมาณ 1,000 บาท

ตาราง 1 การศึกษาผลของระดับอุณหภูมิในการอบ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส ต่อคุณค่าทางโภชนาการ

อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	ปริมาณ เถ้า (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณพลังงาน ทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	ปริมาณ ความชื้น (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ โปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ คาร์โบไฮเดรต ^{ns} (เปอร์เซ็นต์)
150	0.28 ^b ± 0.01	864.33 ^a ± 2.92	0.20 ^a ± 0.03	7.66 ^b ± 1.20	92.64 ^a ± 0.86	0.10 ± 0.00
175	0.31 ^b ± 0.01	849.77 ^b ± 3.15	0.17 ^a ± 0.04	9.17 ^b ± 0.87	90.10 ^b ± 0.33	0.58 ± 0.81
200	0.48 ^a ± 0.03	843.08 ^b ± 1.58	0.02 ^b ± 0.01	13.31 ^a ± 0.24	87.76 ^c ± 0.28	0.10 ± 0.00

อักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. ผลของระดับอุณหภูมิ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียสต่อลักษณะทางกายภาพของกากมันหมูจากการทดลองผลของอุณหภูมิการอบต่อลักษณะเนื้อสัมผัส และค่าสี CIE L* a* b* แสดงดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการวิเคราะห์ระดับของอุณหภูมิในการอบ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียส ต่อลักษณะทางกายภาพของกากมันหมู

อุณหภูมิ ในการอบ (องศาเซลเซียส)	ค่าแรงเฉือน ^{ns} (นิวตัน)	พลังงาน ในการเคี้ยว (นิวตัน/มิลลิเมตร)	ค่าสี CIE		
			L*	a*	b*
150	3.82 ± 0.61	11.36 ^b ± 1.69	52.34 ^a ± 1.24	7.02 ^c ± 1.15	30.44 ^b ± 1.63
175	6.49 ± 1.80	17.67 ^a ± 1.71	50.13 ^b ± 0.96	10.98 ^b ± 0.57	34.23 ^a ± 2.20
200	5.74 ± 2.06	11.94 ^b ± 2.18	32.86 ^c ± 1.78	16.51 ^a ± 0.77	28.62 ^b ± 3.09

อักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันในแต่ละแถว หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

จากตาราง 2 พบว่าอุณหภูมิในการอบมีผลต่อลักษณะทางกายภาพด้านพลังงานในการเคี้ยว ซึ่งตัวอย่างที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง มีพลังงานในการเคี้ยวสูงสุด คือ 17.67 นิวตันต่อตารางเมตร ส่วนตัวอย่างมันหมูที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 150 และ 200 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง มีพลังงานในการเคี้ยวต่ำกว่าตัวอย่างที่อบอุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

อุณหภูมิส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีของกากมันหมู ดังนี้ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอบให้สูงขึ้นค่าความสว่างของสี (L^* value) จะลดลง ในขณะที่ค่าความเป็นสีแดง (a^* value) ของกากมันหมูมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาเมลลาร์ดและค่าสีเหลือง (b^* value) เนื่องจากกากมันหมูมีค่าสีเหลืองสูงสุดที่อุณหภูมิในการอบ 175 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งการใช้อุณหภูมิการอบที่ 175 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ทำให้ตัวอย่างกากมันหมูมีสีเหลืองซึ่งเป็นลักษณะปรากฏที่ผู้บริโภคให้การยอมรับสูงสุดในขณะที่อุณหภูมิการอบ 150 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ทำให้ตัวอย่างกากมันหมูมีสีเหลืองซีด ส่วนอุณหภูมิการอบ 200 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ทำให้ตัวอย่างกากมันหมูมีสีน้ำตาล



อภิปรายผลการวิจัย

เนื่องจากในไขมันจากหมูมีส่วนประกอบของน้ำ กรดไขมันไม่อิ่มตัว (C18:2) และโปรตีนชนิดคอลลาเจน (Wood et al., 1989, pp. 351–362) ดังนั้นแสดงว่าเมื่อเซลล์ไขมันหมูผ่านการอบด้วยความร้อน ไขมันภายในเซลล์จะไหลผ่านส่วนของผนังเซลล์ออกมา รวมทั้งความชื้นที่อยู่ภายในเซลล์ระเหยออกด้วย ทำให้โปรตีนในเนื้อสัตว์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่ออบกากมันหมูที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 150, 175 และ 200 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 3 ชั่วโมง (ตาราง 1) และเมื่อไขมันคงอยู่ในผลิตภัณฑ์น้อยลงการอบมันหมูที่อุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้พลังงานทั้งหมดในกากมันหมูที่อบในอุณหภูมิ 175 และ 200 องศาเซลเซียสต่ำกว่าปริมาณพลังงานทั้งหมดของกากมันหมูที่อบอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

จากผลการทดลองตาราง 2 พบว่าการใช้อุณหภูมิในการอบที่สูงขึ้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงเฉือนของตัวอย่างกากมันหมู แตกต่างกับผลที่เกิดขึ้นกับการให้ความร้อนในเนื้อสัตว์ส่วนที่ไม่มีไขมัน พาวเวลล์ และคนอื่น ๆ (Powell et al., 2000, pp. 421–425) รายงานว่าการให้ความร้อนแก่เนื้อสัตว์ทำให้ค่าแรงเฉือนซึ่งเป็นค่าแรงสูงสุดที่ห้วัดค่าแรงเฉือนตัดตัวอย่างขาดมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากการเกิดการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนกล้ามเนื้อและเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน สาเหตุของความแตกต่างของผลการทดลองในงานวิจัยนี้เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยข้างต้น เนื่องจากโปรตีนในส่วนของกากมันหมูมีปริมาณต่ำ (7.65–13.31 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่ของกากมันหมูคือไขมัน (87.76–92.63 เปอร์เซ็นต์) ทำให้ผลของการเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนกล้ามเนื้อเมื่อได้รับความร้อนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัสของกากมันหมู แต่อย่างไรก็ตาม ความร้อนมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของกากมันหมู เมื่อเพิ่มอุณหภูมิสูงขึ้นสีของกากมันหมูจะมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเพิ่มอุณหภูมิมากกว่า 175 องศาเซลเซียส ตัวอย่างกากมันหมูจะเริ่มมีสีน้ำตาลเข้มขึ้นซึ่งไม่เหมาะที่จะนำมารับประทาน กากมันหมูที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวสามารถนำมารับประทานและจำหน่ายได้ในราคาที่สูง โดยเฉพาะเมื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำพริกกากหมู



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองพบว่า ผลของอุณหภูมิในการอบมันหมูมีผลให้ปริมาณน้ำในเซลล์ระเหยออกไปและไขมันไหลออกจากเซลล์ไขมันหมู ทำให้ปริมาณเถ้า ปริมาณโปรตีนเพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้น พลังงานทั้งหมดและปริมาณไขมันในผลิตภัณฑ์กากมันหมูลดลง และอุณหภูมิในการอบสูงขึ้นทำให้ตัวอย่างไขมันมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น เมื่ออบที่อุณหภูมิสูง 200 องศาเซลเซียส ตัวอย่างกากมันหมูจะมีสีน้ำตาลเพิ่มขึ้น อุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบกากมันหมู คือ อุณหภูมิ

175 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งอุณหภูมิและเวลาดังกล่าวทำให้กากหมูมีค่าสีเหลืองสูงสุด ($b^* = 34.23$) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากงานวิจัยนี้เกษตรกรสามารถจำหน่ายกากมันหมูในตลาดชุมชน ร้านค้าต่าง ๆ ได้ในราคาประมาณกิโลกรัมละ 900–1,000 บาท หากนำกากมันหมู 100 กรัม ที่นำมาเป็นส่วนผสมของน้ำพริกกากหมู อาจจะนำมาจำหน่ายได้ 300–500 บาท สามารถสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรได้มากขึ้น

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ควรนำวิธีการอบกากมันหมูไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการแปรรูปพลังงานทดแทน เนื่องจากช่วยลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชนได้
2. การอบกากมันหมูที่อุณหภูมิ 175 องศาเซลเซียส เวลา 3 ชั่วโมง จะได้กากมันหมูที่มีสีเหลืองสวยงาม สามารถนำไปแปรรูปหรือจำหน่ายได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาองค์ประกอบของกรดไขมันที่ได้หลังจากการอบกากมันหมู เพื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์จากไขมันหมูที่ได้เหมาะสม
2. ควรศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากกากมันหมูเพื่อเพิ่มมูลค่ากากมันหมูให้มากขึ้น ตลอดจนการศึกษาค่าองค์ประกอบของกรดไขมันในกากมันหมูด้วย
3. ควรศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสของกากมันหมู



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์สำหรับสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย และสถาบันวิจัยแห่งชาติสำหรับทุนวิจัยประจำปีงบประมาณ 2563



เอกสารอ้างอิง

- กรุงเทพธุรกิจออนไลน์. (2563, 21 สิงหาคม). รู้ข้อดีข้อเสียก่อนกิน “น้ำมันหมู” มีคุณค่าทางโภชนาการดีจริงหรือ. กรุงเทพธุรกิจ มีเดีย จำกัด. <https://www.bangkokbiznews.com/lifestyle/894668>
- ประวิทย์ สันติวัฒนา และธิดา สิริสุขพรชัย. (2559). ผลของการใช้แป้งรำข้าวที่ผ่านการสกัดน้ำมันทดแทนเนื้อหมู ในผลิตภัณฑ์หมูปอดทอดและคุณภาพของน้ำมันที่ใช้ทอด. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 24(3), 432–442. <https://doi.org/10.14456/tstj.2016.35>

- ภูมิใจ สอาดโฉม และชนิด สวัสดิ์เสวี. (2557). การอบแห้งเนื้อหมูบดแผ่นด้วยเทคนิคสุญญากาศ ร่วมกับรังสีอินฟราเรดไกล. *วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 7(1), 83–97.
- สมาคมผู้เลี้ยงสุกรแห่งชาติ. (2565). *สถานการณ์อุตสาหกรรมสุกรและแนวโน้มปี 2565*. <https://www.swinethailand.com/>
- AOAC International. (2019). *Official methods of analysis of AOAC international* (21st ed.). The Association of Official Analysis Chemists.
- Baek, Ki Ho, Utama, Dicky Tri, Lee, Seung Gyu, An, Byoung Ki, & Lee, Sung Ki. (2016). Effects of replacing pork back fat with canola and flaxseed oils on physicochemical properties of emulsion sausages from spent layer meat. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*, 29(6), 865–871. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.1050>
- Barretto, A. C. S., Pacheco, M. T. B., & Pollonio, M. A. R. (2015). Effect of the addition of wheat fiber and partial pork back fat on the chemical composition, texture and sensory property of low-fat bologna sausage containing inulin and oat fiber. *Food Science and Technology*, 35(1), 100–107. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6496>
- Glorieux, S., Steen, L., Van de Walle, D., Dewettinck, K., Foubert, I., & Fraeye, I. (2018). Effect of meat type, animal fat type, and cooking temperature on microstructural and macroscopic properties of cooked sausages. *Food and Bioprocess Technology*, 12(1), 16–26. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2190-6>
- Kim, Gye-Woong, & Kim, Hack-Youn. (2017). Effects of carcass weight and back-fat thickness on carcass properties of Korean Native Pigs. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(3), 385–391. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.385>
- Küçüközet, A. O., & Uslu, M. K. (2018). Cooking loss, tenderness, and sensory evaluation of chicken meat roasted after wrapping with edible films. *Food Science and Technology International*, 24(7), 1–9. <https://doi.org/10.1177/1082013218776540>

