วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ACADEMIC JOURNAL UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน 2567
Vol.19 No.1 January-June 2024
ISSN 2985-2986 (Online)

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ปีที่ 19 ฉบับที่ 1 (มกราคม – มิถุนายน 2567)

ISSN 2985-2986 (Online)

เจ้าของ

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เลขที่ 27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมืองอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000 โทรศัพท์ 0 5541 6601-20 ต่อ 2084, 06 1269 2552

กำหนดการพิมพ์

วารสารราย 6 เดือน (2 ฉบับ/ปี)

ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน

ฉบับที่ 2 กรกฎาคม–ธันวาคม

วัตถุประสงค์

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการที่ให้ความสำคัญในด้านการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ทุกระดับ โดยผลการวิจัยนั้นต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ สามารถขยายผลความสำเร็จไปยังพื้นที่อื่น หรือให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ ซึ่งมีขอบเขต ดังนี้

1. การจัดการเพื่อการพัฒนา
2. สุขภาวะชุมชน
3. เกษตรและอาหารเพื่อชุมชน
4. ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
5. การจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมชุมชน

ที่ปรึกษา

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

บรรณาธิการ

รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ พิญญาพงษ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุพัตตรา ตันติจริยาพันธ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
2. อาจารย์ ดร. เกวลี รังษีสุทธาภรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
3. อาจารย์รัฐพล ทองแตง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

กองบรรณาธิการ

1. ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. อนุรักษ์ ปัญญานุวัฒน์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
2. ศาสตราจารย์ ดร. นคร ทิพยาวงศ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
3. ศาสตราจารย์ ดร. เสมอ ถาน้อย มหาวิทยาลัยพะเยา
4. รองศาสตราจารย์ ดร. อาวรณ์ โอภาสพัฒนกิจ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
5. รองศาสตราจารย์ ดร. สุรชัย กังวล มหาวิทยาลัยแม่โจ้
6. รองศาสตราจารย์ ดร. อัมพวัน จุลเสรีวงศ์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
7. รองศาสตราจารย์ ดร. สุภาภรณ์ สุดหนองบัว มหาวิทยาลัยนเรศวร
8. รองศาสตราจารย์ ดร. วารีรัตน์ แก้วอุไร มหาวิทยาลัยนเรศวร
9. รองศาสตราจารย์ ดร. ประพิธาริ์ ธนารักษ์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
10. รองศาสตราจารย์ ดร. จรัณธร บุญญานุภาพ มหาวิทยาลัยนเรศวร
11. รองศาสตราจารย์ ดร. ภาณุวัฒน์ ภักดีอักษร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตภูเก็ต
12. รองศาสตราจารย์ ดร. คงศักดิ์ ศรีแก้ว มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
13. รองศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ เนียมนาค มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
14. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มนตรี สังข์ทอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล สุวรรณภูมิ
15. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นภนันต์ ศุภศิริพงษ์ชัย มหาวิทยาลัยพะเยา
16. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อรุณ หล้าอูบ มหาวิทยาลัยมหิดลวิทยาเขตนครสวรรค์
17. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. หฤทัย ไทยสุชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
18. รองศาสตราจารย์ ดร. สิริวดี พรหมน้อย มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
19. รองศาสตราจารย์ อรุณเดช บุญสูง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
20. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์เทพ จันทร์สันเทียะ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
21. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อำนาจ ตงติ๊บ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
22. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ สุขบำรุง มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์
23. อาจารย์ ดร. นันทา เป็งเนตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

คณะทำงาน

นางสาวธนานุช รักสัจจา

ภาพปก

อาจารย์ปิยะนุช ไสยกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

Academic Journal Uttaradit Rajabhat University

Vol. 19 No. 1 (January – June 2024)

ISSN 2985-2986 (Online)

Owner

Uttaradit Rajabhat University 27 Injaime Rd. Ta-it Subdistrict, Muang Uttaradit District, Uttaradit Province, 53000 Telephone 0 5541 6601-20 ext. 1642, 06 1269 2552

Publishing Schedule

Six monthly (2 issues/year)

1st issue January-June

2nd issue July-December

Objectives

The Academic Journal of Uttaradit Rajabhat University has its objectives to publish and present research articles and academic articles with an emphasis on the work of solving area-based problems. The outcome of a research should demonstrate the utilization within a particular area, and expand the achievement to other areas, or provide recommendations for area-based development within the following topics.

1. Management for development
2. Community Health
3. Agriculture and food for community
4. Natural resources and environment
5. Technology and innovation management for community

Advisors

President of Uttaradit Rajabhat University

Vice President of Uttaradit Rajabhat University

Editor

Assoc. Prof. Dr. Jakkrite Pinyaphong	Uttaradit Rajabhat University

Assistant Editor

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

Editorial Staff

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. Surachai Kungwon	Maejo University
6. Assoc. Prof. Dr. Amphawan Julsereewon	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
7. Assoc. Prof. Dr. Supaporn Sudnongbua	Naresuan University
8. Assoc. Prof. Dr. Supaporn Sudnongbua	Naresuan University
9. Assoc. Prof. Dr. Wareerat Kaewurai	Naresuan University
10. Assoc. Prof. Dr. Jaruntorn Boonyanuphap	Naresuan University
11. Assoc. Prof. Dr. Panuwat Phakdee-auksorn	Prince of Songkla University, Phuket Campus
12. Assoc. Prof. Dr. Khongsak Srikaeo	Pibulsongkram Rajabhat University
13. Assoc. Prof. Dr. Pairoj Neamnak	Kamphaeng Phet Rajabhat University
14. Asst. Prof. Dr. Montri Songthong	Rajamangala University of Technology Suvarnabhum
15. Asst. Prof. Dr. Noppanun Supasiripongchai	University of Phayao
16. Asst. Prof. Dr. Aroon La-Up	Mahidol University, Nakhon Sawan Campus
17. Asst. Prof. Dr. Haruthai Thaisuchat	Lampang Rajabhat University
18. Assoc. Prof. Dr. Siriwadee Phromnoi	Uttaradit Rajabhat University
19. Assoc. Prof. Aroondet Boonsung	Uttaradit Rajabhat University
20. Asst. Prof. Dr. Pongthep Jangsanthea	Uttaradit Rajabhat University
21. Asst. Prof. Dr. Amnad Tongtib	Uttaradit Rajabhat University
22. Asst. Prof. Dr. Wisoot Sookbumroong	Uttaradit Rajabhat University
23. Dr. Nantha Pengnet	Uttaradit Rajabhat University

Journal Producer Staff

Miss Thananuch Raksatja

Cover

Piyanoot Saiyakit	Uttaradit Rajabhat University

บทบรรณาธิการ

สวัสดีครับผู้อ่านทุกท่าน วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 1 ของปีที่ 19 ประจำปี พ.ศ. 2567 ซึ่งฉบับนี้จะเป็นฉบับที่สำคัญเพราะ การประเมินคุณภาพวารสารวิชาการที่อยู่ในฐาน TCI รอบที่ 5 (พ.ศ. 2568-2572) จะประเมินคุณภาพของบทความฉบับนี้เป็นสำคัญประกอบกับหลักเกณฑ์อื่นๆ ซึ่งทางวารสารฯ ได้มีการตรวจสอบรูปแบบและเนื้อหาของบทความอย่างเข้มข้น รวมถึงปรับหน้าเว็บไซต์ของวารสารฯ และปรับเปลี่ยนกองบรรณาธิการภายนอก และภายในของวารสารฯ รวมถึงปรับวัตถุประสงค์และขอบเขตของวารสารฯ ให้มีความชัดเจนเพื่อแสดงถึงอัตลักษณ์ของวารสาร

วารสารต้องขอขอบคุณ เจ้าของบทความทุกท่านที่ให้ความสนใจวารสารฯ ของเรา และส่งบทความเพื่อเผยแพร่บทความวิจัยในฉบับนี้ยังคงเป็นบทความที่หลากหลาย และน่าสนใจ จากหลายๆ พื้นที่ ซึ่งงานวิจัยดังกล่าว ล้วนเป็นงานวิจัย เชิงพื้นที่ ที่ผู้วิจัยได้โจทย์วิจัยจากพื้นที่และผลของการวิจัยสามารถนำไปเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาในพื้นที่ที่มีบริบทใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำวิจัย เพื่อเป็นการต่อยอดขยายผลการวิจัย ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญของวารสารฯ ฉบับนี้ยังคงมีบทความที่น่าสนใจ จำนวน 10 บทความได้แก่ การประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า สำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง, การทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า กลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย, การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์, การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม โดยใช้วิธีวิเคราะห์ ABC-FSN, การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์ของพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี, DESIGN AND DEVELOPMENT OF SOLAR-POWERED LRRIGATION SYSTEM FOR SUGARCANE CULTIVATION, แผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทืองเพื่อควบคุมวัชพืชสำหรับผักสวนครัว,ระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชนในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

ทางวารสาร หวังว่าผู้อ่านคงได้รับประโยชน์จากงานวิจัยดังกล่าว แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้า

รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ พิญญาพงษ์
บรรณาธิการ
วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

สารบัญ

บทความวิจัย

• การประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า สำหรับการบริหารจัดการพลังงาน ในมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์..... 1

สารัลย์ กระจง, คณกร สว่างเจริญ, พงศ์ หรดาล และศิริกาญจน์ โพธิ์เขียว

• อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง..... 13

ชวลิต รักษาริกรณ์ และภูมิศักดิ์ อินทนนท์

• การทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า กลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย..... 26

พัชรินทร์ วินยางค์กูล, วัชรพงษ์ เรือนคำ และอนัญญา เหล่ารินทอง

• การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์..... 37

ธีรพจน์ แนบเนียน

• การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม โดยใช้วิธีวิเคราะห์ ABC-FSN..... 51

ชนิกานต์ เปรมปรีดิ์, อรรถวิทย์ สมศิริ และอัษฎางค์ พลนอก

• การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์ของพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี.....61

ถกลรัตน์ ทักษิมา, อัจจิมา ศรีปรัชญาอนันต์ และปณิธี สุวรรณอมรเลิศ

• DESIGN AND DEVELOPMENT OF SOLAR-POWERED IRRIGATION SYSTEM FOR SUGARCANE CULTIVATION..... 72

Warachit Phayom and Witayakool Bunsiri

• แผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทืองเพื่อควบคุมวัชพืชสำหรับผักสวนครัว..... 84

วิชุดา กล้าเวช, รัฐพล สมนา, วรศิริ เดอ กาเดอเนต์ และเกียรติสุดา สมนา

• ระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชน ในเขตพื้นที่ กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย..... 95

ชัชวรรณ ตั๊ะผัด, ขจร ตรีโสภณากร และสุชัญญา สุขสะอาด

• ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์..... 108

กฤษณพงค ฟองสินธุ์ และภัทร์อร ฟองสินธุ์

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความส่งตีพิมพ์วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 121

การประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

วันที่รับ : 9 พฤศจิกายน 2566
วันที่แก้ไข : 16 มกราคม 2567
วันที่ตอบรับ : 22 มกราคม 2567

สารัลย์ กระจง[1*], คณกร สว่างเจริญ[1], พงศ์ หรดาล[1] และศิริกาญจน์ โพธิ์เขียว[1]
[1]บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร
*Corresponding author e-mail: saran.krachong@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้และทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ โดยใช้ปัจจัยทางกายภาพ จำนวน 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561-2566) ประยุกต์ใช้สมการ 4 สมการ 1) สมการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) 2) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) 3) สมการเอกซ์โปเนนเชียล หนึ่งชั้นแบบปรับค่า (ARRSES) และ 4) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) ผลการวิจัยพบว่า เมื่อทำการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์โดยนำข้อมูลรายเดือนมาเข้าสมการ EWMA มีความผิดพลาดน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 15.20 รองลงมาเป็น สมการ ARRSES มีความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.15 สมการ Trend P. ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.59 และ สมการ SMA ผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 19.98 และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีมาใช้กับสมการ พบว่าสมการ Trend P. จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุดร้อยละ 6.40 ส่วนสมการอื่นๆ มีความผิดพลาดมากกว่าร้อยละ 25 จึงสรุปได้ว่าสมการที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าควรใช้สมการ Trend P. ร่วมกับข้อมูลรายปี เนื่องจากชุดข้อมูลที่นำมาใช้มีลักษณะเป็นเชิงเส้นทำให้ Trend P. มีความเหมาะสมที่สุด เมื่อนำสมการดังกล่าวมาประยุกต์ใช้สำหรับการพยากรณ์ร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์รายปี ในปี พ.ศ. 2566 พบว่าในปี พ.ศ. 2567 - 2569 จะมีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.57 ร้อยละ 6.37 และ ร้อยละ 12.23 ตามลำดับ ถ้าไม่มีการใช้พลังงานทดแทนหรือนโยบายด้านการจัดการพลังงานจะส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2569 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 7,525,959 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย 36,801,939 บาทต่อปี โดยคิดคำนวณค่าไฟฟ้า 4.89 บาทต่อหน่วย จากค่าไฟฟ้าเฉลี่ยรวมจากภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) รวมกับค่าปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) จากปี พ.ศ.2561- 2566 ดังนั้นการประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์ดังกล่าวจึงสามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ได้ ส่งผลให้มหาวิทยาลัยสามารถนำข้อมูลไปวางนโยบายสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า, บริหารจัดการพลังงาน, การพยากรณ์อนุกรมเวลา, สมการแนวโน้มเชิงเส้น

APPLICATION OF MATHEMATICAL EQUATIONS TO FORECAST ELECTRICITY CONSUMPTION FOR ENERGY MANAGEMENT IN UNIVERSITIES :A CASE STUDY OF UTTARADIT RAJABHAT UNIVERSITY

Received : 9 November 2023
Revised : 16 January 2024
Accepted : 22 January 2024

Saran Krachong[1*], Kanakorn Sawangcharoen[1], Pong Horadal[1] and Sirigarn Phokheaw[1]
[1]The Graduate School Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok
*Corresponding author e-mail: saran.krachong@gmail.com

ABSTRACT

The objective of this research is to apply and test mathematical equations for volume forecasting the electricity usage at Uttaradit Rajabhat University using 7 factors; 1) number of buildings, 2) building usable area (square meters), 3) number of air conditioners, 4) number of light bulbs, 5) number of students, 6) number of teachers and personnel, and 7) amount of energy use during the time span of 6 years (2018-2023) and applying 4 equations which were 1) Trend prediction equation (Trend P.), 2) Simple moving average equation (SMA), 3) Exponential equation Adaptive one layer (ARRSES), and 4) Exponential weighted moving average (EWMA) equations. The research results revealed that when testing the mathematical equation by bringing monthly data into the equation, EWMA had the least error with an average of 15.20 percent, followed by the ARRSES equation with an average error of 18.15 percent, Trend P equation had the average error of 18.59 percent, and the SMA equation had an average error of 19.98 percent. When the annual average data was used with the equation, it was found that the Trend P. equation had the least error of 6.40 percent, while the other equations had more than 25 percent of error. Therefore, it could be concluded that the appropriate equation for forecasting electricity use should be the Trend P. equation combined with annual data. This was because the data set used was linear, Trend P. is the most appropriate. When the above equation is applied for forecasting together with annual electricity usage data of Uttaradit Rajabhat University in 2023, it is found that in 2024 - 2026 there will be an increase in the amount of electricity used. 5.57 percent, 6.37 percent, and 12.23 percent, respectively. If there is no use of alternative energy or energy management policy As a result, in 2026, Uttaradit Rajabhat University will have an electricity consumption of 7,525,959 kilowatt-hours. Or calculate the electricity cost that must be paid 36,801,939 baht per year by calculating the electricity cost of 4.89 baht per unit from the total average electricity cost from Value Added Tax (VAT) plus the automatic electricity rate adjustment (Ft) from the year 2018 – 2023. Therefore, the application of the above mathematical equations can predict the electricity consumption of Uttaradit Rajabhat University. As a result, the university can use the data to formulate appropriate policies for energy management in the university.

Keyword: Forecast electricity consumption, Energy management, Time series forecasting, Linear equation forecasting

บทนำ

มหาวิทยาลัยเป็นองค์กรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก การใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนจึงมีความสำคัญต่อมหาวิทยาลัยโดยตรง กล่าวคือ มหาวิทยาลัยต้องมีกระบวนการพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงาน การควบคุมการใช้พลังงาน หรือการใช้พลังงานทดแทน จากทรัพยากรของมหาวิทยาลัยที่มีให้เต็มศักยภาพเพื่อการวางแผนและบริหารจัดการการใช้พลังงานของมหาวิทยาลัย เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างสิ้นเปลือง การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ไม่มีประสิทธิภาพ และการที่ไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเป็นปัญหาที่ ส่งผลเสีย ต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและภาพลักษณ์ของมหาวิทยาลัย (Elduque et al., 2018, p.14; Nasef et al., 2021, p.153; Shea et al., 2020, p.9) การจัดการควบคุมการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยจึงจำเป็นต้องมีการดำเนินการอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยควรพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นปัจจัยทางด้านกายภาพ หรือปัจจัยทางด้านการกำหนดนโยบายบริหารจัดการ ต้องมีความชัดเจนและครอบคลุมทุกภาคส่วนในมหาวิทยาลัย เพื่อให้ทุกคนตระหนักถึงความสำคัญของการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนการกำหนดนโยบาย และเป้าหมายที่ดีนั้นจะไม่สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้เลยหากผู้ใช้ไฟฟ้ายังมีพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่ไม่คำนึงถึงต้นทุนทางด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ยกตัวอย่างในงานวิจัยของอเดโทนา และคนอื่นๆ (Adetona et al., 2020, p.83) ที่ได้อธิบายถึงพฤติกรรมการเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าทิ้งไว้ภายในบ้าน และสำนักงาน ซึ่งส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก หรืองานวิจัยของนิโมห์ และคนอื่นๆ (Nimoh et al., 2021, p.7) ที่ได้ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของห้องบรรยายของมหาวิทยาลัยพบว่า 28.18% เปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าแม้ไม่ได้ใช้งาน จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นจึงแสดงให้เห็นว่าพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าจะส่งผลโดยตรงต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยรวมมหาวิทยาลัย ซึ่งมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์เป็นมหาวิทยาลัยหนึ่งที่มีแนวโน้มการใช้ปริมาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีการปรับปรุงอาคารเก่าและมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มเติมสำหรับอาคารเก่าและอาคารใหม่ทำให้มีโหลดการใช้งานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสวนทางกับการที่มีปริมาณอาจารย์และบุคลากรคงที่และมีจำนวนนักศึกษาลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลต่องบประมาณรายได้ของมหาวิทยาลัยที่ต้องนำมาจ่ายค่าไฟฟ้าเพิ่มเติมจากค่าไฟฟ้าที่ได้รับการจัดสรรในแต่ละปี จากงบประมาณรายจ่ายค่าสาธารณูปโภคของมหาวิทยาลัยในปีงบประมาณ 2566 พบว่า มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์มีรายจ่ายค่าสาธารณูปโภคทั้งหมดประมาณ 30 ล้านบาท เป็น ค่าไฟฟ้าประมาณ 28 ล้านบาท (136,920,000 กิ่กิโลวัตต์-ชั่วโมง) คิดเป็นร้อยละ 93.33 ของค่าสาธารณูปโภคทั้งหมด (มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ กองนโยบายและแผน, 2566, น.14) ซึ่งถือเป็นการเสียโอกาสในการนำงบประมาณส่วนดังกล่าวไปพัฒนานักศึกษา บุคลากร และมหาวิทยาลัยเป็นอย่างสูง

ดังนั้นการออกแบบนโยบายด้านพลังงานจึงต้องคำนึงถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าและพฤติกรรมจริงของผู้ใช้งาน ในงานวิจัยนี้จึงได้ เล็งเห็นปัญหาในด้านการออกนโยบายและเป้าหมายด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ต้องมีฐานมาจากการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในอนาคตที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยมาประยุกต์ใช้ ผู้วิจัยจึงได้นำข้อมูลทางสถิติของปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณไฟฟ้าย้อนหลัง 6 ปี มาประยุกต์ใช้กับสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เมื่อผลของงานวิจัยเสร็จสิ้นจะพบสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม และสามารถนำสมการดังกล่าวไปพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถปรับเปลี่ยนค่าปัจจัยต่างๆ แล้วเห็นแนวโน้มของการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าในอนาคตเพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการวิเคราะห์เพิ่มเติมแหล่งพลังงานทดแทนหรือการส่งเสริมนโยบายการอนุรักษ์พลังงานของมหาวิทยาลัย ซึ่งจะมีประโยชน์ต่อการประเมินการจัดการพลังงานขององค์กร (Energy management matrix: EMM) และ การจัดทำรายงานการจัดการพลังงานของมหาวิทยาลัยที่ต้องรายงานไปยังกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) กระทรวงพลังงานทุกปี ตามข้อกำหนดกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม พ.ศ. 2552 (กระทรวงพลังงาน, 2552) ซึ่งมหาวิทยาลัยถือเป็นอาคารควบคุมจำเป็นต้องมีวิธีการจัดการพลังงานเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด และช่วยให้มหาวิทยาลัยมุ่งสู่การเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวที่มีการจัดการพลังงานที่ดีขึ้นสามารถเป็นต้นแบบให้กับหน่วยงานอื่นรวมทั้งเป็นการส่งเสริมการอนุรักษ์ด้านพลังงานที่เกิดผลดีต่อสิ่งแวดล้อม ชุมชน และประเทศชาติต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

2. เพื่อทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการดำเนินงานวิจัยการประยุกต์ใช้สมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัย จะสามารถแบ่งวิธีดำเนินการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูลปัจจัยทางกายภาพ จำนวน 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561-2566) (วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และนิติ เอี่ยมชื่น, 2563, น.82) และจากการนำปัจจัยไปให้ผู้เชี่ยวชาญให้ค่าน้ำหนักความสำคัญปัจจัย

2. นำข้อมูลปัจจัยทางกายภาพทั้ง 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน ย้อนหลัง 6 ปี มาทำการหามาวิเคราะห์ผ่านสมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า รายละเอียดของวิธีการดำเนินการดังกล่าวจะสามารถอธิบายได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลสถิติด้วยสมการคณิตศาสตร์

วิธีการดำเนินงานการรวบรวมข้อมูลปัจจัยต่างๆ ในพื้นที่เป้าหมายและเลือกนำข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาคำนวณผ่านสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และนำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ เพื่อกำหนดนโยบายที่เหมาะสม โดยใช้วิธีการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบคลาสสิค (Classical time series forecasting methods) ที่มีข้อดีคือสามารถพยากรณ์โดยใช้ ชุดข้อมูลจำนวนน้อยเช่นข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนหรือรายปี ต่างจากการพยากรณ์อนุกรมเวลาแบบขั้นสูงอย่าง SARAIMA ที่ต้องใช้ข้อมูลจำนวนมาก และมีรูปสมการที่ซับซ้อนทำให้ยากต่อการนำไปประยุกต์ใช้งาน ผู้วิจัยได้เลือกใช้สมการอย่างง่ายที่เหมาะสมกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยสมการสามารถอธิบายได้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1.1 สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend projection)

สมการคาดคะเนแนวโน้ม หรือ Trend projection เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สมการเชิงเส้นหาความชันของเส้นตรง และหาความสัมพันธ์ของสองตัวแปร ซึ่งสมการการคาดคะเนแนวโน้มเป็นวิธีการพยากรณ์ที่อาศัยการหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในอดีตและเวลา โดยสมมติว่าแนวโน้มในอนาคตจะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับแนวโน้มที่ผ่านมา โดย ค่า a จะเป็นค่าคงที่ที่ตัดแกน y และค่า b จะเป็นค่าความชันของเส้นแนวโน้ม ซึ่งจะบอกถึงทิศทางและอัตราการเปลี่ยนแปลงของแนวโน้มในอนาคต (Dong & Pedrycz, 2008, p.3267) สมการ ดังกล่าวมีข้อดีคือเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ง่ายและเข้าใจง่าย สามารถนำไปใช้ได้กับข้อมูลจำนวนมาก และนำไปใช้ได้กับข้อมูลที่มีความหลากหลาย แต่มีข้อเสียคืออาจไม่แม่นยำหากแนวโน้มในอนาคตเปลี่ยนแปลงสูงเกินไปกว่าแนวโน้มที่ผ่านมา (Onaolapo et al., 2021, p.4; Pataropura et al., 2020, p.118) โดยสมการการคาดคะเนแนวโน้มมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (1)$$

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\Sigma x^2 - n(\bar{x})^2} \quad (2)$$

$$\hat{Y} = a + bx \quad (3)$$

โดยที่ $\sum$ คือ ค่าผลรวม
$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรอิสระ
$\bar{y}$ คือ ค่าเฉลี่ยของตัวแปรตาม
n คือ จำนวนของข้อมูล
$\hat{Y}$ คือ ค่าพยากรณ์ตัวแปรตาม
a คือ ค่าคงที่ที่ตัดแกน y
b คือ ค่าความชันของเส้นตรงแนวโน้ม
x คือ ช่วงระยะเวลา

เมื่อสมการที่ 1-2 เป็นสมการสำหรับการคำนวณหาค่าคงที่ และ ความชันของเส้นตรง เพื่อนำผลที่ได้มาใช้คำนวณในสมการที่ 3 ซึ่งเป็นสมการคาดคะเนแนวโน้มจากการคำนวณข้อมูลจากจุด a ไปจุด b ทำให้ผลลัพธ์จากสมการดังกล่าวสามารถตอบแนวโน้มที่กำลังจะเกิดขึ้นในจุดถัดไปได้

1.2 สมการการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปรเนนเชียลหนึ่งชั้น (Adaptive-response-rate single exponential smoothing, ARRSES)

ARRSES หรือสมการการพยากรณ์โดยใช้วิธีการทำให้เรียบแบบเอกซ์โปรเนนเชียลหนึ่งชั้นแบบปรับค่าได้ มีวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลในอดีตมาปรับน้ำหนักการพยากรณ์ โดยสมมติว่าข้อมูลในอดีตที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับข้อมูลปัจจุบันจะมีน้ำหนักเป็นอย่างไร โดยการกำหนดค่าเฉพาะเจาะจงของ α การเปลี่ยนหาค่า α เป็นไปตามลักษณะความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น ทำให้ค่าพยากรณ์ปรับค่าไปตามการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงโดยมีสมการดังนี้

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่พยากรณ์ ณ เวลา t เมื่อ $0 < \alpha < 1$ ดังสมการ

$$\hat{Z}_t(1) = \alpha Z_t + (1-\alpha)\hat{Z}_{t-1}(1) \quad (4)$$

ให้ $\alpha_{t+1} = \left|\frac{E_t}{M_t}\right|$

โดยที่ $E_t = \beta e_t + (1-\beta)E_{t-1}$

$M_t = \beta|e_t| + (1-\beta)M_{t-1}$

$e_t = Z_t - \hat{Z}_t(1)$

การกำหนดค่าเริ่มต้น $\hat{Z}_0(1) = Z_1$ หรือ $\hat{Z}_0(1) = \bar{Z} = \frac{1}{t}\sum_{i=1}^{t} Z_i$

$\alpha_1 = 0,\ \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \beta$ ซึ่งควรมีค่า $0.05 \le \beta \le 0.20$

$E_1 = M_1 = 0$

จากสมการที่ 4 ข้างต้น เป็นการกำหนดข้อมูล α เพื่อปรับน้ำหนัก และนำน้ำหนักนั้นมาใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงในการพยากรณ์ ซึ่งทำให้มีข้อดีคือสามารถปรับตัวตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลาได้ (Fahrudin et al., 2021, p.129)

1.3 สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (Simple moving average method, SMA)

สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย หรือ SMA เป็นสมการที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเวลาไม่แตกต่างกันมากนัก (Aji et al., 2022, p.965; Ramadhan et al., 2022, p.99) ข้อมูลอนุกรมเวลาเคลื่อนไหวรอบค่าคงที่ค่าหนึ่งเป็นระยะเวลานาน ตัวแบบค่าเฉลี่ยคงที่ระยะยาวมีสมการตัวแบบดังนี้

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่พยากรณ์ ณ เวลา t เมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา

$$\hat{z}_t(1) = \frac{(t-1)\hat{z}_{t-1}(1) + z_t}{t} \tag{5}$$

1.4 สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (Exponential weighted moving average, EWMA)

สมการการคาดการณ์โดยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล หรือ EWMA เป็นสมการที่สามารถพยากรณ์ข้อมูลตัวเลขล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา โดยใช้ข้อมูลปัจจุบันที่มีผลกระทบต่อค่าพยากรณ์ในอนาคต คำนวณน้ำหนักของข้อมูลไม่เท่ากัน โดยข้อมูลล่าสุดจะมีน้ำหนักมากกว่าข้อมูลที่อยู่ห่างไกลออกไป น้ำหนักของข้อมูลจะลดลงแบบเอ็กซ์โพเนนเชียลตามเวลาที่ห่างไกลออกไปในอดีต (Adewuyi, 2016, p.103; Herdiani et al., 2018, p.8) สมการดังกล่าวสามารถอธิบายได้ดังนี้

อนุกรมเวลา	Z_1	Z_2	Z_3	...	Z_{t-2}	Z_{t-1}	Z_t
ถ่วงน้ำหนักแบบเอ็กซ์โพเนนเชียล	a^{t-1}	a^{t-2}	a^{t-3}	...	a^2	a^1	a^0

$$\hat{Z}_t(1) = \frac{\sum_{r=0}^{t-1} a^r Z_{t-r}}{\sum_{r=0}^{t-1} a^r} = \frac{S_t}{W_t} \tag{6}$$

เมื่อ Z_1 คือ ค่าสังเกตค่าล่าสุด

a คือ ค่าคงที่ เรียกว่า ปัจจัยส่วนลด ; $0 < a < 1$

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่พยากรณ์ ณ เวลา t

เมื่อ
$$\begin{aligned} S_t &= \sum_{r=0}^{t-1} a^r Z_{t-r} \\ &= Z_t + a^1 Z_{t-1} + a^2 Z_{t-2} + a^3 Z_{t-3} + \ldots \\ &= Z_t + a[Z_{t-1} + a^1 Z_{t-2} + a^2 Z_{t-3} + \ldots] \\ &= Z_t + aS_{t-1} \quad ; \end{aligned}$$

โดยให้ค่าเริ่มต้น $S_0 = 0$

$$\begin{aligned} W_t &= \sum_{r=0}^{t-1} a^r \\ &= 1 + a^1 + a^2 + a^3 + \ldots \\ &= 1 + a(1 + a^1 + a^2 + a^3 + \ldots) \\ &= 1 + aW_{t-1} \quad ; \end{aligned}$$

โดยให้ค่าเริ่มต้น $W_0 = 0$ เมื่อมีข้อมูลใหม่เข้ามา 1 เทอม คือ Z_{t-1} จะทิ้งค่าในอดีตที่ไกลสุดไป คือ Z_1 จะได้

ข้อมูล	Z_2	Z_3	Z_4	...	Z_{t-1}	Z_t	Z_{t+1}
ถ่วงน้ำหนัก	a^{t-1}	a^{t-2}	a^{t-3}	...	a^2	a^1	a^0

ค่าพยากรณ์ 1 หน่วยเวลาล่วงหน้า ที่กระทำ ณ เวลา t+1 คือ

$$\hat{Z}_{t+1}(1) = \frac{S_{t+1}}{W_{t+1}}$$

เมื่อ $S_{t+1} = Z_{t+1} + aS_t$

$W_{t+1} = 1 + aW_t$

มีค่าคาดหมายของค่าพยากรณ์ คือ $E[\hat{Z}_t(1)] = \mu$

และความแปรปรวนของค่าพยากรณ์ คือ $V[\hat{Z}_t(1)] = \sigma^2(\frac{1-a}{1+a})$

การกำหนดค่า a

ถ้ากำหนดค่าคงที่ a ใกล้ 1 จะเปรียบเสมือนการเพิ่มค่า n ในวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งเดียว และถ้ากำหนดค่า a ใกล้ 0 จะเปรียบเสมือนการลดค่า n ในวิธีค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ครั้งเดียว

2. นำข้อมูลปัจจัยทางกายภาพทั้ง 7 ปัจจัย มาวิเคราะห์ผ่านสมการคณิตศาสตร์เพื่อพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และทำการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า โดยพิจารณาจากค่าความคลาดเคลื่อนของสมการน้อยที่สุด จากการที่สมการเป็นแบบใช้แนวโน้มในการพยากรณ์ 1 จุดด้านหน้า ดังนั้นจึงดำเนินการหาค่าความคลาดเคลื่อนของสมการจากสูตร ค่าความคลาดเคลื่อน เท่ากับ ((ผล-ค่าจริง)/ค่าจริง)*100 และนำสมการที่ได้มาทำการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยในช่วงอนาคต 3 ปี (พ.ศ. 2567 – พ.ศ. 2569) เนื่องจากการคาดการณ์ระยะยาวจำเป็นต่อการพัฒนากลยุทธ์ส่วนใหญ่เพื่อให้การพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้ามีความน่าเชื่อถือ ระยะเวลาการพยากรณ์ไม่ควรเกิน 3 - 5 ปี (Klyuev et al., 2022, p.15)

ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลปัจจัยทางกายภาพทั้ง 7 ปัจจัย ประกอบด้วย 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561 - 2566) ข้อมูลทางสถิติแสดงดังตาราง 1

ตาราง 1 ข้อมูลทางสถิติปัจจัยทางกายภาพมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