- Park, G. B., Moon, S. S., Ko, Y. D., Ha, J. K., Lee, J. G., Chang, H. H., & Joo, S. T. (2002). Influence of slaughter weight and sex on yield and quality grades of Hanwoo (Korean native cattle) carcasses. *Journal of Animal Science*, 80(1), 129–136. <https://doi.org/10.2527/2002.801129x>
- Powell, T. H., Dikeman, M. E., & Hunt, M. C. (2000). Tenderness and collagen composition of beef semitendinosus roasts cooked by conventional convective cooking and modeled, multi-stage, convective cooking. *Meat Science*, 55(4), 421–425. [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(99\)00171-0](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(99)00171-0)
- Wood, J. D., Enser, M., Whittington, F. M., Moncrieff, C. B., & Kempster, A. J. (1989). Backfat composition in pigs: Differences between fat thickness groups and sexes. *Livestock Production Science*, 22(3–4), 351–362. [https://doi.org/10.1016/0301-6226\(89\)90066-3](https://doi.org/10.1016/0301-6226(89)90066-3)

การพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์

DEVELOPMENT OF LOW COST RADIATION PROTECTION
SOLAR DRYING TECHNOLOGY FOR DUANG THONG COMMUNITY
ENTERPRISE GROUP IN PHETCHABUN PROVINCE

วันที่รับ: 30 มีนาคม 2565

วันที่แก้ไข: 15 สิงหาคม 2565

วันที่ตอบรับ: 18 สิงหาคม 2565

เสริมศักดิ์ ทิพย์วงศ์^{1*}, ศักดิ์ศิริชัย ศรีสวัสดิ¹

และ สุชาติ เขียนนอก¹

Sermsak Thipwong^{1*}, Saksirichai Srisawad¹

and Suchat Keownok¹

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

¹Faculty of Agricultural and Industrial Technology,

Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

*Corresponding author e-mail: sermsak.thi@pcru.ac.th



บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบสมรรถนะ ประเมินความพึงพอใจ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ วิธีดำเนินการวิจัย ดำเนินการพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ โดยการเลือกใช้วัสดุชนิดโพลีคาร์บอเนต มาสร้างเป็นห้องรับแสงอาทิตย์เป็นจากเดิมที่ใช้แผ่นกระจกใส หนา 5.0 มิลลิเมตร ติดด้วยแผ่นฟิล์มกรองแสง 80 เปอร์เซนต์ และนำมาทดสอบโดยนำมาใช้อบเนื้อมะขามหนัก 19,860 กรัม เป็นเวลา 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ผลการทดสอบพบว่า อุณหภูมิในห้องอบสามารถวัดได้สูงสุดโดยเฉลี่ยที่ 52 องศาเซลเซียส ระหว่างเวลา 11.00–16.00 น. น้ำหนักของเนื้อมะขามหลังการอบลดลงมากที่สุด ที่ 1,217 กรัม เวลา 8 ชั่วโมง มีค่าความเข้มรังสี UVA และ UVB ภายในห้องอบค่าเฉลี่ย 0.22 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ จากนั้นทำการเปรียบเทียบสีและค่า CIELAB ของเนื้อมะขาม ก่อนและหลังอบ พบว่าค่าของ CIELAB หรือค่า L^* a^* b^* ไม่แตกต่างกัน โดยยังคงมีลักษณะสีเนื้อเป็นสีดำแกมเขียวอมเหลืองเช่นเดิม ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกัน

รังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการนำตู้อบมาสาธิตการอบที่กลุ่มวิสาหกิจและวิทยากรถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับตู้อบให้กับสมาชิกกลุ่ม จำนวน 10 คน ทั้งสามด้านมีค่าเฉลี่ย 4.70 มีความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมากที่สุด งานวิจัยนี้สามารถลดปัญหาหะขามเปลี่ยนสีในขั้นตอนการอบที่ทำให้หะขามเกิดความเสียหายจากการไหม้ที่ประมาณ 15–20 เปอร์เซ็นต์ลงได้ ส่งผลให้สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง สามารถเพิ่มรายได้จากการอบในแต่ละครั้งอยู่ที่ 1,350–1,800 บาท

คำสำคัญ: การพัฒนา, เทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสี, การถ่ายทอดเทคโนโลยี



Abstract

The research aimed to examine the efficiency, investigate the satisfaction and transfer the development of anti-radiation drying technology with low-cost solar power to improve the efficiency of drying process and keep quality of tamarind pulp for Duang Thong Community Enterprise in Phetchabun Province. The research methods for the development of prototype of anti-radiation drying technology with low-cost solar power started with the drying chamber, made from polycarbonate to absorb the sunlight, which originally was made of 5.0 mm clear glass, attached with 80% light-filtering film and was tested with drying 19,860 grams of tamarind pulp for 6, 7 and 8 hours, respectively. The results had showed that the highest measured temperature in the drying chamber was 52 degrees Celsius between 11.00 a.m. and 4.00 p.m. The weight of tamarind pulp that lost the most after drying process was 1,217 grams after 8 hours of baking with the average UVA and UVB radiation intensity within the chamber at $0.22 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Then, comparison the color and CIELAB values of tamarind pulp before and after drying revealed that the value of CIELAB or the value of $L^* a^* b^*$ was not significant, while the tamarind pulp still remained having black color blended with yellowish green as before. As for the technology transfer of anti-radiation drying with low-cost solar power, demonstration of the technology was performed to 10 members of Duang Thong Enterprise Group. The satisfaction of the participants was at highest level in three aspects. This study could reduce

the problems of discoloration of tamarind pulp during baking for 10–20% which could result in the increase of income from baking tamarind pulp for 1,350–1,800 baht.

Keywords: Development, Anti-radiation Drying Technology, Passing on Technology



บทนำ

จากการศึกษาข้อมูลมะขามเปรี้ยวในประเทศไทยจากรายงานของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี 2564 มีปริมาณ 10,945.615 ตัน ที่ขายฝักและแปรรูปขายทั้งในประเทศและต่างประเทศ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2564) มะขามเปรี้ยวนิยมนำมาทำเป็นอาหาร เครื่องดื่ม ผลิตภัณฑ์พร้อมปรุง และเครื่องสำอาง ซึ่งในจังหวัดเพชรบูรณ์ได้มีการผลิตมะขามเปรี้ยวปี 2564 จำนวนถึง 1678.2 ตัน มีผู้ประกอบการหรือกลุ่มวิสาหกิจชุมชนนำมะขามเปรี้ยวไปสร้างมูลค่าทางเศรษฐกิจให้กับจังหวัดและประเทศ โดยเฉพาะกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นกลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่ผลิตผลิตภัณฑ์มะขามจำหน่าย โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากมะขามเปรี้ยวมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ส่งขายภายในประเทศตามห้างสรรพสินค้า สร้างรายได้ให้กับกลุ่มจนกลายเป็นรายได้สำคัญ ตัวผลิตภัณฑ์มะขามเปรี้ยวอัดก้อนเคยได้รับรางวัลชนะเลิศ ปี 2559 จากสำนักงานพัฒนาชุมชน จังหวัดเพชรบูรณ์ กรมพัฒนาชุมชน กระทรวงมหาดไทย และเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) แต่ผ่านการคัดสรรแชมป์ผลิตภัณฑ์ (OTOP Product Champion) เพียงแค่ระดับ 4 ดาว มียอดความต้องการสั่งซื้อภายในประเทศเฉลี่ยเดือนละ 10,000 ก่อ่ง ซึ่งสร้างรายได้ต่อเดือนเฉลี่ยเดือนละ 800,000–1,000,000 บาท และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นต่อเนื่อง ซึ่งจากการลงพื้นที่จริงเพื่อไปศึกษาข้อมูลปัญหาและข้อจำกัดของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง ได้ค้นพบประเด็นดังต่อไปนี้ พรรณนิภา เบี้ยสองดวง รองประธานกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มดวงทอง ซึ่งมีหน้าที่เกี่ยวกับขั้นตอนการแปรรูปมะขามเปรี้ยว (สัมภาษณ์, 22 สิงหาคม 2561) กล่าวว่า กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ยังมีการจำหน่ายผลิตภัณฑ์จากมะขามอื่น ๆ อีกมากมาย ผลิตภัณฑ์มะขามแปรรูปต่าง ๆ ซึ่งต้องผ่านกระบวนการอบลดความชื้นในเนื้อมะขามเป็นเวลานาน กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทองจะใช้เครื่องมืออีกแบบคือ การใช้เตาอบความร้อนจากแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นเตาอบที่มีลักษณะเป็นกล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้าเป็นกระจกใส แต่มีปัญหาเรื่องไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ทำให้มะขามที่ใช้อบเกิดการไหม้ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ชุดนั้นเสียหาย และอีกหนึ่งปัญหาสำคัญ คือ เนื้อมะขามจะเกิดการเปลี่ยนสี

เป็นสีดำไม่สวยงาม เมื่อผ่านขั้นตอนการอบ ประธานกลุ่มวิสาหกิจกลุ่มดวงทองจึงมีความต้องการให้ผู้วิจัยแก้ปัญหาโดยการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มปริมาณการผลิต



วัตถุประสงค์การวิจัย

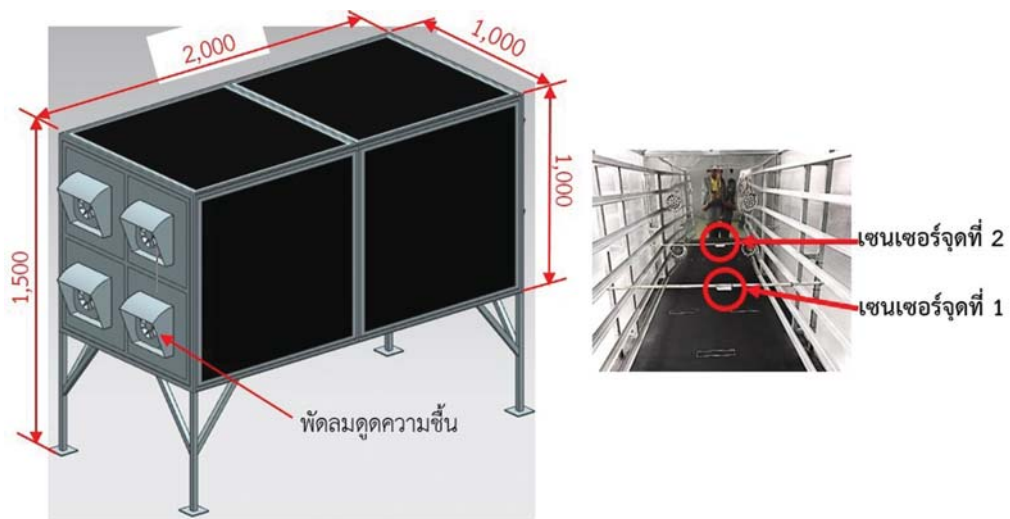
1. เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อทดสอบสมรรถนะ และประเมินความพึงพอใจเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์
3. เพื่อถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์



วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการพัฒนาต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยโปรแกรมออกแบบทางวิศวกรรมร่วมกับหลักการทางกายศาสตร์ในการสร้างแบบงานต้นแบบ โดยหลักการทำงานระหว่างคนกับต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ เครื่องคัดแยกฝักมะขามหวานจะเป็นแบบยืนปฏิบัติงาน จำนวน 1 คน ดังนั้นขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง เท่ากับ $1,000 \times 2,000 \times 1,500$ มิลลิเมตร มีการติดเซนเซอร์วัดค่าความชื้น และอุณหภูมิ พัดลมดูดความชื้น (Green & Schwarz, 2001) ดังแสดงในภาพ 1 และภาพ 2



ภาพ 1 แบบงานต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์



ภาพ 2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นและอุณหภูมิ ที่ใช้กับงานต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้ง
แบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำสำหรับ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง
จังหวัดเพชรบูรณ์

2. สร้างต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ตามแบบร่างต้นแบบที่ได้ออกแบบไว้
โดยวัสดุที่รับแสงอาทิตย์สำหรับทำความร้อน เป็นกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร จากนั้นติด
แผ่นฟิล์มกรองแสง 80 เปอร์เซนต์ ด้านในห้องอบเพื่อป้องกันรังสี (Reynolds & Susan, 1998)
ดังแสดงในภาพ 3



ภาพ 3 ต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์

3. ทดลองใช้ต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่พัฒนาขึ้นเพื่อให้ต้นแบบ
ที่พัฒนาขึ้นมีความสมบูรณ์เหมาะสมที่จะนำไปใช้ โดยการทดสอบใช้งานปรากฏว่าอุณหภูมิ
ภายในห้องอบยังไม่เป็นไปตามความต้องการ แต่สามารถป้องกันรังสีได้ดีจึงได้ทำการปรับปรุง
วัสดุที่ใช้ในการรับแสงใหม่ และปรับปรุงโครงสร้างด้านบนเพื่อให้รับแสงและทำอุณหภูมิ
ให้สูงขึ้น (Hislop, 1992) ดังแสดงในภาพ 4



ภาพ 4 การทดลองใช้ต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสี
พลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ

4. ปรับปรุงต้นแบบให้เหมาะสมจากการทดสอบเบื้องต้นโดยได้ปรับแก้ไขขนาดตัวโครงสร้างด้านบนให้เป็นรูปจั่วให้การรับแสงอาทิตย์สำหรับทำอุณหภูมิสูงขึ้น โดยมีขนาดความกว้าง ความยาว ความสูง เท่ากับ $1,000 \times 2,000 \times 2,000$ มิลลิเมตร และทำการเปลี่ยนวัสดุในการป้องกันรังสีเป็นแบบโปร่งแสง แบบลูกฟูก ซึ่งเรียกวัสดุนี้ว่า โพลีคาร์บอเนต (Polycarbonate) (รัฐพงษ์ โปเคน และวิศิษศักดิ์ เสงี่ยมศักดิ์, 2563) สามารถป้องกันรังสี UVA และรังสี UVB (UVA และ UVB คืออะไร, 2563) ได้ และทดสอบสมรรถนะต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ดังแสดงในภาพ 5



ตำแหน่งแสดงอุณหภูมิ
และความชื้นภายในห้องอบ
ต้นแบบตู้อบแห้ง

ภาพ 5 ต้นแบบเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์

5. การนำต้นแบบที่สมบูรณ์ไปทดลองใช้งานกับผู้ใช้งานเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ ในกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์

6. การทดสอบสมรรถนะเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์

7. ทำการการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยการนำคู่มือมาสาธิตการอบที่กลุ่มวิสาหกิจ และวิทยากรได้ถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับตู้อบให้กับสมาชิกกลุ่มจำนวน 10 คน ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มดวงทอง



ผลการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการทดสอบการอบแห้งมะขามโดยทำการทดสอบ จำนวน 10 ครั้ง โดยทำการทดสอบที่เวลา 6 ชั่วโมง 7 ชั่วโมง และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ โดยในตาราง 1 เป็นค่าน้ำหนักและความชื้นของมะขาม ตาราง 3 เป็นค่าสีของเนื้อมะขาม (Vargas et al., 1996) ซึ่งการทดสอบตามเวลาดังกล่าวเป็นระยะเวลาที่สามารถรับแสงอาทิตย์มาใช้ในการอบ และสอดคล้องกับการทำงานของสมาชิกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในแต่ละวัน ได้ทำการชั่งน้ำหนัก วัดความชื้น ระยะเวลา สีของเนื้อมะขาม อุณหภูมิ และตาราง 2 จะเป็นค่ารังสี UVA และรังสี UVB ซึ่งผลการทดสอบมีผลดังนี้

1. ผลของน้ำหนักและความชื้นที่ใช้ระยะเวลาในการอบที่แตกต่างกัน

ตาราง 1 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมะขามและความชื้นที่ลดลงตามระยะเวลาการอบมะขามที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาในการอบ (ชั่วโมง)	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักที่หายไป (กรัม)	ความชื้นลดลง (เปอร์เซ็นต์)
6	19,860	19,614	246	15
7	19,860	19,306	554	20
8	19,860	18,643	1217	30

จากตาราง 1 ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักมะขามและความชื้นที่ลดลงตามระยะเวลาในการอบพบว่าเมื่อความชื้นลดลงจะทำให้น้ำหนักมะขามลดลงด้วย ซึ่งค่าความชื้นจะเป็นการวัดค่าความชื้นก่อนที่จะทำการอบ โดยตู้อบสามารถบอกเปอร์เซ็นต์ค่าความชื้นได้และเมื่อถึงระยะเวลาที่ทำการบันทึกสามารถนำค่าความชื้นขณะนั้นลบด้วยค่าความชื้นก่อนที่จะอบ

2. ค่ารังสี UVA UVB และอุณหภูมิ แต่ละช่วงเวลาของตู้อบมะขาม

ตาราง 2 สรุปผลการหาค่ารังสี UVA รังสี UVB และอุณหภูมิ

ช่วงเวลาในการอบ	จุดที่ 1			จุดที่ 2		
	UVA ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	UVB ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	อุณหภูมิ	UVA ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	UVB ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	อุณหภูมิ
09.00–10.00	0.21	0.21	42°C	0.21	0.21	42°C

ช่วงเวลา ในการอบ	จุดที่ 1			จุดที่ 2		
	UVA ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	UVB ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	อุณหภูมิ	UVA ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	UVB ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	อุณหภูมิ
10.00–11.00	0.21	0.21	45°C	0.21	0.21	45°C
11.00–12.00	0.24	0.24	53°C	0.24	0.24	53°C
12.00–13.00	0.25	0.25	58°C	0.25	0.25	58°C
13.00–14.00	0.26	0.26	58°C	0.26	0.26	58°C
14.00–15.00	0.25	0.25	56°C	0.25	0.25	56°C
15.00–16.00	0.19	0.19	54°C	0.19	0.19	54°C
16.00–17.00	0.17	0.17	47°C	0.17	0.17	47°C

จากตาราง 2 ผลการหาค่ารังสี UVA และรังสี UVB พบว่ามีค่ารังสี UVA และรังสี UVB ที่ความเข้มรังสีเฉลี่ย $0.22 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ โดยที่ช่วงเวลาในการอบที่ 13.00–15.00 น. เป็นช่วงเวลาที่มีความเข้มรังสีสูงสุด ช่วงเวลานี้ค่ารังสี UVA และรังสี UVB ที่วัดได้ภายนอกตู้อบมีค่าเฉลี่ยประมาณ $25 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ซึ่งตู้อบสามารถป้องกันแสง UVA และ UVB ได้ที่ 88 เปอร์เซ็นต์

3. ค่าสีของเนื้อมะขามก่อนและหลังอบ

ตาราง 3 สรุปผลการหาค่าสีของเนื้อมะขามก่อนและหลังอบ ที่ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง

เวลาใน การอบ (ชั่วโมง)	สีเนื้อมะขามก่อนอบ						สีเนื้อมะขามหลังอบ					
	จุดที่ 1			จุดที่ 2			จุดที่ 1			จุดที่ 2		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*	L*	a*	b*
6	25.45	-4.29	6.12	25.45	-4.29	6.12	26.09	-2.68	3.27	26.25	-1.65	3.25
7	25.45	-4.29	6.12	25.45	-4.29	6.12	26.26	-1.76	2.48	26.32	-1.68	2.36
8	25.45	-4.29	6.12	25.45	-4.29	6.12	26.31	-1.79	2.51	26.30	-1.70	2.95

หมายเหตุ

L* ใช้กำหนดค่าความสว่าง
(Lightness)

L = 0 สีที่ได้จะมีดำเป็นสีดำ

L = 100 สีที่ได้จะสว่าง

เป็นสีขาว

a* ใช้กำหนดสีแดง
หรือสีเขียว

a เป็น + วัตถุมีสีออกแดง

a เป็น - วัตถุมีสีออกเขียว

b* ใช้กำหนดสีเหลือง
หรือสีน้ำเงิน

b เป็น + วัตถุมีสีออกเหลือง

b เป็น - วัตถุมีสีออกน้ำเงิน

4. ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยทำการถ่ายทอดให้ความรู้ให้กับ
สมาชิกกลุ่มดวงทอง จำนวน 10 คน ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มดวงทอง

ตาราง 4 สรุปผลค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลความพึงพอใจในการจัดกิจกรรม
การถ่ายทอดเทคโนโลยี

ประเด็นการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
ด้านกระบวนการถ่ายทอดความรู้			
1. ทีมวิทยากรมีความรู้ความสามารถ และประสบการณ์ตรงกับการถ่ายทอดเทคโนโลยี	4.60	0.516	มากที่สุด
2. เทคนิค วิธีการถ่ายทอดความรู้ของวิทยากรง่ายต่อการเข้าใจ	4.40	0.516	มาก
3. ความสามารถในการอธิบาย ตอบข้อซักถามของทีมวิทยากร	4.50	0.527	มาก
4. สื่อที่ใช้ในการถ่ายทอดความรู้มีความหลากหลายและเหมาะสมกับหัวข้อที่ถ่ายทอดเทคโนโลยี	4.00	0.943	มาก
5. ระยะเวลาในการถ่ายทอดเทคโนโลยี	4.40	0.699	มาก
ค่าเฉลี่ย	4.38	0.640	มาก
ด้านความรู้ความเข้าใจ			
1. ความรู้ก่อนเข้าร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ	3.00	0.000	ปานกลาง
2. ความรู้หลังเข้าร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ	4.50	0.527	มาก
ค่าเฉลี่ย	3.75	0.264	มาก
ด้านการนำไปใช้ประโยชน์			
1. ท่านสามารถนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีที่ได้รับสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวัน	4.70	0.483	มากที่สุด
2. ความรู้หลังเข้าร่วมการถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกี่ยวกับเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ	4.70	0.483	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ย	4.70	0.483	มากที่สุด



อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยในครั้งนี้พบว่างานวิจัยนี้เป็นการเลือกใช้วัสดุในการทำตู้อบที่มีต้นทุนต่ำ ซึ่งการออกแบบเก่าของกลุ่มสามารถอบมะขามได้ในแต่ละครั้งได้ 10,000 กรัม และจะมีมะขามเกิดความเสียหายจากการไหม้ที่ประมาณ 15–20 เปอร์เซ็นต์ มะขามส่วนที่เสียหายจำเป็นต้องทิ้งไป จึงทำให้ขาดรายได้จากการอบในแต่ละครั้งอยู่ที่ 1,350–1,800 บาท งานวิจัยในครั้งนี้การออกแบบครั้งแรกสามารถอบมะขามได้ 19,860 กรัม วัสดุที่รับแสงอาทิตย์สำหรับทำความร้อนเป็นกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร จากนั้นติดแผ่นฟิล์มกรองแสง 80 เปอร์เซ็นต์ ด้านในหีบอบเพื่อป้องกันรังสี โดยการทดสอบใช้งานปรากฏว่าอุณหภูมิภายในหีบอบยังไม่เป็นไปตามความต้องการ แต่สามารถป้องกันรังสีได้ดีซึ่งทำให้เวลาในการอบใช้เวลานานขึ้นและมีต้นทุนเฉลี่ยต่อเครื่องอยู่ที่ 10,000 บาท จึงได้ทำการปรับเปลี่ยนวัสดุที่รับแสงอาทิตย์เป็นโพลีคาร์บอเนต และได้ปรับแก้ไขขนาดตัวโครงสร้างด้านบนให้เป็นรูปจั่วให้การรับแสงอาทิตย์สำหรับทำอุณหภูมิสูงขึ้น (ธีรพงศ์ บริรักษ์, 2562, น. 14) ซึ่งสามารถป้องกันรังสี UVA และรังสี UVB ได้ และอุณหภูมิในหีบอบสูงขึ้น และมีราคาเฉลี่ยต่อเครื่องอยู่ที่ 6,000 บาท ซึ่งถูกกว่าแบบที่เป็นกระจกใสหนา 5 มิลลิเมตร ติดแผ่นฟิล์มกรองแสง 80 เปอร์เซ็นต์ จากการทดลองสามารถป้องกันรังสี UVA และรังสี UVB ไว้ได้ไม่เกิน $0.26 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ ซึ่งจะส่งผลให้สีของมะขามมีสีส้มสวยงามไม่ดำจนเกินไปที่จะทำให้มะขามเกิดการไหม้ได้ เนื้อของมะขามจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นสีดำไม่สวยงาม ค่าน้ำหนักของมะขามที่หายไปมากที่สุดจากการอบแห้งที่ช่วงเวลา 6, 7 และ 8 ชั่วโมง (Vargas et al., 1996) คือที่ 8 ชั่วโมง อุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวันต่ำสุด 42 องศาเซลเซียส ที่เวลา 09.00–10.00 น. สูงสุด 58 องศาเซลเซียส ที่เวลา 12.00–14.00 น. เป็นอุณหภูมิที่สามารถอบแห้งมะขามได้ (ภูมิใจ สอาดโฉม และคนอื่น ๆ, 2560) และการถ่ายทอดเทคโนโลยีให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน กลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยการนำตู้อบมาสาธิตการอบที่กลุ่มวิสาหกิจ และได้ให้วิทยากรถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับตู้อบให้กับสมาชิกกลุ่ม จำนวน 10 คน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการอบรมนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชีวิตประจำวันและนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดต่อได้ (พิสนุ ฟองศรี, 2551)



สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งผลการทดสอบระยะเวลาในการอบที่ 6, 7 และ 8 ชั่วโมง ตามลำดับ น้ำหนักของมะขามเปรี้ยวอัดแห้ง โดยก่อนอบแห้ง 19,860 กรัม และหลังการอบแห้งน้ำหนักหายไป 246, 554 และ 1,217 กรัม ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิภายในห้องอบแห้งทั้งจุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีอุณหภูมิเฉลี่ย 52 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาที่อุณหภูมิภายในห้องอบแห้งสูง คือ 11.00–16.00 น. ค่าความชื้นหลังการอบที่เวลา 8 ชั่วโมง มีค่าความชื้นลดลงเฉลี่ย 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้เวลาอบนานขึ้นจะทำให้มะขามเปรี้ยวอัดแห้งมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงมากขึ้น ค่ารังสี UVA และรังสี UVB ภายในห้องอบแห้งมีค่าความเข้มรังสีเฉลี่ย $0.22 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ สามารถป้องกันแสงรังสี UVA และ UVB ได้ที่ 88 เปอร์เซ็นต์ ค่าสีของเนื้อมะขามก่อนและหลังอบมีค่าของ CIELAB หรือค่า $L^* a^* b^*$ ไม่แตกต่างกัน มีลักษณะสีเนื้อเป็นสีดำแกมเขียวอมเหลือง จุดที่ 1 และจุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมาก คือ สีเนื้อมะขามอัดแห้งแปรรูปหลังการอบมีลักษณะสีเนื้อเป็นสีดำแกมเขียวอมเหลือง สาเหตุเนื่องจากมะขามเปียกโร้เมล็ดที่นำมาทำการทดสอบเป็นมะขามเก่าเก็บเป็นเวลานาน ทำให้สีเนื้อมะขามเปลี่ยนแปลงส่งผลกระทบต่อตัวแปรในการวิจัย ผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยทำการถ่ายทอดให้ความรู้ให้กับสมาชิกกลุ่มดวงทอง จำนวน 10 คน ทั้งสามด้านมีค่าเฉลี่ย 4.70 มีความพึงพอใจอยู่ที่ระดับมากที่สุด (สุวิมล ติรกันันท์, 2543)

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. จากการทดสอบเครื่องอบแห้งมะขามพบว่าสามารถอบแห้งมะขามได้ ลดความเสียหายจากการไหม้ที่จะเกิดขึ้นกับมะขาม ที่ประมาณ 15–20 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง สามารถเพิ่มรายได้จากการอบในแต่ละครั้งอยู่ที่ 1,350–1,800 บาท งานวิจัยในครั้งนี้จึงสามารถเพิ่มผลผลิตและรายได้ให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทองได้
2. จากผลการถ่ายทอดเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ ต้นทุนต่ำ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง สามารถนำเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำไปช่วยในการเพิ่มผลผลิตการอบแห้งมะขามด้วยตัวเองได้

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการอบแห้งแบบป้องกันรังสีพลังงานแสงอาทิตย์ ต้นทุนต่ำ สำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อให้มีประสิทธิภาพ ในการทำอุณหภูมิสูงขึ้นควรมีการดัดแปลงวัสดุที่สามารถสะท้อนแสงภายในห้องอบโดยที่ยังคง อาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ต้นทุนต่ำ
2. ควรมีการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาเนื้อมะขามเมื่อโดนอากาศเป็นเวลานาน หรือโดนความร้อน เป็นเวลานาน ๆ จะทำให้เนื้อมะขามเกิดสีดำคล้ำดูไม่น่ารับประทาน
3. มะขามที่เกิดเป็นสีดำคล้ำดูไม่น่ารับประทาน ควรมีงานวิจัยเพื่อนำมะขามเหล่านี้ ไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อย่างอื่นที่สีของมะขามไม่มีอิทธิพลต่อผู้บริโภค
4. มะขามที่นำมาอบแห้งควรเป็นมะขามที่ไม่แก่เกินไปเป็นเวลานาน ๆ



กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีต้องขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกว.) มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และสถาบันวิจัยและพัฒนา ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ภายใต้แผนงานยุทธศาสตร์การวิจัยและนวัตกรรมโครงการวิจัยและ นวัตกรรม ครั้งนี้ ขอขอบพระคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มดวงทอง ตำบลห้วยโป่ง อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ให้ข้อมูลประกอบการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

สุดท้ายนี้ คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้คำแนะนำและให้ความช่วยเหลือ สนับสนุนจนทำให้งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ขอขอบพระคุณ ณ โอกาสนี้ด้วย



เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. (2564, 27 กันยายน). รายงานข้อมูลภาวะการผลิตพืช. <https://production.doae.go.th/service/data-state-product/>
- ธีรพงศ์ บริรักษ์. (2562). การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงความร้อนของตู้อบแห้ง โดยการปรับมุมเอียง คล้อยตามแสงอาทิตย์. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 14(1), 23–32.
- พิสนุ ฟองศรี. (2551). เทคนิควิธีประเมินโครงการ (พิมพ์ครั้งที่ 5). พรอพเพอร์ตี้พริ้นท์.

- ภูมิใจ สอาดโณม, ปิยวรรณ ศุภวิฑิตพัฒนา, และธวัชชัย ศุภวิฑิตพัฒนา. (2560). ศึกษาผลของระดับอุณหภูมิอบแห้งต่อการเปลี่ยนแปลงความชื้นของแผ่นโพนมะขามเปรี้ยวระหว่างการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดไกล. ใน *การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยระดับชาติ ครั้งที่ 18 ประจำปี 2560* (น. 1-5). สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.
- รัฐพงษ์ โปเคน และวิศิษฐ์ศักดิ์ เสี่ยงมศักดิ์. (2563). ตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, 6(1), 48-57.
- สุวิมล ตีรกานันท์. (2543). *การประเมินโครงการ: แนวทางสู่การปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ภาควิชาการประเมินและการวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- Green, M. G., & Schwarz, D. (2001). *Solar Drying Equipment: Notes on Three Driers*. GATE Technical Information E015e.
- Hislop, D. (1992). *Energy Options – Chapter 3: Heat from Solar Energy*. Intermediate Technology Development Group.
- Reynolds & Susan. (1998). *Drying Foods Out-of-Doors*. University of Florida Cooperative Extension Service.
- UVA และ UVB คืออะไร. (2563, 25 ธันวาคม). บริษัท เลกะคอร์ดปอเรชั่น จำกัด. <https://legatool.com/wp/4842/>
- Vargas, T. V., & Camacho, S. A. (1996). *Solar Drying of Fruits and Vegetables: Experiences in Bolivia*. FAKT, Energetica.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความส่งตีพิมพ์วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น)