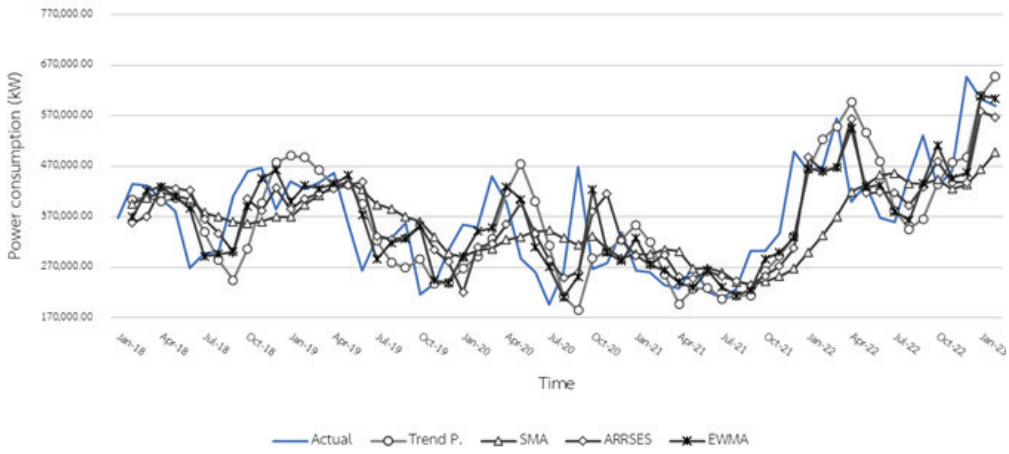
รายการ	พ.ศ. 2561	พ.ศ. 2562	พ.ศ. 2563	พ.ศ. 2564	พ.ศ. 2565	พ.ศ. 2566
จำนวนอาคาร	154	155	156	163	168	168
พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ม.²)	98,231	105,743	106,425	111,200	114,612	114,612
จำนวนเครื่องปรับอากาศ	827	827	842	1,487	1,643	2,026
จำนวนหลอดไฟฟ้า	15,084	16,238	16,342	17,076	17,599	17,599
จำนวนนักศึกษา	9,056	8,094	7,161	7,219	6,151	5,724
จำนวนอาจารย์ และบุคลากร	961	979	961	976	955	944
การใช้พลังงาน (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	5,618,347	5,377,290	4,590,004	4,293,629	4,981,182	6,719,636

ที่มา : มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ (2566)

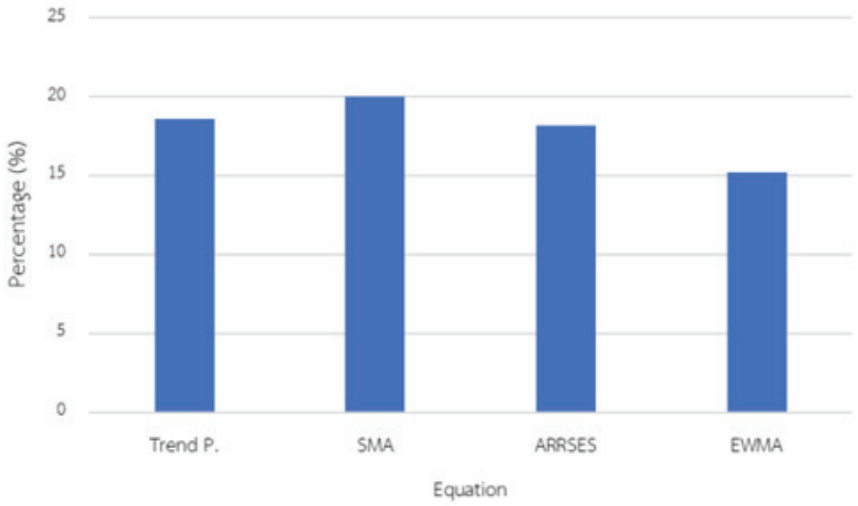
หมายเหตุ : จำนวนเครื่องปรับอากาศและจำนวนหลอดไฟฟ้าเป็นการนับจำนวนเชิงปริมาณเท่านั้น

จากตาราง 1 แสดงถึงข้อมูลสถิติย้อนหลังตั้งแต่ พ.ศ. 2561–2566 จากข้อมูลพบว่าจำนวนอาคารที่เพิ่มขึ้นร้อยละ 9 และพื้นที่ใช้สอยเพิ่มขึ้นร้อยละ 17 ส่งผลให้มีจำนวนเครื่องปรับอากาศเพิ่มมากขึ้นถึงร้อยละ 145 และการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 20 แต่ในขณะเดียวกันกับพบว่าจำนวนนักศึกษาลดลงถึงร้อยละ 37 เนื่องจากมีการปรับปรุงอาคารเก่า และติดตั้งเครื่องปรับอากาศเพิ่มสำหรับอาการเก่าและอาคารใหม่ทำให้มีโหลดการใช้งานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น จากข้อมูลดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่ามีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นตามขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร จำนวนเครื่องปรับอากาศ และจำนวนหลอดไฟฟ้า

ดังนั้นจากการที่ปริมาณใช้ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นการทดสอบสมการคณิตศาสตร์จะใช้ข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้ามาทดสอบหาความเที่ยงตรงของทั้ง 4 สมการ ในการทดสอบได้รวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือนเพื่อทดสอบสมการทั้งหมดผลการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังภาพ 1 - 2 ดังนี้

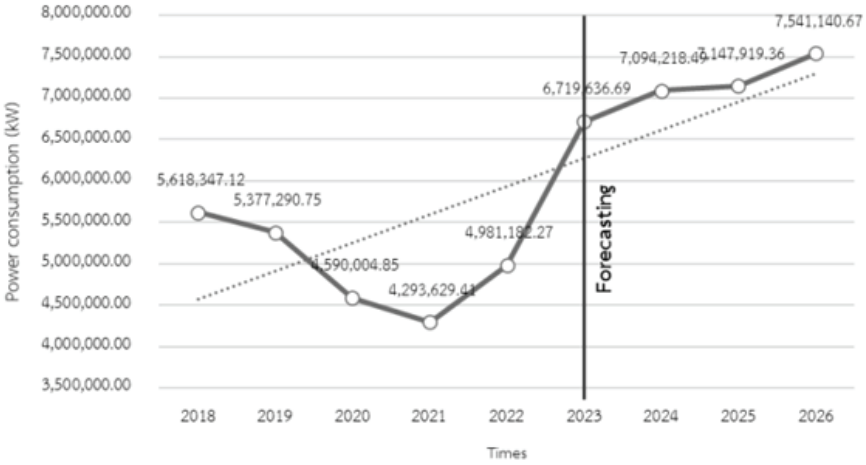


ภาพ 1 ผลการทดสอบสมการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือน

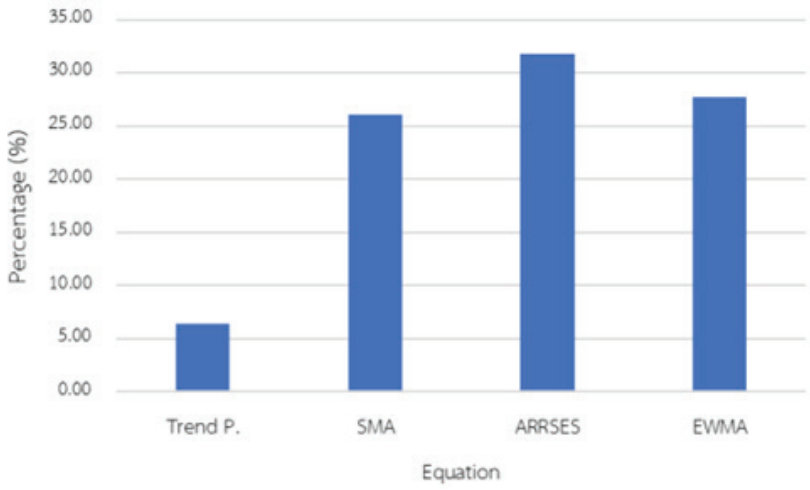


ภาพ 2 ผลความผิดพลาดโดยรวมของสมการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายเดือน

จากภาพ 1 - 2 เป็นการแสดงผลการทดสอบสมการโดยใช้ข้อมูลรายเดือนเป็นเวลา 69 เดือน ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2561-2566 ผลการทดสอบพบว่า สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) มีความผิดพลาดน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 15.2 รองลงมาเป็นสมการเอกซ์โปเนนเชียลหนึ่งชั้นแบบปรับค่า (ARRSES) มีความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.15 สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.59 และสมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) ผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 19.98 จากข้อมูลจะแสดงให้ทราบว่าสมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) นั้นมีความเหมาะสมกับชุดข้อมูลที่มีการขึ้นลงฉับพลันอย่าง การใช้ไฟฟ้ารายเดือนมากกว่าสมการอื่นจึงทำให้มีค่าความผิดพลาดน้อยที่สุด แต่ทั้งนี้หากนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีที่มีการเคลื่อนที่ของข้อมูลที่น้อยกว่าแบบรายเดือนมาประยุกต์ใช้กับสมการทั้งหมดจะพบว่าสมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ผลการทดสอบสามารถอธิบายได้ดังภาพ 3-4



ภาพ 3 ผลการทดสอบสมการพยากรณ์โดยใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายปี



ภาพ 4 ผลความผิดพลาดโดยรวมของสมการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายปี

จากภาพ 3 เป็นผลการนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้ารายปีมาทดสอบ โดยลักษณะขอชุดข้อมูลจะเป็นข้อมูลเชิงเส้น และมีการตกลงในช่วง Parabola แบบหงายในปี พ.ศ. 2562-2565 (ค.ศ. 2019-2022) เนื่องจากสถานการณ์ไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยลดน้อยลง และได้มีการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น พ.ศ. 2566 ส่งผลให้เมื่อนำข้อมูลมาใช้กับสมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้นอย่างก้าวกระโดด ทำให้เกิดความชันของเส้นตรงส่งผลให้การพยากรณ์คิดว่าในปี พ.ศ. 2567-2569 คาดว่าจะมีการเพิ่มขึ้น ร้อยละ 5.57, ร้อยละ 6.37 และร้อยละ 12.23 ตามลำดับ ถ้าไม่มีนโยบายการใช้พลังงานทดแทนหรือนโยบายด้านการจัดการพลังงาน จะส่งผลให้ในปี พ.ศ. 2569 มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์จะมีปริมาณการใช้ไฟฟ้า 7,541,140 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากเดิม 6,719,636 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่าย 36,876,174 บาทต่อปี โดยคิดคำนวณจากอัตราค่าไฟ 4.89 บาทต่อหน่วย โดยคิดคำนวณจากค่าไฟฟ้าเฉลี่ยรวมจากภาษีมูลค่าเพิ่ม (VAT) รวมกับค่าปรับอัตราค่าไฟฟ้าอัตโนมัติ (Ft) จากปี พ.ศ. 2561-2566 นอกจากนี้ในการทดสอบยังใช้ชุดข้อมูล พ.ศ. 2561-2565 เพื่อทดสอบหาค่าความเที่ยงตรงโดยนำผลที่ได้จากสมการทั้ง 4 มาเปรียบเทียบกับข้อมูลปัจจุบัน (พ.ศ. 2566) จากผลการทดสอบดังภาพ 4 จากภาพการเคลื่อนที่ของชุดข้อมูลจะมีความเป็นเส้นตรงส่งผลให้สมการการคาดคะเนแนวโน้มมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งมีความผิดพลาดเฉลี่ยเพียง ร้อยละ 6.4 ต่างจากสมการอื่นๆ ที่มีความผิดพลาดมากกว่าร้อยละ 25 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าสมการที่เหมาะสมสำหรับ การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าควรใช้สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ร่วมกับข้อมูลรายปีเนื่องจากมีความซับซ้อนของข้อมูลที่น้อยกว่าส่งผลให้มีผลความแม่นยำที่สูงขึ้น

อภิปรายผลการวิจัย

สมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าสำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์พบว่าเมื่อนำข้อมูลรายเดือนมาเข้าสมการ EWMA มีความผิดพลาดน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นสมการที่สามารถพยากรณ์ข้อมูลตัวเลขล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา โดยใช้ข้อมูลปัจจุบันที่มีผลกระทบต่อค่าพยากรณ์ในอนาคต คำนวณน้ำหนักของข้อมูลไม่เท่ากันทำให้เมื่อนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรายเดือนจึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการชนิดอื่นสอดคล้องกับงานวิจัยของ อเดวูยีและเฮอร์ดิอานี และคนอื่นๆ (Adewuyi, 2016, p.103; Herdiani et al., 2018, p.8) และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีมาประยุกต์ใช้กับสมการ พบว่าสมการ Trend P. จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีการพยากรณ์ที่สามารถนำไปใช้ได้กับข้อมูลจำนวนมากและนำไปใช้ได้กับข้อมูลที่มีความหลากหลายทำให้เมื่อนำมาใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยรายปีจึงมีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าสมการชนิดอื่นสอดคล้องกับงานวิจัยของโอนาโอลาโป และคนอื่นๆ และภัทราปุระ และคนอื่นๆ (Onaolapo et al., 2021, p.4; Pataropura et al., 2020, p.118) ดังนั้นการพยากรณ์โดยใช้สมการการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) ร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์รายปี มีความแม่นยำสูงที่สุด และเมื่อนำมาพยากรณ์ปริมาณค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัย 3 ปี ข้างหน้าจะสูงขึ้นประมาณ ร้อยละ 12.23 หรือคิดเป็นประมาณ 32 ล้านบาท/ปี ดังนั้นมหาวิทยาลัยจำเป็นต้องมีการใช้พลังงานทดแทน อาจจะในรูปแบบระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของมหาวิทยาลัยได้ โดยระบบดังกล่าวบนพื้นที่หลังคา 704 ตารางเมตร สามารถใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ทั้งปีมีค่าเท่ากับ 152.12 เมกะวัตต์ชั่วโมง สมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.711 ที่อายุโครงการ 25 ปี มีค่าผลตอบแทนจากการลงทุน เท่ากับร้อยละ 164.30 มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 2,364,334 บาท และระยะเวลาคืนทุน 8.3 ปี รวมทั้งยังสามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 91.06 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อปี หรือตลอดทั้งอายุโครงการ 25 ปี มีค่าเท่ากับ 2,139.89 ตันคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า (ธัญญพัทธ์ ทิพย์ศุภวงศ์ และคนอื่นๆ, 2565, น.94) โดยในปัจจุบันมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์มีการติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาขนาด 505 กิโลวัตต์ สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 3 แสนบาท/เดือน หรือประมาณ 2 ล้านบาท/ปี ซึ่งโดยศักยภาพของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์สามารถติดตั้งระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาได้ประมาณ 1 เมกะวัตต์ ซึ่งสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ประมาณ 6 แสนบาท/เดือน หรือประมาณ 7 ล้านบาท/ปี รวมทั้งควรมีนโยบายด้านการจัดการพลังงาน เช่น นโยบายการอนุรักษ์พลังงาน การจัดการองค์กรด้านพลังงาน การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจด้านพลังงาน ระบบข้อมูลข่าวสารพลังงานประชาสัมพันธ์ การประหยัดพลังงาน หรือการลงทุนงบประมาณโครงการจัดการพลังงาน เพื่อเป็นการลดปริมาณค่าไฟฟ้าของมหาวิทยาลัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้สมการทางคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า และการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า สำหรับการบริหารจัดการพลังงานในมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ผลการศึกษาพบว่า จากการวิเคราะห์สมการทางคณิตศาสตร์4 สมการ คือ 1) สมการคาดคะเนแนวโน้ม (Trend P.) สมการดังกล่าวมีข้อดีคือเป็นวิธีการพยากรณ์ที่ง่ายและเข้าใจง่าย สามารถนำไปใช้ได้กับข้อมูลจำนวนมาก และนำไปใช้ได้กับข้อมูลที่มีความหลากหลาย แต่มีข้อเสียคืออาจไม่แม่นยำหากแนวโน้มในอนาคตเปลี่ยนแปลงสูงเกินไปกว่าแนวโน้มที่ผ่านมา 2) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่แบบง่าย (SMA) เป็นสมการที่ใช้กับข้อมูลอนุกรมเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละจุดเวลาไม่แตกต่างกันมาก 3) สมการเอกซ์โปเนนเชียลหนึ่งชั้นแบบปรับค่า (ARRSES) เป็นสมการที่มีวิธีการพยากรณ์ที่ใช้ข้อมูลในอดีตมาปรับน้ำหนักการพยากรณ์ โดยสมมติว่าข้อมูลในอดีตที่มีแนวโน้มใกล้เคียงกับข้อมูลปัจจุบันทำให้ค่าพยากรณ์ปรับค่าไปตามการเปลี่ยนแปลงที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และ 4) สมการค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ถ่วงน้ำหนักแบบเอกซ์โปเนนเชียล (EWMA) เป็นสมการที่สามารถพยากรณ์ข้อมูลตัวเลขล่วงหน้า 1 หน่วยเวลา โดยใช้ข้อมูลปัจจุบันที่มีผลกระทบต่อค่าพยากรณ์ในอนาคต คำนวณน้ำหนักของข้อมูลไม่เท่ากัน ทั้ง 4 สมการเป็นสมการคณิตศาสตร์ที่มีความเหมาะสมในการประยุกต์ใช้สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าและสามารถใช้พัฒนาเป็นอัลกอริทึมของระบบสารสนเทศได้

สำหรับการทดสอบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ผู้วิจัยใช้ข้อมูลปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณการใช้ไฟฟ้าจำนวน 7 ปัจจัย คือ 1) จำนวนอาคาร 2) พื้นที่ใช้สอยอาคาร (ตารางเมตร) 3) จำนวนเครื่องปรับอากาศ 4) จำนวนหลอดไฟ 5) จำนวนนักศึกษา 6) จำนวนอาจารย์และบุคลากร และ 7) ปริมาณการใช้พลังงาน ย้อนหลัง 6 ปี (พ.ศ. 2561-2566) เพื่อทดสอบสมการคณิตศาสตร์ทั้ง 4 สมการ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อนำข้อมูลรายเดือนมาทดสอบสมการ พบว่า สมการ EWMA มีความผิดพลาดน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 15.20 รองลงมาเป็น สมการ ARRSES มีความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.15 สมการ Trend P. ความผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 18.59 และ สมการ SMA ผิดพลาดเฉลี่ยร้อยละ 19.98 ซึ่งทั้ง 4 สมการมีความผิดพลาดใกล้เคียงกัน และเมื่อนำข้อมูลเฉลี่ยรายปีมาทดสอบสมการ พบว่าสมการ Trend P. จะมีความผิดพลาดน้อยที่สุด ซึ่งมีความผิดพลาดเฉลี่ยเพียงร้อยละ 6.40 ส่วนสมการอื่นๆ ที่มีความผิดพลาดมากกว่าร้อยละ 25 จึงสรุปได้ว่า สมการคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมสำหรับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้า คือ สมการ Trend P. ร่วมกับข้อมูลรายปี และเมื่อนำสมการ Trend P. มาพยากรณ์ร่วมกับข้อมูลการใช้ไฟฟ้าจริงรายปีของมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2566 พบว่า ในปี พ.ศ. 2567-2569 จะมีการใช้ปริมาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.57 ร้อยละ 6.37 และ ร้อยละ 12.23 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สมการคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของหน่วยงานต่างๆ ได้
2. สมการคณิตศาสตร์สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อใช้พยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและช่วยสนับสนุนการตัดสินใจบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าได้
3. สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในมหาวิทยาลัยต่างๆ ได้
4. สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางแผนมุ่งสู่ความเป็นมหาวิทยาลัยสีเขียวได้
5. สามารถใช้วิเคราะห์เพื่อแก้ปัญหาการใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในชุมชนท้องถิ่นได้
6. สามารถใช้ผลการพยากรณ์ร่วมกับปัจจัยการประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix: EMM) เพื่อใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการตามข้อกำหนดกฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุม และอาคารควบคุม พ.ศ. 2552

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ปัจจัยที่จะนำมาใช้กับสมการคณิตศาสตร์สำหรับพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าควรมีข้อมูลย้อนหลังเพิ่มขึ้น
2. ควรวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลกับการพยากรณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลและสนับสนุนสถานที่ในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทั้งภายในและภายนอกที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ รวมทั้ง ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่อำนวยความสะดวกในการจัดทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงพลังงาน. (2552, 25 กันยายน). *ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552*.

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ กองนโยบายและแผน. (2566). *รายงานประจำปี 2566*. กองนโยบายและแผน มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

ธัญญพัทธ์ ทิพย์ศุภวงศ์, วัชระ วงค์ปัญโญ, บุญวัฒน์ วิจารณ์พล, เกศนีย์ อิ่นอ้าย, และวราคม วงศ์ชัย. (2565). การจำลองสมรรถนะของระบบผลิตไฟฟ้าเซลล์แสงอาทิตย์บนหลังคาแบบเชื่อมต่อกับระบบสายส่งของเทศบาลตำบลแม่เมาะ จังหวัดลำปาง. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 17(1), 81-97.

วุฒิพงษ์ นิลจันทร์ และ นิติ เอี่ยมชื่น (2563). การคาดการณ์ปริมาณการใช้ไฟฟ้าภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 25(1), 76-89.

Adetona, S., Ogundeji, A., Ipinnimo, O., & Salawu, R. (2020). Reducing wastage in electricity usage through the use of advancement in GSM technology. *Journal of Engineering and Technology (JET),* 11(1), 83-96. https://jet.utem.edu.my/jet/article/view/5546

Adewuyi, A. W. (2016). Modelling stock prices with exponential weighted moving average (EWMA). *Journal of Mathematical Finance,* 6(1), 99-104. https://doi.org/10.4236/jmf.2016.61011

Aji, B. G., Sondawa, D. C. A., Anindika, F. A., & Januarita, D. (2022). Analisis peramalan obat menggunakan metode simple moving average, weighted moving average, dan exponential smoothing. *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, 9(4), 959-965. https://doi.org/10.30865/jurikom.v9i4.4454

Dong, R., & Pedrycz, W. (2008). A granular time series approach to long-term forecasting and trend forecasting. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 387(13), 3253-3270. https://doi.org/10.1016/j.physa.2008.01.095

Elduque, A., Elduque, D., Clavería, I., & Javierre, C. (2018). Influence of Material and Injection Molding Machine's selection on the electricity consumption and environmental impact of the injection molding process: An experimental approach. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 5, 13-28. https://doi.org/10.1007/s40684-018-0002-0

Fahrudin, T. M., Ambariawan, R. P., & Kamisutara, M. (2021). Demand forecasting of the automobile sales using least square, single exponential smoothing and double exponential smoothing. *Petra International Journal of Business Studies (IJBS)*, 4(2), 122-130. https://doi.org/10.9744/ijbs.4.2.122-130

Herdiani, E. T., Fandrilla, G., & Sunusi, N. (2018). Modified exponential weighted moving average (EWMA) control chart on autocorrelation data. *Journal of physics: Conference series,* 979. https://doi.org/10.1088/1742-6596/979/1/012097

Klyuev, R. V., Morgoev, I. D., Morgoeva, A. D., Gavrina, O. A., Martyushev, N. V., Efremenkov, E. A., & Mengxu, Q. (2022). *Methods of forecasting electric energy consumption: A literature review. Energies*, 15(23), 8919. https://doi.org/10.3390/en15238919

Nasef, A. F., Khattab, H. A. E.-H., & Awad, F. F. (2021). Evaluating the impact of demand side management techniques on household electricity consumption, a real case. *ERJ. Engineering Research Journal,* 44(2), 149-157. https://doi.org/10.21608/erjm.2021.62524.1081

Nimoh, P., Duah, D., & Marful, A. (2021). Energy consumption and usage reduction in lecture halls, Kwame Nkrumah University of Science and Technology, *Preprints.* https://doi.org/10.20944/preprints202106.0694.v1

Onaolapo, A. K., Carpanen, R. P., Dorrell, D. G., & Ojo, E. E. (2021). Forecasting electricity outage in KwaZulu-Natal, south africa using trend projection and artificial neural networks techniques. *IEEE PES/IAS PowerAfrica,* 1-5. https://doi.org/10.1109/PowerAfrica52236.2021.9543182

Pataropura, A., Sabatino, I. D., & Riki, R. (2020). Inventory management with forecasting method: Single moving average and trend projection. *Bit-Tech: Binary Digital-Technology*, 2(3), 110-121. https://doi.org/10.32877/bt.v2i3.162

Ramadhan, R. H., Yusman, R., & Pranoto, G. T. (2022). Comparison of holt winters and simple moving average models to identify the best model for predicting flood potential based on the normalized difference water index. *JISA (Jurnal Informatika dan Sains)*, 5(2), 99-105. https://doi.org/10.31326/jisa.v5i2.1316

Shea, R. P., Worsham, M. O., Chiasson, A. D., Kissock, J. K., & McCall, B. J. (2020). A lifecycle cost analysis of transitioning to a fully-electrified, renewably powered, and carbon-neutral campus at the University of Dayton. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37. https://doi.org/10.1016/j.seta.2019.100576

อิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม และปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง

วันที่รับ : 19 มีนาคม 2566
วันที่แก้ไข : 24 กรกฎาคม 2566
วันที่ตอบรับ : 26 กรกฎาคม 2566

ชวลิต รักษาริกรณ์[1*] และภูมิศักดิ์ อินทนนท์[1]
[1]คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
*Corresponding author e-mail: chawalitra59@nu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ปุ๋ยเคมีต่อการปรับปรุงสมบัติของดินในแปลงปลูกมันสำปะหลัง การเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง โดยทำการศึกษาอิทธิพลของปุ๋ย 4 ชนิด ได้แก่ 1) ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (ORG) 2) ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO-1) 3) ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO-2) และ 4) ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 (CHEM) ที่อัตรา 50 และ 100 กิโลกรัมต่อไร่ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทั้งหมด 9 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่า ดินก่อนการวิจัยมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่วนภายหลังการวิจัยพบว่าการใส่ปุ๋ย HO-1 (T5) และ HO-2 (T7) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้ดินมีธาตุอาหารพืชรวมเพิ่มมากขึ้น และมีแนวโน้มทำให้สมบัติด้านกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่น (BD), ความพรุน (E) และ ความจุความชื้นสนาม (FC) ดีขึ้นกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด สำหรับการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพบว่าการใช้ปุ๋ย HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ (T5) มีผลทำให้ขนาดลำต้น ทรงพุ่มและค่าความเขียวใบดีกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ด้านการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) ของมันสำปะหลังในช่วงอายุ 8 เดือน พบว่ามีการสะสมมวลชีวภาพสูงสุดในส่วนลำต้น กิ่ง ใบ ราก และ ก้านใบมากที่สุดตามลำดับ และพบว่าการใช้ปุ๋ย HO-1 (T5) และ HO-2 (T7) ในอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งหรือเปอร์เซ็นต์แป้งในหัวมันสำปะหลัง (Starch) สูงสุดเท่ากับ 34.5 เปอร์เซ็นต์ และ 34.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และสูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ จากผลการวิจัยปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ในครั้งนี้เกษตรกรสามารถนำไปต่อยอดเพื่อเป็นทางเลือกในการจัดการดินและปุ๋ยสำหรับการปลูกมันสำปะหลังพันธุ์อื่นๆ ให้มีปริมาณและคุณภาพที่สูงได้

คำสำคัญ: อัตราการใช้ปุ๋ย, ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด, ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม, การสะสมมวลชีวภาพ

EFFECTS OF GRANULAR ORGANIC FERTILIZER, CHEMICAL AND GRANULAR ORGANIC FERTILIZER WITH HORMONE MIXED FORMULA (HO), AND CHEMICAL FERTILIZER ON GROWTH AND BIOMASS ACCUMULATION OF CASSAVA

Received: 19 March 2023
Revised : 24 July 2023
Accepted : 26 July 2023

Chawalit Raksarikorn[1*] and Pumisak Intanon[1],
[1]Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment,
Naresuan University, Phitsanulok
*Corresponding author e-mail: chawalitra59@nu.ac.th

ABSTRACT

The objective of this research was to investigate the effects of granular organic fertilizer, chemical, granular organic fertilizer with hormone mixed formula (HO), and chemical fertilizer on effects within soil properties, growth, and biomass accumulation of cassava (Manihot esculenta, Crantz). The study examined the effects of four types of fertilizers: 1) organic granular fertilizer (ORG), 2) chemical and organic granular fertilizer with hormone mixed formula (HO-1), 3) chemical and organic granular fertilizer with hormone mixed formula (HO-2), and 4) chemical fertilizer (CHEM) with a grade of 15-15-15, applied at the rates of 50 and 100 kilograms per rai. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with 9 treatments, 4 replications. The results indicated that the soil before the study had low fertility. However, after the study, it was found that the application of HO-1 (T5) and HO-2 (T7) at a rate of 100 kilograms per rai increased the overall plant nutrient content of the soil and improved some physical properties such as bulk density (BD), porosity (E), and field capacity (FC) compared to chemical and granular organic fertilizers. Regarding the growth of cassava, it was observed that the application of HO-1 at a rate of 100 kilograms per rai (T5) resulting in better stem size (diameter), canopy size, and leaf chlorophyll content compared to other treatments. As for the biomass accumulation of cassava at 8 months of age, it was found to be highest in the trunk, branch, leaf, root, and leaf stalk respectively. It was found that the use of HO-1 (T5) and HO-2 (T7) had the highest dry weight accumulation in the tubers (starch content) at 34.5% and 34.3%, respectively, which was higher than other treatments. Based on the results of this study, chemical and organic granular fertilizer with hormone mixed formula (HO) can be considered as an alternative option for soil and fertilizer management in the cultivation of other varieties of cassava to achieve higher quantity and quality.

Keywords: Rates of fertilizer, Organic granular fertilizer (ORG), Chemical and organic granular fertilizer with hormone mixed formula (HO), Biomass accumulation

บทนำ

มันสำปะหลัง (Manihot esculenta L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของจังหวัดอุตรดิตถ์ โดยพบว่า ปี 2564 มีพื้นที่ปลูกทั้งหมด 43,215 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.97 ของพื้นที่เพาะปลูกทั้งหมดของจังหวัด (สำนักงานเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์, 2564) ได้แก่ อำเภอทองแสนขัน อำเภอตรอน อำเภอน้ำปาด อำเภอฟากท่า อำเภอบ้านโคก และอำเภอเมืองบางส่วน ลักษณะดินที่ปลูกส่วนใหญ่เป็นดินทรายปนดินร่วน ปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ เมื่อเกษตรกรปลูกติดต่อกันเป็นระยะเวลานานและขาดการจัดการดินและปุ๋ยที่ถูกต้องมีผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่งผลต่อการเจริญเติบโตทางด้านสรีรวิทยาของมันสำปะหลัง เช่น การสะสมมวลชีวภาพในส่วนต่างๆ การเจริญเติบโต ซึ่งอาจทำให้ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตต่อพื้นที่ลดลงได้ (สุพัตรา ชาวกงจักร และคนอื่นๆ, 2566, น.117) จากข้อมูลแนวทางการจัดทำเขตส่งเสริมการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของ สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2565, น.126) พบว่าปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังสดเฉลี่ยต่อไร่ในประเทศไทยอยู่ที่ 3.5 ตันต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 29.5 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ปริมาณผลผลิต และคุณภาพผลผลิตตามลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ระบุไว้ ดังนี้ ปริมาณผลผลิตหัวมันสำปะหลังสด 4.9 ตันต่อไร่ เปอร์เซ็นต์แป้งสูงสุด 31 เปอร์เซ็นต์ (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร, 2566) แสดงให้เห็นว่าในปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังยังขาดวิธีการจัดการด้านดินและปุ๋ยที่เหมาะสม ดังนั้น ปัญหาด้านการจัดการดินและปุ๋ยของมันสำปะหลังจึงเป็นเรื่องที่สำคัญ และหากเกษตรกรไม่มีการจัดการดินและปุ๋ยในแปลงปลูกที่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน เช่น การเลือกใช้ชนิดของปุ๋ย ปริมาณการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสม การปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน และการเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน อันจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิต เช่น จำนวนใบ จำนวนกิ่ง แผ่นใบ และการยืดของลำต้นไม่ดีเท่าที่ควร และสุดท้ายส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพผลผลิตของมันสำหลังที่ลดลงนั่นเอง (วัลลีย์ อมรพล และคนอื่นๆ, 2560, น.160) งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการหาแนวทางการใช้ปุ๋ยเพื่อการปรับปรุงบำรุงดินต่อการเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตของมันสำปะหลังในจังหวัดอุตรดิตถ์และในประเทศให้สูงขึ้น ทำให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการจัดการปุ๋ยที่มีประสิทธิภาพ ที่สามารถเป็นทางเลือกแก่เกษตรกรในการจัดการดินและปุ๋ยที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตเพิ่มปริมาณผลผลิต และคุณภาพเปอร์เซ็นต์แป้งมันสำปะหลังได้อีกหนึ่งทาง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ปุ๋ยเคมีต่อการปรับปรุงสมบัติของดินในแปลงปลูกมันสำปะหลัง การเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง

วิธีดำเนินการวิจัย

1. นิยามศัพท์เฉพาะ

ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) (Chemical and granular organic fertilizer with hormone mixed formula) หรือ ปุ๋ย HO หมายถึง นวัตกรรมใหม่ด้านปุ๋ยที่นำวัสดุแบบผสมผสานที่ให้ธาตุอาหารพืชทั้ง 16 ธาตุ ที่พืชต้องการและจำเป็นในปริมาณที่เหมาะสมนำมาผสมกับวัสดุอินทรีย์ สารปรับปรุงดิน จุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ (EM) ฮอร์โมนอินทรีย์น้ำ สารเสริมภูมิต้านทาน สารสกัดสมุนไพรป้องกันโรคและแมลงหลายชนิดเข้าไว้ภายในเม็ดเดียวกันแล้วควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารให้เป็นปุ๋ยละลายช้า ผลิตเป็นปุ๋ยเฉพาะพืช (ชวลิต รักษาริกรณ์ และคนอื่นๆ, 2555, น.19-20)

2. การวางแผนการทดลอง ครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) เพื่อศึกษาอิทธิพลของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ปุ๋ยเคมี และอัตราการใช้ที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงสมบัติของดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง โดยการทดสอบครั้งนี้ใช้มันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากในพื้นที่เป็นพืชทดสอบ สถานที่ทดลองตำบลป่าเซ่า อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ RCBD ทั้งหมด 9 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 1 แปลง ประกอบด้วยกรรมวิธีต่างๆ ดังนี้ T1 ไม่ใส่ปุ๋ย (Control), T2 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (ORG) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่, T3 ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (ORG) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่, T4 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 1 (HO-1) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่, T5 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 2 (HO-2) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่, T6 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 2 (HO-2) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่, T7 ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม 2 (HO-2) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่, T8 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (CHEM) อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และ T9 ปุ๋ยเคมี 15-15-15 (CHEM) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่