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น) Academic Journal Uttaradit Rajabhat University, Science and Technology (for Local Development) ISSN 1686-4409 (Print), ISSN 2651-1207 (Online) เว็บไซต์ <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj/index> เป็นวารสารของสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิชาการ บทความวิจัย และผลงานวิจัยที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่นำไปแก้ไขปัญหาและพัฒนาเชิงพื้นที่ ทั้งในระดับจังหวัด กลุ่มจังหวัด ตำบล หมู่บ้าน หรือชุมชน เผยแพร่องค์ความรู้แก่นักวิชาการและบุคคลทั่วไป และส่งเสริมให้นักวิชาการในหน่วยงานราชการ หรืออาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้เสนอผลงานทางวิชาการสู่สาธารณะ โดยตีพิมพ์เผยแพร่รูปเล่ม ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2547 เป็นต้นมา และดำเนินการเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์ในระบบ Thai Journal Online System ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 เป็นต้นมา ซึ่งมีกำหนดการออกเผยแพร่ราย 6 เดือน ปีละ 2 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 ประจำเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ทั้งนี้บทความทุกฉบับจะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย จำนวน 3 ท่าน ในลักษณะการประเมินแบบ Double-blind เพื่อให้ผู้เขียนสามารถเตรียมต้นฉบับได้ถูกต้องและได้มาตรฐานตามรูปแบบของวารสาร จึงขอชี้แจงดังนี้



รายการตรวจสอบการเตรียมบทความ

ในขั้นตอนการส่งบทความ ผู้เขียนจะต้องตรวจสอบการปฏิบัติตามรายการต่อไปนี้

1. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้ส่งบทความโดยตรง
2. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์ในลักษณะบทความวิจัยต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
3. ผู้นิพนธ์ต้องอ้างอิงผลงานของผู้อื่น หากมีการนำผลงาน หรือข้อความในลักษณะอื่นใดมาใช้ในบทความ รวมทั้งจัดทำรายการอ้างอิงท้ายบทความ

4. ผู้นิพนธ์ต้องเขียนบทความให้ถูกต้องตามรูปแบบที่กำหนดไว้ใน “คำแนะนำสำหรับผู้เขียนฯ”
5. ผู้นิพนธ์ที่มีชื่อปรากฏในบทความทุกคน ต้องเป็นผู้มีส่วนร่วมในการดำเนินการวิจัยจริง
6. ผู้นิพนธ์ต้องระบุแหล่งทุนที่สนับสนุนในการทำวิจัย (ถ้ามี)
7. ผู้นิพนธ์ต้องระบุผลประโยชน์ทับซ้อน (ถ้ามี)
8. สามารถส่งต้นฉบับบทความวิชาการ (Academic Article) และบทความวิจัย (Research Article) ได้ทั้งภาษาอังกฤษ และภาษาไทย
9. ต้นฉบับต้องผ่านการกลั่นกรองโดยผู้ทรงคุณวุฒิและได้รับความเห็นชอบจากกองบรรณาธิการ
10. ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ถือเป็นลิขสิทธิ์ของวารสาร



นโยบายการดำเนินงานของวารสาร

1. กองบรรณาธิการจะตรวจสอบหัวข้อและเนื้อหาของบทความถึงความเหมาะสม และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสารฯ รวมถึงประโยชน์ในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ
2. บทความที่ส่งเข้าระบบเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ จะผ่านการตรวจสอบการคัดลอกผลงานวิชาการโดยใช้ระบบอักขรวิสุทธิ์ หรือระบบ CopyCatch หรือระบบ Turnitin อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งนี้ผลงานวิชาการที่มีเนื้อหาคล้ายกัน สามารถยอมรับได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ของผลงานทั้งหมด
3. กรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความไว้สำหรับพิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งบทความเพื่อทำการกลั่นกรองต่อไป โดยส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะตีพิมพ์หรือไม่ สำหรับกระบวนการพิจารณากลั่นกรองนี้ เป็นการประเมินบทความแบบสองทาง (Double-Blind Process) กล่าวคือ จะไม่เปิดเผยชื่อผู้ส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิทราบ และจะไม่เปิดเผยชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้ส่งบทความทราบ รวมถึงกองบรรณาธิการจะไม่เปิดเผยทั้งชื่อผู้ส่งบทความ และชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้บุคคลอื่นทราบด้วยเช่นกัน
4. ทั้งนี้เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลั่นกรองบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะพิจารณาตัดสินใจตามคำตัดสิน และข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้น ๆ ควรได้รับการตีพิมพ์ หรือควรส่งกลับให้กับผู้ส่งบทความเพื่อทำการแก้ไข ก่อนพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง หรือปฏิเสธการตีพิมพ์

5. ผู้พิมพ์ต้องยินยอมปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กองบรรณาธิการวารสารกำหนด และยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขความสมบูรณ์ของบทความได้ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่

6. การอนุมัติให้ลงตีพิมพ์ได้หรือไม่นั้น ผลการพิจารณาจากกองบรรณาธิการวารสารถือเป็นที่สุด



การเตรียมต้นฉบับบทความ

แนะนำให้ผู้พิมพ์ ดาวน์โหลดเทมเพลต Research Article Template (บทความวิจัย) หรือ Academic Article Template (บทความวิชาการ) ที่ เอกสารดาวน์โหลด สำหรับวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

1. ความยาวของบทความไม่เกิน 10 หน้ากระดาษ ขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียว (นับรวมภาพ ตาราง และเอกสารอ้างอิง) พื้นที่ของกระดาษที่ใช้พิมพ์ ให้เว้นขอบบน 3.81 เซนติเมตร ขอบล่าง 2.54 เซนติเมตร ขอบซ้าย 3.81 เซนติเมตร และขอบขวา 2.54 เซนติเมตร

2. รูปแบบตัวอักษร จัดพิมพ์ด้วยแบบตัวอักษร TH SarabunPSK โดยเนื้อความขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวธรรมดา)

3. ชื่อเรื่องบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 pt. (ตัวหนา) จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษ

4. ชื่อผู้เขียนภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวอักษรปกติ) จัดชิดขวา

5. ชื่อสังกัดหน่วยงานหรือมหาวิทยาลัยภาษาไทยและภาษาอังกฤษ และ Corresponding Author, E-mail: ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวอักษรปกติ) จัดชิดขวา

6. หัวข้อ ได้แก่ บทคัดย่อ Abstract บทนำ วัตถุประสงค์การวิจัย สมมติฐานการวิจัย วิธีดำเนินการวิจัย ผลการวิจัย อภิปรายผลการวิจัย สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ เอกสารอ้างอิง ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวหนา) จัดชิดซ้าย ไม่ใส่เลขลำดับที่

7. การใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) ทวิภาค (:) และอฒภาค (;) ให้พิมพ์ต่อเนื่องกับอักษรตัวหน้า และเว้น 1 เวรคตัวอักษร ก่อนข้อความต่อไป เช่น

Community engagement in higher education: Policy reforms and practice (ไพฑูรย์ สีนลรัตน์, 2562; ศรเนตร อารีโสภณพิเชฐ, 2564)

8. ภาพ หมายเลขภาพ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวหนา) ให้ระบุไว้ได้ภาพ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษใต้ภาพ

9. รายการของเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ ต้องเดิมคำว่า “(in Thai)” ต่อท้ายทุกรายการของเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ



ส่วนประกอบของบทความ

1. ชื่อเรื่องบทความ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ควรกะทัดรัดไม่ยาวจนเกินไป มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2. ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานที่สังกัด (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ระบุเฉพาะชื่อ และสกุล โดยใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะผู้รับผิดชอบบทความ สถานที่ทำงาน (Affiliation) ระบุหน่วยงาน จังหวัด รหัสไปรษณีย์ ทั้งนี้ให้สอดคล้องกับผู้แต่ง อีเมล (E-mail Address) ระบุเฉพาะผู้รับผิดชอบบทความ

3. บทคัดย่อ (Abstract) ความยาวไม่เกิน 300 คำ คำสำคัญ (Keywords) 3-5 คำ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ)

4. ส่วนเนื้อหา

4.1 บทความวิจัย ควรเป็นการนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้า ข้อค้นพบ องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการมาอย่างเป็นระบบตามขั้นตอนของการวิจัย โดยควรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (สามารถมีหัวข้อหรือองค์ประกอบที่แตกต่างได้)

4.1.1 บทนำ (Introduction) ครอบคลุมความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

4.1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objective) ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่นักวิจัยต้องการศึกษา ที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง และรายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้

4.1.3 วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology) ให้ระบุรูปแบบวิจัย (Research Design) อธิบายเครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัยให้กระชับและชัดเจน ให้บอกรายละเอียดสิ่งที่น่าสนใจ สสูตรและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา (เกณฑ์การคัดเข้า คัดออก) การสุ่มตัวอย่าง ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา คุณภาพของเครื่องมือ วิธีหรือมาตรที่ใช้ในการวัด วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.4 ผลการวิจัย (Results) บรรยายสรุปผลการวิจัยอย่างกระชับโดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย หากการวิจัยเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่ต้องนำเสนอด้วยตารางหรือแผนภูมิ ควรมีคำอธิบายประกอบ การเรียงลำดับภาพ ตาราง หรือแผนภูมิ ควรเรียงลำดับตามเนื้อหาของงานวิจัย และต้องมีการแปลความหมายของผลที่ค้นพบหรือวิเคราะห์

4.1.5 อภิปรายผลการวิจัย (Discussion) เขียนสอดคล้องกับลำดับของการนำเสนอสรุปผลการวิจัย เป็นการวิพากษ์วิจารณ์ผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน มีการอ้างอิงข้อเท็จจริง ทฤษฎี และผลการวิจัยอื่นอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผลถึงแนวความคิดของผู้วิจัยต่อผลการวิจัยที่ได้

4.1.6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestions) ควรสรุปสาระสำคัญที่ไม่คลุมเครือ และสรุปว่าตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่อย่างไร รวมถึงการแสดงข้อเสนอแนะและความเห็นเพิ่มเติมเพื่อนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่และการพัฒนางานต่อไปในอนาคต หรือเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

4.1.7 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) เป็นการแสดงคำขอบคุณสำหรับแหล่งทุนสนับสนุน หรือผู้ช่วยเหลืองานวิจัย

4.1.8 เอกสารอ้างอิง (Reference) การแสดงถึงแหล่งที่มาของข้อมูลที่ถูกนำมาอ้างอิงขึ้นใช้ในการวิจัย เพื่อเป็นการแสดงเจตนาว่าไม่นำผลงานของผู้อื่นมาเป็นของตนเอง การเขียนอ้างอิงให้เป็นไปตามรูปแบบที่วารสารกำหนดแบบ APA (American Psychological Association) ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 7

4.2 บทความวิชาการ ควรมีการกำหนดประเด็นที่ต้องการอธิบายหรือวิเคราะห์อย่างชัดเจน โดยมีการวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องการนำเสนอตามหลักวิชาการ โดยมีการสำรวจวรรณกรรมเพื่อสนับสนุนจนสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ประเด็นนั้นได้ อาจเป็นการนำความรู้จากแหล่งต่าง ๆ มาประมวลร้อยเรียงเพื่อวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยที่ผู้ส่งบทความแสดงทัศนะทางวิชาการของตนไว้อย่างชัดเจน มีลำดับเนื้อหาและบทสรุปที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ชัดเจน ประกอบด้วย

4.2.1 บทนำ (Introduction) หลักการและเหตุผล (Rationale) ความเป็นมา หรือภูมิหลัง (Background) ความสำคัญของเรื่องที่เขียน (Justification) วัตถุประสงค์ของการเขียนในการที่จะสื่อไปยังผู้อ่าน คำจำกัดความ หรือนิยามต่าง ๆ ที่ผู้เขียนเห็นว่ามีมีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

4.2.2 เนื้อเรื่อง (Body) การจัดลำดับเนื้อหาสาระ การเรียบเรียงเนื้อหา การวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ การใช้ภาษา วิธีการนำเสนอ

4.2.3 ส่วนสรุป (Conclusions) บทความทางวิชาการที่ดีควรมีการสรุปประเด็นสำคัญ ๆ ของบทความนั้น ซึ่งอาจกระทำในลักษณะการย่อโดยการเลือกประเด็นสำคัญ ๆ ของบทความมานำเสนออย่างกระชับท้ายบทความ



การเขียนเอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงเอกสาร ควรอ้างอิงจากผลงานวิชาการต่าง ๆ ที่มาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ ตรวจสอบได้ ในการเขียนเอกสารอ้างอิงนี้ใช้รูปแบบการเขียนอ้างอิงตามรูปแบบของ The American Psychological Association (APA, 7th Edition) ประกอบด้วย การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation) และการอ้างอิงท้ายบทความ (Reference) โดยมีรูปแบบดังนี้

การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation)

การอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหา ระบุชื่อผู้แต่ง ปีพิมพ์ และหมายเลขหน้า (การอ้างอิงผลงานจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไม่ต้องระบุหมายเลขหน้า) ในกรณีที่เป็นการอ้างอิงเนื้อหาโดยตรง หรือแนวคิดบางส่วน หรือเป็นการคัดลอกข้อความบางส่วนมาโดยตรง สำหรับรูปแบบการอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาสามารถกระทำได้หลายรูปแบบ ดังนี้

1. กรณีอ้างอิงท้ายข้อความ (ผู้แต่ง, ปีพิมพ์, เลขหน้า)

(สุนีย์ มัลลิกะมาลย์, 2549, น. 27)

(McCartney & Phillips, 2006, p. 204)

(Murphy, 2021, pp. 152–153)

(Martin et al., 2020) ***กรณีที่มีผู้แต่ง 3 คน หรือมากกว่า***

ตัวอย่างประโยค

จากการเปลี่ยนแปลงของบริบทโลกและสภาพของปัจจุบันนี้นั้น ทำให้สภาพแวดล้อมของการพัฒนาประเทศไทยในปัจจุบัน และในอนาคต 20 ปีข้างหน้าเปลี่ยนไป ในส่วนบริบทของประเทศไทยได้มีการกำหนดยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ. 2560–2579) โดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนาคนไทยในอนาคตให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นพลเมืองที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เป็นพลเมืองที่ตื่นรู้ มีจิตสาธารณะ และทำประโยชน์ต่อส่วนรวม (ปรเมธี วิมลศิริ, 2559, น. 3)

2. กรณีมีการระบุชื่อผู้แต่งในเนื้อหา ผู้แต่ง (ปีพิมพ์)

ลดาพร บุญฤทธิ์ (2559) ได้ศึกษาถึง

Boonsarnsuk (2020) studied

ตัวอย่างประโยค

เบล (Bell, 2016, p. 55) กล่าวถึงการจัดศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในมุมมองของการพัฒนาพลเมืองที่มีความรับผิดชอบอย่างยั่งยืนนั้น ต้องมีทักษะสำหรับการใช้ชีวิตในยุคปัจจุบัน (Skills for living in the world) ได้แก่

3. การอ้างอิงรายการเดียวกันแต่ที่มีผู้แต่งแตกต่างกัน ให้เรียงตามอักษรของผู้แต่ง
ค้นด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) กรณีที่งานทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศถูกอ้างพร้อมกัน
ให้เริ่มทำงานเขียนภาษาไทยก่อน

Several studies (Kozak & Elliott, 2014, p. 5; Miller, 1999)

(อุษพงศ์ โนดไธสง, 2560; อำนวย วีรวรรณ, 2540)

(อนุชาติ บุณนาค, 2549; Digital Citizenship for College Students, 2016)

4. กรณีการอ้างอิงเอกสารที่ไม่ใช่เอกสารต้นฉบับ ให้ระบุชื่อเอกสารต้นฉบับ และคำว่า
“อ้างอิงใน” สำหรับภาษาไทย หรือ “as cited in” สำหรับภาษาอังกฤษ ตามด้วยชื่อผู้แต่ง
เอกสารทุติยภูมิ และปีพิมพ์ สำหรับการลงรายการอ้างอิงท้ายเล่ม ลงชื่อผู้แต่งเอกสารทุติยภูมิ
เท่านั้น

(นิพัทธ์ เลิศนรงค์, 2531, น. 53–75, อ้างถึงใน พัทธวีภา โพธิ์ศรี, 2551, น. 94–95)

(Miller, 1988, as cited in Kozak & Elliott, 2014, p. 8)

Bridget’s diary (as cited in Rahnama, 2017)

5. การอ้างอิงการสัมภาษณ์ ซึ่งอาจเป็นบันทึก บทสนทนาทางโทรศัพท์ หรือ
เอกสารอื่น ๆ รวมทั้งการสัมภาษณ์ที่ไม่ได้อ้างอิงมาจากแหล่งอื่น (สัมภาษณ์เอง) ไม่ต้องระบุ
ในเอกสารอ้างอิงท้ายเล่ม แต่ให้ระบุในเนื้อหา โดยระบุชื่อสกุลของ เจ้าของเอกสาร หรือ
ผู้ถูกสัมภาษณ์ และวันที่ให้สัมภาษณ์ให้ถูกต้อง เช่น

เจษฎา มิ่งฉาย (สัมภาษณ์, 18 เมษายน 2563) ให้ความเห็นว่า

คาฟท์ (Karft, สัมภาษณ์, 28 กันยายน 2564) กล่าวว่า

6. การอ้างอิงบางส่วนของเอกสาร ให้ระบุชื่อผู้แต่ง ปี และข้อมูลเกี่ยวกับเอกสาร เช่น
ย่อหน้า บท ตาราง ภาพ หมายเลขสไลด์ เช่น

(ภาสุตา ภาคาผล, 2556, ย่อหน้า 4)

(Delve & Mintz, 2019, Table 1)

(National Council for the Social Studies, 2000, Slide 8)

(Kauffman, 2000, paras. 2–3)

การอ้างอิงท้ายบทความ (Reference)

ข้อกำหนดในการเขียนเอกสารอ้างอิง

1. ชื่อผู้แต่ง

1.1 ผู้แต่งคนไทย ไม่ต้องระบุค่านำหน้านาม ตำแหน่งทางวิชาการ คำเรียกทางวิชาชีพ และตำแหน่งยศต่าง ๆ

ศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สินลารัตน์	ลงรายการเป็น	ไพฑูรย์ สินลารัตน์.
ร้อยตำรวจเอก วินัย ชื่อสัตย์	ลงรายการเป็น	วินัย ชื่อสัตย์.
แพทย์หญิงลดาพร บุญฤทธิ์	ลงรายการเป็น	ลดาพร บุญฤทธิ์.

1.2 ผู้แต่งชาวต่างประเทศ ให้ลงนามสกุลตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค และต่อด้วยอักษรย่อของชื่อต้น และชื่อรอง

A. W. Chickering	ลงรายการเป็น	Chickering, A. W.
Prairie Leigh Burgess	ลงรายการเป็น	Burgess, Prairie Leigh.
Cecilia I. Delve	ลงรายการเป็น	Delve, Cecilia I.

1.3 ผู้แต่งชาวไทยที่เขียนหนังสือเป็นภาษาอังกฤษ จะลงรายการผู้แต่งโดยใช้นามสกุลขึ้นต้นเหมือนผู้แต่งชาวต่างประเทศ

Chanokphat Phadungath	ลงรายการเป็น	Phadungath, C.
-----------------------	--------------	----------------

1.4 ผู้แต่งมีฐานันดรศักดิ์และบรรดาศักดิ์ ให้กลับฐานันดรศักดิ์หรือบรรดาศักดิ์ไว้หลังชื่อ โดยมีเครื่องหมายจุลภาคคั่น

กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา เจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร	ลงรายการเป็น	เทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร, กรมสมเด็จพระ
หม่อมราชวงศ์เสนีย์ ปราโมช	ลงรายการเป็น	เสนีย์ ปราโมช, ม.ร.ว.
คุณหญิงพรทิพย์ โรจนสุนันท์	ลงรายการเป็น	พรทิพย์ โรจนสุนันท์, คุณหญิง

1.5 ผู้แต่งมีสมณศักดิ์ ให้ลงชื่อสมณศักดิ์ และถ้าทราบชื่อเดิมให้ใส่ไว้ในวงเล็บ
ต่อจากชื่อสมณศักดิ์

พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัว ญาณสัมปันโน).
พระราชรัตนรังสี (วีรยุทธ์ วีรยุทธ).

1.6 ผู้แต่งคนเดียวกัน แต่งหนังสือหลายชื่อเรื่องและพิมพ์ในปีเดียวกัน ถ้าเป็น
ภาษาไทย ให้ใส่ อักษร ก, ข, ค, ง ไว้ท้ายปีที่พิมพ์ตามลำดับ ส่วนภาษาอังกฤษ ให้ใส่อักษร
a, b, c, d ไว้ท้ายปีที่พิมพ์

ทิตินา แคมมณี. (2557ก).
(Oxford University, 2019b)

1.7 จำนวน และประเภทผู้แต่ง

รูปแบบ	การอ้างอิงในเนื้อหา	การอ้างอิงท้ายบทความ
ผู้แต่ง 1 คน	(สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 17) (Biech, 2015)	สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). <i>กรอบคุณวุฒิ แห่งชาติฉบับปรับปรุง</i> . สำนักงานฯ. Biech, Elaine. (2015). <i>101 Ways to make learning active beyond the classroom</i> . John Wiley & Sons.
ผู้แต่ง 2 คน	(สมสิทธิ์ อัสตรินิธี และ กาญจนา ภูครองนาค, 2555, น. 22–23) (Chickering & Reisser, 1993) หรือ Chickering and Reisser (1993)	สมสิทธิ์ อัสตรินิธี และกาญจนา ภูครองนาค. (2555). <i>การศึกษาวิเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้สู่การ เปลี่ยนแปลงตามแนวคิดปรัชญาศึกษาเพื่อการ ข่มเพาะความซื่อตรง</i> . สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล. Chickering, A. W., & Reisser, L. (1993). <i>Educational and identity</i> (2nd ed.). Jossey-Bass.