3. การเตรียมแปลงทดลอง โดยการไถครั้งที่ 1 (ไถดะ) เพื่อทำลายวัชพืชและกำจัดเชื้อโรคทางดิน และครั้งที่ 2 (ไถแปร) ทำการยกร่องปลูกมันสำปะหลัง (Manihot esculenta L.) โดยมีระยะปลูกระหว่างแถว 120 ระหว่างต้น 80 เซนติเมตร

ในแปลงทดลองขนาด 7.8 x 10 เมตร (78 ตารางเมตร) แปลงละ 50 ต้น รวม 1,800 ต้น โดยใช้ท่อนพันธุ์ยาว 25 เซนติเมตร เป็นต้นพันธุ์ในแปลงปลูก

4. การจัดการปุ๋ย การกำจัดวัชพืช และการดูแลรักษา ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 หลังจากปลูกมันสำปะหลัง 2 สัปดาห์ ด้วยวิธีการหว่านและทำการพรวนดินกลบ โดยแบ่งใส่ครึ่งหนึ่งของน้ำหนักปุ๋ยแต่ละชนิดที่กำหนดไว้ในแต่ละกรรมวิธี สำหรับครั้งที่ 2 จะทำการใส่ปุ๋ยอีกครึ่งหนึ่งหลังจากปลูกมันสำปะหลัง 3 เดือน ตามวิธีการและช่วงเวลาที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติ เช่น การใส่ปุ๋ย การป้องกันกำจัดศัตรูพืช และการจัดการน้ำโดยอาศัยน้ำฝนตามธรรมชาติ

5. การผลิตปุ๋ยสูตรฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO)

การผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) เป็นการนำแร่ธาตุ วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง ธาตุอาหารเสริม ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากเศษปลา และฮอร์โมนอินทรีย์น้ำจากผลไม้โดยทำการผลิตขึ้นรูปเม็ดปุ๋ยบนจานปั้นเม็ดปุ๋ย ซึ่งมีขั้นตอนและกระบวนการผลิต (ภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2555) ดังนี้

5.1 สูตรเร่งการเจริญเติบโต (HO-1) โดยชั่งปุ๋ยสูตร 46-0-0 ร้อยละ 30 สารปรับปรุงบำรุงดินร้อยละ 30 แร่ธาตุร้อยละ 30 มาเคลือบด้วยปุ๋ยน้ำชีวภาพจากเศษปลาและฮอร์โมนอินทรีย์น้ำจากผลไม้ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแล้วนำวัสดุทั้งหมดเข้ากระบวนการปั้นเม็ดตามข้อที่ 3

5.2 สูตรเร่งผลผลิต (HO-2) ชั่งปุ๋ยสูตร 15-15-15 ร้อยละ 30 สารปรับปรุงบำรุงดินร้อยละ 30 แร่ธาตุร้อยละ 30 ตามสัดส่วนของแต่ละสูตรมาเคลือบด้วยปุ๋ยน้ำชีวภาพจากเศษปลาและฮอร์โมนอินทรีย์น้ำจากผลไม้ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักแล้วนำวัสดุทั้งหมดเข้ากระบวนการปั้นเม็ดตามข้อที่ 3

5.3 นำเม็ดฮอร์โมนในข้อ 1 หรือ 2 มาพรมด้วยฮอร์โมนอินทรีย์น้ำบนจานปั้นเม็ดอีกครั้งแล้วปั้นขึ้นเม็ดโดยใส่จุลธาตุอาหารชนิดผงบนจานปั้นเม็ดแล้วผึ่งลมให้แห้ง

5.4 นำเม็ดปุ๋ยฮอร์โมนในข้อ 3 มาพรมด้วยฮอร์โมนอินทรีย์น้ำอีกครั้งแล้วปั้นขึ้นเม็ดโดยวัสดุปรับปรุงความเป็นกรดเป็นด่างของดินบนจานปั้นแล้วผึ่งลมให้แห้ง

5.5 นำเม็ดปุ๋ยฮอร์โมนในข้อ 4 มาเคลือบด้วยสารควบคุมการปลดปล่อยธาตุอาหารแล้วนำไปกลิ้งบนจานปั้นเม็ดเพื่อให้เม็ดปั้นตัวแน่นคงรูปร่างกลมดีขึ้นแล้วผึ่งลมให้แห้ง

5.6 นำปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดที่แห้งแล้วเข้าเครื่องคัดแยกขนาดแล้วบรรจุใส่ถุงพลาสติก โดยมีประเภทของวัตถุดิบและสัดส่วนโดยร้อยละของน้ำหนักเพื่อใช้ในการผลิตปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) ทั้ง 2 สูตร ดังตาราง 1

ตาราง 1 วัตถุดิบและส่วนประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO)

สูตรปุ๋ย	วัตถุดิบและส่วนประกอบของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม(HO) (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)						Total 100
	A	B	C	D	E	F	
ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1	30	-	30	30	5	5	100
ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2	-	30	30	30	5	5	100

หมายเหตุ A = ปุ๋ยเคมีสูตร 46 – 0 – 0
B = ปุ๋ยเคมีสูตร 15 – 15 – 15
C = สารปรับปรุงบำรุงดิน และผงปุ๋ยหมักอินทรีย์คุณภาพสูง
D = ผงแร่ประกอบด้วย ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม
E = ปุ๋ยน้ำชีวภาพจากเศษปลา
F = ปุ๋ยฮอร์โมนอินทรีย์น้ำจากผลไม้

6. การบันทึกข้อมูล

6.1 สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกจากสถานีตรวจอากาศอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ กรมอุตุนิยมวิทยา ได้แก่ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสม

6.2 สมบัติของดินบางประการทั้งก่อนและหลังการทดลองตามวิธีการวิเคราะห์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองวิเคราะห์ดิน, 2540) ได้แก่ ปริมาณธาตุอาหารพืช ได้แก่ ไนโตรเจน โดยวิธี Micro-Kjeldahl method ฟอสฟอรัส โดยวิธี Bray. II และโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมกำมะถัน เหล็ก และแมงกานีส โดยวิธี Atomic absorption spectrophotometry (AAS) เป็นต้น สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่นรวม (BD) ความพรุนรวม (E) และความจุความชื้นสนาม (FC) เป็นต้น และสมบัติทางเคมี ได้แก่ อินทรียวัตถุในดิน (OM) ความเป็นกรดด่าง (pH) และค่าการนำฟ้าในดิน (EC) เป็นต้น

6.3 สมบัติของปุ๋ยบางประการในปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ไนโตรเจน โดยวิธี Micro-Kjedahl method ฟอสฟอรัส โดยวิธี Bray. II โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน เหล็ก ทองแดง สังกะสี และแมงกานีส โดยวิธี Atomic absorption spectrophotometry (AAS) และ โบรอน โดยวิธี In house method based on DOA 2/2552 และอินทรียวัตถุ โดยวิธี Walkley and black method เป็นต้น

6.4 การเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิต ได้แก่ ความสูง ขนาดลำต้น ขนาดทรงพุ่ม ค่าความเขียวใบของมันสำปะหลังที่อายุ 180 วัน ก่อนทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตโดยใช้เครื่อง SPAD 502 ทำการวัดใบล่างสุดไปจนถึงใบที่อยู่เรือนยอดของลำต้นและทำการเฉลี่ย การการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) ในส่วนต่างๆ ของต้นมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน โดยวิธีการแยกส่วนและนำไปเข้าตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักหลังอบคงที่ และนำมาคำนวนหามวลชีวภาพ (Biomass)

6.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้วิธี Analysis of variance (ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

1. ผลของชนิดและอัตราของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมีต่อการปรับปรุงสมบัติของดินในแปลงปลูกมันสำปะหลัง สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกจากสถานีตรวจอากาศ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ พบว่าอุณหภูมิช่วงที่ทำการทดลอง อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 24 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 7.78 มิลลิเมตรต่อวัน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยสะสม 1,365 มิลลิเมตร โดยอุณหภูมิบริเวณแปลงทดลอง และปริมาณน้ำฝนไม่มีอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตของพืช เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชที่ทนแล้งได้ดี สมบัติของดินก่อนการทดลอง พบว่าเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam) โดยมีอนุภาคทรายร้อยละ 20–50 อนุภาคทรายแป้งร้อยละ 85–90 และอนุภาคดินเหนียวร้อยละ 60-100 โดยดินก่อนการทดลอง มีปริมาณธาตุไนโตรเจนวิเคราะห์โดยวิธี Micro-Kjedahl method มีปริมาณต่ำ (N 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุฟอสฟอรัสวิเคราะห์โดยวิธี Bray. II มีปริมาณสูงมาก (3,200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และธาตุโพแทสเซียมวิเคราะห์โดยวิธี AAS มีปริมาณสูงมาก (300 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อินทรียวัตถุระดับต่ำมาก (OM 0.23 เปอร์เซ็นต์) ความเป็นกรดด่างระดับกรดเล็กน้อย (pH 6.3) ค่าการนำไฟฟ้าในดินระดับเค็มน้อยมาก (EC 0.56 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร) ค่าความหนาแน่นของดินระดับสูงมาก (Bd 1.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ค่าความพรุนของดินระดับน้อยมาก (E 26.58 เปอร์เซ็นต์) ค่าความจุความชื้นภาคสนามระดับต่ำ (FC 22.19 เปอร์เซ็นต์) (ตาราง 2) สมบัติของดินหลังการทดลองพบว่า ระดับธาตุอาหารหลักในดินมีปริมาณสูงขึ้นในทุกกรรมวิธี ยกเว้น T1 (ควบคุม) โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน (N) มีปริมาณสูงสุดใน T7 (12,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุฟอสฟอรัส (P) มีปริมาณสูงสุดใน T5 (19,800 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และธาตุโพแทสเซียม (K) มีปริมาณสูงสุดใน T7 (20,700 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารรอง (Ca, Mg, S) และธาตุอาหารเสริมบางประการ (Fe, Mn) ในดิน พบว่าเพิ่มสูงขึ้นในกรรมวิธีที่มีการใช้ ปุ๋ย HO-1, ปุ๋ย HO-2 และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้นสูงสุด T3 (0.93 เปอร์เซ็นต์) ใกล้เคียงกับ T7 (0.89 เปอร์เซ็นต์) และ T5 (0.85 เปอร์เซ็นต์) ค่าความเป็นกรดด่างของดินพบว่า T1–T7 อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อย (Slightly acid) pH 6.0–6.5 แตกต่างจากการใช้ปุ๋ยเคมี T8–T9 ที่ทำให้สภาพของดินมีแนวโน้มเป็นกรดมากขึ้น ซึ่งแสดงผลอยู่ในระดับกรดจัด (Strongly Acid) pH 5.1–5.5 ค่าการนำไฟฟ้าในดิน (Electric conductivity) ในเนื้อดินร่วนปนทรายแป้งพบว่าทุกกรรมวิธีอยู่ในระดับเค็มปานกลาง 0.81–1.60 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) หลังการทดลองพบว่า T2–T7 มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลง อยู่ในระดับ 1.24–1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าเมื่อดินมีค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลง ก็จะทำให้ดินมีความพรุนมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบความจุความชื้นภาคสนาม

(Field capacity) ในดินหลังการทดลอง พบว่า T7 (26.75 เปอร์เซ็นต์) และ T5 (26.40 เปอร์เซ็นต์) อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าความจุความชื้นสนามสูงกว่าก่อนการทดลอง และหลังการทดลองในทุกๆ กรรมวิธี ซึ่งค่า (FC) จะสามารถบ่งบอกได้ถึงปริมาณการดูดซับน้ำเนื่องจากโครงสร้างดินได้รับการปรับปรุงให้มีความหนาแน่นลดลง และมีความพรุนเพิ่มมากขึ้นประกอบกับอินทรียวัตถุที่มีสมบัติในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้ดีกว่าอนุภาคดินที่เกิดจากหินและแร่ ทำให้พืชนำน้ำและธาตุอาหารในดินไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์โดยรวมเพิ่มขึ้น (ตาราง 2) สมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง ผลการวิเคราะห์ปุ๋ย พบว่าปุ๋ยที่มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) รวมสูงสุดคือปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 รวม 450,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (T8, T9) แต่ไม่พบธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริม อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) แล้วพบว่า HO-2 มีธาตุอาหารหลัก (148,100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ธาตุอาหารรอง (44,200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และธาตุอาหารเสริม (690 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) รวมสูงสุดที่ใช้ในกรรมวิธี (T6, T7) ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (T2, T3) มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมในระดับต่ำกว่าปุ๋ย HO-1 และปุ๋ย HO-2 แต่ก็พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด 5.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าปุ๋ย HO-1 และปุ๋ย HO-2 ตามลำดับ (ตาราง 3)

ตาราง 2 สมบัติของดินก่อนและหลังการทดลอง

สมบัติของดิน		ก่อนทดลอง	หลังทดลอง								
			T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
ธาตุอาหารหลัก											
Total N	มก./กก.	100	-	1,000	2,200	11,200	11,100	12,000	12,600	11,900	14,200
Available P	มก./กก.	3,200	1,500	2,000	2,100	14,400	19,800	11,600	12,400	11,500	12,700
Exchange K	มก./กก.	300	100	2,300	6,900	10,200	19,800	13,500	20,700	14,700	16,800
ธาตุอาหารรอง											
Exchange Ca	มก./กก.	650	300	950	1,760	2,330	2,220	1,790	2,270	440	420
Exchange Mg	มก./กก.	1,240	1,740	2,460	2,950	3,350	4,210	2,780	4,810	1,240	1,350
Available S	มก./กก.	120	10	110	930	450	770	230	990	110	410
ธาตุอาหารเสริม											
Fe	มก./กก.	70	60	190	260	190	260	180	320	70	80
Mn	มก./กก.	520	590	690	1,110	1,560	1,350	1,200	1,910	1,070	1,380
อินทรียวัตถุ (%)		0.23	0.28	0.84	0.97	0.65	0.72	0.67	0.75	0.27	0.28
ความเป็นกรดด่าง		6.3	6.6	6.5	6.6	6.5	6.5	6.5	6.5	5.8	5.7
การนำไฟฟ้า (ms/cm)		0.56	0.33	0.83	1.03	1.33	1.54	1.41	1.63	1.33	1.35
ความหนาแน่นรวม (ก./ลบ.ซม.)		1.45	1.44	1.28	1.25	1.32	1.30	1.26	1.24	1.40	1.42
ความพรุน (%)		26.58	26.09	34.45	35.06	38.05	39.50	39.15	41.50	28.45	28.55
จุดความชื้นภาคสนาม (%)		22.19	22.15	23.15	23.90	25.15	26.40	25.54	26.75	22.65	22.63

หมายเหตุ มก./กก. = มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
% = เปอร์เซ็นต์
ms/cm = มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร
ก./ลบ.ซม. = กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

ตาราง 3 สมบัติบางประการของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง

สมบัติของปุ๋ย			วิธีวิเคราะห์	ปุ๋ยที่ใช้ในการทดลอง			
				ORG	HO-1	HO-2	CHEM
ธาตุอาหารหลัก	N	มก./กก.	Micro Kjedahl Method	24,300	25,500	26,500	150,000
	P	มก./กก.	Bray. II	16,500	14,400	16,200	150,000
	K	มก./กก.	AAS.	19,800	102,900	105,400	150,000
	Total	มก./กก.	-	60,600	142,800	148,100	450,000
ธาตุอาหารรอง	Ca	มก./กก.	AAS.	1,200	19,900	21,400	-
	Mg	มก./กก.	AAS.	3,400	11,100	13,600	-
	S	มก./กก.	AAS.	24,500	7,500	9,200	-
	Total	มก./กก.	-	29,100	38,500	44,200	
ธาตุอาหารเสริม (บางชนิด)	Fe	มก./กก.	AAS.	200	140	180	-
	Cu	มก./กก.	AAS.	50	40	50	-
	Zn	มก./กก.	AAS.	150	140	160	-
	Mn	มก./กก.	AAS.	90	250	270	-
	B	มก./กก.	AAS.	50	30	30	-
	Total	มก./กก.	-	540	600	690	
อินทรียวัตถุ; OM (%)			Walkley Black Method	5.3	1.13	1.20	-

หมายเหตุ มก./กก. = มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม, % = เปอร์เซ็นต์

2. ผลการศึกษาอิทธิพลของชนิดและอัตราของปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และ ปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง ผลการเจริญเติบโตด้านความสูงของมันสำปะหลังในช่วง 1-2 เดือนแรกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อมันสำปะหลังอายุ 3-6 เดือน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติกันอย่างเด่นชัด โดยกรรมวิธีที่มีความสูงมากที่สุดในมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน ได้แก่ T6 เฉลี่ย 290.1 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 99 เปอร์เซ็นต์ กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตาราง 4) ด้านขนาดลำต้นของมันสำปะหลังในช่วง 1 เดือนแรกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่ออายุ 2-6 เดือน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติกันอย่างเด่นชัดโดยกรรมวิธีที่มีขนาดลำต้นมากที่สุดในมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน ได้แก่ T5 เฉลี่ย 4.5 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 99 เปอร์เซ็นต์ กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตาราง 5) ด้านขนาดทรงพุ่มของมันสำปะหลังในช่วง 1-2 เดือนแรกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่ออายุ 2-6 เดือน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติกันอย่างเด่นชัดโดยกรรมวิธีที่มีขนาดทรงพุ่มมากที่สุดในมันสำปะหลังอายุ 6 เดือน ได้แก่ T5 เฉลี่ย 163.6 เซนติเมตร แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 99 เปอร์เซ็นต์ กับกรรมวิธีอื่นๆ (ตาราง 6) ค่าความเขียวใบเฉลี่ยภายในช่วงอายุ 180 วันหลังปลูก พบว่ากรรมวิธีที่มีค่าความเขียวใบมากที่สุดได้แก่ T5, T7, T8, T4, T6 และ T9 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 52.2, 51.4, 51.3, 51.2, 51.0 และ 50.9 Unit ตามลำดับ แตกต่างกับกรรมวิธี T3, T1 และ T2 กันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 99 เปอร์เซ็นต์ (ตาราง 7) การการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) อายุ 8 เดือน พบว่าทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพในส่วน ลำต้น กิ่ง ใบ ราก และ ก้านใบมากที่สุดตามลำดับ กรรมวิธีที่มีการสะสมมวลชีวภาพในลำต้นมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ T1, T6 และ T4 ดังนี้ 82.7, 73.5 และ 69.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในกิ่งมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ T7, T5 และ T9 ดังนี้ 54.3, 47.9 และ 47.9 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในใบมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ T2, T1 และ T9 ดังนี้ 45.1, 44.8 และ 44.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในรากมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ T5, T7 และ T4 ดังนี้ และ การสะสมมวลชีวภาพในก้านใบมากที่สุด 3 อันดับแรก ได้แก่ T5, T8, T3 และ T1 ดังนี้ 34.3, 32.9, 30.0 และ 30.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตาราง 8)

ตาราง 4 การเจริญเติบโตทางด้านความสูง

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน)				หน่วย : (เซนติเมตร)	
	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน
T1 Control	18.8b	51.4b	102.4de	165.1e	170.1e	173.6e
T2 ORG อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	20.7ab	52.8ab	117.3cde	264.7b	269.7b	273.2b
T3 ORG อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	24.8ab	50.8a	123.2cd	238.6c	243.6c	247.1c
T4 HO-1 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	26.0a	60.5ab	114.6cde	169.2e	174.2e	177.7e
T5 HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	23.6ab	65.4a	125.8cd	260.0b	265.0b	268.5b
T6 HO-2 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	23.7ab	53.3ab	138.4bc	281.6a	286.6a	290.1a
T7 HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	24.8ab	48.2b	93.7e	181.5d	188.0d	191.0d
T8 CHEM อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	22.3ab	57.4ab	171.8a	267.4b	272.4b	275.9b
T9 CHEM อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	23.1ab	60.3ab	158.5ab	230.2c	235.2c	238.7c
F – Test	ns	ns	**	**	**	**
CV (เปอร์เซ็นต์)	28.30	26.12	25.40	5.16	5.01	4.93

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, ...ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอักษร a จะกำกับเลขที่มีค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด,
ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-Test มีความหมายในแต่ละคอลัมน์ ดังนี้
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.01$)

ตาราง 5 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน)				หน่วย : (เซนติเมตร)	
	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน
T1 Control	0.6	0.8b	1.5cd	2.4bc	2.8d	3.4d
T2 ORG อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	0.6	0.9b	1.6bcd	2.4bc	2.8d	3.5cd
T3 ORG อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	0.6	0.9b	1.6cd	2.5bc	3.0cd	3.9b
T4 HO-1 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	0.6	0.9b	1.4d	2.0d	3.0cd	3.9b
T5 HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	0.6	0.9b	1.7bc	2.6ab	3.2a	4.5a
T6 HO-2 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	0.3	1.2a	1.8ab	2.7ab	3.4b	3.4d
T7 HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	0.5	1.0ab	1.7bc	2.2cd	2.4e	2.7e
T8 CHEM อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	0.4	1.0ab	2.0a	2.7ab	3.4b	3.8bc
T9 CHEM อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	0.5	1.0ab	2.0a	2.9a	3.8bc	3.4d
F – Test	ns	*	**	**	**	**
CV (เปอร์เซ็นต์)	52.66	29.32	14.4	15.83	12.74	10.85

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, ...ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอักษร a จะกำกับเลขที่มีค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด,
ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-Test มีความหมายในแต่ละคอลัมน์ ดังนี้
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$),
** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.01$)

ตาราง 6 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดทรงพุ่ม

กรรมวิธี	อายุมันสำปะหลัง (เดือน)				หน่วย : (เซนติเมตร)	
	1 เดือน	2 เดือน	3 เดือน	4 เดือน	5 เดือน	6 เดือน
T1 Control	19.6	62.5	82.3b	100.3g	103.3g	105.3g
T2 ORG อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	16.7	51.8	86.1ab	108.0fg	111.0f	114.0f
T3 ORG อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	18.8	54.5	92.3ab	119.6de	122.6de	125.6de
T4 HO-1 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	19.2	48.7	80.1b	115.5ef	118.5ef	121.5ef
T5 HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	19.6	50.5	92.4ab	157.6a	160.6a	163.6a
T6 HO-2 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	21.6	61.9	97.8ab	144.8b	147.8b	151.8b
T7 HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	16.8	43.4	79.1b	128.1c	133.1c	136.1c
T8 CHEM อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	18.7	54.3	88.0ab	123.7cd	126.7cd	129.7ab
T9 CHEM อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	18.7	54.7	90.5ab	127.8c	130.8c	133.8c
F – Test	ns	ns	*	**	**	**
CV (เปอร์เซ็นต์)	26.91	33.23	16.60	7.65	7.46	7.29

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, ...ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอักษร a จะกำกับเลขที่มีค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด,
ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-Test มีความหมายในแต่ละคอลัมน์ ดังนี้
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
* = แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.05$),
** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.01$)

ตาราง 7 ค่าความเขียว (Chlorophylls for Leaf SPAD)

กรรมวิธี	ค่าความเขียวใบ Chlorophylls for Leaf SPAD (หน่วย: Unit)
T1 Control	46.7b
T2 ORG อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	46.6b
T3 ORG อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	47.9b
T4 HO-1 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	51.2a
T5 HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	52.2a
T6 HO-2 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	51.0a
T7 HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	51.4a
T8 CHEM อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	51.3a
T9 CHEM อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	50.9a
F – Test	**
CV (เปอร์เซ็นต์)	8.50

หมายเหตุ ตัวอักษร a, b, c, ...ที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยตัวอักษร a จะกำกับเลขที่มีค่ามากที่สุด และไล่ลำดับตัวอักษรไปจนถึงเลขที่มีค่าน้อยที่สุด,
ตัวอักษรที่กำกับไว้ในแถว F-Test มีความหมายในแต่ละคอลัมน์ ดังนี้
ns = ไม่แตกต่างกันทางสถิติ,
** = แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น ($p < 0.01$)

ตาราง 8 การการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน

กรรมวิธี	การการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) (หน่วย: เปอร์เซ็นต์)				
	ใบ	ก้านใบ	กิ่ง	ลำต้น	ราก (หัว)
T1 Control	44.8	30.0	34.8	82.7	27.5
T2 ORG อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	45.1	27.9	36.7	59.0	29.3
T3 ORG อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	34.8	30.0	43.7	57.2	31.8
T4 HO-1 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	38.4	24.9	46.6	69.5	33.8
T5 HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	30.9	34.3	47.9	52.0	34.5
T6 HO-2 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	35.3	26.6	45.2	73.5	32.2
T7 HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	31.1	26.9	54.3	56.8	34.3
T8 CHEM อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่	29.5	32.9	41.1	59.5	31.2
T9 CHEM อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่	44.1	24.3	47.9	47.0	31.9
เฉลี่ย	37.1	28.6	44.2	61.9	31.8

อภิปรายผลการวิจัย

1. อิทธิพลของปุ๋ยต่อการปรับปรุงสมบัติของดินในแปลงปลูกมันสำปะหลัง สภาพแวดล้อมบริเวณแปลงปลูกไม่เป็นอุปสรรคต่อการทดลอง เนื่องจากมันสำปะหลังเป็นพืชวันสั้นต้องการช่วงแสงสั้น และทนต่อสภาพอากาศแล้งหรือสภาพแปลงปลูกที่อาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียวได้ดีในจังหวัดอุตรดิตถ์ (สมลักษณ์ จูฑังคะ, 2551) ดินก่อนการทดลองมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ปนทรายแป้ง มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินหลังการทดลองมีความอุดมสมบูรณ์เพิ่มขึ้น พบว่าในกลุ่มของปุ๋ย HO มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) น้อยกว่าปุ๋ยเคมีแต่สูงกว่าปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด อย่างไรก็ตามปุ๋ย HO มีปริมาณของธาตุอาหารรองเสริมอยู่ในระดับเหมาะสมและครบถ้วนกว่าปุ๋ยเคมี เช่นธาตุอาหารที่เป็นประจุบวก ได้แก่ Fe, Zn และ Mn เป็นต้น (ชาติประชา สอนกลิ่น, 2563) เมื่อใส่ปุ๋ย HO ลงไปในดินทำให้ดินมีปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น เทียบเท่ากับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ ถึงแม้การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดจะมีปริมาณอินทรียวัตถุที่สูงกว่าปุ๋ย HO ก็ตาม แต่ปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมอยู่ในระดับต่ำกว่าปุ๋ย HO ซึ่งมีองค์ประกอบมาจากอินทรียวัตถุ และน้ำหมักชีวภาพที่มีจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ จึงช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของปุ๋ย วัสดุเกษตรเหล่านี้เมื่อใส่ลงไปในดินจะมีผลทำให้เม็ดดินจับกันมากขึ้น (Aggregation) โครงสร้างดินได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้น (วิชาญ ชุ่มมั่น และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2559, น.273) ในขณะเดียวกันการใช้ปุ๋ย HO มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางด้านเคมีได้แก่ pH และ EC ให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมันสำปะหลัง อีกทั้งทำให้สมบัติทางด้านกายภาพ เช่น ความหนาแน่นของดิน (BD) ลดลงจาก 1.45 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร อยู่ในระหว่าง 1.24–1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความพรุนของดิน (E) เพิ่มขึ้นจาก 26.58 เปอร์เซ็นต์ เป็น 34.45–41.50 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งมีแนวโน้มทำให้ดิน มีความสามารถในการอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดินจึงเหมาะต่อการเจริญเติบโต และการขยายรากของมันสำปะหลัง จากผลการทดลองสามารถกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 และ HO-2 อัตรา 50–100 กิโลกรัมต่อไร่ ช่วยเพิ่มธาตุอาหารหลัก รอง เสริม ในดินเป็นจำนวนมาก อีกทั้งยังมีสมบัติเป็นปุ๋ยละลายช้า (วิชาญ ชุ่มมั่น และภูมิศักดิ์ อินทนนท์, 2559, น.267) อีกทั้งมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์แก่พืชแบบสมดุลอยู่ภายในเม็ดปุ๋ยประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ธาตุอาหารเหล่านี้จะค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาอย่างช้าๆ จึงหลงเหลืออยู่ในดินมากกว่าในดินที่มีการใช้ปุ๋ยเคมี (วิภาวรรณ สายคำยศ และคนอื่นๆ, 2561, น.200) จึงอาจกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ย HO สามารถปรับปรุงสมบัติของดินในแง่ของความอุดมสมบูรณ์ในแปลงปลูกมันสำปะหลังได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และปุ๋ยเคมี สมบัติของปุ๋ยที่ใช้ในการทดลองผลการวิเคราะห์ปุ๋ย พบว่า ปุ๋ยที่มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (N P K) รวมสูงสุดคือปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 รวม 45 เปอร์เซ็นต์ (T8,T9) แต่ไม่พบธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริม อีกทั้งสมบัติของปุ๋ยเคมีที่ปลดปล่อยธาตุอาหารเร็วจึงทำให้ธาตุอาหารสูญเสียไปจากดินได้ง่ายกว่าการใช้ปุ๋ย HO (วิภาวรรณ สายคำยศ และคนอื่นๆ, 2561, น.202)

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาเฉพาะในกลุ่มของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) แล้วพบว่า มีธาตุอาหารหลัก (14.81 เปอร์เซ็นต์) ธาตุอาหารรอง (4.42 เปอร์เซ็นต์) และธาตุอาหารเสริม (0.069 เปอร์เซ็นต์) รวมสูงสุดใน HO-2 (T6,T7) ในขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด (T2,T3) มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และธาตุอาหารเสริมในระดับต่ำกว่าปุ๋ย HO-1 และปุ๋ย HO-2 แต่ก็พบว่ามีปริมาณอินทรียวัตถุสูงสุด 5.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสูงกว่าปุ๋ย HO-1 และปุ๋ย HO-2 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาตามวัตถุประสงค์ พบว่า การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 สูตรเร่งการเจริญเติบโต อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 สูตรเร่งผลผลิต อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อการปรับปรุงสมบัติของดินทางด้านเคมี และด้านกายภาพของดินได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดในทุกๆ รายการที่สำคัญ

2. อิทธิพลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต และการสะสมมวลชีวภาพของมันสำปะหลัง ด้านการเจริญเติบโต พบว่า การใช้ปุ๋ย HO-1 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังดีที่สุดในด้านขนาดลำต้น (4.5 เซนติเมตร) ขนาดทรงพุ่ม (163 เซนติเมตร) และค่าความเขียวใบของมันสำปะหลัง (52.2 Unit) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ 99 เปอร์เซ็นต์ (เอนกพงศ์ จำปา และวิทยา ตรีโลเกศ, 2561, น.58) อาจกล่าวได้ว่า การเจริญเติบโตทางด้านลำต้นใบของต้นมันสำปะหลังที่ได้รับปุ๋ยในช่วงอายุที่มีการเจริญเติบโต ระยะ 1–4 เดือนแรก ซึ่งเป็นช่วงระยะที่เรียกว่า Exponential Phase เป็นระยะที่พืชมีอัตราการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (Intanon et al, 2017) เพราะในช่วงนี้พืชมีความต้องการใช้ธาตุอาหารหลัก รอง เสริม ไปใช้ในกระบวนการสร้างการเจริญเติบโตที่สูงมาก ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณธาตุอาหารในกลุ่มของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีมาก และครบถ้วน ในขณะที่ปุ๋ยเคมีมีธาตุอาหารหลักเพียงอย่างเดียว และในปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ดมีปริมาณธาตุอาหารในระดับต่ำ ที่ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตถึงแม้จะใส่ในปริมาณมากก็ตาม การที่ T5 แสดงผลการเจริญเติบโตออกมาดีที่สุด เนื่องจากเป็นสูตรปุ๋ย HO-1 ที่ผลิตขึ้นมาเพื่อตอบสนองต่อการเจริญเติบโตของพืชมีองค์ประกอบของผงแร่ที่มีธาตุอาหารสูงในสูตรปุ๋ยสูงกว่าปุ๋ย HO-2 ทำให้มันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารอย่างครบถ้วน โดยเฉพาะธาตุ N P K ที่มีความสมดุลและเพียงพอต่อการเจริญเติบโต เมื่อมันสำปะหลังได้รับธาตุอาหารเหล่านี้จะทำให้มีผลต่อการแบ่งเซลล์ตามยาวและการขยายขนาดของเซลล์ซึ่งสอดคล้องกับ ธาตุโพแทสเซียมที่พบซึ่งเกี่ยวข้องกับการสร้างเนื้อไม้ และส่วนของลำต้น และช่วยเพิ่มขนาดของลำต้น และหัวมันสำปะหลังได้เป็นอย่างดี (พิทักษ์พงศ์ ป้อมปราณี, 2560) ในขณะที่ T8 และ T9 การใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 15–15–15 ที่มีสมบัติเป็นปุ๋ยละลายเร็ว ทำให้ธาตุโพแทสเซียมละลายออกมาเร็วหรือสูญเสียไปจากดินได้ง่าย เมื่อถึงอายุของมันสำปะหลังที่ต้องการนำไปใช้ในการสะสมแป้งที่อายุ 180 วันขึ้นไป ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมในผลผลิตหัวมันสำปะหลังได้ดีกว่าการใช้ปุ๋ย HO และพบว่าค่าความเขียวใบ (Chlorophylls for leaf) ที่มีผลจากปริมาณธาตุไนโตรเจนที่มีความสำคัญต่ออัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง ส่งผลถึงการสังเคราะห์แสงบริเวณปากใบและเหนี่ยวนำให้เกิดการดูดน้ำและธาตุอาหารในดินมาใช้ได้มากขึ้น (Intanon, 2013, p.16) ทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตที่ดีในทุกๆ ด้าน ซึ่งดีกว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ ปุ๋ยเคมี และการไม่ใส่ปุ๋ยตามลำดับ การการสะสมมวลชีวภาพ (Biomass) อายุ 8 เดือน พบว่าทุกกรรมวิธีมีการสะสมมวลชีวภาพในส่วน ลำต้น กิ่ง ใบ ราก และก้านใบมากที่สุดตามลำดับ เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายแป้งและน้ำตาลจากส่วนต่างๆ เช่น ใบ ก้านใบ และลำต้นของมันสำปะหลังไปยังรากเมื่ออายุ 180–300 วัน หลังปลูก สารอาหารที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงถูกเร่งกระตุ้นและส่งจากส่วนบนดินไปสะสมในบริเวณรากที่พัฒนาไปเป็นหัว (Tuber) ทำให้ขนาดของหัวมีขนาดใหญ่ขึ้น ในขณะที่ใบแก่ของมันสำปะหลังร่วงเร็วขึ้น ลำต้น และต้นตอ มีการสะสมของลิกนินมากขึ้น (สมลักษณ์ จูฑังคะ, 2551, น.31) อัตราการเจริญเติบโตด้าน ความสูง ขนาดลำต้นคงที่ แต่จำนวนใบลดลงไม่มีการพัฒนาการด้านจำนวนใบเนื่องจากมันสำปะหลังมีการสะสมแป้งและน้ำตาลไว้ที่บริเวณราก ด้วยเหตุนี้จึงอาจกล่าวได้ว่าในกรรมวิธีควบคุม (T1) จึงมีการสะสมมวลชีวภาพในลำต้นมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าเมื่อพืชไม่ได้รับธาตุอาหาร หรือได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอนั้นจะทำให้พืชมีการสะสมน้ำหรือธาตุอาหารจากดินในส่วนต่างๆ ของลำต้น น้อยกว่ากรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยชนิดต่างๆ โดยเมื่อนำส่วนต่าง ๆ ของพืชมาทำการอบแห้งให้เหลือความชื้น (ของเหลว) ที่ศูนย์เปอร์เซ็นต์จึงทำให้มีเปอร์เซ็นต์ของมวลชีวภาพ (ของแข็ง) สูงกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่มันสำปะหลังอายุ 8 เดือน จะนำธาตุอาหารที่มีอยู่อย่างจำกัดไปใช้ในกระบวนการสะสมแป้งและน้ำตาลยังส่วนราก (หัว) มีผลทำให้ลักษณะทางกายภาพของต้นมันสำปะหลังที่ไม่ได้รับปุ๋ยมีลักษณะ ลำต้น ต้นตอ มีขนาดเล็กและแคระแกร็น เนื่องจากมีการสะสมของลิกนินมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาในส่วนที่เป็นราก (Root) ที่พัฒนาไปเป็นหัว (Tuber) โดยปกติแล้วมันสำปะหลังจะมีการสะสมน้ำและธาตุอาหารอยู่ภายในส่วนที่เป็นหัว ซึ่งมีของเหลว 60–65 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เป็นของแข็งในส่วนของราก ได้แก่ เปลือก และเนื้อแป้ง (Starch) 30–35 เปอร์เซ็นต์ (บุญรัตน์ ประทุมชาติ, 2553, น.21) เมื่อวิเคราะห์