รูปแบบ	การอ้างอิงในเนื้อหา	การอ้างอิงท้ายบทความ
ผู้แต่ง 1-20 คน ระบุชื่อทุกคน *** ใช้เครื่องหมาย จุลภาคคั่น และคำว่า และ ก่อนคนสุดท้าย	(ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์ และคนอื่น ๆ, 2563)	ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์, พรพรรณ ภูสาหัส, สมสุข ภาณุรัตน์, สุขฤดี ธัชศฤงคารสกุล, พิชรี กระจำงโพธิ์, และ วิณี ธุระธรรม. (2563). <i>การประเมินภาวะสุขภาพ สำหรับพยาบาล: การตรวจร่างกาย</i> (พิมพ์ครั้งที่ 3). พิมพ์ดีการพิมพ์.
ผู้แต่ง 21 คน ขึ้นไป ระบุชื่อ 19 คนแรก และใช้ ... ตามด้วยชื่อ คนสุดท้าย โดยหน้าและ หลังแต่ละจุด ต้องเว้นวรรค 1 ระยะ	Jacob et al. (2015) หรือ (Jacob et al., 2015)	Jacob, James W., Sutin, Stewart E., Weidman, John C., & Yeager, John L. (2015). <i>Community engagement in higher education</i> . Sense.
	ชนิษฐา นันทบุตร และคน อื่น ๆ (2563, น. 25) หรือ (ชนิษฐา นันทบุตร และคน อื่น ๆ, 2563, น. 25)	ชนิษฐา นันทบุตร, พิรพงษ์ บุญสวัสดิ์กุลชัย, จงกลณี จันทศิริ, นิลภา จิระรัตนวรรณะ, สุนันท์ วรรณะอมร, แสงเดือน แท่งทองคำ, กชพร สิงห์หล้า, กติกา นวพันธ์, กนกพร จิรัฐติกาลวงศ์, กนกพร จิวประสาท, กนกพร แจ่มสมบุรณ์, กนกพร อัสวเมธิกางค์, กมลวรรณ จุติวรกุล, กมลวรรณ ดงชนกานนท์, กรรณิกา ชำธรรม, กรรณิการ์ มุทธาร, กรองทอง วงศ์ศรีตรัง, กรวิรุ อัสวคุปตานนท์, กฤติน กุลเพ็ญ, . . . พัฒนา นาคทอง. (2563). <i>ชุดความรู้ การพัฒนาใกล้และการพัฒนาระบบสุขภาพชุมชน โดยชุมชนเพื่อชุมชน</i> . ดีดี.
	Miller et al. (2018, p. 10) หรือ (Miller et al., 2018, p. 10)	Miller, T. C., Brown, M. J., Wilson, G. L., Evans, B. B., Kelly, R. S., Turner, S. T., Lewis, F., Lee, L. H., Cox, G., Harris, H. L., Martin, P., Gonzalez, W. L., Hughes, W., Carter, D., Campbell, C., Baker, A. B., Flores, T., Gray, W. E., Green, G., . . . Nelson, T. P. (2018).
ผู้แต่งที่เป็น สถาบัน	สำนักงานคณะกรรมการ ดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและ สังคม (2562)	สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม. (2562). <i>การรู้ดิจิทัล</i> . สำนักงานฯ.
ผู้รับผิดชอบเป็น บรรณาธิการ	(วิชัย วงษ์ใหญ่ (บ.ก.), 2553) (McKinney et al. (Eds.), 2018)	วิชัย วงษ์ใหญ่ (บ.ก.). (2553). <i>กระบวนการทัศน์ใหม่ในการ พัฒนาหลักสูตร</i> . โอเดียนสโตร์. (McKinney, E. S., Nelson, K. A., & Ashwill, J. W. (Eds.). (2018). <i>Maternal-child nursing</i> (5th ed.). Elsevier.

2. ปีพิมพ์

2.1 ระบุปีพิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บตามหลังชื่อผู้แต่ง และปิดด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

สุภาภรณ์ เกียรติสิน. (2562).
Sherman, Chad D. (2011).

2.2 หนังสือที่อยู่ในระหว่างการพิมพ์ ให้ลงคำว่า กำลังจัดพิมพ์ หรือ in press ในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ์

(กำลังจัดพิมพ์).
(in press).

2.3 หนังสือที่ไม่ปรากฏปีพิมพ์ ใส่อักษรย่อในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ์

(ม.ป.ป.).	แทนค่าเต็มจาก	ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์
(n.d.).	แทนค่าเต็มจาก	no date

3. ครั้งที่พิมพ์

3.1 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 1 หรือพิมพ์ครั้งแรก ไม่ต้องระบุในรายการอ้างอิง

3.2 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป ใส่ครั้งที่พิมพ์ต่อจากชื่อเรื่อง โดยระบุครั้งที่พิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บ และตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค

(พิมพ์ครั้งที่ 2).
(2nd ed.).
(พิมพ์ครั้งที่ 4).
(4th ed.).

4. สำนักพิมพ์

4.1 ระบุชื่อสำนักพิมพ์ที่ปรากฏบนผลงาน พิจารณาให้สอดคล้องกับปีพิมพ์และครั้งที่พิมพ์ โดยไม่ใช่ชื่อย่อ ให้ตัดคำว่า สำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วน จำกัด บริษัท หรือ คำว่า Publishers, Co., และ Inc. ซึ่งไม่จำเป็นต้องระบุ แต่ให้คงคำว่า Books คำว่า Press ในชื่อของสำนักพิมพ์ไว้

สำนักพิมพ์สารคดี	ลงรายการเป็น	สารคดี.
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ลงรายการเป็น	สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)	ลงรายการเป็น	ซีเอ็ดดูเคชั่น.
John Wiley & Sons., Inc.	ลงรายการเป็น	John Wiley & Sons.
Oxford University Press	ลงรายการเป็น	Oxford University Press.
SAGE Publishing	ลงรายการเป็น	SAGE.

4.2 กรณีไม่ปรากฏชื่อสำนักพิมพ์ ให้ใส่โรงพิมพ์แทนโดยให้คงคำว่าโรงพิมพ์ไว้

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
Cambridge University Press.

4.3 หากไม่ปรากฏทั้งชื่อสำนักพิมพ์ และโรงพิมพ์ ให้ใช้อักษรย่อดังนี้

ม.ป.พ.	แทนคำเต็มจาก	ไม่ปรากฏสำนักพิมพ์
n.p.	แทนคำเต็มจาก	no publisher

การอ้างอิงทรัพยากรสารสนเทศประเภทต่าง ๆ

1. หนังสือ

ผู้แต่ง./ (ปีที่พิมพ์)./ ชื่อเรื่อง./ (ครั้งที่พิมพ์ พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป)./ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ปริญญา เทวานฤมิตรกุล. (2559). การศึกษาเพื่อสร้างพลเมือง = Civic education (พิมพ์ครั้งที่ 2). สถาบันสัญญา ธรรมศักดิ์ เพื่อประชาธิปไตย มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

- พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัว ญาณสัมปันโน). (2554). *นิพพานคือนิพพาน*. การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.
- วิมลทิพย์ มุสิกพันธ์ และศิวพร ปกป้อง. (2553). *ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและพฤติกรรม การกระทำความรุนแรงทั้งทางกายภาพและการข่มเหงรังแกผ่านโลกโซเชียลของ เยาวชนไทย*. ปัญญาสมาคมเพื่อการศึกษาวิจัยความเห็นสาธารณะแห่งประเทศไทย.
- สุภาภรณ์ เกียรติสิน. (2562). *การเข้าใจดิจิทัลกับพลเมืองไทย (Digital literacy in 21st)*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.
- Douglass, Paul, & McMahon, Alice. (1960). *How to be an active citizen*. University of Florida Press.
- Munck, Ronaldo, McIlrath, Lorraine, Hall, Budd, & Tandon, Rajesh (Eds.). (2014). *Higher education and community-based research: Creating a global vision*. Palgrave Macmillan.

2. หนังสือแปล

ชื่อผู้แต่งต้นฉบับ./ (ปีพิมพ์)/ ชื่อเรื่องที่แปล [ชื่อต้นฉบับ]
(ชื่อผู้แปล./ ผู้แปล)/ สำนักพิมพ์ (ต้นฉบับพิมพ์ ปี ค.ศ. หรือ พ.ศ.).

ตัวอย่าง

- เกรย์, เจ. (2552). *ผู้ชายมาจากดาวอังคาร ผู้หญิงมาจากดาวศุกร์* [Men are from mars, women are from venus] (สงกรานต์ จิตสุทธิภากร, ผู้แปลและเรียบเรียง) (พิมพ์ครั้งที่ 26). ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- บริกแฮม, อี. เอฟ., และฮุสตัน, เจ. เอฟ. (2544). *การจัดการการเงิน* [Fundamentals of financial management] (เรจรัก จำปาเงิน, ผู้แปลและเรียบเรียง) (พิมพ์ครั้งที่ 2). บิคุเนท. (ต้นฉบับพิมพ์ ปี ค.ศ. 2001).

3. หนังสือที่ไม่ปรากฏปีที่พิมพ์ และสำนักพิมพ์

ผู้แต่ง./ (ม.ป.ป. หรือ n.d.)/ ชื่อเรื่อง/ (ครั้งที่พิมพ์ พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป)./
ม.ป.พ. หรือ n.p.

ตัวอย่าง

วิจารณ์ พานิช. (2558). *การเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลง = Transformative learning*. ม.ป.พ.
วิจิตร ศรีสอ้าน. (ม.ป.ป.). *หลักการอุดมศึกษา*. วัฒนาพานิช.

Astin, Alexander W. (1993). *What matters in college*. n.p.

Kolb, D. A. (n.d.). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. SAGE.

4. รายงานการวิจัย

ผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ ชื่อเรื่อง (รายงานการวิจัย)./ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ศักดิ์ชัย นิธิภูทิว. (2564). *การเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคม (Service learning) (รายงานการวิจัย)*. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานกฤษฎีกา.

Hoechsmann, Michael, & Dewaard, Helen. (2015). *Mapping digital literacy policy and practice in the Canadian education (Research report)*. University of Toronto Press.

5. บทความในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ./ (ปีพิมพ์)./ ชื่อบทความ./ ใน หรือ In ชื่อบรรณาธิการ (บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds.)./ ชื่อเรื่อง./ (น. หรือ p. หรือ pp. เลขหน้า)./ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ณัฐพล ปัญญาโสภณ. (2554). มุมมองของนักศึกษานิเทศศาสตร์ต่อกระบวนการผลิตละครเพื่อการสื่อสาร. ใน ชนัญชี ภัทธานนท์ (บ.ก.), *กระบวนการทัศน์มหาวิทยาลัยไทยบนความท้าทายของเอเชียแปซิฟิก* (น. 23–24). มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สุรพันธ์ สิทธิสุข. (2563). การสัมภาษณ์ประวัติ. ใน วิทยา ศรีตามา (บ.ก.), *การสัมภาษณ์ประวัติและตรวจร่างกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 12, น. 1–7). โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- Gray, J. R. (2021). Discovering the world of nursing. In R. G. Jennifer, K. G. Susan (Eds.), *Burns & Grove's the practice of nursing research: Appraisal, synthesis, and generation of evidence* (9th ed., pp. 1–18). Elsevier.
- Sinnaeve, G. (2010). Use of near infrared spectroscopy for the determination of internal quality of entire apples. In S. Saranwong, S. Kasemumran, W. Thanapase, & P. Williams (Eds.), *Near infrared spectroscopy: Proceedings of the international conference* (pp. 255–259). IMP.

6. วารสาร

ชื่อผู้เขียนบทความ./ (ปีพิมพ์)/ ชื่อบทความ./ ชื่อวารสาร./ เลขของปีที่ (เลขของฉบับที่)/ เลขหน้า.

ตัวอย่าง

- ปิยะวิทย์ ทิพรส. (2553). การจัดการป้องกันและลดสารให้กลิ่นโคลน Geosmin ในผลิตภัณฑ์แปรรูปสัตว์น้ำ. *วารสารสุทธิปริทัศน์*, 24(72), 103–119.
- Plows, J. F., Stanley, J. L., Baker, P. N., Reynolds, C. M., & Vickers, M. H. (2018). The pathophysiology of gestational diabetes mellitus. *International journal of molecular sciences*, 19(11), 3342. <https://doi.org/10.3390/ijms19113342>
- Siriwongworawat, S. (2003). Use of ICT in Thai libraries: An overview. *Program: Electronic Library and Information Systems*, 37(1), 38–43.
- Tandra, R., Sahai, A., & Veeralli, V. (2011). Unified space-time metrics to evaluate spectrum sensing. *IEEE Communication Magazine*, 49(3), 54–61

7. หนังสือพิมพ์

ผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์./ วันเดือน)/ ชื่อบทความ./ ชื่อหนังสือพิมพ์./ น. หรือ p. หรือ pp. เลขหน้า.

ตัวอย่าง

- เฉลิมพล พลมุข. (2557, 20 ตุลาคม). จุดยืนของมหาวิทยาลัยราชภัฏ. *มติชน*, น. 21.
- ปรัชญเศรษฐศาสตร์ “ราชภัฏ” สู่การพัฒนาท้องถิ่น. (2560, 4 สิงหาคม). *กรุงเทพธุรกิจ*, น. 15.
- อว. ชู “วิศวกรสังคม” ทำงานในชุมชนได้ทุกมิติ. (2563, 20 กรกฎาคม). *เดลินิวส์*. <https://www.dailynews.co.th/education/785949>
- Boonnoon, J. (2011, April 28). Manufacturers flood Thai market. *The Nation*, p. 11.

8. วิทยานิพนธ์และปริญญาานิพนธ์

ผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อเรื่อง/[ระดับวิทยานิพนธ์]. ชื่อสถาบัน.

ตัวอย่าง

- จอย ทองกล่อมสี. (2555). *การพัฒนาตัวบ่งชี้ความรับผิดชอบต่อสังคมของสถาบันอุดมศึกษาไทยตามหลักธรรมาภิบาล* [วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. <http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/35693>
- เสาวนีย์ คงนิรันดร์. (2559). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูแลของผู้ดูแลผู้ป่วยจิตเวช* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา]. ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).
- Burgess, Prairie Leigh. (2011). *Understanding how institutional leadership affects civic engagement on university campuses* [Doctoral dissertation, University of Arkansas]. <https://scholarworks.uark.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1079&context=etd&httpsredir=1&referer>
- Harris, L. (2014). *Instructional leadership perceptions and practices of elementary school leaders* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Virginia.
- Worawalai, W. (2014). *α -Glucosidase inhibitors from N-substituted aminocyclitol derivatives and total synthesis of CJ-16,264* [Doctoral dissertation, Chulalongkorn University]. <https://bit.ly/3sGuBFh>

9. เอกสารการประชุมวิชาการ

ผู้แต่ง./ (ปีพิมพ์)./ชื่อบทความหรือชื่อเรื่องของบท./ใน หรือ In ชื่อบรรณาธิการ
(บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds.),/ชื่อการประชุม/(น. หรือ p. หรือ pp. เลขหน้า)
./สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

- ทิตินา แคมมณี. (2557). พฤติกรรมการสอนให้มีชีวิตสู่ห้องเรียนแห่งศตวรรษใหม่. ใน *การประชุมสู่จุดเปลี่ยนประเทศไทย อกวิวัฒน์การเรียนรู้* (น. 58). สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.).
- พัชรภา ตันติชูเวช. (2553). การศึกษาทั่วไปกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับประเทศไทย. ใน ศิริชัย กาญจนวาสี (บ.ก.), *การขับเคลื่อนคุณภาพการศึกษาไทย การประชุมวิชาการและเผยแพร่ผลงานวิจัยระดับชาติ* (น. 97–102). คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Katz, I., Gabayan, K., & Aghajan, H. (2007). A multi-touch surface using multiple cameras. In J. Blanc–Talon, W. Philips, D. Popescu, & P. Scheunders (Eds.), *Lecture notes in computer science: Vol. 4678. Advanced concepts for intelligent vision systems* (pp. 97–108). Springer–Verlag.

10. กรณีไม่ปรากฏชื่อผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ

ให้นำชื่อบทความ หรือชื่อเรื่องแทนตำแหน่งของผู้แต่งหรือผู้รับผิดชอบ
จากนั้นเรียงตามรูปแบบของเอกสารที่อ้างอิง

ตัวอย่าง

- ICDL ยกระดับไอทีไทย สู่มาตรฐานสากล. (2559). *นิตยสารดิจิทัล เอเชีย*. 207, 38–40.
- ย้อนคดีเซอร์ไอแอน “แพะในตำนาน” 17 ปี คดีประวัติศาสตร์ จ่าย 26 ล้านไถ่บาป “ตำรวจ” ย้อนจุดจบ. (2560, มกราคม 12). *มติชนสุดสัปดาห์ออนไลน์*. https://www.matichonweekly.com/scoop/article_20990
- The bluebook: A uniform system of citation* (20th ed.). (2015). Harvard Law Review Association.

Researchers replicate famous marshmallow test, make new observations. (2018, May 25). Medical Xpress. https://medicalxpress.com/news/2018-05-replicate-famous-marshmallow.html?utm_source=tabs&utm_medium=link&utm_campaign=story-tabs

11. เว็บไซต์

ผู้แต่ง./ (ปี./วัน เดือนที่เผยแพร่)./ชื่อเรื่อง./ชื่อเว็บไซต์./URL

ตัวอย่าง

ชัชวาล วงศ์สารี. (2561). มโนทัศน์เกี่ยวกับผู้สูงอายุและหลักการพยาบาลผู้สูงอายุ [PowerPoint slides]. SlideShare. <https://bit.ly/3ok6Voz>

ไทยรัฐสู้โควิด. (2564, 14 พฤษภาคม). เหตุการณ์ไม่พึงประสงค์จากการฉีดวัคซีนโควิด-19. Facebook. <https://bit.ly/2RVJnKm>

एमओชमा วัฒนบูรานนท์. (2554, 27 เมษายน). การจัดการเรียนรู้สุขศึกษา. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (Chulapedia). <http://www.chulapedia.chula.ac.th=การจัดการเรียนรู้สุขศึกษา>

American Psychological Association. (n.d.). *APA style: Learning APA style*. <https://apastyle.apa.org/learn/index?tab=2>

Forbes, Scott H. (n.d.). *Socially responsible education*. <http://holistic-education.net/articles/soc-resp.pdf>

Hoechsmann, Michael, & Dewaard, Helen. (2015). *Mapping digital literacy policy and practice in the Canadian education*. Retrieved November 10, 2019, from <https://mediasmarts.ca/sites/mediasmarts/files/publication-report/full/mapping-digital-literacy.pdf>

Science. (2018, December 31). *First footage of deep-sea anglerfish pair* [Video]. Facebook. <https://bit.ly/3uOGOZl>

Stafford, T. (2018, January 3). The backfire effect is elusive. *Mind Hacks*. <https://mindhacks.com/2018/01/03/the-backfire-effect-is-elusive/>

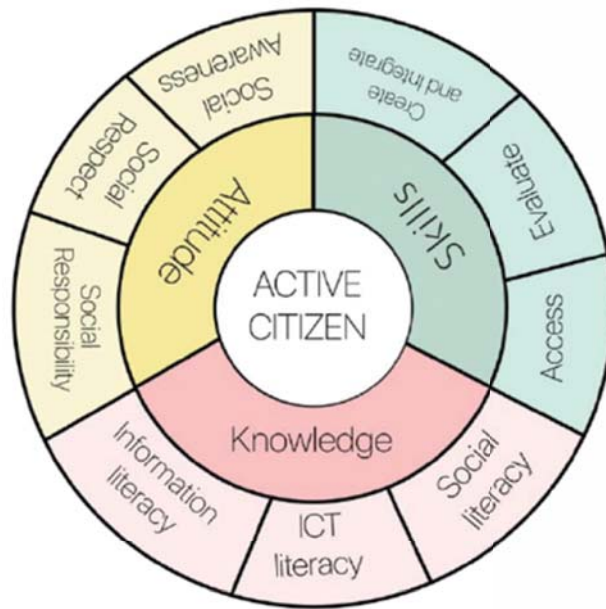


การนำเสนอภาพและตาราง

ภาพ

ผู้เขียนบทความสามารถนำเสนอภาพที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาของบทความ โดยภาพควรมีความคมชัด ความละเอียดขั้นต่ำ 600 dpi ควรเป็นภาพที่มีนามสกุลไฟล์ .jpg หรือ .png พร้อมระบุหมายเลขกำกับรูปภาพ ชื่อภาพ และอ้างอิงภาพโดยไม่เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์เจ้าของผลงาน ซึ่งผู้เขียนต้องตรวจสอบสิทธิ์ของภาพก่อนระบุในบทความให้เรียบร้อย

ตัวอย่าง



ภาพ 1 คุณลักษณะของพลเมืองวิวัฒน์

ที่มา: Rangsisuttaporn et al. (2020, p. 2552)

ตาราง

หัวข้อตารางให้เริ่มที่มุมซ้ายด้านบนของเส้นตาราง ตามลำดับเลขที่ปรากฏในต้นฉบับ พร้อมชื่อของตาราง ข้อมูลที่นำเสนอในตารางควรมีความสอดคล้องกับข้อมูลในส่วนของเนื้อความ สามารถใช้คำย่อในตารางได้ แต่ควรอธิบายคำย่อที่ไม่ใช่คำมาตรฐานในเชิงบรรณการตารางที่สร้างขึ้นไม่ต้องมีเส้นส้อม มีแต่เส้นแนวนอน และตารางที่นำเสนอจะต้องเป็นตารางที่มีสัดส่วนพอเหมาะกับบทความ

ตัวอย่าง

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏ
ก่อนทดลองและหลังทดลอง

คุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน์	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
มิติความรู้	4.23	0.57	มาก	4.63	0.30	มากที่สุด
มิติทักษะ	4.14	0.57	มาก	4.68	0.33	มากที่สุด
มิติทัศนคติ	4.26	0.58	มาก	4.67	0.33	มากที่สุด



คำชี้แจงสิทธิส่วนบุคคล

ชื่อและที่อยู่อีเมลที่ปรากฏในเว็บไซต์ หรือวารสารนี้จะถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้
ของวารสารนี้โดยเฉพาะ และจะไม่ถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดหรือให้กับบุคคลอื่นใด



ความรับผิดชอบในเนื้อหา

ผลการวิจัยและข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (เพื่อการพัฒนาท้องถิ่น) เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน
กองบรรณาธิการวารสาร และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ไม่จำเป็นต้องรับผิดชอบหรือเห็นด้วย



สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000

โทรศัพท์ 0 5541 1096 ต่อ 1642

E-mail: journal@uru.ac.th

<https://www.tci-thaijo.org/index.php/uruj/index>