ค่ามวลชีวภาพในส่วนที่เป็นหัวมันสำปะหลัง อายุ 8 เดือน พบว่าการใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO-1 และ HO-2) ที่อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ T5 (34.5 เปอร์เซ็นต์) และ T7 (34.3 เปอร์เซ็นต์) มีผลทำให้มันสำปะหลังมีการสะสมมวลชีวภาพหรือเปอร์เซ็นต์แป้ง (Starch) ในหัวสูงที่สุด และดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ เนื่องจากเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง ซึ่งง่ายต่อการสูญเสียธาตุอาหารพืช ทำให้การใส่ปุ๋ย HO ที่มีการเคลือบสารที่ควบคุมการละลาย ส่งผลต่อมวลชีวภาพหรือเปอร์เซ็นต์แป้ง (Starch) ของมันสำปะหลังในระยะยาวเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 และ HO-2 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลต่อการปรับปรุงสมบัติด้านเคมี ได้แก่ ธาตุอาหารพืช เช่น P, K, Ca, Mg, S, Fe และ Mn ตามลำดับ อินทรียวัตถุ และความเป็นกรดด่าง (pH) เป็นต้น และด้านกายภาพของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นรวม (BD) ความพรุนรวม (E) และความจุความชื้นสนาม (FC) เป็นต้น ซึ่งดีกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และปุ๋ยเคมี ที่อัตรา 50-100 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับการใช้ฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) มีผลทำให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดลำต้น ขนาดทรงพุ่ม และค่าความเขียวใบ เฉลี่ยสูงสุด ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15–15 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้การสะสมมวลชีวภาพในส่วนประกอบต่างๆ ของมันสำปะหลังอายุ 8 เดือน มีการสะสมมวลชีวภาพในส่วน ลำต้น กิ่ง ใบ ราก และ ก้านใบมากที่สุดตามลำดับ การที่ปุ๋ยเคมีแสดงผลด้านการสะสมมวลชีวภาพด้านลำต้นและใบออกมาดีที่สุด เนื่องจากที่มีสมบัติปลดปล่อยธาตุอาหารแก่พืชได้รวดเร็วทำให้พืชนำธาตุอาหารไปใช้ในการสะสมมวลชีวภาพในส่วนดังกล่าวได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ มีผลทำให้เกษตรกรนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายเพราะเห็นในเชิงประจักษ์ ในขณะที่ปุ๋ย HO เป็นปุ๋ยที่ละลายช้า และค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชซึ่งสอดคล้องกับค่าความเขียวใบที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดในการใช้ปุ๋ย HO ที่อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้มันสำปะหลังนำธาตุอาหารที่ค่อยๆ ปลดปล่อยออกมาในดินไปใช้ได้เป็นระยะเวลานานกว่า และเพียงพอในช่วงที่มีการพัฒนาของรากไปเป็นหัว มันสำปะหลัง

อย่างไรก็ตาม หากพิจารณาในส่วนที่เป็นหัวมันสำปะหลัง (Tuber) อายุ 8 เดือน หรือช่วงก่อนการเก็บเกี่ยวผลผลิต การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-1 สูตรเร่งการเจริญเติบโตอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม HO-2 สูตรเร่งผลผลิตอัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้การสะสมน้ำหนักแห้งในหัวมันสำปะหลัง (เปอร์เซ็นต์แป้ง) สูงสุด 34.5 และ 34.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งดีกว่าการใช้ปุ๋ยชนิดอื่นๆ โดยมีข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ และการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรสามารถใช้ปุ๋ย HO เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงบำรุงดินต่อการปลูกมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ผลการศึกษานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งของการวิจัย ซึ่งมีผลจากการใช้ปุ๋ย HO มีแนวโน้มทำให้ข้อมูลด้านองค์ประกอบผลิต และคุณภาพผลผลิตบางรายการที่สำคัญดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี และปุ๋ยอินทรีย์ปั้นเม็ด และสูงกว่าลักษณะประจำพันธุ์ของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 9 ที่กรมวิชาการเกษตรระบุไว้อย่างชัดเจน

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การทดสอบปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมเพื่อเพิ่มปริมาณ และคุณภาพผลผลิตให้สูงขึ้นกับมันสำปะหลังพันธุ์อื่นๆ ที่นิยมปลูกมากในจังหวัดอุตรดิตถ์

2. การใช้ปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมร่วมกับการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดินให้เหมาะสมต่อพื้นที่ในการปลูกมันสำปะหลัง

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยทางผู้วิจัยจึงขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์ฯ มหาวิทยาลัยนเรศวร และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ที่ได้สนับสนุนการทำวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี มา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

กองวิเคราะห์ดิน. (2540). *คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีดินกับการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการ.* กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ชวลิต รักษาริกรณ์, พรทิพย์ ภาษี, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2555). อิทธิพลของปุ๋ยเคมี และปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา. *Naresuan University Journal: Science and Technology (NUJST)*, 20(3), 18-28.

ชาติประชา สอนกลิ่น. (2563). *อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) ที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพดาวเรือง.* [วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร].

บุญรัตน์ ประทุมชาติ. (2553). ผลของการใช้แป้งมันสำปะหลังเพื่อเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตในสูตรอาหารกุ้งต่อการเจริญเติบโต ความแปรปรวนของขนาด อัตราการแลกเนื้อ ความถี่ในการลอกคราบ อัตราการรอดและดัชนีตับของกุ้งขาวัยรุ่น (Litopenaeus vannamei). *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 15(2), 29-36.

พิทักษ์พงศ์ ป้อมปราณี. (2560). *ธาตุอาหารพืช* (เอกสารประกอบการสอน รายวิชา ปฐพีวิทยา). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม.

ภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2555). *เทคโนโลยีปุ๋ย*. ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วัลลีย์ อมรพล, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ, ศรีสุดา ทิพยรักษ์, ศุภกาญจน์ ล้วนมณี, จิณณจาร์ หาญเศรษฐสุข, ประพิศ วองเทียม, และสมพงษ์ ทองช่วย. (2560). การศึกษาอัตราปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมสำหรับมันสำปะหลังที่ปลูกในกลุ่มดินร่วนปนทราย : ชุดดินห้วยโป่ง. *วารสารวิชาการเกษตร,* 35(2), 151-163.

วิชาญ ชุ่มมั่น และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2559). อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสมที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต และส่งผลต่อปริมาณการเข้าทำลายของเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล. *วารสารแก่นเกษตร*, 44(2), 265-274.

วิภาวรรณ สายคำยศ, จันทร์เพ็ญ ชุมแสง, และภูมิศักดิ์ อินทนนท์. (2561). อิทธิพลของปุ๋ยฮอร์โมนปั้นเม็ดสูตรผสม (HO) และปุ๋ยเคมีที่ใช้ร่วมกับปูนขาวที่มีต่อสมบัติของดินและผลผลิตปาล์มน้ำมัน. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,* 49(19 พิเศษ), 199-206.

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร กรมวิชาการเกษตร. (2566). *การจำแนกพันธุ์มันสำปะหลัง.* กรมวิชาการเกษตร. https://at.doa.go.th/cassvar/varR9.html

สมลักษณ์ จูฑังคะ. (2551). *เอกสารวิชาการ เทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง.* กรมวิชาการเกษตร.

สำนักงานเกษตรจังหวัดอุตรดิตถ์. (2564). *แผนพัฒนาการเกษตรและสหกรณ์ของจังหวัดอุตรดิตถ์ (พ.ศ. 2561 – 2565) ฉบับทบทวน ปีงบประมาณ พ.ศ 2564.* https://www.opsmoac.go.th/uttaradit-strategic-files-441991791797

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2565). *แนวทางการจัดทำเขตส่งเสริมการปลูกพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ.* กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/jounal/2565/Guidelineseconomiccrops2565.pdf

สุพัตรา ชาวกงจักร์, นิมิตร วงศ์สุวรรณ, ศศิธร ประพรม, และนฤทัย วรสถิตย์. (2566). ลดต้นทุนการใช้ปุ๋ยเคมีและเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลัง ด้วยเทคโนโลยีการใช้ปุ๋ยในแหล่งปลูก จังหวัดกาฬสินธุ์. *วารสารแก่นเกษตร,* 51(suppl. 1), 116 – 123.

เอนกพงศ์ จำปา และวิทยา ตรีโลเกศ. (2561). การประยุกต์ใช้อัตราและสูตรปุ๋ยเคมีที่แตกต่างกัน ในการปลูกมันสำปะหลัง KU 50 ในดินทราย. *วารสารดินและปุ๋ย*, 40(1), 55-64.

Intanon, P. (2013). The influence of different types of fertilizers on productivity and quality of maize in the area of Kwaew Noi Bamrungdan Dam, Phitsanulok province, Thailand. *International Journal of Environmental and Rural Development,* 4(2), 15-20. https://doi.org/10.32115/ijerd.4.2_15

Intanon, P., Keteku, A. K., & Intanon, R., (2017, December 12-15). *Effect of different materials on soil pH improvement, soil properties, growth, yield and quality of sugarcane* [Conference]. 13th International Conference of the East and Southeast Asia Federation of Soil Science Societies, Pattaya, Thailand.

การทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า กลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย

วันที่รับ : 13 มิถุนายน 2566
วันที่แก้ไข : 6 พฤศจิกายน 2566
วันที่ตอบรับ : 10 พฤศจิกายน 2566

พัชรินทร์ วินยางค์กูล[1*], วัชรพงษ์ เรือนคำ[1] และอนัญญา เหล่ารินทอง[1]
[1]คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย จังหวัดเชียงราย
*Corresponding author e-mail: phatcharin.win@crru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยปัจจัยความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้ากลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย กลุ่มตัวอย่างคือผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง จำนวน 152 ราย เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูลเป็นแบบสอบถามข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า และคุณภาพการนอนหลับ (PSQI) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา วิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation) และวิเคราะห์สถิติถดถอยโลจิสติกแบบนำตัวแปรเข้าพร้อมกัน (Enter logistic regression) ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคุณภาพการนอนหลับที่ไม่ดี ร้อยละ 75.7 ปัจจัยความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้าที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพการนอนหลับ พบว่า อายุ ระดับความดันโลหิต การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ระดับน้ำตาลในเลือด รอบเอว ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง และระดับไขมันในเลือด สามารถร่วมทำนายคุณภาพการนอนหลับของกลุ่มตัวอย่างได้ร้อยละ 15.5 (Nagelkerke R^2 = 0.155) โดยระดับไขมันในเลือดที่ ≥ 130 มก./ดล. ทำนายคุณภาพการนอนหลับไม่ดีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR= 2.39; 95% CI = 1.058 – 5.396) สรุปได้ว่าปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้าที่สามารถทำนายคุณภาพการนอนหลับซึ่งสามารถนำเสนอเชิงข้อมูลต่อพื้นที่และวางแผนพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับให้มีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: ปัจจัยทำนาย, ปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด, คุณภาพการนอนหลับ, ความดันโลหิตสูง

PREDICTING THE SLEEP QUALITY WITH CARDIOVASCULAR RISK FACTORSIN THE NEXT 10 YEARS AMONG HYPERTENSION PATIENTS AT NANGLAE HEALTH PROMOTION SUB-DISTRICT HOSPITAL, CHIANG RAI PROVINCE

Received: 13 June 2023
Revised : 6 November 2023
Accepted : 10 November 2023

Phatcharin Winyangkul[1*], Watcharapong Ruankham[1] and Anunya Laorinthong[1]
[1]Faculty of Public Health, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai
*Corresponding author e-mail: phatcharin.win@crru.ac.th

ABSTRACT

The objective of this research was to predict the sleep quality with cardiovascular risk factors within the next 10 years among hypertension patients at Nanglae Health Promotion Sub-district Hospital in Chiang Rai Province. The study population consisted of 152 subjects who were high blood pressure patients. Data were collected through a general information questionnaire and a questionnaire on cardiovascular risk factors within the next 10 years. The sleep quality was analyzed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). Data analysis was conducted using descriptive statistics, Spearman rank correlation, and enter logistic regression to predict the sleep quality with cardiovascular risk factors within the next 10 years. The research indicated that the majority of the sample had poor sleep quality (75.7%). Cardiovascular risk factors within the next 10 years that significantly influenced sleep quality included age, blood pressure level, smoking, alcohol consumption, blood sugar level, waist circumference, family history of high blood pressure, and blood lipid levels. These factors could collectively predict sleep quality in the samples by 15.5% (Nagelkerke $R^2 = 0.155$). Notably, blood lipid levels were a statistically significant predictor of sleep quality (OR = 2.39; 95% CI = 1.058 – 5.396). In summary, risk factors for heart and blood vessel diseases within the next 10 years could predict sleep quality, and blood lipid levels were a significant predictor. This data could be valuable for planning and developing effective sleep quality improvement programs in the community.

Keywords: Predicting factor, Cardiovascular risk factors, Sleep quality, Hypertensiony

บทนำ

ความดันโลหิตสูง เพิ่มความเสี่ยงของโรคหัวใจ สมอง ไต และโรคอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ผู้ใหญ่ประมาณ 1.28 พันล้านคนอายุที่มีอายุระหว่าง 30-79 ปีทั่วโลกเป็นโรคความดันโลหิต โดยอาศัยอยู่ในประเทศที่มีรายได้ต่ำและปานกลาง ประมาณ 1 ใน 5 คนคิดเป็นร้อยละ 21 ที่เป็นโรคความดันโลหิตสูงสามารถควบคุมได้ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการเสียชีวิตก่อนวัยอันควร หนึ่งในเป้าหมายขององค์การอนามัยโลก (WHO) ในการควบคุมโรคไม่ติดต่อคือการลดความชุกของความดันโลหิตสูงลง 33% ช่วงระหว่างปี 2010 ปี ถึง 2030 (World Health Organization, 2023) สำหรับสถานการณ์ในประเทศไทยความชุกของโรคความดันโลหิตสูงในประชากรอายุ15 ปีขึ้นไป เท่ากับ ร้อยละ 25.4 (ชายร้อยละ 26.7 และหญิง ร้อยละ 24.2) ความชุกกระจายตามภาค พบว่า ภาคกลาง ภาคเหนือ และกรุงเทพฯ มีความชุกสูงที่สุดใกล้เคียงกัน (ร้อยละ 27.2-27.5) รองลงมาคือภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ (วิชัย เอกพลากร และคนอื่นๆ, 2564) ประเทศไทยมีผู้ป่วยเพิ่มขึ้นจากเกือบ 4 ล้านคนในปี 2556 เป็นเกือบ 6 ล้านคนในปี 2561(สมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทย, 2562) และในพื้นที่ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายพบความชุกของโรคความดันโลหิตสูงอยู่ที่ร้อยละ 23 (สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย, 2566)

โรคความดันโลหิตสูงมีสาเหตุสำคัญมาจากพฤติกรรมสุขภาพที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ การรับประทานอาหาร ที่มีปริมาณโซเดียมสูง การสูบบุหรี่ ขาดการออกกำลังกาย การมีกิจกรรมทางกายไม่เพียงพอ การมีภาวะอ้วน การมีภาวะเครียดสะสม การดื่ม เครื่องดื่มแอลกอฮอล์ (Center for Continuing Pharmaceutical Education, 2020) ในประเทศไทยการที่ผู้ป่วยไม่ตระหนักว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูงและไม่สามารถควบคุมระดับความดันให้ลดลงมาตามเกณฑ์ปฏิบัติได้ จะก่อให้เกิดภาวะแทรกซ้อนตามมาที่สำคัญ ได้แก่ โรคหัวใจ อัมพาต และไตวาย (Puangpetch, 2009, p.141) ปัจจัยเสี่ยงต่างๆ เหล่านี้จะส่งผลต่อการโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้าได้ การประเมินความเสี่ยงโดยรวมต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดด้วย Rama-EGAT heart score ทุก 5 ปี ในผู้ที่มีอายุ 35 ปีขึ้นไป พร้อมติดตามและประเมินผลจะเป็นการประเมินความเสี่ยงโดยรวมต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในอนาคต (D'Agostino, et al., 2008, p.743; ปฤษฐพร กิ่งแก้ว และคนอื่นๆ, 2556, น.346) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มผู้ที่มีความเสี่ยงสูง รวมถึงมีการวิจัยและทบทวนวรรณกรรมเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างปัญหาคุณภาพการนอนหลับกับโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจและหลอดเลือด (Wang et al., 2021, p.447) มีการศึกษาที่บ่งชี้ว่าคุณภาพการนอนที่ไม่ดีเป็นปัญหาที่พบบ่อยในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง และมากกว่าครึ่งของผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงมีคุณภาพการนอนที่ไม่ดี (Gou et al., 2023, p.1) อีกทั้งระยะเวลาการนอนหลับสั้นและการนอนที่ไม่มีคุณภาพมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคหัวใจหลอดเลือด นั้นแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของระยะเวลาการนอน และคุณภาพการนอนเพื่อป้องกันโรคหัวใจหลอดเลือดได้ (Lao et al., 2018, p.109) คุณภาพการนอนหลับมีปัจจัยหลากหลายสาเหตุมากระทบ ได้แก่ การนอนหลับไม่เพียงพอ (insufficient sleep) หรือนอนน้อยกว่า 7–9 ชั่วโมงต่อคืน นอนไม่เป็นเวลา นอนหลับไม่ลึก มีการรบกวนขณะนอนหลับ ไม่ออกกำลังกาย รับประทานอาหารที่ไม่มีประโยชน์ หวาน มัน เค็ม มีความเครียด จัดการความเครียดไม่ได้ และใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Huang et al., 2021, p.896; Jin et al., 2022, p.1) คุณภาพการนอนหลับที่ไม่ดีพบว่ามีปัจจัยมาจากพฤติกรรมการบริโภคในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงที่ไม่สามารถควบคุมความดันโลหิตได้ ซึ่งจะส่งกระทบต่อคุณภาพการนอนหลับและกระทบต่อการควบคุมระดับความดันโลหิตของผู้ป่วยด้วย (Winyangkul & Ruankham, 2017, p.185)

การทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้าของกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง ในพื้นที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล จังหวัดเชียงรายจะเป็นการคาดการณ์ปัจจัยที่สำคัญที่พึงระวัง ตระหนักในการจัดการและควบคุมปัจจัยที่เป็นสาเหตุหลักของปัญหาโรคในระบบหัวใจและหลอดเลือด เป็นการเสริมให้ระบบประเมินสุขภาพที่มีอยู่พื้นฐานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทั้งยังสามารถนำเสนอเชิงข้อมูลเชิงนโยบาย เพื่อใช้ในการออกแบบการจัดการเพื่อลดปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดต่อการควบคุมระดับความดันโลหิตสูง ซึ่งจะส่งผลดีต่องานสาธารณสุขในพื้นที่สามารถลดการใช้ทรัพยากร ตลอดจนช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางด้านสาธารณสุขให้น้อยลงในการควบคุมและป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถควบคุมระดับความดันโลหิตได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยปัจจัยความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้ากลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ ตำบลนางแล อำเภอเมืองจังหวัดเชียงราย

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) ในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างเดือนมกราคม – มิถุนายน 2559

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ผู้ป่วยความดันโลหิตสูงที่ขึ้นทะเบียนรับยารักษาที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย จำนวน 210 ปี คน

กลุ่มตัวอย่าง ทำการคำนวณที่ทราบจำนวนประชากรของ Taro Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ธีรวุฒิ เอกะกุล, 2542) ในการคำนวณหาขนาดตัวอย่างที่เหมาะสม ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ดังนี้ ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวนทั้งสิ้น 152 ราย และทำการทดสอบซ้ำเพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นด้วย G*Power ที่สร้างจากสูตรของโคเฮน (Cohen, 1988) แล้วพบว่ามี Power (1-β err prob) = 0.7955 ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) กำหนดเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้

เกณฑ์คัดเข้า (Inclusion criteria)

1. ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นโรคความดันโลหิตสูง
2. อาศัยอยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
3. ขึ้นทะเบียนเข้ารับการตรวจรักษาที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย

เกณฑ์คัดออก (Exclusion criteria)

1. ไม่ได้เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
2. ไม่ยินยอมเข้าร่วมโครงการ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามที่แบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป จำนวน 8 ข้อได้แก่ เพศ อายุ สถานภาพ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ ประวัติคนในครอบครัวป่วยด้วยโรคความดันโลหิต และการมีโรคร่วม

ส่วนที่ 2 แบบสอบถามปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด โดยพัฒนามาจาก กลุ่มงานโรคไม่ติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข ข้อคำถามเป็นลักษณะเลือกตอบ

ส่วนที่ 3 ผลตรวจสุขภาพและผลทางห้องปฏิบัติการจากโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล ได้แก่ Blood pres-sure, Fasting blood sugar, BUN, Creatinine, Cholesterols, Triglyceride, SGPT, SGOT and Uric-acid (ได้รับการตรวจวิเคราะห์ผลจากโรงพยาบาลเชียงรายประชานุเคราะห์)

ส่วนที่ 4 แบบสัมภาษณ์คุณภาพการนอนหลับ The Pittsburgh Sleep Quality Index: PSQI (Buysse et al., 1989) ที่แปลเป็นภาษาไทยโดย ตะวันชัย จิรประมุขพิทักษ์ และวรัญ ตันชัยสวัสดิ์ (2540, น.123) ประกอบด้วย 7 องค์ประกอบ ได้แก่ 4.1 คุณภาพการนอนหลับเชิงอัตนัย จำนวน 5 ข้อ 4.2 ระยะเวลาตั้งแต่เข้านอนจนกระทั่งหลับ จำนวน 2 ข้อ 4.3 ระยะเวลาการนอนหลับแต่ละคืน จำนวน 1 ข้อ 4.4 ประสิทธิผลการนอนหลับโดยปกติวิสัย คำนวณจากจำนวนชั่วโมงในการนอนหลับจริงหารด้วยจำนวนชั่วโมงที่นอนอยู่บนเตียงซึ่งคำนวณจากเวลาตื่นนอน 4.5 การรบกวนการนอนหลับ 4.6 การใช้ยานอนหลับ 4.7

ผลกระทบต่อการทำกิจกรรมในเวลากลางวัน จำนวน 2 ข้อ ข้อคำถามแต่ละข้อมีคะแนน 0-3 แปลผลโดย นำคะแนนทั้ง 7 องค์ประกอบมารวมกันโดยมี คะแนนรวมระหว่าง 0–21 คะแนน โดยคะแนนรวมที่น้อยกว่าหรือเท่ากับ 5 คะแนนหมายถึง คุณภาพการนอนหลับดี และคะแนนรวมมากกว่า 5 คะแนน หมายถึงคุณภาพการนอนหลับไม่ดี

การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ในส่วนของข้อมูลทั่วไป แบบสอบถามปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือด และผลตรวจสุขภาพและผลทางห้องปฏิบัติการ ที่ผ่านการวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.60–1.00 และ นำเครื่องมือไปทดลองใช้ (Try out) ในผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงจำนวน 40 รายในพื้นที่ตำบลบ้านดู่ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงรายได้ค่าความเที่ยง (Reliability) โดยวิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Chronbach's alpha coefficient) เท่ากับ 0.78

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปช่วยในการวิเคราะห์ ดังนี้

1) ข้อมูลส่วนบุคคล คุณภาพการนอนหลับ ปัจจัยรวบกวนการนอนหลับ วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการนอนหลับ กับปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปี ปีข้างหน้า โดยวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์แบบสเปียร์แมน (Spearman rank correlation) และวิเคราะห์สถิติถดถอยโลจิสติกแบบนำตัวแปรเข้าพร้อมกัน (Enter logistic regression) เพื่อทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปี ปีข้างหน้า แล้วนำมาสร้างสมการพยากรณ์ในรูปแบบสมการ (1)

$$\text{logit}(p) = \alpha + \beta_1 X1 + \beta_2 X2 + ...+ \beta_k Xk \quad (1)$$

ข้อพิจารณาด้านจริยธรรม

การพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่างงานวิจัยนี้ได้รับการรับรองจริยธรรมจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย รหัสโครงการ ETH.CRRU 009/58 วันที่ 21 กันยายน พ.ศ.2558 ผู้วิจัยแนะนำตนเอง และอธิบายขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยโดยละเอียด ชี้แจงให้ทราบถึงสิทธิของกลุ่มตัวอย่างในการตอบรับหรือปฏิเสธการเข้าร่วมการวิจัย โดยไม่มีผลกระทบต่อการรักษาที่ได้รับ ข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง จะถูกเก็บเป็นความลับ ไม่มีการระบุชื่อ และนำเสนอผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น

วิธีการรวบรวมข้อมูล โดยทำหนังสือขออนุญาตตามขั้นตอน และได้ดำเนินการใน การเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการประชาสัมพันธ์ผ่านโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ และ อสม. และคัดเลือกอาสาสมัครตามเกณฑ์การคัดเข้าโครงการที่สมัครใจ

2) ชี้แจง วัตถุประสงค์ และวิธีการดำเนินการวิจัยให้กลุ่มตัวอย่างทราบ

3) ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามโดยคำนึงถึงสิทธิของกลุ่มตัวอย่างในการเข้าร่วมหรือไม่เข้าร่วมโครงการ โดยใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที

ผลการวิจัย

ข้อมูลทั่วไปพบว่ามีกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 112 คน คิดเป็นร้อยละ 73.7 และเป็นเพศชาย จำนวน 40 คน คิดเป็นร้อยละ 26.3 ช่วงอายุต่ำกว่า 60 ปี มากที่สุด จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 44.1 รองลงมามีช่วงอายุระหว่าง 60-70 ปี จำนวน 46 คน คิดเป็นร้อยละ 30.3 สถานภาพส่วนใหญ่คือ คู่หรือสมรส จำนวน 10 ปี 5 คน คิดเป็นร้อยละ 69.1 รองลงมาคือสถานภาพ หม้าย จำนวน 28 คน คิดเป็นร้อยละ 18.4 ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่คือ ประถมศึกษา จำนวน 10 ปี 2 คน คิดเป็นร้อยละ 67.1 รองลงมา ไม่ได้รับการศึกษา จำนวน 41 คน คิดเป็นร้อยละ 27.0 ทำอาชีพเกษตรกรมากที่สุด จำนวน 60 คน คิดเป็นร้อยละ 39.5 ส่วนใหญ่มีโรคร่วม จำนวน 58 คน คิดเป็นร้อยละ 38.2 แสดงไว้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า ในกลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย

ปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือด ใน 10 ปีข้างหน้า			n = 152	ร้อยละ
1.	อายุ	เพศชาย > 55 ปี	26.3	26.3
		เพศหญิง > 65 ปี	73.7	73.7
2.	ระดับความดันโลหิต	ค่าปกติ <140 และ 90 มม.ปรอท	95.4	95.4
		ความดันสูงระดับที่ 1	3.9	3.9
		ความดันสูงระดับที่ 2	0.7	0.7
3.	การสูบบุหรี่	สูบบุหรี่	24.4	24.4
		ไม่สูบบุหรี่	75.6	75.6
4.	การดื่มสุรา	ดื่มสุรา	38.2	38.2
		ไม่ดื่มสุรา	61.8	61.8
5.	ระดับน้ำตาลในเลือด	10 ปี0 – 125 มก./ดล.	14.5	14.5
		<10 ปี0 มก./ดล.	85.5	85.5
6.	เส้นรอบเอว	เส้นรอบเอวปกติ	96.0	96.0
		เส้นรอบเอวเกินปกติ	4.0	4.0
7.	ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วย โรคความดันโลหิตสูง	มีประวัติ	31.6	31.6
		ไม่มีประวัติ	68.4	68.4
8.	ระดับไขมันในเลือดชนิด LDL- cholesterol	≥ 130 มก./ดล.	38.2	38.2
		< 130 มก./ดล.	61.8	61.8

ตาราง 2 แสดงจำนวน และร้อยละ ของผลรวมคุณภาพการนอนหลับของกลุ่มตัวอย่าง (n=152)

ผลรวมของคุณภาพการนอนหลับ (Pittsburgh Sleep Quality Index: PSQI)	จำนวน	ร้อยละ
คุณภาพการนอนหลับดี (คะแนน ≤ 5)	37	24.3
คุณภาพการนอนหลับไม่ดี (คะแนน > 5)	115	75.7
รวม	152	100.0

จากตาราง 2 พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีคุณภาพการนอนหลับที่ไม่ดี จำนวน 115 คน คิดเป็นร้อยละ 75.7 และคุณภาพการนอนดี จำนวน 37 คน คิดเป็นร้อยละ 24.3 ตามลำดับ

ตาราง 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการนอนหลับกับปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10ปีข้างหน้า กลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

(R)	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
Y	1	0.169*	-0.098	0.076	0.045	0.183*	-0.042	-0.025	0.217*

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

โดยที่ Y หมายถึง คุณภาพการนอนหลับ

X1 หมายถึง อายุ

X2 หมายถึง ระดับความดันโลหิต

X3 หมายถึง การสูบบุหรี่

X4 หมายถึง การดื่มสุรา

X5 หมายถึง ระดับน้ำตาลในเลือด

X6 หมายถึง รอบเอว

X7 หมายถึง ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง

X8 หมายถึง ระดับไขมันในเลือด

จากตาราง 3 เมื่อวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการนอนหลับกับปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า กลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง พบว่ามีปัจจัยด้านอายุ ระดับน้ำตาลในเลือด และระดับไขมันในเลือดที่มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อนำปัจจัยที่มีความสำคัญมาวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ตัวแปรเชิงพหุ (Multivariate analysis) ด้วยวิธี Enter logistic regression โดยการนำตัวแปรอิสระทุกตัวที่คาดว่าจะมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามเข้าสู่ระบบ พบว่า อายุ ระดับความดันโลหิต การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ระดับน้ำตาลในเลือด รอบเอว ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง และระดับไขมันในเลือดสามารถร่วมทำนายคุณภาพการนอนหลับของกลุ่มตัวอย่างได้ร้อยละ 15.5 (Nagelkerke R2 = 0.155) โดยระดับไขมันในเลือดสามารถร่วมทำนายคุณภาพการนอนหลับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR= 2.39; 95% CI = 1.058–5.396, p< 0.05) หมายความว่า หากระดับไขมันในเลือดดีขึ้น 1 หน่วย จะทำให้โอกาสคุณภาพการนอนหลับดีขึ้น 2.39 เท่า ดังตาราง 4 สามารถสร้างสมการทำนายได้ดังสมการ (2)

$$\text{logit}(p) = -0.052 + 0.741\,(\text{อายุ}) - 1.193\,(\text{ระดับความดันโลหิต}) + 1.571\,(\text{ระดับน้ำตาลในเลือด}) - 0.025\,(\text{รอบเอว}) - 0.200\,(\text{ประวัติครอบครัว}) + 0.871\,(\text{ระดับไขมันในเลือด}) + 0.347\,(\text{การสูบบุหรี่}) + 0.255\,(\text{การดื่มสุรา}) \quad (2)$$

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยทำนายคุณภาพการนอนหลับของผู้ป่วยความดันโลหิตสูง โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย

ตัวแปร	B	S.E.	Wald	df	P-value	Exp(B)	95%C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
อายุ	0.741	0.475	2.433	1	0.120	2.097	0.827	5.317
ความดันโลหิต	-1.193	1.088	1.203	1	0.273	0.303	0.036	2.558
ระดับน้ำตาลในเลือด	1.571	1.070	2.157	1	0.142	4.810 ปี	0.591	39.142
รอบเอว	-0.025	0.940	0.001	1	0.979	0.976	0.155	6.155
ประวัติฯ*	-0.200	0.413	0.234	1	0.628	0.819	0.365	1.839
ระดับไขมันในเลือด	0.871	0.416	4.395	1	0.036*	2.390	1.058	5.396
การสูบบุหรี่	0.347	0.527	0.433	1	0.510 ปี	1.414	0.504	3.972
การดื่มสุรา	0.255	0.474	0.290	1	0.590	1.291	0.510 ปี	3.267
ค่าคงที่	-0.052	0.531	0.010	1	0.922	0.95		

หมายเหตุ - 2 Log likelihood=152.040; Cox and Snell R Square=0.10 ปี4; Nagelkerke R Square= 0.155; Chi-square Model=16.68; D.F.= 8 ; P-value= 0.034

* ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าปัจจัยด้านอายุ ระดับน้ำตาลในเลือด และระดับไขมันในเลือดที่เป็นปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการนอนหลับ เมื่อพิจารณาจากปัจจัยด้านอายุที่เพิ่มมากขึ้นเนื่องจากกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นผู้สูงอายุ และมีโรคร่วมอื่นนอกเหนือจากโรคความดันโลหิตสูงทำให้มียาที่ต้องรับประทานเป็นประจำ การทำหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลาง การรับและส่งกระแสประสาท รวมทั้งการหลั่งฮอร์โมนที่ช่วยส่งเสริมการนอนหลับ ได้แก่ ซีโรโทนิน (Serotonin) และเมลาโทนิน (Melatonin) มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งวราภา แหลมเพ็ชร (2544) อธิบายว่าการเสื่อมหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางและการเปลี่ยนแปลงของการหลั่งฮอร์โมนดังกล่าวจะลดลงตามอายุที่มากขึ้น และสอดคล้องกับ ประเสริฐ อัสสันตชัย (2560) ที่บอกว่าผู้สูงอายุมีโรคประจำตัว ร้อยละ 79 และรับประทานยาเป็นประจำ ร้อยละ 68.7 อาจจะเป็นปัจจัยร่วมที่เป็นสาเหตุของการมี คุณภาพการนอนหลับอยู่ในระดับไม่ดี โดยปัจจัยดังกล่าวทางการแพทย์ได้อธิบายว่า มียาหลายตัวที่อาจส่งผล ต่อการนอนหลับของผู้สูงอายุ ได้แก่ ยาที่ใช้รักษาโรคซึมเศร้า หอบหืด ความดัน โลหิตสูง หรือยาที่ออกฤทธิ์ในระบบประสาทส่วนกลาง หรือสมอง เช่นยารักษาอาการสั่นในโรค Parkinson เป็นยาที่มีผลข้างเคียงทำให้นอนหลับยาก สอดคล้องกับ สนธยา มณีรัตน์ และคนอื่นๆ (2564, น.10) ที่พบว่าผู้สูงอายุที่เป็นเพศหญิง (ร้อยละ 73.3) มีอายุเฉลี่ย 68.11 ปี (SD=6.32) ส่วนใหญ่ มีคุณภาพการนอนหลับอยู่ในระดับไม่ดี (ร้อยละ 67.8)

ผลจากการวิจัยทำนายคุณภาพการนอนหลับของกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงด้วยปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้าประกอบด้วย อายุ ระดับความดันโลหิต การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ระดับน้ำตาลในเลือด รอบเอว ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง และระดับไขมันในเลือด ซึ่งปัจจัยทั้งหมดสามารถทำนายคุณภาพการนอนหลับได้ร้อยละ 15.5 โดยพบว่าระดับไขมันในเลือดที่ ≥ 130 มก./ดล. ทำให้คุณภาพการนอนหลับที่ไม่ดีเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (OR = 2.390, 95% CI = 1.058–5.396) การนอนหลับที่ไม่เพียงพอมีความสัมพันธ์อย่างมากกับความเสี่ยงที่เพิ่มขึ้นของระดับไขมันที่ผิดปกติอธิบายได้ด้วยกลไกของ Circadian clock genes (ซึ่งเป็นนาฬิกาชีวภาพเป็นวงจรของระบบการทำงานในร่างกายมนุษย์ ที่มีหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย ไม่ว่าจะเป็นการตื่นนอน การนอนหลับ) ที่เชื่อมโยงระหว่างคุณภาพการนอนหลับและระดับไขมันที่ผิดปกติโดยพบว่าการนอนหลับที่ไม่ดีสามารถกระตุ้นระดับคอเลสเตอรอลในเลือดให้เพิ่มขึ้นจากการสะสมคอเลสเตอรอลในตับโดยการยับยั้ง Cholesterol 7α-hydroxylase

(CYP7A1) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่สำคัญในการสร้างน้ำดีที่เป็นสื่อกลาง ของ NR1D1 (nuclear receptor subfamily 1, group D, member 1) ซึ่งเชื่อมโยงกับโรคอ้วนหรือคุณสมบัติอื่นๆ ของโรคเมตาบอลิซึม (Xing et.al, 2020, p.1)

การศึกษานี้จะไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า ในปัจจัยด้านอายุ ระดับความดันโลหิต การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ระดับน้ำตาลในเลือด รอบเอว ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งแตกต่างจากการศึกษา ของประเสริฐ อัสสันตชัย (2560) ที่พบว่า ส่วนระดับน้ำตาลในเลือด และระดับไขมันในเลือด ที่เป็นปัจจัยเสี่ยงโรคหัวใจและหลอดเลือดใน 10 ปีข้างหน้า มีความสัมพันธ์กับคุณภาพการนอนหลับ เมื่อพิจารณาจากการที่มีระดับน้ำตาลในเลือดสูงอาจเนื่องจากตับอ่อนผลิตฮอร์โมนอินซูลินลดลงไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกายส่งผลให้เกิดการดึงน้ำออกนอกเซลล์และถูกขับออกทางไตเป็นปัสสาวะในปริมาณที่มากขึ้น เช่นเดียวกับการตื่นเพื่อเข้าห้องน้ำ การตื่นนอนตอนดึก การตื่นเช้ากว่าปกติ และการเข้านอน หรือตื่นนอนผิดเวลา ทำให้เป็นการรบกวนการ นอนหลับ และมีคุณภาพการนอนหลับที่ไม่ดี ตามมา อธิบายได้ว่า การรบกวนการนอนหลับที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่มีผลกระทบมาจากการเปลี่ยนแปลงตามวัยสูงอายุที่มีผลต่อวงจรการนอนหลับ ได้แก่ ใช้เวลากว่าจะหลับนานขึ้น ต้องใช้เวลามากกว่า 30 นาที ในการนอนหลับ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ปัจจัยที่สามารถทำนายคุณภาพการนอนหลับด้วยความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในอีก 10 ปีข้างหน้า กลุ่มผู้ป่วยความดันโลหิตสูงในการส่งเสริมสุขภาพนางแลสุขภาพจังหวัดเชียงราย ได้แก่อายุ ระดับความดันโลหิต การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ระดับน้ำตาลในเลือด รอบเอว ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง และระดับไขมันในเลือด จะสามารถนำเสนอเชิงข้อมูลต่อพื้นที่ วางแผนปรับลดปัจจัยเสี่ยง จัดโปรแกรมส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง ซึ่งจะส่งผลดีต่องานสาธารณสุขในพื้นที่สามารถลดการใช้ทรัพยากร ตลอดจนช่วยลดภาระงานของบุคลากรทางด้านสาธารณสุขให้น้อยลงในการควบคุมและป้องกันภาวะแทรกซ้อนที่อาจเกิดขึ้นได้กับผู้ป่วยที่ไม่สามารถควบคุมระดับความดันโลหิตสูงได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแลสามารถนำผลจากข้อมูลใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการป้องกันและควบคุม ปรับลดปัจจัยเสี่ยงในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

2. หน่วยงานทั้งโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพ เทศบาลในพื้นที่สามารถพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาข้อมูลในเชิงคุณภาพโดยการสัมภาษณ์เชิงลึก การทำกิจกรรมกลุ่มควบคู่โดยเน้นการศึกษาในภาพรวม ควรขยายพื้นที่เป้าหมายให้ครบทุกตำบลหรือหมู่บ้าน เพื่อนำผลมาวิเคราะห์เชิงลึกต่อไป

2. ควรนำปัจจัยที่มีค่าอำนาจการทำนายคุณภาพการนอนหลับได้แก่อายุ ระดับความดันโลหิต การสูบบุหรี่ การดื่มสุรา ระดับน้ำตาลในเลือด รอบเอว ประวัติการมีเครือญาติป่วยด้วยโรคความดันโลหิตสูง และระดับไขมันในเลือด มาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดโอกาสเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดในกลุ่มผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูงทั้งในพื้นที่และขยายไปยังพื้นที่อื่นๆ ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ป่วยโรคความดันโลหิตสูง และเจ้าหน้าที่โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัย และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่ได้มอบทุนสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

ตะวันชัย จิรประมุขพิทักษ์ และวรัญ ตันชัยสวัสดิ์. (2540). ปัญหาคุณภาพการนอนหลับของพยาบาลประจำการโรงพยาบาลสงขลานครินทร์. *วารสารสมาคมจิตแพทย์ประเทศไทย,* 42(3), 123-132.

ธีรวุฒิ เอกะกุล. (2542). *ระเบียบวิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ประเสริฐ อัสสันตชัย. (2560). *เมื่อผู้สูงอายุนอนไม่หลับ. เวชศาสตร์ผู้สูงอายุ มหาวิทยาลัยมหิดล.* https://www.si.mahidol.ac.th/project/geriatrics/knowledge_article/knowledge_healthy_6_008.html

ปฤษฐพร กิ่งแก้ว, ธนัญญา คู่พิทักษ์ขจร, พัฒน์ศรี ศรีสุวรรณ, ศิตาพร ยังคง, ศรีเพ็ญ ตันติเวสส, และยศ ตีระวัฒนานนท์. (2556). การประเมินความเสี่ยงของโรคหลอดเลือดหัวใจและหลอดเลือดสมอง. *วารสารวิจัยระบบสาธารณสุข*, 7(3), 346-360.

วราภา แหลมเพ็ชร. (2544). *การนอนหลับและปัจจัยรบกวนการนอนหลับของผู้สูงอายุที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาลแผนกผู้ป่วยอายุรกรรม* [วิทยานิพนธ์พยาบาลศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์]. https://kb.psu.ac.th/psukb/handle/2553/1722

วิชัย เอกพลากร, หทัยชนก พรรคเจริญ, และวราภรณ์ เสถียรนพเก้า. (2564). *การสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 6 พ.ศ. 2562 - 2563.* คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล.

สนธยา มณีรัตน์, สัมพันธ์ มณีรัตน์, พรรณภา เรืองกิจ, และณัฏฐินี ชัวชมเกต. (2564). คุณภาพการนอนหลับ ปัจจัยรบกวน วิธีการส่งเสริมคุณภาพการนอนหลับ และความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพการนอนหลับและปัจจัยรบกวนของผู้สูงอายุในชุมชนแห่งหนึ่งของกรุงเทพมหานคร. *วารสารจิตวิทยา มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต*, 11, 10-24.

สมาคมความดันโลหิตสูงแห่งประเทศไทย. (2562). *แนวทางการรักษาโรคความดันโลหิตสูง ในเวชปฏิบัติทั่วไป พ.ศ. 2562*. สำนักพิมพ์ทริค ธิงค์.

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดเชียงราย. (2566). *ระบบข้อมูลสาธารณสุข HDC จังหวัด*. https://datacro.moph.go.th/hdc/main/index.php

Buysse, D. J., Reynolds, C. F., Monk, T. H., Berman, S. R., & Kupfer, D. J. (1989). The pittsburgh sleep quality index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Research.* 28(2), 193-213. https://doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4

Center for Continuing Pharmaceutical Education. (2020, August 26). *The 1st Academic Conference of Pharmacy Society of Thailand 2020 "High Blood Pressure: What to Know and Need to Know*". https://ccpe.pharmacycouncil.org/index.php? option=seminar_detail& subpage=seminar_detail&id=3115

Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences.* (2nd ed.). Lawrence Erlbaum Associates.

D'Agostino, R. B., Vasan, R. S., Pencina, M. J., Wolf, P. A., Cobain, M., Massaro, J. M., & Kannel, W. B. (2008). General cardiovascular risk profile for use in primary care: The framingham heart study. *Circulation,* 117, 743-753. https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.699579

Gou, F., Zhong, X., & Jiao, H. (2023). Sleep quality and related influencing factors in adult hypertensive patients in Shandong Province, China. *Medicine*, 102(22). https://doi.org/10.1097/MD.0000000000033926

Huang, M., Yang, Y., Huang, Z., Yuan, H., & Lu, Y. (2021). The association of nighttime sleep duration and daytime napping duration with hypertension in Chinese rural areas: a population-based study. *Journal of Human Hypertension,* 35, 896-902. https://doi.org/10.1038/s41371-020-00419-x

Jin, Q., Yang, N., Dai, J., Zhao, Y., Zhang, X., Yin, J., & Yan, Y. (2022). Association of Sleep Duration With All-Cause and Cardiovascular Mortality: A Prospective Cohort Study. *Frontiers in Public Health*, 10. https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.880276

Lao, X. Q., Liu, X., Deng, H.-B., Chan, T.-C., Ho, K. F., Wang, F., Vermeulen, R., Tam, T., Wong, M. C., Tse, L. A., Chang, L.-Y., & Yeoh, E.-K. (2018). Sleep quality, sleep duration, and the risk of coronary heart disease: a prospective cohort study with 60,586 adults. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 14(1), 109–117. https://doi.org/10.5664/jcsm.6894

Puangpetch, L. (2009). Self-Care Behavirors and Complications of Patients with Hypertentionospital. *Region 6 Medical Journal*, 23, 141-151.

Wang, Y., Sun, M. H., Niu, Z. Z., Li, Y. T., Gao, X., Li, M., Zhang, W. F., Sheng, W., Wang, T. Y., Li, H. Y., Wang, J. X., Wang, Z. B., & Wu, J. T. (2021). The impact of obstructive sleep apnea hypopnea syndrome on the perioperative and long-term outcome in patients with Stanford type A aortic dissection. *Chinese Journal of Otorhinolaryngology Head and Neck Surgery,* 56(5), 447-453.

Winyangkul, P., & Ruankham, W. (2017). Effects of sodium intake on sleep quality with uncontrolled hypertension patients in rural Chiang Rai Province, Northern Thailand. *Journal of Health Research*, 31(3), 185-190.

World Health Organization. (2023, March 16). *Hypertension.* https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/hypertension

Xing, C., Huang, X., Zhang, Y., Zhang, C., Wang, W., Wu, L., Ding, M., Zhang, M., & Song, L. (2020) Sleep disturbance induces increased cholesterol level by NR1D1 mediated CYP7A1 inhibition. *Frontiers in Genetics.,* 11. https://doi.org/10.3389/fgene.2020.610496

การออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

วันที่รับ : 24 พฤษภาคม 2566
วันที่แก้ไข : 17 กันยายน 2566
วันที่ตอบรับ : 9 ตุลาคม 2566

ธีรพจน์ แนบเนียน*
คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ จังหวัดนครสวรรค์
*Corresponding author e-mail: Teerapod.n@nsru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ ทดสอบประสิทธิภาพและวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ วิธีดำเนินการวิจัย ศึกษาปัญหากระบวนการสีข้าวและออกแบบโดยโครงสร้างเครื่องสีข้าวทำจากเหล็ก ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ ขนาด 1.5 แรงม้า ส่วนประกอบ ได้แก่ กระบะบรรจุข้าว ลูกยางขัดข้าว ลูกหินขัดข้าว ตะแกรงร่อน ปล่องดูดแกลบและระบบส่งกำลัง พร้อมด้วยระบบผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ ประกอบด้วย แผงโซล่าเซลล์ อินเวอร์เตอร์ และแบตเตอรี่ จากการทดสอบหาประสิทธิภาพการสีข้าวทั้ง 3 ชนิด ที่ค่าความเร็วรอบและระยะห่างของลูกยางที่เหมาะสม พบว่า การสีข้าว กข 41 ความเร็วรอบ 1,290 rpm และระยะห่าง 0.9 mm การสีข้าว ชัยนาท 1 ความเร็วรอบ 1,350 rpm และระยะห่าง 0.9 mm และการสีข้าว หอมปทุมธานี ความเร็วรอบ 1,200 rpm และระยะห่าง 1.0 mm ผลการทดสอบความชื้นข้าวเปลือกที่เหมาะสมในการสีข้าว พบว่า พันธุ์ข้าว กข 41 ความชื้น 14%w.b. ได้ข้าวเต็มเมล็ด 0.395 กิโลกรัม ประสิทธิภาพ 62.70% พันธุ์ข้าว ชัยนาท 1 ความชื้น 14%w.b. ได้ข้าวเต็มเมล็ด 0.397 กิโลกรัม ประสิทธิภาพ 63.40% และพันธุ์ข้าว หอมปทุมธานี ความชื้น 13%w.b. ได้ข้าวเต็มเมล็ด 0.396 กิโลกรัม ประสิทธิภาพ 63.50% การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านพลังงานในการสีข้าว พบว่า การสีข้าว 5 ชั่วโมงต่อวัน ใช้พลังงานไฟฟ้า 5.5 หน่วย คิดเป็นเงิน 24.31 บาท ซึ่งคิดเป็นผลประหยัดค่าไฟฟ้า 6,344.91 บาทต่อปี การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่า ระยะเวลาในการคืนทุนมีค่าเท่ากับ 3.73 ปี ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 20.86 ton.CO_2 ผลจากการวิจัยจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสีข้าวลดต้นทุนด้านพลังงานและเป็นแนวทางให้เกษตรกรในการตัดสินใจลงทุนอย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: เครื่องสีข้าว, พลังงานแสงอาทิตย์, ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

DESIGN AND PERFORMANCE TESTING OF SOLAR ENERGY RICE MILLING MACHINE FOR COMMUNITY RICE MILL IN KROK PHRA DISTRICT OF NAKHON SAWAN

Received : 24 May 2566
Revised : 17 September 2566
Accepted : 9 October 2566

Teerapod Naebnean*
Faculty of Agricultural Technology and Industrial Technology,
Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan
*Corresponding author e-mail: Teerapod.n@nsru.ac.th

ABSTRACT

The objectives of this research were to design, test the efficiency, and perform an economic cost benefit analysis of a solar powered rice milling machine for the community's rice mill in Krok Phra District of Nakhon Sawan Province. The research method was conducted to examine the problems of rice milling process, design the rice milling machine with the structure made of steel with the power source of electric motor of 1.5 HP. The main components of the machine consisted of rice pickup truck, rice polishing ball, rice polishing stone, screen sieve, rice husk suction vent with the transmission system installation of a solar power system of solar cell, inverter and battery. According to the testing for finding the efficiency of milling 3 varieties of rice at the appropriate speed of rotation, and the suitable distance of the rubber ball, it was found that the appropriate rice milling of RD 41 was at the speed of 1,290 rpm and the distance of 0.9 mm, that of Chainat 1 at the speed was 1,350 rpm and the distance was 0.9 mm, and that of Hom Pathum Thani at the speed was 1,200 rpm and the distance was 1.0 mm. The results of the testing on the suitable moisture of rice for milling revealed that for the variety of RD 41, the moisture was 14%w.b. which gave the whole grain rice of 0.395 kg. resulting in the efficiency of 62.70%; for the variety of Chainat 1, the moisture was 14%w.b., which gave the whole grain rice of 0.397 kg. resulting in the efficiency was 63.40%; and the variety of Hom Pathum Thani, the moisture was 13%w.b., which gave the whole grain rice of 0.396 kg. resulting in the efficiency was 63.50%. The comparison of the energy efficiency of rice milling for 5 hours per day, the energy consumption was 5.5 units, and the electricity cost 24.31 baht which could save the electricity bills for 6,344.91 baht. The economic cost benefit analysis found that the payback period was 3.73 years. It was possible to achieve a reduction of 20.86 ton.CO_2. The results of the research would increase the efficiency of rice milling, reduce the energy costs, and be the guideline for farmers' decisions to make the appropriate investment

Keywords: Rice milling machine, Solar energy, Economical value

บทนำ

นครสวรรค์เป็นจังหวัดตอนบนสุดของภาคกลาง ตั้งอยู่ต้นแม่น้ำเจ้าพระยา เป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์สำคัญของการปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจของไทย โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวจำนวน 2,410,166 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 51.10 ของพื้นที่ถือครองทางการเกษตรทั้งหมด ซึ่งพื้นที่นาส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณที่ราบลุ่ม ได้แก่ อำเภอลาดยาว อำเภอหนองบัว อำเภอไพศาลี อำเภอชุมแสง และโกรกพระ การปลูกข้าวสามารถทำได้ทั้งนาปีและนาปรัง มีปริมาณมากคิด เป็นอันดับ 2 ของประเทศรองจากจังหวัดสุพรรณบุรี สำหรับข้าวที่ปลูกในจังหวัดนครสวรรค์มีหลากหลายชนิดแต่ที่นิยม ได้แก่ พันธุ์ กข 41, กข 49, ชัยนาท 1, พิษณุโลก 2, และหอมปทุมธานี มีจุดรับซื้อข้าว จำนวน 72 แห่ง แต่กำลังการผลิตของศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวและจากศูนย์ข้าวชุมชน ประมาณ 17,400 ตัน คิดเป็น 30% ส่วนที่ยังขาดอีก 70% เกษตรกรต้องซื้อจากพ่อค้า หรือเก็บพันธุ์ไว้ใช้เอง (สำนักงานเกษตรจังหวัดนครสวรรค์, 2566) สามารถสรุปเป็นปัญหาของข้าวและชาวนาในจังหวัดได้ 3 ประการที่สำคัญ คือ ต้นทุนในการผลิตสูง ผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่ามาตรฐาน ชาวนาและองค์กรชาวนายังไม่เข้มแข็ง จากประเด็นยุทธศาสตร์การพัฒนาการแปรรูปและผลิตภัณฑ์ข้าว ที่มีศักยภาพสูงให้สอดคล้องกับความต้องการของตลาด ส่งเสริมการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิต ส่งเสริมกระบวนการผลิตให้สอดคล้องกับมาตรฐานสากลตามแนวทาง BCG พัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยี เพื่อเสริมสร้างศักยภาพและความเข้มแข็งในการพัฒนาเศรษฐกิจให้เกิดความมั่นคงและยั่งยืน

จากการลงพื้นที่สำรวจโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ พบปัญหา ด้านกระบวนการสีข้าวจะต้องควบคุมระดับความชื้นข้าวเปลือกให้เหมาะสมเพื่อลดการแตกหัก ด้านคุณภาพของวัตถุดิบขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของกระบวนการสีข้าว ด้านพลังงานไฟฟ้ามีต้นทุนการผลิตสูงเพราะส่วนใหญ่กระบวนการผลิตจะใช้เครื่องจักรเป็นหลัก จากการศึกษาปัญหากระบวนการสีข้าวพบว่า คุณภาพข้าวขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของพันธุ์ข้าว รูปร่าง ขนาดและความชื้นของข้าวเปลือก รวมทั้งองค์ประกอบของการกะเทาะและการขัดขาวในเครื่องสีข้าว คุณภาพของข้าวที่ผ่านกระบวนการสีจะหักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของหินขัดที่ใช้เป็นสำคัญ ปัจจุบันนักวิจัยได้มีการพัฒนาเครื่องสีข้าวกันอย่างต่อเนื่องมีการศึกษาประสิทธิภาพโดยการควบคุมระยะห่างของลูกยางกะเทาะเปลือก ผลการทดสอบเมื่อปรับระยะห่างของลูกยางให้เหมาะสมจะทำให้อัตราการทำงานลดลงและปริมาณข้าวเต็มเพิ่มขึ้น (ภัทราวุธ บุญประคอง และคนอื่นๆ, 2563, น.107) มีการศึกษาความเร็วรอบของมอเตอร์ ที่เหมาะสมกับการสีข้าว หาค่ากำลังไฟฟ้าและเวลาที่ใช้ในการสีข้าว โดยความเร็วรอบที่เหมาะสม ส่งผลให้อัตราการกะเทาะสูงขึ้น อัตราการแตกหักของเมล็ดข้าวลดลง อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะลดลง (สุรินทร์ แหงมงาม และคนอื่นๆ, 2563, น.148; กมลศักดิ์ รัตนวงษ์ และคนอื่นๆ, 2563, น.44) และจากปัญหาต้นทุนพลังงานไฟฟ้าที่สูงการสีข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุนกระบวนการสีข้าว ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน แนวคิดในการนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้สำหรับการเกษตรแบบยั่งยืน โดยการประยุกต์ใช้โซล่าเซลล์สำหรับเครื่องจักรกลทางการเกษตร เป็นการลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ อาจส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน (Aroonsrimorakot et al., 2020, p.560) แต่การนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้จำเป็นจะต้องศึกษาความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ตัวแปรที่มีผลต่อความคุ้มค่าของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์มีหลายตัวแปร เช่น ต้นทุนของข้าวที่นำมาสี กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้กับโรงสี ค่าแรงงานการสีข้าวและการบำรุงรักษาเป็นต้น (นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่ และคนอื่นๆ, 2563, น.46) ซึ่งทุกตัวแปรมีผลโดยตรงโดยการสร้างแรงจูงใจในการใช้งานเทคโนโลยีนี้ ดังนั้นการประยุกต์ใช้พลังงานแสงอาทิตย์กับงานภาคเกษตรที่เหมาะสมก็มีความเป็นไปได้หลากหลายเทคโนโลยีที่สำคัญสามารถเป็นต้นแบบในการเสริมสร้างแรงจูงใจให้มีการใช้ที่เพิ่มขึ้น

จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าวรวมถึงแนวคิดจากนักวิชาการที่กล่าวข้างต้น พบว่าปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการสีข้าวและคุณภาพของวัตถุดิบ จำเป็นจะต้องทดสอบการทำงานที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ ด้านพลังงานไฟฟ้ามีต้นทุนการผลิตสูงเพราะส่วนใหญ่ใช้เครื่องจักรเป็นหลัก การสีข้าวด้วยพลังงานแสงอาทิตย์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการลดต้นทุน ส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนและเนื่องจากปัจจุบันราคาของเทคโนโลยี เริ่มลดลง ส่งผลต่อการตัดสินใจในการลงทุน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ ประโยชน์ที่ได้จากการวิจัยจะเป็นแนวทางให้ชุมชนหรือเกษตรกรนำไปช่วยในการตัดสินใจสร้างโรงสีข้าวที่ใช้พลังงานสะอาดและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

2. เพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ สำหรับโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบเครื่องสีข้าว

การออกแบบเครื่องสีข้าว โครงสร้างทำจากเหล็กขนาด 140x110x85 เซนติเมตร ต้นกำลังเป็นมอเตอร์ ขนาด 1.5 แรงม้า ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ 1) โครงสร้าง 2) กระบะบรรจุข้าวเปลือกและข้าวกล้อง 3) ลูกยาง ขัดข้าว 4) ลูกหินขัดข้าว 5) ตะแกรงร่อน 6) ปล่องดูดแกลบ 7) ระบบส่งกำลัง ได้แก่ มอเตอร์ มู่เลย์และสายพาน

2. การคำนวณทางเทคนิค

1) การคำนวณความเร็วรอบมอเตอร์

$$N_{rpm} = \frac{120xf}{p} \quad (1)$$

เมื่อ N_{rpm} คือ ความเร็วรอบต่อนาที มีหน่วยเป็น (rpm), f คือ ความถี่ มีหน่วยเป็น (H_z) และ P คือ จำนวนขั้ว มีหน่วยเป็น (pole)

2) การสอบเทียบความเร็วรอบมอเตอร์กับความถี่

$$\%err = \frac{R_{cal} - R_{real}}{R_{real}} \quad (2)$$

เมื่อ $\%err$ คือ เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง มีหน่วยเป็น (%), R_{cal} คือ ความเร็วรอบคำนวณ มีหน่วยเป็น (rpm) และ Rreal คือ ความเร็วรอบจริง มีหน่วยเป็น (rpm)

3) การคำนวณหาพลังงานไฟฟ้า

$$W = \frac{IVt}{1000} \quad (3)$$

เมื่อ W คือ พลังงานไฟฟ้า มีหน่วยเป็น (kWh), I คือ กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น (A) V คือ แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น (V) และ t คือ เวลา มีหน่วยเป็น (hr)

3. การทดสอบหาประสิทธิภาพการสีข้าว

ประสิทธิภาพการสีข้าว

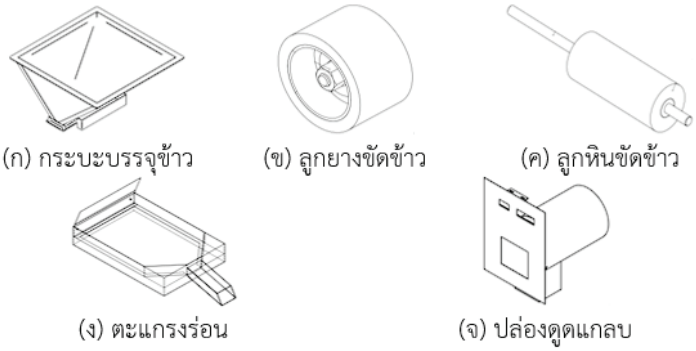
$$\text{ร้อยละ} = \frac{A+B+C\ x100}{T} \quad (4)$$

ประสิทธิผลการสีข้าว

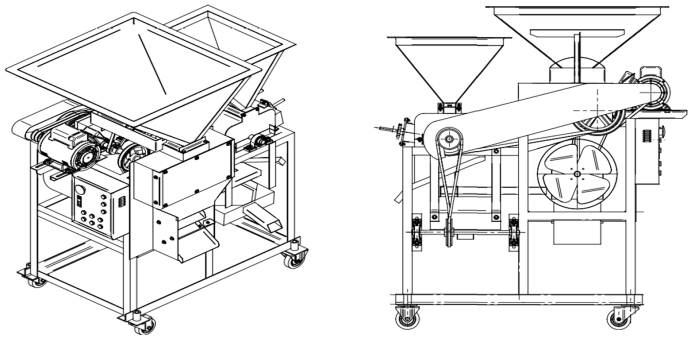
$$\text{ร้อยละ} = \frac{A\ x\ 100}{T} \quad (5)$$

เมื่อ A คือ ปริมาณข้าวเต็ม (kg), B คือ ปริมาณข้าวหัก (kg), C คือ ปริมาณปลายข้าวและรำ (kg) และ T คือ ปริมาณข้าวเปลือก (kg)

จากการออกแบบส่วนประกอบเครื่องสีข้าว แสดงดังภาพ 1 และ โครงสร้างเครื่องสีข้าว แสดงดังภาพ 2



ภาพ 1 ส่วนประกอบเครื่องสีข้าว



ภาพ 2 โครงสร้างเครื่องสีข้าว

4. การออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์

1) การหากำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

มอเตอร์ ขนาด 1.5 แรงม้า กำลังไฟฟ้า 1.1 kW การใช้งาน 5 ชั่วโมง พลังงานที่ใช้ต่อวัน 5.5 kWh

2) การหาค่าความจุของแบตเตอรี่

$$Q_{Batt} = \frac{P_{Load}}{V_{Batt} \times (\%DOD) \times E_{Inverter}} \times T_{Batt} \quad (6)$$

เมื่อ Q_{Batt} คือ ความจุแบตเตอรี่ (Ah)

P_{Load} คือ กำลังวัตต์รวม (W)

V_{Batt} คือ โวลท์แบตเตอรี่ (V)

$\%DOD$ คือ ค่าระดับการคายประจุ (40-60%)

$E_{Inverte}$ คือ ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (0.8-0.9)

T_{Batt} คือ ระยะเวลาการประจุในแต่ละวัน (ชั่วโมง)

ดังนั้น $Q_{Batt} = \frac{1{,}100\text{kW}}{12\text{V} \times 0.6 \times 0.85} \times 5\text{hr}$

$= 898.7$ Ah

แบตเตอรี่ที่ใช้งาน ขนาด 12V, 120Ah จำนวน 8 ลูก

3) การหาขนาดของแผงโซล่าเซลล์

$$PV = \frac{P_{Load}}{(QxCxHxI)/S} \quad (7)$$

เมื่อ PV คือ กำลังวัตต์ของโซล่าเซลล์ (W)

Q คือ ค่าพลังงานแสงที่ได้รับ/วัน (ประมาณ 4 kWh/m2)

C คือ ค่าความสูญเสียของเซลล์ (ประมาณ 0.8)

H คือ ค่าความสูญเสียเชิงความร้อน (ประมาณ 0.85)

I คือ ค่าประสิทธิภาพอินเวอร์เตอร์ (ประมาณ 0.8-0.9)

S คือ ค่าความเข้มแสงบนโลก (ประมาณ 1 kWh/m2)

ดังนั้น $PV = \frac{5{,}500\text{Wh}}{(4{,}000\text{Wh/m}^2\text{x}0.8\text{x}0.85\text{x}0.85)/1{,}000\text{Wh/m}^2}$

$= 2{,}378.89\text{W}$

แผงโซล่าเซลล์ที่ใช้งาน ขนาด 280W จำนวน 9 แผง (2,520W)

4) การหาขนาด Solar charge controller

$$C_{Batt} = \frac{PV}{V_{Batt}} \quad (8)$$

เมื่อ C_{Batt} คือ กระแสประจุ (A)

PV คือ กำลังวัตต์โซล่าเซลล์ (W)

V_{Batt} คือ โวลท์แบตเตอรี่ (V)

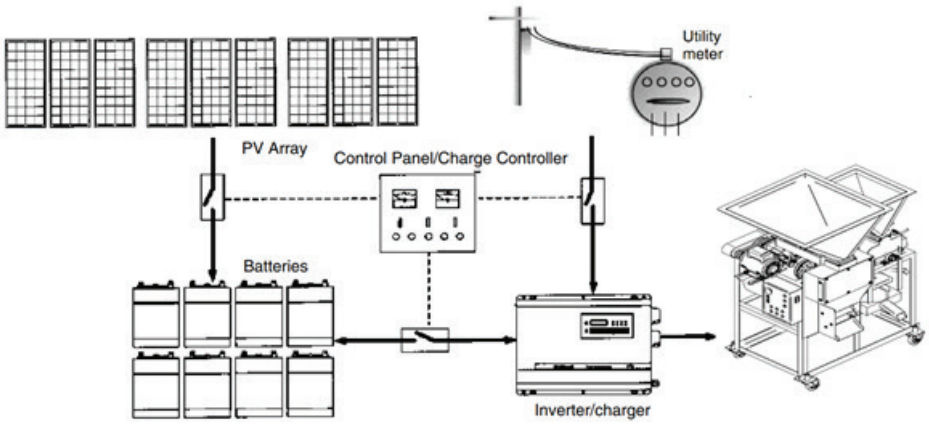
ดังนั้น $C_{Batt} = \frac{2{,}520\text{W}}{12\text{V}} = 210\text{A}$

Solar charge controller ที่ใช้งาน ขนาด 12V 250A

5) การหาค่าอินเวอร์เตอร์

กำลังไฟฟ้า 1.1 kW อินเวอร์เตอร์ที่ใช้งาน ขนาด 1.5 kW (ประสิทธิภาพ 0.8-0.9)

จากการออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องสีข้าว แสดงดังภาพ 3



ภาพ 3 การออกแบบระบบพลังงานแสงอาทิตย์สำหรับเครื่องสีข้าว

5. การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จุดคุ้มทุน "(BEP) =" ต้นทุนคงที่/(ราคาต่อหน่วย-ต้นทุนแปรผันต่อหน่วย) (บาทต่อปี) (9)

ระยะเวลาคืนทุน "(PBP) =" ต้นทุนสร้างเครื่อง(บาท)/กำไรสุทธิ (บาทต่อปี) (10)

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบและทดสอบประสิทธิภาพเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

1.1 เครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จากการออกแบบและการทดสอบ แสดงดังภาพ 4

ภาพ 4 เครื่องสีข้าวและการทดสอบ

1.2 การทดสอบการสีข้าวเปลือกที่ค่าความเร็วรอบและระยะห่างของลูกยางที่เหมาะสม

การทดสอบสีข้าวพันธุ์ข้าว กข 41, ชัยนาท 1 และหอมปทุมธานี โดยควบคุมความเร็วด้วยการปรับค่าความถี่ไฟฟ้า 35-50 Hz และระยะห่างของลูกยาง 0.8, 0.9 และ 1.0 mm น้ำหนักข้าวเปลือก 1 กิโลกรัมต่อครั้ง

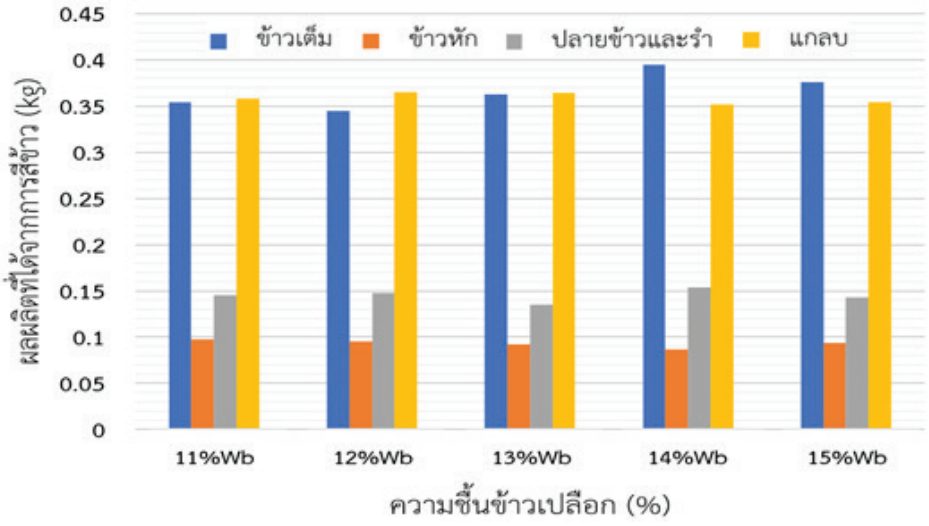
ตาราง 1 ผลการทดสอบการสีข้าวเปลือกที่ค่าความเร็วและระยะห่างของลูกยางที่เหมาะสม

พันธุ์ข้าว	ความถี่ (Hz)	ความเร็วรอบ (rpm)	ระยะห่าง (mm)	ข้าวเต็ม (กิโลกรัม)	ประสิทธิผล (%)
กข 41	43	1,290	0.8	0.37	37
			0.9	0.38	38
			1.0	0.36	36
ชัยนาท 1	45	1,350	0.8	0.33	33
			0.9	0.35	35
			1.0	0.34	34
หอมปทุมธานี	40	1,200	0.8	0.30	30
			0.9	0.31	31
			1.0	0.32	32

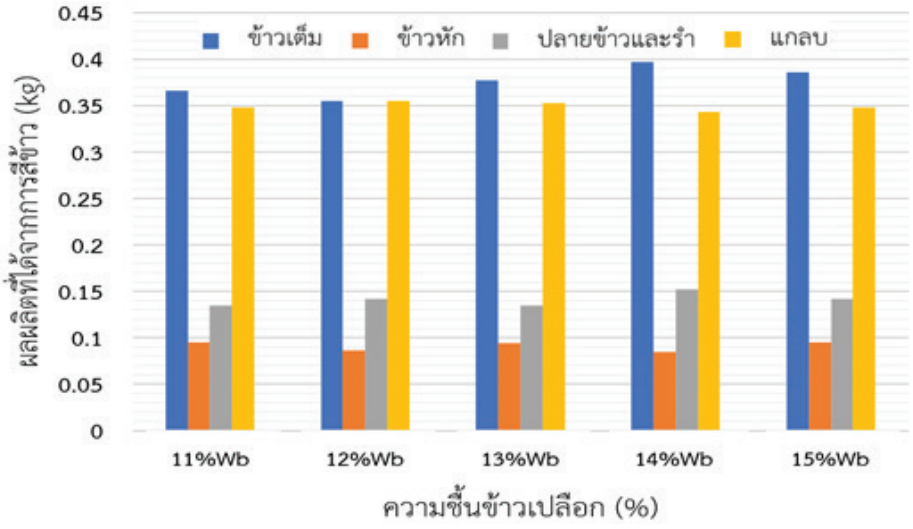
จากตาราง 1 ค่าความเร็วและระยะห่างของลูกยางที่เหมาะสม พบว่า การสีข้าว กข 41 ความเร็วรอบ 1,290 rpm (ความถี่ 43 Hz) และระยะห่างของลูกยาง 0.9 mm ได้ข้าวเต็ม 0.38 กิโลกรัม ประสิทธิผล 38% การสีข้าว ชัยนาท 1 ความเร็วรอบ 1,350 rpm (ความถี่ 45 Hz) และระยะห่างของลูกยาง 0.9 mm ได้ข้าวเต็ม 0.35 กิโลกรัม ประสิทธิผล 35% และการสีข้าว หอมปทุมธานี ความเร็วรอบ 1,200 rpm (ความถี่ 40 Hz) และระยะห่างของลูกยาง 1.0 mm ได้ข้าวเต็ม 0.32 กิโลกรัม ประสิทธิผล 32%

1.3 การทดสอบความชื้นข้าวเปลือกต่อประสิทธิภาพการสีข้าว

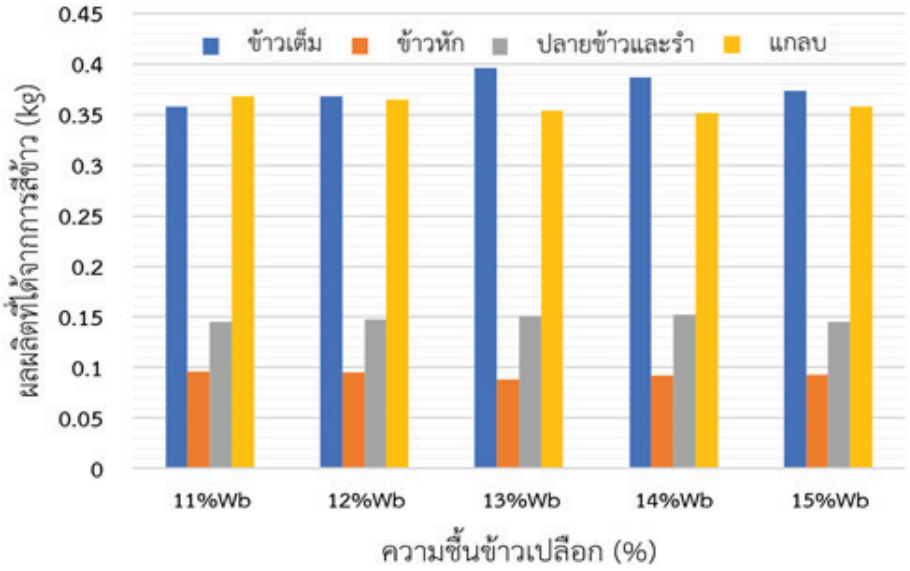
การทดสอบความชื้นข้าวเปลือกต่อประสิทธิภาพการสีข้าว พันธุ์ข้าว กข 41, ชัยนาท 1 และหอมปทุมธานี ที่ค่าความชื้นข้าวเปลือก 11%w.b. ถึง 15%w.b. น้ำหนักข้าวเปลือก 1 กิโลกรัมต่อครั้ง โดยการสุ่มตัวอย่างแต่ละพันธุ์ข้าวที่นำมาทดลอง 1-6 กระสอบ สุ่มเก็บจากทุกกระสอบและไม่น้อยกว่า 5 จุดสุ่ม ดังภาพ 5



(ก) พันธุ์ข้าว กข 41



(ข) พันธุ์ข้าว ชัยนาท 1



(ค) พันธุ์ข้าว หอมปทุมธานี

ภาพ 5 การทดสอบความชื้นข้าวเปลือกต่อประสิทธิภาพการสีข้าว

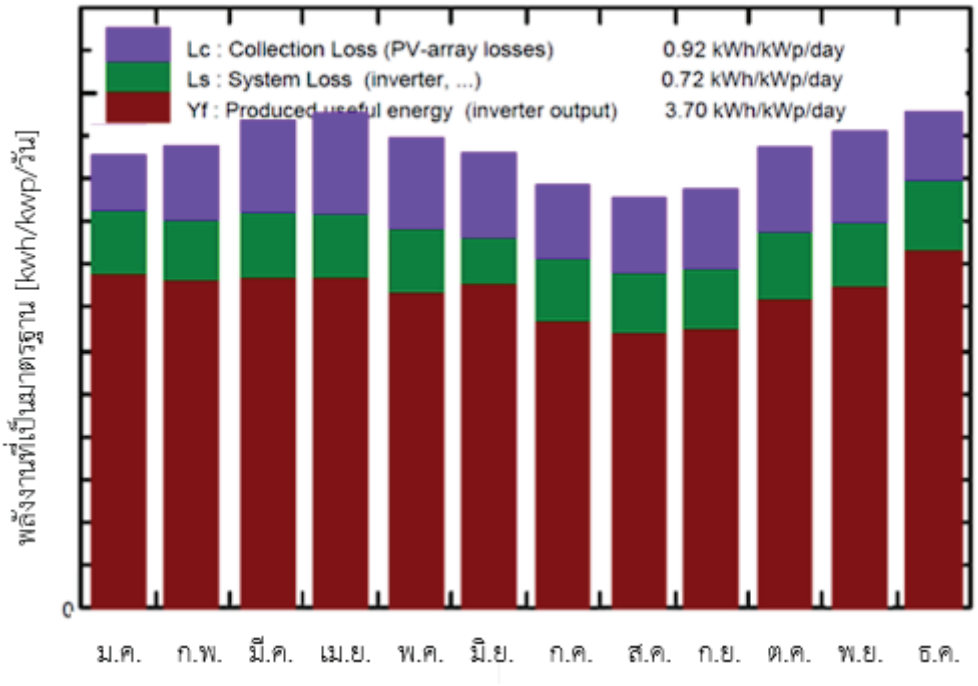
จากภาพ 5 พบว่า การสีข้าวเปลือก 1 กิโลกรัม พันธุ์ข้าว กข 41 ความชื้นข้าวเปลือก 14%w.b. ได้ข้าวเต็ม 0.395 กิโลกรัม ข้าวหัก 0.087 กิโลกรัม ปลายข้าวและรำ 0.145 กิโลกรัม และแกลบ 0.352 กิโลกรัม ประสิทธิภาพ 62.70% พันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ความชื้นข้าวเปลือก 14%w.b. ได้ข้าว 0.397 กิโลกรัม ข้าวหัก 0.085 กิโลกรัม ปลายข้าวและรำ 0.152 กิโลกรัม และแกลบ 0.343 กิโลกรัม ประสิทธิภาพ 63.40% และพันธุ์ข้าวหอมปทุมธานี ความชื้นข้าวเปลือก 13%w.b. ได้ข้าว 0.396 กิโลกรัม ข้าวหัก 0.088 กิโลกรัม ปลายข้าวและรำ 0.151 กิโลกรัม และแกลบ 0.354 กิโลกรัม ประสิทธิภาพ 63.50% ความชื้นข้าวเปลือกต่อประสิทธิภาพการสีข้าวจะขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ชนิดของพันธุ์ข้าว ลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ทั้งรูปร่าง ขนาดและความชื้นของข้าวเปลือกที่นำมาทำการทดสอบ ผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว แสดงดังภาพ 6

(ก) ข้าวเต็ม (ข) ข้าวหัก (ค) ปลายข้าวและรำ (ง) แกลบ

ภาพ 6 ผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว

1.4 การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพลังงานที่ผลิตได้ของแต่ละเดือนใน 1 ปี

การวิเคราะห์ความเหมาะสมในการติดตั้งระบบพลังงานแสงอาทิตย์ โดยการจำลองระบบการผลิตกำลังไฟฟ้า สำหรับพื้นที่จังหวัดนครสวรรค์ แสดงดังภาพ 7

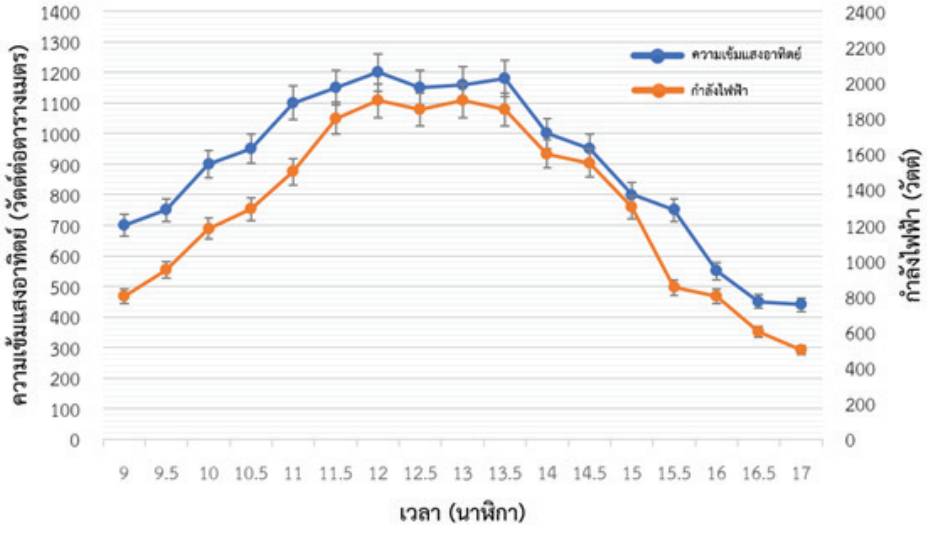


ภาพ 7 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของพลังงานที่ผลิตได้ของแต่ละเดือนใน 1 ปี

จากภาพ 7 พบว่า การจำลองระบบการผลิตกำลังไฟฟ้าโดยมีอุปกรณ์ ดังนี้ 1) แผงโซล่าเซลล์ ขนาด 280W 9 แผง 2) อินเวอร์เตอร์ ขนาด 1.5 kW 3) แบตเตอรี่ 12V 120Ah 8 ลูก ผลของกำลังผลิตแต่ละเดือนใน 1 ปี โดยค่าเฉลี่ยในการผลิตไฟฟ้าใน 1 วัน เท่ากับ 3.70 kWh/kWp/day ค่ากำลังการสูญเสียเฉลี่ยที่แผงโซล่าเซลล์ใน 1 วัน เท่ากับ 0.92 kWh/kWp/day และค่ากำลังการสูญเสียเฉลี่ยที่อินเวอร์เตอร์ใน 1 วัน เท่ากับ 0.72 kWh/kWp/day กำลังการผลิตพลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปี โดยใช้โปรแกรมจำลองได้พลังงาน 2,360 kWh/year

1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้า

การตรวจวัดค่าความเข้มแสงอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้าของแผงแผงโซล่าเซลล์ในช่วงเวลา 09.00 น. ถึง 17.00 น. ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ทำการทดลองการสีข้าว แสดงดังภาพ 8



ภาพ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้า

จากภาพ 8 พบว่า ค่าความเข้มแสงอาทิตย์จะเริ่มต้นในช่วงเวลา 09.00 น. และมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงเวลาประมาณ 12.00 น. ซึ่งมีค่าความเข้มแสงอาทิตย์สูงสุด ประมาณ 1,200 W/m2 ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,049 W/m2 กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่วัดได้มีค่า 1,900 W กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องสีข้าวสามารถทำงานได้จะอยู่ในช่วง 10.00 น. ถึง 15.00 น. มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1,611 W จึงทำให้เครื่องสีข้าวสามารถทำงานติดต่อกันสูงสุด 5 ชั่วโมงต่อวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มแสงอาทิตย์

1.6 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านพลังงานที่ใช้ในการสีข้าว

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านพลังงานที่ใช้ในการสีข้าว

ระบบไฟฟ้า 220 V				ระบบพลังงานแสงอาทิตย์			
เวลา (ชั่วโมง)	กำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวนยูนิต (หน่วย)	จำนวนเงิน (บาท)	เวลา (ชั่วโมง)	กำลังไฟฟ้า (kW)	จำนวนยูนิต (หน่วย)	จำนวนเงิน (บาท)
1	1.1	1.1	4.86	1	1.1	-	-
5	1.1	5.5	24.31	5	1.1	-	-
ค่าความแตกต่างการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสีข้าว 5 ชั่วโมงต่อวัน คิดเป็นเงิน							24.31 บาท
ค่าความแตกต่างการใช้พลังงานไฟฟ้าในการสีข้าว 5 ชั่วโมงต่อวัน ระยะเวลา 1 ปี คิดเป็นเงิน							6,344.91 บาท

หมายเหตุ พิจารณาการสีข้าว 261 วันต่อปี อัตราค่าไฟฟ้า 4.42 บาทต่อหน่วย

จากตาราง 2 พบว่า ระบบไฟฟ้า 220 V เครื่องสีข้าวขนาด กำลังไฟฟ้า 1.1 kW การสีข้าว 1 ชั่วโมง คิดเป็น 1.1 หน่วย เสียค่าไฟฟ้า 4.86 บาท และการสีข้าว 5 ชั่วโมง คิดเป็น 5.5 หน่วย เสียค่าไฟฟ้า 24.31 บาท กรณีระบบพลังงานแสงอาทิตย์ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ค่าความแตกต่างการใช้พลังงาน 5 ชั่วโมงต่อวัน ประหยัดค่าไฟฟ้า 24.31 บาท และหากพิจารณาค่าความแตกต่างการใช้พลังงาน 5 ชั่วโมงต่อวัน ระยะเวลา 1 ปี (261 วัน) ประหยัดค่าไฟฟ้า 6,344.91 บาท

1.7 การลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสีข้าว

สามารถทำได้โดยนำข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าคูณด้วยค่าสัมประสิทธิ์การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการผลิตไฟฟ้า เท่ากับ 0.5821 $kgCO_2$/kWh ซึ่งมีการคำนวณดังสมการ (11) นี้ (การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย, 2566)

$$\text{ค่าการปลดปล่อย } CO_2 \text{ (kgCO2)} = \text{ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี (kWh)} \times 0.5812\ kgCO_2/kWh \quad (11)$$

ตาราง 3 ผลการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสีข้าว

ระยะเวลาการทำงาน	การใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์		รถยนต์ (คัน)
		($kgCO_2$)	($tonCO_2$)	
1 ปี	1.1x5x261=1,435.50	834.31	0.83	3
25 ปี	1.1x5x261x25=35,887.50	20,857.82	20.86	75

หมายเหตุ 1,000 kgCO2 เท่ากับ 1 tonCO2

1 kW เทียบเท่าการใช้รถยนต์ 2.69 คันต่อปี

จากตาราง 3 การใช้เซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กระบวนการสีข้าว เมื่อนำค่าการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์ จะสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 20,857.82 kgCO2 หรือ 20.86 ton.CO2 เทียบได้กับการใช้รถยนต์ 75 คัน ตลอดช่วงอายุการใช้งาน

2. ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของเครื่องสีข้าวโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

ต้นทุนคงที่	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)	ต้นทุนแปรผัน	ค่าใช้จ่าย (บาทต่อปี)
ค่าเสื่อมราคา	28,800	ค่าแรงในการสีข้าว	92,400
ค่าเสียโอกาส	7,200	ค่าบำรุงรักษาเครื่องสีข้าว	78,000
รวม	36,000	ค่าข้าวเปลือก	1,306,536
		รวม	1,476,936
รวมต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน			1,512,936
รายการ	**น้ำหนักผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว (กิโลกรัมต่อปี)**	**ราคาต่อหน่วย (บาทต่อกิโลกรัม)**	**รายได้จากการสีข้าวจำหน่าย (บาทต่อปี)**
ข้าวเต็ม	35,864	31.9	1,144,062
ข้าวหัก	12,410	14	173,740
ปลายข้าวและรำ	17,520	10	175,200
แกลบ	31,400	2	62,800
รวมรายได้ต่อปีจากการจำหน่ายผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว			1,555,802

จากตาราง 4 พบว่า ค่าใช้จ่ายในกระบวนการสีข้าว ต้นทุนคงที่ 36,000 บาทต่อปี และต้นทุนแปรผัน 1,476,936 บาทต่อปี ต้นทุนรวม 1,512,936 บาทต่อปี รายได้ต่อปีจากการจำหน่ายผลผลิตที่ได้จากการสีข้าว 1,555,802 บาทต่อปี หักต้นทุนรวมต่อปีจะได้กำไรสุทธิ 42,866 บาทต่อปี ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเครื่องสีข้าวและระบบพลังงานแสงอาทิตย์มีค่าเท่ากับ 160,000 บาท ระยะเวลาในการคืนทุนมีค่าเท่ากับ 3.73 ปี

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยครั้งนี้ใช้เครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ที่ออกแบบ ทำการทดสอบสีข้าวให้กับกลุ่มโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ พบว่า การสีข้าวพันธุ์ข้าว กข 41, ชัยนาท 1 และหอมปทุมธานี น้ำหนักข้าวเปลือก 1 กิโลกรัมต่อครั้ง จากผลการทดสอบประสิทธิภาพการสีข้าวจำเป็นจะต้องปรับความเร็วรอบและระยะห่างของลูกยางให้เหมาะสมกับชนิดพันธุ์ข้าวเนื่องจากลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน คุณภาพวัตถุดิบจะต้องมีความชื้น 13-14%w.b. เพื่อลดการแตกหักและเพิ่มประสิทธิภาพการสีข้าว สอดคล้องกับ สุรินทร์ แหงมงาม และคนอื่นๆ (2563, น.151) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมความเร็วรอบลูกยางกะเทาะ พบว่า ความเร็วรอบ และระยะห่างลูกยางที่เหมาะสมกับการสีข้าว จะทำให้ประสิทธิภาพการสีข้าวเพิ่มมากขึ้น เช่นเดียวกันกับ สมพจน์ คำแก้ว (2565, น.86) และ ศักดิ์ชัย ดรดีและคนอื่นๆ (2564, น.29) ได้ศึกษาผลของความชื้นต่อประสิทธิภาพการสีข้าว พบว่า ความชื้นที่เหมาะสมส่งผลให้ปริมาณข้าวเต็มเพิ่มขึ้น และการออกแบบลูกยางวางคู่หมุนในทิศทางตรงกันข้าม ปรับระยะห่างลูกยางให้เหมาะสมส่งผลให้ประสิทธิภาพการสีข้าวเพิ่มมากขึ้น สอดคล้องกับ เชน และคนอื่นๆ (Chen et al., 2019, p.205) ได้ศึกษาประสิทธิภาพการกะเทาะเปลือกของลูกยางในกระบวนการสีข้าว พบว่า อัตราการป้อนที่เหมาะสมของกระบวนการกะเทาะเปลือกมีผลต่ออัตราการแตกหักของข้าว การทดสอบความชื้นข้าวเปลือกต่อประสิทธิภาพการสีข้าวทั้ง 3 พันธุ์ข้าวผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้านประสิทธิภาพที่กำหนดไว้ 60 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับการศึกษา รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์ และคนอื่นๆ (2562, น.15) ได้ศึกษาการทดสอบและประเมินผลเครื่องสีข้าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม การนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับเครื่องสีข้าวสำหรับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน พบว่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เครื่องสามารถ

ทำงานได้อยู่ในช่วง 10.00 น. ถึง 15.00 น. มีค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1,611 W สามารถลดต้นทุนด้านพลังงานในกระบวนการสีข้าว เป็นการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนให้กับชุมชน เช่นเดียวกับ กอร์เจียน และคนอื่นๆ (Gorjian et al., 2021, p.36) ได้ศึกษาการนำเทคโนโลยีพลังงานแสงอาทิตย์มาใช้กับเครื่องจักรกลทางการเกษตร เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติให้เกิดความยั่งยืน ลดต้นทุนในกระบวนการผลิต ส่งเสริมการใช้พลังงานสะอาด การใช้เซลล์แสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้กระบวนการสีข้าวสามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 20.86 ton.CO_2 ดังเช่น การุณย์ ชัยวณิชย์ และคนอื่นๆ (2561, น.42) ได้ศึกษาการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากโครงการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์ สามารถช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในรูปของการลดก๊าซเรือนกระจกได้ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางการเงินระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ปัจจุบันเริ่มมีการนำมาใช้ประโยชน์มากขึ้น เนื่องจากโซล่าเซลล์เริ่มถูกลง ระยะเวลาคืนทุนลดลง ส่งผลต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สอดคล้องกับ ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช และศักดา อินทรวิชัย (2562, น.245) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน และสอดคล้องกับผลการวิจัย นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่ และคนอื่นๆ (2563, น.49) ได้ศึกษาผลกระทบพลังงานแสงอาทิตย์และค่าแรงงานต่อความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ พบว่า จำนวนชั่วโมงของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากพลังงานแสงอาทิตย์และค่าแรงงานส่งผลต่อความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ผลจากการวิจัยจะช่วยแก้ไขปัญหาให้กับวิสาหกิจชุมชนเพิ่มประสิทธิภาพการสีข้าว ลดต้นทุนด้านพลังงานและเป็นแนวทางให้เกษตรกรในการตัดสินใจลงทุนได้อย่างเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบประสิทธิภาพการสีข้าวเปลือกที่ค่าความเร็วรอบและระยะห่างของลูกยางที่เหมาะสม พบว่า การสีข้าว กข 41 ความเร็วรอบ 1,290 rpm และระยะห่าง 0.9 mm การสีข้าว ชัยนาท 1 ความเร็วรอบ 1,350 rpm และระยะห่าง 0.9 mm และการสีข้าว หอมปทุมธานี ความเร็วรอบ 1,200 rpm และระยะห่าง 1.0 mm ผลการทดสอบความชื้นข้าวเปลือกที่เหมาะสมต่อประสิทธิภาพการสีข้าว พบว่า พันธุ์ข้าว กข 41 ความชื้น 14%w.b. ประสิทธิภาพ 62.70% พันธุ์ข้าวชัยนาท 1 ความชื้น 14%w.b. ประสิทธิภาพ 63.40% และพันธุ์ข้าวหอมปทุมธานี ความชื้น 13%w.b. ประสิทธิภาพ 63.50% การจำลองการผลิตพลังงานไฟฟ้าในรอบ 1 ปี สามารถผลิตพลังงานได้ 2,360 kWh/year ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงอาทิตย์กับกำลังไฟฟ้า ช่วง 10.00 น. ถึง 15.00 น. ความเข้มแสงอาทิตย์เฉลี่ย 1,049 W/m2 กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1,611 W การเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านพลังงานในการสีข้าว พบว่า ระบบไฟฟ้า 220 V การสีข้าว 5 ชั่วโมง เสียค่าไฟฟ้า 24.31 บาท กรณีระบบพลังงานแสงอาทิตย์ ไม่เสียค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และหากพิจารณาการใช้พลังงาน 5 ชั่วโมงต่อวัน ระยะเวลา 1 ปี ประหยัดค่าไฟฟ้า 6,344.91 บาท สามารถลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ถึง 20.86 ton.CO_2 เทียบได้กับการใช้รถยนต์ 75 คัน ตลอดช่วงอายุการใช้งาน การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ต้นทุนรวม 1,512,936 บาทต่อปี รายได้ต่อปีจากการจำหน่ายผลผลิต 1,555,802 บาทต่อปี กำไรสุทธิ 42,866 บาทต่อปี ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ 160,000 บาท พบว่าระยะเวลาในการคืนทุน 3.73 ปี

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สำหรับกลุ่มโรงสีข้าวชุมชนหรือเกษตรกรที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ เพื่อประสิทธิภาพในกระบวนการสีข้าว จำเป็นจะต้องควบคุมการทำงานให้เหมาะสมกับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ชนิดพันธุ์ข้าว รูปร่าง ขนาด ความชื้นของข้าวเปลือก ความเร็วและระยะห่างของลูกยางขัดข้าว

2. ควรมีการถ่ายทอดองค์ความรู้ในการออกแบบและสร้างเครื่องสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีพลังงาน เพื่อให้สามารถนำมาใช้ในการประกอบอาชีพและพัฒนาเกษตรกรไปสู่สมาร์ทฟาร์มเมอร์

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนานวัตกรรมเครื่องจักรกลทางการเกษตรโดยใช้เทคโนโลยีพลังงาน เพื่อให้กลุ่มชุมชนและเกษตรกรสามารถนำมาใช้ในการประกอบอาชีพได้อย่างยั่งยืน

2. ควรมีการออกแบบและสร้างโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีกำลังผลิตสูง สามารถใช้เทคโนโลยีการควบคุมกระบวนการสีข้าวให้เหมาะสมกับข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ เพื่อเป็นการยกระดับประสิทธิภาพการผลิตข้าว

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณโรงสีข้าวชุมชน อำเภอโกรกพระ จังหวัดนครสวรรค์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กมลศักดิ์ รัตนวงษ์, แมน ฟักทอง, ศักดิ์สิทธิ์ ชื่นชมนาคจาด, เอกรัฐ ชะอุ่มเอียด, ศุภชัย ชุมนุมวัฒน์, และสมชาย โพธิ์พยอม. (2563). การพัฒนาเครื่องสีข้าวกล้องขนาดครัวเรือน. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีนวัตกรรม,* 4(1), 40-46.

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. (2566, 21 เมษายน). *รายงานประจำปี 2565 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย*. https://www.egat.co.th/home/annual-report/

การุณย์ ชัยวณิชย์, พุทธดี อุบลศุข, และมนตรี สังข์ทอง. (2561). การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์จากการผลิตพลังงานไฟฟ้าด้วยเซลล์แสงอาทิตย์แบบติดตั้งบนพื้นดินภายในโรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 10(12), 35-46.

นงเยาว์ เต๋จ๊ะใหม่, นิกราน หอมดวง, สัตยา ตันจันทร์พงศ์, และทัดพงศ์ อวิโรธนานนท์. (2563). ผลกระทบพลังงานแสงอาทิตย์และค่าแรงงานต่อความคุ้มค่าทางการเงินของโรงสีข้าวพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการพลังงานทดแทนสู่ชุมชน*, 3(1), 44-50.

ปิยะพงษ์ ศรีวงษ์ราช และศักดา อินทรวิชัย. (2562). การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เครื่องสีข้าวขนาดเล็กระดับชุมชน. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ,* 29(2), 237-246.

ภัทราวุธ บุญประคอง, คนึงนิต ปทุมมาเกสร, และเอนก เทียนบูชา. (2563). การหาประสิทธิภาพของเครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับการสีข้าวพันธุ์การค้าจังหวัดชัยนาท. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์*, 15(2), 105-117.

รุ่งเรือง กาลศิริศิลป์, สุชาญ อาลีอุสมาน, และจตุรงค์ ลังกาพินธุ์. (2562). การทดสอบและประเมินผลเครื่องสีข้าวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,* 18(2), 1-16.

ศักดิ์ชัย ดรดี, กมลรักษ์ แก้งคำ, สิริพร ขันทองคำ, และวรเชษฐ์ แสงสีดา. (2564). การพัฒนาเทคโนโลยีการแปรรูปข้าวของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนโรงสีชุมชนหนองไม้งาม. *วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.)*, 10(1), 21-31.

สมพจน์ คำแก้ว. (2565). ผลของความชื้นต่อประสิทธิภาพการสีข้าวขาวของเครื่องสีขนาดเล็ก. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ,* 17(1), 82-88.

สำนักงานเกษตรจังหวัดนครสวรรค์. (2566). *แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาข้าวอย่างยั่งยืน จังหวัดนครสวรรค์ พ.ศ. 2566–2570*. กรมส่งเสริมการเกษตร.

สุรินทร์ แหงมงาม, ศศิวรรณ อินทรวงศ์, ภูวดล วัฒนากรรุ่งเรือง, และณัฐวุฒิ หอมสิน. (2563). เครื่องสีข้าวขนาดเล็กสำหรับใช้ในครัวเรือนควบคุมโดย Arduino Uno R3. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชมงคลธัญบุรี,* 8(1), 143-152.

Aroonsrimorakot, S., Laiphrakpam, M., & Paisantanakij, W. (2020). Solar panel energy technology for sustainable agriculture farming: A review. *International Journal of Agricultural Technology,* 16(3), 553-562.

Chen, P., Jia, F., Liu, H., Han, Y., Zeng, Y., Meng, X., Xiao, Y., & Li, G. (2019). Effects of feeding direction on the hulling of paddy grain in a rubber roll huller. *Biosystems Engineering*, 183, 196-208. https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2019.05.001

Gorjian, S., Ebadi, H., Trommsdorff, M., Sharon, H., Demant, M., & Schindele, S. (2021). The advent of modern solar-powered electric agricultural machinery: A solution for sustainable farm operations. *Journal of Cleaner Production,* 292, 30-38. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126030

การปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าของวิสาหกิจชุมชนหนองตูมโดยใช้วิธีวิเคราะห์ ABC-FSN

วันที่รับ : 5 พฤษภาคม 2566
วันที่แก้ไข : 19 กรกฎาคม 2566
วันที่ตอบรับ : 22 สิงหาคม 2566

ชนิกานต์ เปรมปรีดิ์[1], อรรถวิทย์ สมศิริ[2] และอัษฎางค์ พลนอก[2*]
[1]หลักสูตรเทคโนโลยีผู้ประกอบการและการจัดการนวัตกรรม
มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
[2]คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก
*Corresponding author e-mail: assadangp@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาการจัดการสินค้าคงคลังด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ ABC–FSN analysis และเพื่อเปรียบเทียบมูลค่าคงคลัง ก่อนและหลังการปรับปรุงคลังสินค้าของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม ดำเนินการวิจัยโดยเก็บข้อมูลจากรายการสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม และวิเคราะห์ข้อมูลโดยการวิเคราะห์ด้วย ระบบ ABC–FSN analysis ผลการวิจัย พบว่า มีสินค้าคงคลังทั้งหมด 59 รายการ มูลค่ารวมทั้งสิ้น 336,407 บาท เมื่อจำแนกสินค้าตามระบบ ABC analysis พบว่า กลุ่ม A มีจำนวน 9 รายการ (ร้อยละ 15.25) โดยมีมูลค่ารวม 217,144 บาท (ร้อยละ 64.55) กลุ่ม B มีจำนวน 16 รายการ (ร้อยละ 27.12) โดยมีมูลค่ารวม 83,440 บาท (ร้อยละ 24.80) กลุ่ม C มีจำนวน 34 รายการ (ร้อยละ 57.63) โดยมีมูลค่ารวม 35,823 บาท (ร้อยละ 10.65) เมื่อจำแนกสินค้าตามระบบ FSN analysis พบว่า กลุ่ม F มีจำนวน 12 รายการ (ร้อยละ 20.34) โดยมีมูลค่ารวม 160,538 บาท (ร้อยละ 47.72) กลุ่ม S มีจำนวน 21 รายการ (ร้อยละ 35.59) โดยมีมูลค่ารวม 106,483 บาท (ร้อยละ 31.65) กลุ่ม N มีจำนวน 26 รายการ (ร้อยละ 44.07) โดยมีมูลค่ารวม 69,386 บาท (ร้อยละ 20.63) ผลการเปรียบเทียบมูลค่าคงคลังก่อนและหลังการปรับปรุงคลังสินค้า พบว่า สินค้าคงคลังมูลค่ารวมเท่ากับ 284,145 บาท กลุ่ม A มูลค่าสินค้าคงคลังเท่ากับ 166,510 บาท มูลค่าลดลงร้อยละ 23.26 กลุ่ม B มูลค่าสินค้าคงคลังเท่ากับ 83,616 บาท มูลค่าเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.21 กลุ่ม C มูลค่าสินค้าคงคลังเท่ากับ 34,019 บาท มูลค่าลดลงร้อยละ 5.03 สินค้าในกลุ่มที่เคลื่อนไหวน้อย AN มูลค่าสินค้าคงคลังเท่ากับ 7,640 บาท ลดลงร้อยละ 52.94 กลุ่ม BN มูลค่าสินค้าคงคลังเท่ากับ 28,298 บาท ลดลงร้อยละ 24.32 และกลุ่ม CN มูลค่าสินค้าคงคลังเท่ากับ 14,476 บาท ลดลงร้อยละ 8.14 โดยรวม มูลค่าสินค้าคงคลังลดลง 52,262 บาท มูลค่าลดลงร้อยละ 15.54 ส่งผลให้วิสาหกิจชุมชนมีสภาพคล่องเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ช่วยให้วิสาหกิจชุมชนสามารถพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารคลังได้อย่างเป็นระบบที่นำไปสู่การเพิ่มโอกาสทางธุรกิจ

คำสำคัญ: สินค้าคงคลัง, การวิเคราะห์ ABC, การวิเคราะห์ FSN

INVENTORY IMPROVEMENT OF THE COMMUNITY ENTERPRISEOF NOGTOOM BY ABC–FSN ANALYSIS

Received : 5 May 2023
Revised : 19 July 2023
Accepted : 22 August 2023

Chanikant Prampree[1] Atawit Somsiri[2] Assadang Polnok[2*]
[1]Technology Entrepreneurship and Innovation Management Programme, Naresuan University, Phitsanulok
[2]Faculty of Pharmacy, Naresuan University, Phitsanulok
*Corresponding author e-mail: assadangp@gmail.com

ABSTRACT

The objectives of this research were to develop inventory management using the ABC–FSN Analysis system and to compare inventory values before and after inventory improvement with ABC–FSN Analysis system. This research was conducted by collecting data from the inventory of the Nongtoom community and analyze the data with ABC-FSN Analysis. The results indicated that the total inventory included 59 items worth 336,407 baht. The ABC-FSN analysis system classified the inventory items into three groups of A, B, and C, based on their relative value. Group A consisted of 9 items (15.25%) with a total value of 217,144 baht (64.55%), Group B included 16 items (27.12%) with a total value of 83,440 baht (24.80%), and Group C consisted of 34 items (57.63%) with a total value of 35,823 baht (10.65%). Additionally, the FSN analysis system categorized items into three groups based on their movement speed of groups F, S, and N. The results showed that Group F had 12 items (20.34%) with a total value of 160,538 baht (47.72%), Group S had 21 items (35.59%) with a total value of 106,483 baht (31.65%), and Group N consisted of 26 items (44.07%) with a total value of 69,386 baht (20.63%). The result of comparing the value of inventory before and after warehouse improvement revealed that the total inventory value was equal to 284,145 baht. Specifically, Group A's inventory value decreased by 23.26% to 166,510 baht, Group B's inventory value increased by 0.21% to 83,616 baht, and Group C's inventory value decreased by 5.03% to 34,019 baht. For items with low movement speed (AN, BN, and CN groups), their inventory values decreased by 52.94%, 24.32%, and 8.14%, respectively. Overall, the implementation of inventory improvement resulted in a 15.54% decrease in inventory value. As a result, the liquidity of the community enterprise had increased significantly. Community enterprise could systematically improve the efficiency of inventory management leading to more business opportunities.

Keywords: Inventory, ABC analysis, FSN analysis

บทนำ

ในปี พ.ศ. 2548 รัฐบาลได้ตรา “พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548” เพื่อส่งเสริมให้คนในชุมชนรวมตัวกันนำความรู้และทรัพยากรที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาผลิตเป็นสินค้า (พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548, 2548) อาจกล่าวได้ว่า การพัฒนาสินค้า“หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์” หรือ One Tambon One Product (OTOP) เป็นการส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจชุมชนฐานรากให้มีความมั่นคง มีเจตนารมณ์เพื่อให้มีการส่งเสริมความรู้และภูมิปัญญาท้องถิ่น การสร้างรายได้ การช่วยเหลือซึ่งกันและกัน การพัฒนาความสามารถในการจัดการและพัฒนารูปแบบวิสาหกิจชุมชน มีผลให้ชุมชนพึ่งพาตนเองได้และพัฒนาระบบเศรษฐกิจชุมชนให้มีความเข้มแข็ง รวมถึงการพัฒนาวิสาหกิจชุมชนไปสู่การเป็นผู้ประกอบการวิสาหกิจในระดับสูงขึ้นต่อไป (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) วิสาหกิจชุมชนหนองตูม ตำบลหนองตูม อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย เป็นองค์กรหนึ่งที่ก่อตั้งเมื่อปี พ.ศ. 2547 โดยชาวบ้าน 16 คน ในหมู่บ้านรวมตัวกัน ผลิตสินค้า OTOP เป็นสินค้าประเภทผลไม้แปรรูป เช่น กล้วย เผือก มัน ฟักทอง เป็นต้น เพื่อจำหน่ายทั้งปลีกและส่ง ปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนได้มีการเพิ่มช่องทางการจำหน่ายหน้าร้านออนไลน์ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ส่งผลให้มีสั่งซื้อวัตถุดิบมาจัดเก็บอยู่ในคลังสินค้ามีเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดการบริหารคลังสินค้า เมื่อสินค้าไม่มีการเคลื่อนไหว ส่งผลทำให้เกิดปัญหาต้นทุนที่สูงขึ้นจากทุนที่จมอยู่ในคลังสินค้าในรูปของวัตถุดิบ ดังนั้น การจัดระบบสินค้าคงคลังเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าคงคลัง จึงมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนให้การจัดเก็บสินค้ามีประสิทธิภาพ และสามารถลดต้นทุนในการจัดเก็บสินค้าได้

สินค้าคงคลัง (Inventory) มีความจำเป็นต่อการดำเนินงานของธุรกิจ จัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนชนิดหนึ่งซึ่งองค์กรต้องมีไว้เพื่อจำหน่ายหรือผลิต การรักษาระดับสินค้าคงคลังให้เหมาะสมมีความจำเป็นต่อการดำเนินการของธุรกิจ การศึกษาเกี่ยวกับคลังสินค้ามีความสำคัญในกิจการหลายประเภท เช่น การจัดการสินค้าคงคลังกลุ่มเครื่องปรุงรสและอาหารแห้ง (วรพล อารีย์ และคนอื่นๆ, 2563, น.165) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค ABC classification analysis ในการจัดลำดับความสำคัญของสินค้าเพื่อจัดเก็บและตรวจนับสินค้ากลุ่มเครื่องปรุงรสและอาหารแห้ง โดยนำเอาสินค้ากลุ่ม A จำนวน 14 รายการ ซึ่งมีมูลค่าการขายคิดเป็นร้อยละ 79.10 ไปจัดเก็บไว้ในบริเวณใกล้ทางเข้าออกของคลังสินค้าให้มากที่สุด ส่งผลให้การจัดการคลังสินค้ามีประสิทธิภาพสูงขึ้น

การศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เตือนใจพาณิชย์กรุ๊ป จำกัด สาขามะนาวหวาน (อินทิรา รามอินทร์ และคนอื่นๆ, 2565, น.2286) โดยประยุกต์ใช้เทคนิค ABC analysis ในการปรับปรุงคลังสินค้า เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ ประชากรกลุ่มตัวอย่างคือผู้จัดการคลังสินค้า จำนวน 1 คน พนักงานคลังสินค้า 2 คน และผู้ใช้บริการ 3 คน ผลการวิจัยพบว่า มีสินค้าในคลังจำนวนทั้งสิ้น 80 รายการ แบ่งตาม เทคนิค ABC analysis กลุ่ม A มีจำนวน 7 รายการ (ร้อยละ 20.00) กลุ่ม B มีจำนวน 25 รายการ (ร้อยละ 30.00) กลุ่ม C มีจำนวน 48 รายการ (ร้อยละ 50.00) หลังจากการใช้ทฤษฎีการแบ่งหมวดสินค้า ABC analysis ก็ได้มีการแบ่งโซนสินค้าที่เป็นระบบอย่างชัดเจน ส่งผลทำให้มีพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าเพิ่มขึ้น สินค้าที่เข้ามาใหม่ก็จะไปเก็บตามโซนหมวดหมู่ของสินค้านั้นๆ ได้อย่างสะดวก โดยไม่ต้องวางสินค้าไว้หน้าคลังเพื่อรอพื้นที่ภายในว่าง จึงเป็นอีกหนึ่งวิธีที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าได้

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการนำการวิเคราะห์ ABC-FSN ไปใช้กับคลังสินค้าขององค์กรในระดับวิสาหกิจชุมชนหนองตูม ซึ่งเป็นวิสาหกิจชุมชนที่เน้นไปด้านการแปรรูปสินค้าเกษตร โดยใช้เครื่องมือการวิเคราะห์ ABC-FSN ในการพัฒนาประสิทธิภาพการบริหารคลัง ซึ่งเป็นเรื่องสำคัญมีผลต่อการดำเนินของกิจการ เพื่อลดความสูญเสียโอกาสทางธุรกิจ และมีการจัดการวางแผนคลังสินค้าที่มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการจัดการสินค้าคงคลังด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ ABC–FSN analysisของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย

2. เพื่อเปรียบเทียบมูลค่าคลัง ก่อน-หลัง การปรับปรุงคลังสินค้าของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณ ประชากรของการวิจัยนี้ คือ สินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้ คือ สินค้าคงคลังในระหว่างช่วงเวลาเดือนตุลาคม 2565 ถึงเดือนมีนาคม 2566 จำนวน 59 รายการ

1. การเก็บข้อมูลของสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชนหนองตูม ด้วยแบบเก็บข้อมูลจากใบบันทึกรายการสินค้า ซึ่งได้รับการตรวจคุณภาพของเครื่องมือจากผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ที่เป็นผู้สอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการบริหารคลังสินค้า 2 ท่าน และเป็นเจ้าของกิจการร้านอาหารที่ดำเนินการมากว่า 10 ปี 1 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา และนำคะแนนของผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่านมาคำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of item objective congruence) โดยปรับปรุงให้ทุกข้อมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.66

2. จำแนกรายการสินค้าออกเป็น 3 กลุ่ม โดยกลุ่ม A มีมูลค่าของคงคลังประมาณ 70%-90% ของมูลค่าสินค้าคลังทั้งหมดแต่มีจำนวนรายการสินค้าประมาณ 5%-20% ของรายการสินค้าทั้งหมด ส่วนกลุ่ม B มีมูลค่าของคงคลังประมาณ 20%-30% แต่มีจำนวนรายการสินค้าประมาณ 10%-20% ของรายการสินค้าทั้งหมด ส่วนกลุ่ม C คือกลุ่มที่มีจำนวนรายการสินค้าประมาณ 50% - 60% ของรายการสินค้าทั้งหมด แต่มีมูลค่าประมาณ 5%-10% ของมูลค่าสินค้าคงคลังทั้งหมด (วรพล อารีย์และคนอื่นๆ, 2563, น.156)

3. จำแนกสินค้าแต่ละรายการโดยใช้แบ่งสินค้าออกเป็น 3 กลุ่ม โดยจัดแบ่งตามความถี่ในการใช้งาน วัสดุที่มีการหมุนเวียนเร็ว (Fast moving, F) คือ วัสดุที่มีความต้องการใช้งานทุกสัปดาห์ วัสดุกลุ่มต่อมาคือวัสดุที่มีการหมุนเวียนช้า (Slow moving, S) โดยเป็นวัสดุที่มีความต้องการใช้งานต่อรอบเวลาไม่มากนัก ในกรณีนี้ คือประมาณ 1-2 ครั้งต่อเดือน ส่วนที่วัสดุที่ไม่มีการหมุนเวียน (Non moving, N) คือ วัสดุที่มีความต้องการใช้งานน้อยมาก บางครั้งอาจแทบไม่ได้มีการนำมาใช้เลยในแต่ละรอบเวลาในกรณีนี้ คือประมาณ 1-2 ครั้งต่อ 3 เดือน (อัษฎางค์ พลนอก และอรรถวิทย์ สมศิริ, 2565, น.620)

4. จำแนกรายการสินค้าจากทั้งสองวิธีรวมกันเป็นตารางเมทริกซ์โดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ ABC–FSN ซึ่งจะทำให้สามารถจัดกลุ่มสินค้าออกเป็น 9 ประเภท ดังตาราง 1

ตาราง 1 การวิเคราะห์ข้อมูลสินค้าคงคลังด้วย ABC-FSN Analysis

กลุ่ม	F	S	N
A	AF	AS	AN
B	BF	BS	BN
C	CF	CS	CN

5. ดำเนินการปรับปรุงการสั่งซื้อสินค้าโดยตรวจนับสินค้าที่มีมูลค่าสูง (กลุ่ม AF, AS, AN) ให้ถี่ขึ้นจากการตรวจนับทุกสามเดือนเป็นทุกครั้งที่มีการเบิกจ่ายสินค้า และจำกัดการซื้อสินค้าในกลุ่มที่หมุนเวียนช้า (AS, BS, CS) และงดซื้อสินค้าไม่หมุนเวียน (AN, BN, CN) นอกจากสินค้ารายการดังกล่าวจะหมดคลัง และปรับปรุงการจัดวางสินค้าในคลัง โดยนำเอาสินค้าในกลุ่มหมุนเวียนเร็ว (AF, BF, CF) ไปไว้ใกล้ทางเข้าออกคลัง หรือบริเวณทางเดินกลางของคลัง

6. เปรียบเทียบมูลค่าสินค้าคงคลังก่อนและหลัง จากการดำเนินงานโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ ABC-FSN และอภิปรายผล

ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ไตรมาสที่ 4 ปี พ.ศ. 2565 (ไตรมาส 4/65) พบว่า รายการสินค้าทั้งหมด 59 รายการ มูลค่ารวมทั้งสิ้น 336,407 บาท เมื่อจำแนกสินค้าตามระบบ ABC analysis พบว่า กลุ่ม A มีจำนวน 9 รายการ (ร้อยละ 15.25) โดยมีมูลค่ารวม 217,144 บาท (ร้อยละ 64.55) กลุ่ม B มีจำนวน 16 รายการ (ร้อยละ 27.12) โดยมีมูลค่ารวม 83,440 บาท (ร้อยละ 24.80) กลุ่ม C มีจำนวน 34 รายการ (ร้อยละ 57.63) โดยมีมูลค่ารวม 35,823 บาท (ร้อยละ 10.65) ดังตาราง 2

ตาราง 2 มูลค่าสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ระบบ ABC analysis ไตรมาส 4/65

กลุ่ม	จำนวนรายการสินค้า	จำนวนรายการสินค้า (%)	มูลค่าสินค้า (บาท)	มูลค่าสินค้า (%)
A	9	15.25	217,144.00	64.55
B	16	27.12	83,440.00	24.80
C	34	57.63	35,823.00	10.65
รวม	59	100	336,407.00	100

จากตาราง 2 การรวมข้อมูลสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ไตรมาส 4/65 พบว่ารายการสินค้าทั้งหมด 59 รายการ มูลค่ารวมทั้งสิ้น 336,407 บาท เมื่อจำแนกสินค้าตามระบบ FSN analysis พบว่า กลุ่ม F มีจำนวน 12 รายการ (ร้อยละ 20.34) โดยมีมูลค่ารวม 160,538 บาท (ร้อยละ 47.72) กลุ่ม S มีจำนวน 21 รายการ (ร้อยละ 35.59) โดยมีมูลค่ารวม 106,483 บาท (ร้อยละ 31.65) กลุ่ม N มีจำนวน 26 รายการ (ร้อยละ 44.07) โดยมีมูลค่ารวม 69,386 บาท (ร้อยละ 20.63) ดังตาราง 3

ตาราง 3 มูลค่าสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ระบบ FSN analysis ไตรมาส 4/65

กลุ่ม	จำนวนรายการสินค้า	รายการสินค้า (%)	มูลค่าสินค้า (บาท)	มูลค่าสินค้า (%)
F	12	20.34	160,538.00	47.72
S	21	35.59	106,483.00	31.65
N	26	44.07	69,386.00	20.63
รวม	59	100	336,407.00	100

จากตาราง 3 เมื่อจำแนกสินค้าตามระบบ ABC analysis และ FSN analysis นำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ ABC–FSN analysis พบว่า กลุ่ม AF มีจำนวน 5 รายการ (ร้อยละ 8.47) โดยมีมูลค่ารวม 144,010 บาท (ร้อยละ42.81) กลุ่ม AS มีจำนวน 3 รายการ (ร้อยละ 5.08) โดยมีมูลค่ารวม 56,899 บาท (ร้อยละ16.91) กลุ่ม AN มีจำนวน 1 รายการ (ร้อยละ 1.69) โดยมีมูลค่ารวม 16,235 บาท (ร้อยละ 4.83) กลุ่ม BF มีจำนวน 3 รายการ (ร้อยละ 5.08) โดยมีมูลค่ารวม 13,808 บาท (ร้อยละ 4.10) กลุ่ม BS มีจำนวน 6 รายการ (ร้อยละ 10.17) มีมูลค่ารวม 32,240 บาท (ร้อยละ 9.58) กลุ่ม BN มีจำนวน 7 รายการ (ร้อยละ 11.86) มีมูลค่ารวม 37,392.00 บาท (ร้อยละ 11.12) กลุ่ม CF มีจำนวน 4 รายการ (ร้อยละ 6.78) โดยมีมูลค่ารวม 2,720 บาท (ร้อยละ 0.81) กลุ่ม CS มีจำนวน 12 รายการ (ร้อยละ 20.34) โดยมีมูลค่ารวม 17,344 บาท (ร้อยละ 5.16) กลุ่ม CN มีจำนวน 18 รายการ (ร้อยละ 30.51) โดยมีมูลค่ารวม 15,7590 บาท (ร้อยละ 4.68) ดังปรากฏในตาราง 4

ตาราง 4 มูลค่าสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน จำแนกตาม ABC-FSN analysis ไตรมาส 4/65

กลุ่ม	จำนวนรายการสินค้า	รายการสินค้า (%)	มูลค่าสินค้า (บาท)	มูลค่าสินค้า (%)
AF	5	8.47	144,010.00	42.81
AS	3	5.08	56,899.00	16.91
AN	1	1.69	16,235.00	4.83
BF	3	5.08	13,808.00	4.10
BS	6	10.17	32,240.00	9.58
BN	7	11.86	37,392.00	11.12
CF	4	6.78	2,720.00	0.81
CS	12	20.34	17,344.00	5.16
CN	18	30.51	15,759.00	4.68
รวม	59	100.00	336,407.00	100.00

หลังจากปรับปรุงการสั่งซื้อสินค้าคงคลังโดยลดปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในกลุ่มหมุนเวียนเร็ว และการจำกัดการสั่งสินค้าในกลุ่มที่หมุนเวียนช้า โดยลดปริมาณแต่ละครั้งลงเท่ากับปริมาณน้อยสุดสำหรับการสั่งซื้อ (Minimum order quantity) และงดซื้อสินค้าในกลุ่มที่ไม่หมุนเวียนจนกว่าสินค้ารายการดังกล่าวจะหมดคลัง เพื่อลดมูลค่าการจัดเก็บลง และยังเคลื่อนย้ายสินค้าในกลุ่มที่หมุนเวียนเร็วไปยังบริเวณใกล้ทางเข้าออก หรือบริเวณทางเดินกลางของคลัง

จากการรวมข้อมูลสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ไตรมาส 1/66 เพื่อเปรียบเทียบผลการดำเนินการ พบว่ารายการสินค้าทั้งหมด 59 รายการ มีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 284,145 บาท เมื่อจำแนกสินค้าตาม ABC analysis พบว่า กลุ่ม A มีจำนวน 9 รายการ (ร้อยละ 15.25) โดยมีมูลค่ารวม 166,510 บาท (ร้อยละ 58.60) กลุ่ม B มีจำนวน 16 รายการ (ร้อยละ 27.12) โดยมีมูลค่ารวม 83,616 บาท (ร้อยละ 29.43) และกลุ่ม C มีจำนวน 34 รายการ (ร้อยละ 57.63) โดยมีมูลค่ารวม 34,019 บาท (ร้อยละ 11.97) ดังตาราง 5

ตาราง 5 มูลค่าสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ระบบ ABC analysis ไตรมาส 1/66

กลุ่ม	จำนวนรายการสินค้า	รายการสินค้า (%)	มูลค่าสินค้า (บาท)	มูลค่าสินค้า (%)
A	9	15.25	166,510.00	58.60
B	16	27.12	83,616.00	29.43
C	34	57.63	34,019.00	11.97
รวม	59	100	284,145.00	100.00

หลังจากปรับปรุงการสั่งซื้อสินค้าในไตรมาส 1/66 จากตาราง 5 ข้อมูลสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน เมื่อสิ้นไตรมาส 1/66 พบว่ารายการสินค้าทั้งหมด 59 รายการ มีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 336,407 บาท เมื่อจำแนกสินค้าตามระบบ FSN analysis พบว่า กลุ่ม F มีจำนวน 12 รายการ (ร้อยละ 20.34) โดยมีมูลค่ารวม 150,533 บาท (ร้อยละ 52.98) กลุ่ม S มีจำนวน 21 รายการ (ร้อยละ 35.59) โดยมีมูลค่ารวม 83,918 บาท (ร้อยละ 29.53) กลุ่ม N มีจำนวน 26 รายการ (ร้อยละ 44.07) โดยมีมูลค่ารวม 49,694 บาท (ร้อยละ 17.49)

ตาราง 6 มูลค่าสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ระบบ FSN analysis ไตรมาส 1/66

กลุ่ม	จำนวนรายการสินค้า	รายการสินค้า (%)	มูลค่าสินค้า (บาท)	มูลค่าสินค้า (%)
F	12	20.34	150,533.00	52.98
S	21	35.59	83,918.00	29.53
N	26	44.07	49,694.00	17.49
รวม	59	100	284,145.00	100.00

หลังจากปรับปรุงการสั่งซื้อสินค้าคงคลังเพื่อลดมูลค่าการจัดเก็บ เมื่อนำข้อมูลของไตรมาส 1/66 ที่จำแนกเป็น 9 กลุ่ม ด้วยเครื่องมือ ABC–FSN analysis พบว่า กลุ่ม AF มีจำนวน 5 รายการ (ร้อยละ 8.47) โดยมีมูลค่า 133,230 บาท (ร้อยละ 46.89) กลุ่ม AS มีจำนวน 3 รายการ (ร้อยละ 5.08) โดยมีมูลค่า 25,640 บาท (ร้อยละ9.02) กลุ่ม AN มีจำนวน 1 รายการ (ร้อยละ 1.69) โดยมีมูลค่า 7,640 บาท (ร้อยละ 2.69) กลุ่ม BF มีจำนวน 3 รายการ (ร้อยละ 5.08) โดยมีมูลค่า 12,628 บาท (ร้อยละ 4.44) กลุ่ม BS มีจำนวน 6 รายการ (ร้อยละ 10.17) โดยมีมูลค่า 42,690บาท (ร้อยละ 15.02) กลุ่ม BN มีจำนวน 7 รายการ (ร้อยละ 11.86) โดยมีมูลค่า 28,298 บาท (ร้อยละ 9.96) กลุ่ม CF มีจำนวน 4 รายการ (ร้อยละ 6.78) มีมูลค่า 4,675 บาท (ร้อยละ 1.65) กลุ่ม CS มีจำนวน 12 รายการ (ร้อยละ 20.34) มีมูลค่า 14,868 บาท (ร้อยละ 5.23) กลุ่ม CN มีจำนวน 18 รายการ (ร้อยละ 30.51) มีมูลค่า 14,476 บาท (ร้อยละ 5.09) ดังตาราง 7

ตาราง 7 มูลค่าสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน ระบบ ABC-FSN analysis ไตรมาส 1/66

กลุ่ม	จำนวนรายการสินค้า	รายการสินค้า (%)	มูลค่าสินค้า (บาท)	มูลค่าสินค้า (%)
AF	5	8.47	133,230.00	46.89
AS	3	5.08	25,640.00	9.02
AN	1	1.69	7,640.00	2.69
BF	3	5.08	12,628.00	4.44
BS	6	10.17	42,690.00	15.02
BN	7	11.86	28,298.00	9.96
CF	4	6.78	4,675.00	1.65
CS	12	20.34	14,868.00	5.23
CN	18	30.51	14,476.00	5.09
รวม	59.00	100.00	284,145.00	100.00

ตาราง 8 ตารางเปรียบเทียบมูลค่าสินค้าคงคลัง ก่อน – หลัง ของวิสาหกิจชุมชน

กลุ่ม	จำนวนรายการสินค้า	มูลค่าสินค้าก่อน	มูลค่าสินค้าหลัง	แตกต่าง (ร้อยละ)
AF	5	144,010.00	133,230.00	-7.49
AS	3	56,899.00	25,640.00	-54.94
AN	1	16,235.00	7,640.00	-52.94
BF	3	13,808.00	12,628.00	-8.55
BS	6	32,240.00	42,690.00	+32.41
BN	7	37,392.00	28,298.00	-24.32
CF	4	2,720.00	4,675.00	+71.88
CS	12	17,344.00	14,868.00	-14.28
CN	18	15,759.00	14,476.00	-8.14
รวม	59	336,407.00	284,145.00	-15.54

จากตาราง 8 สินค้าที่มีมูลค่าคงคลังลดลงมีจำนวน 7 รายการ และมี 2 รายการที่มีมูลค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้ เนื่องจาก สินค้าในกลุ่มดังกล่าวหมดคลังและได้สั่งซื้อเข้าคลังในรอบดังกล่าว สินค้าที่มีมูลค่าลดลงมาก คือ กลุ่ม AS และ AN โดยลดลงถึงร้อยละ 54.94 และ 52.94 ตามลำดับ สินค้าคงคลังก่อนการดำเนินการปรับปรุงการดำเนินงานมีมูลค่ารวมทั้งหมด 336,407 บาท แต่หลังการดำเนินการงานมูลค่าสินค้าคงคลังเท่ากับ 284,145 บาท ลดลง 52,262 บาท คิดเป็นร้อยละ 15.54 ของมูลค่าสินค้าคงคลังก่อนดำเนินการ

อภิปรายผลการวิจัย

จากการประยุกต์ใช้เครื่องมือ ABC-FSN analysis ในการจัดลำดับความสำคัญสินค้าคงคลังของวิสาหกิจชุมชน โดยวิเคราะห์คลังสินค้าทั้งหมด 59 รายการ ในช่วงไตรมาส 1/65 ทำให้เห็นภาพรวมของข้อมูลสินค้าคงคลังและอัตราการใช้งาน พบว่า มูลค่าสินค้าคงคลังรวมทั้งหมด 336,407 บาท เมื่อจัดกลุ่มสินค้าตามระบบ ABC พบว่ากลุ่ม A มีสินค้าจำนวน 9 รายการ คิดเป็นร้อยละ 15.25 ของรายการสินค้า แต่มีมูลค่าคงคลังถึงร้อยละ 64.55 ในขณะที่ กลุ่ม C มีสินค้าจำนวน 34 รายการ คิดเป็นร้อยละ 57.63 ของรายการสินค้าทั้งหมด แต่มีมูลค่าคงคลังเพียงร้อยละ 10.65 และเมื่อแบ่งกลุ่มสินค้าตามระบบ FSN พบว่า กลุ่ม F มีสินค้าจำนวน 12 รายการ คิดเป็นร้อยละ 15.25 ของรายการสินค้า กลุ่ม N มีสินค้าจำนวน 26 รายการ คิดเป็นร้อยละ 44.07 ของรายการสินค้าทั้งหมด และคิดเป็นร้อยละ 20.63 ของมูลค่าสินค้าทั้งหมด สอดคล้องการศึกษาของ อัษฎางค์ พลนอก และอรรถวิทย์ สมศิริ (2565, น.622) ที่ศึกษาคลังสินค้าเคมีภัณฑ์ของโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง โดยการวิเคราะห์ ABC-FSN พบว่า เคมีภัณฑ์จำนวนน้อยรายการแต่จะมีมูลค่าถึงเกือบร้อยละ 80 ของมูลค่าคลังเคมีภัณฑ์ทั้งหมด นอกจากนี้การนำเอาสินค้ากลุ่ม F (AF, BF, CF) ที่เป็นสินค้าที่มีความถี่ในการใช้งานสูงมาจัดวางไว้ใกล้กับทางเข้าออก ช่วยลดระยะเวลาในการทำงานลง สอดคล้องการศึกษาของ วรพล อารีย์ และคนอื่นๆ (2563, น.160) ที่ศึกษาการจัดการคลังเครื่องปรุงรสและอาหารแห้งของห้างสรรพสินค้าแห่งหนึ่ง ที่ปรับปรุงการจัดวางของสินค้าที่หมุนเวียนสูงจะเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการคลังสินค้าขึ้น

ส่วนสินค้าที่อยู่ในกลุ่ม N ทั้งสามกลุ่ม คือ AN, BN และ CN ซึ่งเป็นสินค้าที่มีอัตราการหมุนเวียนน้อยรวมจำนวน 26 รายการ จึงกำหนดปริมาณการสั่งซื้อสินค้าในปริมาณที่เหมาะสม โดยลดปริมาณการสั่งต่อครั้งลงจนเหลือเท่าที่จำเป็นตลอดจนงดสั่งสินค้าบางรายการเป็นระยะเวลาหนึ่งจนกว่ามูลค่าสินค้าดังกล่าวจะลดลงจนถึงระดับที่เหมาะสม เนื่องจากหากมีสินค้าไว้ในคลังปริมาณมากเกินไปก็จะทำให้คลังสินค้ามีมูลค่าสูงเกินความจำเป็น สอดคล้องกับ อินทิรา รามอินทร์ และคนอื่นๆ (2565, น.2293) ที่ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพในบริษัทแห่งหนึ่ง พบว่า สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการดำเนินงาน และความคิดเห็นเกี่ยวกับความเหมาะสมของประสิทธิภาพคลังสินค้า สามารถปรับปรุงได้โดยการวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่สินค้าที่ชัดเจน

นอกจากนี้ ยังได้มีการปรับปรุงการสั่งซื้อสินค้าทั้งหมดในปริมาณที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการคลังสินค้า ต้นทุนรวมมูลค่าสินค้าคงคลังทั้งหมดลดลงเหลือ 284,145 บาท คิดเป็นลดลงจากเดิมร้อยละ 15.54 นั่นคือ การทำให้เกิดสภาพคล่องทางการเงินของวิสาหกิจชุมชนเพิ่มขึ้นกว่า 50,000 บาท โดยสินค้าที่ลดมูลค่าคลังลงได้มากที่สุด คือ กลุ่ม AS เป็นสินค้ากลุ่มที่มีมูลค่าคงคลังสูงและมีการหมุนเวียนปานกลาง สินค้าที่มีอัตราการหมุนเวียนน้อย (N) สามารถลดมูลค่าลงได้รวม 18,972 บาท โดยที่กลุ่ม AN, BN และ CN สามารถลดลงได้ร้อยละ 52.94, 24.32 และ 8.14 ของมูลค่าสินค้าตามลำดับ ทั้งนี้เกิดจากการจำกัดการจัดซื้อ เมื่อลดการจัดซื้อลง แต่การเบิกจ่ายออกจากคลังยังคงอยู่ในอัตราเดิมจึงลดมูลค่าลงตามมูลค่าสินค้าที่เบิกจ่ายออกจากคลังสินค้า

ดังนั้นการประยุกต์ใช้เครื่องมือ ABC-FSN analysis ในการวิเคราะห์และจัดลำดับสินค้าคงคลังส่งผลให้การบริหารคลังสินค้ามีประสิทธิภาพขึ้น สามารถใช้เป็นแนวทางในการลดภาระค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บสินค้าคงคลังได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับนันทวรรณ สมศรี และศุภฤกษ์ เหล็กดี (2563) ที่พบว่า ต้นทุนคลังสินค้าคงคลังของโรงงานผลิตภัณฑ์เสริมอาหารสามารถปรับปรุงโดยการใช้ ABC-FSN analysis ได้ และสอดคล้องกับอัษฎางค์ พลนอก และอรรถวิทย์ สมศิริ (2565, น.623) ที่พบว่าการปรับปรุงจัดพื้นที่คลัง โดยการประยุกต์ใช้ ABC-FSN analysis เพื่อการสั่งซื้อและจัดวางสินค้าโรงพยาบาล สามารถลดปริมาณและต้นทุนรวมมูลค่าสินค้าคงคลังได้ อย่างไรก็ตาม การศึกษานี้ มีระยะเวลาจำกัด เพียง 2 ไตรมาส โดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างไตรมาสสุดท้ายของปีกับไตรมาสแรกของปีถัดไป ซึ่งปัจจัยในการผลิตและขายสินค้ายังจำกัดมาก หากศึกษาเป็นระยะเวลาที่ยาวนานกว่านี้ เช่น เปรียบเทียบแบบปีต่อปีจะช่วยลดผลกระทบด้านฤดูกาลลงได้ อาจจะเห็นผลในการปรับปรุงการดำเนินการคลังสินค้าได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

เครื่องมือ ABC-FSN analysis สามารถนำมาใช้วิเคราะห์สินค้าคงคลังเพื่อเปรียบเทียบและปรับปรุงคลังสินค้าของวิสาหกิจชุมชนได้อย่างชัดเจน โดยเครื่องมือ ABC จะเป็นการจำแนกสินค้าคงคลังออกเป็น 3 กลุ่ม สินค้ากลุ่มใดมีมูลค่าคงคลังในอัตราส่วนที่สูง และสินค้ากลุ่มใดรองลงมา ส่วนเครื่องมือ FSN จำแนกสินค้าออกเป็น 3 กลุ่ม แต่จะแสดงให้เห็นว่าสินค้ากลุ่มใดมีอัตราการหมุนเวียนเร็ว หรือไม่มีการหมุนเวียน เมื่อนำเอาเครื่องมือดังกล่าวทั้ง 2 ประเภทมาใช้ร่วมกัน จำแนกสินค้าคงคลังออกเป็น 9 กลุ่ม จะจำแนกกลุ่มสินค้าออกเป็น มูลค่าสูงหมุนเวียนเร็ว ไปจนถึงมูลค่าต่ำและไม่หมุนเวียน เครื่องมือดังกล่าวสามารถแสดงให้เห็นว่ามีจำนวนสินค้าบางรายการในคลังสูงเกินไปหรือไม่ นั่นหมายถึงว่าเงินทุนก็ไม่ได้เกิดการหมุนเวียน สินค้าบางรายการมีอัตราการหมุนเวียนสูง สามารถนำไปสู่การปรับปรุงการบริหารคลังสินค้าได้ พบว่า ในการศึกษานี้สามารถลดปริมาณสินค้าในคลังสินค้าลงได้ มูลค่ารวมราวร้อยละ 15 ส่งผลให้วิสาหกิจชุมชนมีเงินทุนหนุนเวียนมากขึ้น

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ผลการวิจัยนี้ สามารถไปประยุกต์ใช้กับกิจการในระดับต่างๆ ทั้งในรูปแบบการผลิต หรือการค้า หรือขนาดกิจการระดับกลางและระดับใหญ่ได้ โดยอาจจะต้องประยุกต์หรือปรับอัตราส่วนสินค้า หรือปริมาณต่อรอบของสินค้าแต่ละรายการ นอกจากนี้ ยังสามารถใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอกเซลโดยเพิ่มชุดเครื่องมือเพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ซับซ้อน (Add-in analysis Toolpak) หรือจัดทำโปรแกรมสำเร็จรูปหรือแอพพลิเคชั่น เพื่อใช้คำนวณหา ABC-FSN analysis เพื่อง่ายต่อการใช้งานในกิจการได้

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาข้อมูลการเคลื่อนไหวสินค้าคงคลังให้ครอบคลุมตลอดทั้งปี ทั้งนี้ ในระหว่างช่วงต่างๆ ของรอบปีอาจจะมีการเคลื่อนไหวของสินค้าที่ไม่เหมือนกัน เพื่อที่จะทำให้การบริหารการจัดการคลังสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ ควรศึกษาการจัดการซื้อสินค้า เช่น นำเอาระบบ EOQ มาใช้ประกอบการจัดซื้อจัดหาวัตถุดิบ เพื่อให้มีระดับสินค้าคงคลังที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการดำเนินกิจการของวิสาหกิจชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสมาชิกกลุ่มแม่บ้านเกษตรหนองตูมพัฒนา ตำบลหนองตูม อำเภอกงไกรลาศ จังหวัดสุโขทัย ที่ได้ให้การสนับสนุนและให้ข้อมูลอันทรงคุณค่าซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการบรรลุผลงานวิจัยนี้ นอกจากนี้ คณะผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณอย่างจริงใจต่อมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้สนับสนุนทรัพยากรที่จำเป็นสำหรับการดำเนินการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2562). *คู่มือการดำเนินกิจการวิสาหกิจชุมชน.* กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

นันทวรรณ สมศรี และศุภฤกษ์ เหล็กดี. (2563). *การลดต้นทุนสินค้าคงคลังด้วยวิธี ABC-FSN Analysis กรณีศึกษาโรงงานผลิตภัณฑ์เสริมอาหาร* [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์]. https://cite.dpu.ac.th/upload/content/files/Project%20MLE63/การลดต้นทุนสินค้าคงคลังด้วยวิธี%20ABC-FSN%20Analysis(1).pdf

พระราชบัญญัติส่งเสริมวิสาหกิจชุมชน พ.ศ. 2548. (2548, 18 มกราคม). *ราชกิจจานุเบกษา.* เล่ม 122 ตอนที่ 6 ก, หน้า 319-327.

วรพล อารีย์, วัชริยา แช่มแมงปัก, ภคพล แซ่ลิ่ม, และนันทวัฒน์ สาวิสิทธิ์. (2563). ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิค ABC classification analysis เพื่อการจัดสินค้าคงคลังกลุ่มเครื่องปรุงรสและอาหารแห้ง: กรณีศึกษา ห้างสรรพสินค้า XYZ. *วารสารวิชาการ มทร.สุวรรณภูมิ(มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 5(2), 153-166.

อัษฎางค์ พลนอก และอรรถวิทย์ สมศิริ. (2565, 25 กุมภาพันธ์). *การวิเคราะห์สินค้าคงคลังด้วยวิธี ABC–FSN Analysis: กรณีศึกษาโรงพยาบาลแห่งหนึ่ง* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการระดับชาติพิบูลสงครามวิจัย ครั้งที่ 7 “การวิจัยและนวัตกรรมเพื่อความยั่งยืนภายใต้ชีวิตวิถีใหม่”, มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม.

อินทิรา รามอินทร์, ธิรนันท์ วัฒนโยธิน, เกศกุฎา โกฏิกุล, กฤติกา กลับรินทร์, และนุชากร คงยะฤทธิ์. (2565, 27 พฤษภาคม). *การเพิ่มประสิทธิภาพคลังสินค้า กรณีศึกษา บริษัท เตือนใจพาณิชย์กรุ๊ป จำกัด สาขามะนาวหวาน* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมสัมมนาวิชาการระดับชาติ (MDTE) ครั้งที่ 4 ประจำปี 2565, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์ของพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

วันที่รับ : 6 มิถุนายน 2566
วันที่แก้ไข : 20 กันยายน 2566
วันที่ตอบรับ : 9 ตุลาคม 2566

ถกลรัตน์ ทักษิมา[1], อัจจิมา ศรีปรัชญาอนันต์[2] และปณิธี สุวรรณอมรเลิศ[1*]
[1]วิทยาลัยการแพทย์บูรณาการ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ กรุงเทพ
*Corresponding author e-mail: panitee.tip@dpu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง และศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งของชุมชนในเขตอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี ด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม โดยศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ มะขามอ่อน น้ำตาลมะพร้าว และกะปิ วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีสเกลแบบฮีโดนิก 9 จุด สุ่มตัวอย่างจากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปที่รับประทานน้ำพริกมะขาม (n=120 คน) ด้วยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก ประเมินการยอมรับโดยรวมและความสนใจในการซื้อด้วยวิธีสเกลแบบไบโนเมียล พบว่าสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดคือสูตรที่ 3 (มะขามอ่อน: กุ้งแห้ง: น้ำตาลมะพร้าว: กะปิ: เกลือ: หอมแดง: กระเทียม: พริกขี้หนู = 50.87: 8.00: 11.40: 4.78: 0.75: 12.25: 9.80: 2.15 โดยน้ำหนัก) คะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งสูตรที่ 3 มีค่ามากกว่า 7.0 (ในระดับ 9 คะแนน) โดยได้รับการยอมรับ (91.67%) และความความสนใจในการซื้อ (91.67%) คุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง มีค่าสี L*, a*, b* เท่ากับ 23.47, 16.49, 22.62 ค่า aw เท่ากับ 0.57 และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) เท่ากับ 5.50 ตามลำดับ ค่าความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหาร ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง มีค่าเท่ากับร้อยละ 33.72, 5.10, 12.63, 2.73, 16.83 และ 4.37 ตามลำดับ คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์เป็นไปตามมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ชุมชน (ฉบับที่ 321) ผลผลิตที่ได้จากงานวิจัยนี้จะช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับมะขามซึ่งเป็นวัตถุดิบพื้นถิ่นของพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี และสร้างรายได้ให้กับประชากรในเขตพื้นที่ดังกล่าวได้

คำสำคัญ: น้ำพริกมะขาม, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, ประโยชน์เชิงพาณิชย์

THE PRODUCT DEVELOPMENT OF TAMARIND CHILI PASTE WITH DRIED SHRIMP FOR COMMERCIAL USE OF KOH SI CHANG IN CHONBURI PROVINCE

Received : 6 June 2023
Revised : 20 September 2023
Accepted : 9 October 2023

Takunrat Taksima[1], Utchima Sriprachya-anunt[2] and Panitee Suwanamornlert[1]
[1]College of Integrative Medicine, Dhurakij Pundit University, Bangkok
[2]Little Sunshine Café, Bangkok
*Corresponding author e-mail: panitee.tip@dpu.ac.th

ABSTRACT

The objectives of this research were to develop a tamarind chili paste with dried shrimp and to investigate chemical, physical, microbiological and sensory quality of the tamarind chili paste with dried shrimp of Koh Si Chang in Chonburi Province. The mixture design was applied in this study to develop the tamarind chili paste with dried shrimp formulation based on three factors; immature tamarind pod, coconut sugar, and shrimp paste. The qualities of tamarind chili paste with dried shrimp products were analyzed for the chemical, physical, microbial and sensory evaluation aspects (hedonic scale 9-point). The samples (n= 120) were selected from consumers which consumed tamarind chili paste by used convenient sampling random. The overall acceptance and purchase intent (A binomial (yes/no) scale) were also evaluated. The results showed that the most accepted community product by consumers is the recipe 3 (immature tamarind pod: dried shrimp: coconut sugar: shrimp paste: salt: shallots: garlic: capsicum annuum as 50.87: 8.00: 11.40: 4.78: 0.75: 12.25: 9.80: 2.15 by weight). The overall liking score of tamarind chili paste with dried shrimp product in recipe 3 was over 7.00 (on a 9-point scale) within positive acceptance (91.67%) and purchase intent (91.67%). The physical qualities of tamarind chili paste with dried shrimp products consisting of L*, a*, b*, water activity (aw) and pH were 23.47, 16.49, 22.62, 0.57, and 5.50, respectively. The moisture content, ash, protein, lipid, carbohydrate and fiber of tamarind chili paste with dried shrimp products were 33.72, 5.10, 12.63, 2.73, 16.83, and 4.37, respectively. The microbiology quality of the chili paste followed the Thai Community Product Standard (Number 321). Outputs from this research showed the potential to add value to tamarind (the local ingredient of Koh Si Chang in Chonburi Province), and increase the income for the population in the area of Koh Si Chang in Chonburi Province.

Keywords: Tamarind chili paste, The product development, Commercial use

บทนำ

อาหารไทยเป็นที่รู้จักและนิยมในกลุ่มผู้บริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ อาหารไทยมีความได้เปรียบและสามารถแข่งขันได้ในเวทีโลก น้ำพริกซึ่งเป็นอาหารประจำชาติเป็นอีกหนึ่งในอาหารไทยที่รู้จักตั้งแต่สมัยโบราณ และเป็นอาหารจานหลักที่สำคัญที่ทุกคนทุกภาครับประทานได้ไม่เบื่อ เพราะสามารถสลับสับเปลี่ยนและคิดเปลี่ยนแปลงไปตามความพอใจของผู้ปรุง และสามารถนำสู้ตลาดโลกได้ คนไทยคุ้นเคยกับน้ำพริกผักจิ้มมาโดยตลอดเพราะมีรสชาติจัดจ้าน รับประทานได้ทุกวัย และน้ำพริกยังมีหลายแบบให้ได้เลือกรับประทานตามท้องตลาด ราคาถูก หรืออยากทำรับประทานเองก็สามารถทำได้ง่าย โดยขั้นตอนไม่ยุ่งยากเก็บรักษาไว้ได้นาน ราคาไม่แพง และยังมีการนำสมุนไพรมาเป็นส่วนผสมที่ให้ประโยชน์แก่ร่างกายอีกด้วย ปัจจุบันผลิตภัณฑ์น้ำพริกให้คุณค่าทางโภชนาการ เช่น โปรตีน ไขมัน เกลือแร่ และพลังงาน แต่ด้านใยอาหารและสรรพคุณทางยาด้านอื่นๆ ยังมีน้อย เนื่องจากวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการทำน้ำพริกมีส่วนประกอบหลัก คือ พริก กระเทียม หอมแดง และเนื้อสัตว์บางชนิด จึงทำให้ผลิตภัณฑ์น้ำพริกยังมีคุณค่าทางโภชนาการน้อย ประกอบกับกระแสการดูแลสุขภาพของผู้บริโภคมีมากขึ้น อาหารที่ส่งผลดีต่อสุขภาพ เช่น อาหารจากสมุนไพร จึงมีความต้องการเพิ่มขึ้นในท้องถิ่นมีพืชสมุนไพรจำนวนมาก ที่ช่วยในการต้านโรคต่างๆ รักษาโรคบางชนิด และช่วยบำรุงร่างกาย (จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก, 2552) พริกขี้หนู (Capsicum flutescens) มีสรรพคุณเป็นยาขับลมบำรุงธาตุ ขับเหงื่อขับลม และเจริญอาหาร กระเทียม (Allium sativum Linn.) มีสรรพคุณช่วยลดความดันโลหิต ลดไขมันในหลอดเลือด ช่วยบำรุงไตตับอ่อนและหัวใจให้แข็งแรง หอมแดง (Allium ascalonicum) รักษาโรคภูมิแพ้และอาการหอบหืด มีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระและช่วยลดการอักเสบ และสมุนไพรที่มีรสชาติเผ็ดร้อน มีสรรพคุณแก้โรคจุกเสียด บำรุงธาตุ ช่วยย่อยอาหาร (สันติสุข โสภณสิริ และวีรพงษ์ เกรียงสินยศ, 2558) เป็นต้น

น้ำพริกมะขามเป็นอาหารไทยภาคกลางที่คนไทยนิยมนำมารับประทาน ซึ่งเป็นน้ำพริกที่มีความคล้ายกับน้ำพริกกะปิ แต่ต่างกันตรงที่ใช้มะขามสดในการให้ความเปรี้ยวแทนมะนาวทำให้มีลักษณะข้น และค่อนข้างแห้ง ในสมัยโบราณจะมีเฉพาะน้ำพริกมะขามสดชนิดที่ไม่ต้องนำไปผัดในน้ำมัน แต่ในปัจจุบันได้มีการดัดแปลงสูตร และวิธีการทำ โดยการเติมเนื้อสัตว์ลงไป เช่น หมูสับ กุ้งสับ กุ้งแห้ง และปลาป่น แล้วนำไปผัดกับน้ำมันจนกระทั่งสุก สามารถเก็บไว้กินได้นานขึ้น และช่วยลดกลิ่นเหม็นเขียวของมะขามสดลงไปอีกด้วย ซึ่งการเพิ่มเนื้อสัตว์และน้ำมันเป็นการเพิ่มโปรตีนและพลังงานในอาหาร ที่สำคัญมะขามมีวิตามินซีสูง มีฤทธิ์เป็นยาระบาย และยังมีกรดอินทรีย์ เช่น กรดกรดทาร์ทาริก และกรดซิตริก (Tumpa et al., 2021, p.1) เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพอีกด้วย อภิญญา มานะโรจน์ และคนอื่นๆ (2562, น.144) ศึกษาสูตรพื้นฐานของน้ำพริกมะขามและทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 50 คน ด้วยวิธีให้คะแนนแบบ 9–point Hedonic Scale ด้านลักษณะปรากฏ คือ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม พบว่าผู้บริโภคให้คะแนนความชอบต่อน้ำพริกมะขามที่ใช้เนื้อมะขามอ่อนบดต่อเนื้อหมูบดที่อัตราส่วน 6:5 ในระดับชอบมาก

จากการลงสำรวจข้อมูลและพื้นที่เกาะสีชังพบว่าผลิตภัณฑ์จากการทำประมงทะเลโดยเฉพาะผลิตภัณฑ์จากกุ้งและปลาหมึกของกลุ่มวิสาหกิจฯ ที่จำหน่ายในชุมชนหรือตลาดภายในจังหวัด ใช้วิธีการแปรรูปแบบดั้งเดิมจากภูมิปัญญาที่ถ่ายทอดสืบต่อกัน ขาดการใช้เทคโนโลยีในการแปรรูปผลิตภัณฑ์สินค้าและเทคโนโลยีการบรรจุ รวมถึงการออกแบบบรรจุภัณฑ์ และจัดทำมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับและตรงตามความต้องการของตลาด จึงทำให้ไม่สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์เหล่านั้นได้ นอกจากการทำประมงทะเลซึ่งเป็นอุตสาหกรรมทางเศรษฐกิจหลักที่สร้างรายได้ให้กับชุมชนท้องถิ่นในเขตอำเภอเกาะสีชังแล้ว ในพื้นที่ดังกล่าวยังมีวัตถุดิบสำคัญที่เป็นอัตลักษณ์ของพื้นที่ ได้แก่ มะขาม ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาเป็นตำรับ/สำรับอาหาร เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบหรือตำรับอาหาร และเชื่อมโยงกับทิศทางการพัฒนาเศรษฐกิจฐานรากของชุมชนท้องถิ่นด้านการพัฒนาการท่องเที่ยวเชิงอาหารได้ อย่างไรก็ตามในพื้นที่ดังกล่าวยังไม่มีการนำมะขามมาผลิตเป็นสินค้ารวมถึงยังไม่มีการพัฒนากระบวนผลิตที่ถูกต้องตามมาตรฐานการผลิตอาหารที่สามารถวางจำหน่ายได้ในเชิงพาณิชย์

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งซึ่งเป็นสินค้าที่สามารถ สร้างรายได้ให้กับชุมชนในพื้นที่ตำบลเกาะสีชัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อยกระดับการผลิตสินค้าเกษตร ที่เป็นอัตลักษณ์ และเหมาะสมกับศักยภาพพื้นที่ ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจของท้องถิ่นในระดับชุมชน พร้อมทั้งนำองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการผลิตน้ำพริกมะขามกุ้งแห้งถ่ายทอดให้กับชุมชนในพื้นที่อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี เป็นการเปิดโอกาสให้ชาวบ้านได้รับการส่งเสริมและพัฒนาต่อยอดการประกอบอาชีพด้านการผลิตให้ประสบความสำเร็จในเชิงธุรกิจต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งของชุมชนในเขตอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งของชุมชนในเขตอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี
3. เพื่อศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งของชุมชนในเขตอำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่าง และวัตถุดิบ

1.1 มะขามอ่อนและกุ้งแห้งที่สามารถหาได้ภายในชุมชนตำบลเกาะสีชัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

1.2 ส่วนประกอบของการผลิตจะใช้วัตถุดิบต่างๆ ดังนี้ เกลือตราปรุงทิพย์ (ยี่ห้อปรุงทิพย์) น้ำตาลมะพร้าว กะปิหอมแดง กระเทียม พริกขี้หนู และน้ำมันปาล์ม (ยี่ห้อมรกต)

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง โดยศึกษาสูตรการผลิตดังนี้

พัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งโดยการใช้เทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture design) เพื่อหาปริมาณส่วนผสมของน้ำพริกมะขามกุ้งแห้งที่มีความเหมาะสม โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัย คือ มะขามอ่อน น้ำตาลมะพร้าว และกะปิ จากนั้นนำสูตรพื้นฐานจำนวน 3 สูตร มาทดลองผลิตเพื่อคัดเลือกสูตร โดยโขลกกะปิกระเทียม และหอมแดงให้ละเอียด ใส่พริกขี้หนูสวนบุเบาๆ พอแตก ใส่มะขามอ่อนโขลกรวมกัน ปรุงรสด้วยน้ำตาลมะพร้าว เกลือ และกุ้งแห้งป่นเคล้าให้เข้ากันนำน้ำพริกลงไปผัดใช้ไฟปานกลางผัดจนน้ำพริกมีลักษณะแห้ง

3. วิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์

3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี

นำผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า และใยอาหาร ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (2000) และค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่อง pH Meter ยี่ห้อ Schott รุ่น G 0840

3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ

นำผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งมาทำการวิเคราะห์คุณภาพ ดังนี้

(1) ค่าสี L* a* b* โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta CM-3500d, Japan ในระบบ CIE LAB

(2) ค่าปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) ด้วยเครื่อง Thermoconstanter Novasina model TH 200

3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total plate count) ปริมาณยีสต์และรา (Yeast and Mold) และ Escherichia coli ตามวิธีของ Association of Official Analytical Chemists (1998)

4. การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ คัดเลือกผู้ทดสอบจำนวน 120 คน โดยการสุ่มจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้บริโภคทั่วไปที่เคยรับประทานน้ำพริกมะขามด้วยวิธีการสุ่มแบบสะดวก ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale โดยพิจารณาคุณลักษณะด้านต่างๆ ดังนี้ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม รวมถึงการสอบถามความคิดเห็นต่อการยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี Yes or No Scale ทั้งนี้กระบวนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (รหัสโครงการวิจัย DPUHREC010/65NA) เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

5. การวางแผนการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางเคมีและกายภาพตามแผนการทดลอง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design: RCBD) เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลทางประสาทสัมผัสตามแผนการทดลอง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance: ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple rang test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การประเมินผลทางลักษณะประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์วิเคราะห์ผลทางสถิติโดยใช้การวิเคราะห์ความแตกต่างของข้อมูลระหว่าง 2 กลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic regression analysis) โดยการจำลองคาดการณ์และระบุคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีอิทธิผลต่อการยอมรับและความต้องการซื้อของผลิตภัณฑ์

ผลการวิจัย

1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

ผลจากการศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งด้วยเทคนิคการออกแบบการทดลองแบบผสม (Mixture design) โดยปัจจัยที่ทำการศึกษา 3 ปัจจัย ได้แก่ มะขามอ่อน น้ำตาลมะพร้าว และกะปิ ที่มีปริมาณของส่วนผสมในสูตรอยู่ในช่วงร้อยละ 70-80, 10-20 และ 2-8 ตามลำดับ ได้สูตรพื้นฐานของน้ำพริกมะขามกุ้งแห้งจำนวน 3 สูตร (ตารางที่ 1) เพื่อนำไปศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพ จุลินทรีย์ การยอมรับทางประสาทสัมผัส และการยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์

ตาราง 1 แสดงส่วนผสมของน้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

ส่วนผสม	ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง (ร้อยละ)		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
มะขามอ่อน	53.62	48.27	50.87
กุ้งแห้ง	8.00	8.00	8.00
น้ำตาลมะพร้าว	8.05	13.40	11.40
กะปิ	5.38	5.38	4.78
เกลือ	0.75	0.75	0.75
หอมแดง	12.25	12.25	12.25
กระเทียม	9.80	9.80	9.80
พริกขี้หนู	2.15	2.15	2.15

2. การศึกษาคุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งสูตรที่ 1-3 แสดงดังภาพ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง ทั้ง 3 สูตร ประกอบด้วย ปริมาณความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต เถ้า ใยอาหาร ค่าสี L* a* b* และปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) แสดงดังตาราง 2

ผลการวิเคราะห์ค่า pH ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งทั้ง 3 สูตร พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 5.50-5.87 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 321 เรื่องน้ำพริกผัด ที่กำหนดให้ผลิตภัณฑ์มีค่า pH > 4.6 สำหรับปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าสูตรที่ 2 มีค่าปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระต่ำกว่าสูตรที่ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำตาลมะพร้าวที่เติมในสูตรที่ 2 มีปริมาณมากกว่าทำให้น้ำตาลเกิดการรวมตัวกับน้ำในอาหารส่งผลต่อการลดลงของปริมาณความชื้นและปริมาณน้ำอิสระ อย่างไรก็ตามค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระของผลิตภัณฑ์น้ำพริกที่ได้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่กำหนดไว้ (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2566)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า และใยอาหาร พบว่า สูตรที่ 1 มีค่าเท่ากับ 12.33 ± 0.11 16.33 ± 0.11 2.50 ± 0.07 5.13 ± 0.04 และ 4.63 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 12.13 ± 0.11 3.00 ± 0.07 4.90 ± 0.07 4.00 ±

0.07 และ 17.50 ± 0.07 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และผลิตภัณฑ์สูตรที่ 3 มีปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และ คาร์โบไฮเดรต เท่ากับ 12.63 ± 0.09 2.73 ± 0.04 5.10 ± 0.07 4.37 ± 0.16 และ 16.83 ± 0.11 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่า สูตรที่ 1 มีปริมาณใยอาหารมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากเป็นสูตรที่มีส่วนประกอบของมะขามอ่อนในปริมาณร้อยละ 53.62 ในขณะที่สูตรที่ 2 ที่มีปริมาณน้ำตาลมะพร้าวมากที่สุด (ร้อยละ 13.40) จึงส่งผลทำให้มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและไขมันในผลิตภัณฑ์สูตรที่ 2 มากกว่าสูตรอื่นๆ 2

ค่าสี L* a* และ b* ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าสูตรที่ 1 มีค่า L* = 21.31 ± 0.16, a* = 14.85 ± 0.18 และ b* = 20.48 ± 0.11 สูตรที่ 2 มีค่า L* = 20.88 ± 0.10, a* = 16.26 ± 0.18 และ b* = 21.45 ± 0.27 และ สูตรที่ 3 มีค่า L* = 23.47 ± 0.37, a* = 16.49 ± 0.34 และ b* = 22.62 ± 0.14 ตามลำดับ โดยค่าสีเป็นปัจจัยคุณภาพที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและมีอิทธิพลต่อการยอมรับของผู้บริโภค นอกจากนี้คุณภาพด้านสียังใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ปริมาณกะปิมีความสัมพันธ์กับค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง พบว่าสูตรที่ 3 ค่าความสว่างมากที่สุดทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณกะปิน้อยกว่าสูตรอื่นๆ

สูตรที่ 1 สูตรที่ 2 สูตรที่ 3

ภาพ 1 ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

ตาราง 2 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

คุณสมบัติ		ผลการวิเคราะห์		
		สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ค่าความเป็นกรด-เบส (pH)		5.87 ± 0.02 ^{a}	5.65 ± 0.01 ^{b}	5.50 ± 0.02 ^{c}
ปริมาณความชื้น (%)		34.81 ± 0.09 ^{a}	32.96 ± 0.10 ^{b}	33.72 ± 0.09 ^{ab}
ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (a_w)		0.60 ± 0.00 ^{a}	0.54 ± 0.01 ^{b}	0.57 ± 0.01 ^{b}
ปริมาณโปรตีน (%)		12.33 ± 0.11 ^{ab}	12.13 ± 0.11 ^{b}	12.63 ± 0.09 ^{a}
ปริมาณคาร์โบไฮเดรต (%)		16.33 ± 0.11 ^{b}	17.50 ± 0.07 ^{a}	16.83 ± 0.11 ^{ab}
ปริมาณไขมัน (%)		2.50 ± 0.07 ^{b}	3.00 ± 0.07 ^{a}	2.73 ± 0.04 ^{ab}
ปริมาณเถ้า (%) ^{ns}		5.13 ± 0.04	4.90 ± 0.07	5.10 ± 0.07
ปริมาณใยอาหาร (%)		4.63 ± 0.09 ^{a}	4.00 ± 0.07 ^{b}	4.37 ± 0.16 ^{ab}
ค่าสี	*L**	21.31 ± 0.16 ^{b}	20.88 ± 0.10 ^{c}	23.47 ± 0.37 ^{a}
	*a**	14.85 ± 0.18 ^{b}	16.26 ± 0.18 ^{a}	16.49 ± 0.34 ^{a}
	*b**	20.48 ± 0.11 ^{c}	21.45 ± 0.27 ^{b}	22.62 ± 0.14 ^{a}

หมายเหตุ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย + ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
ตัวอักษรในแนวนอนที่แตกต่างกันแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด Escherichia coli และปริมาณยีสต์และรา พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งทั้ง 3 สูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดเท่ากับ 5.10 x 102, 4.30 x 102 และ 3.80 x 102 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ พบปริมาณเชื้อ Escherichia coli น้อยกว่า 3 ต่อตัวอย่าง 1 กรัม และปริมาณยีสต์และรา น้อยกว่า 10 โคโลนี ต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งทั้ง 3 สูตรมีคุณภาพทางจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ตาราง 3)

ตาราง 3 คุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

รายการทดสอบ	ผลการวิเคราะห์			มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (ฉบับที่ 321) เรื่องน้ำพริกผัด
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	
Total Plate Count (CFU/g)	5.10 x 102	4.30 x 102	3.80 x 102	< 1x 104 CFU/g
Escherichia coli(CFU/g)	< 3	< 3	< 3	< 3 CFU/g
Yeast and Mold(CFU/g)	< 10	< 10	< 10	< 100 CFU/g

4. การศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง

จากการนำผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งจากสูตรพื้นฐานทั้ง 3 สูตรมาประเมินคุณภาพทางประสาท (ตาราง 4) พบว่า ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทางด้านสี กลิ่น และเนื้อสัมผัส แต่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทางด้านลักษณะปรากฏ รสชาติและความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ 3 ได้รับค่าคะแนนการยอมรับคุณลักษณะทางด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงสุด มีค่าเท่ากับ 7.12, 7.08 และ 7.21 ตามลำดับ เมื่อพิจารณาจากค่าคะแนนการยอมรับผลิตภัณฑ์ และความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งทั้ง 3 สูตรได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับดีถึงดีมาก โดยมีค่าการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าร้อยละ 70 สำหรับความสนใจซื้อของผลิตภัณฑ์หากมีจำหน่ายในท้องตลาดพบว่าผู้บริโภคมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งสูตรที่ 3 มากที่สุดถึงร้อยละ 91.67 รองลงมาคือสูตรที่ 2 ร้อยละ 79.17 และสูตรที่ 1 ร้อยละ 70.83 ตามลำดับ

ตาราง 4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง (n=120)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขาม		
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3
ลักษณะปรากฏ	6.87 ± 0.53 ^{b}	7.03 ± 0.53 ^{a}	7.12 ± 0.60 ^{a}
สี ^{ns}	7.35 ± 0.55	7.14 ± 0.56	7.29 ± 0.57
กลิ่น ^{ns}	6.59 ± 0.51	6.70 ± 0.42	6.88 ± 0.60
รสชาติ	6.04 ± 0.60 ^{c}	6.65 ± 0.47 ^{b}	7.08 ± 0.44 ^{a}
เนื้อสัมผัส ^{ns}	6.38 ± 0.53	6.64 ± 0.56	6.74 ± 0.45
ความชอบโดยรวม	6.40 ± 0.51 ^{b}	6.80 ± 0.47 ^{ab}	7.21 ± 0.51 ^{a}
การยอมรับผลิตภัณฑ์ (%) $^{\#}$	75.83	81.67	91.67
ความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ (%) $^{\#}$	70.83	79.17	91.67

หมายเหตุ แสดงผลเป็นค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$^{a-b}$ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรในแนวนอนแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($p\leq0.05$)

$^{\#}$ ด้วยการใช้สเกลแบบ (ใช่/ไม่ใช่)

5. การวิเคราะห์การยอมรับและความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิควิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์ (Logistic regression analysis, LRA)

ผลการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการยอมรับโดยรวมหรือความสนใจซื้อกับลักษณะทางประสาทสัมผัสของน้ำพริกมะขามกุ้งแห้งสูตรที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด คือ สูตรที่ 3 โดยนำสมการถดถอยที่ได้ไปประมาณหรือพยากรณ์การยอมรับและความสนใจซื้อ แสดงผลดังตาราง 5 พบว่าคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมไม่มีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่ระดับนัยสำคัญ ($p\leq0.05$) แต่คุณลักษณะด้านกลิ่นและรสชาติมีอิทธิพลต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ค่า Odds ratio ซึ่งในที่นี้เป็นอัตราส่วนของความ

น่าจะเป็นของการยอมรับผลิตภัณฑ์และความน่าจะเป็นของการไม่การยอมรับผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 0.464 และ 0.361 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาถึงความสนใจซื้อพบว่าความชอบโดยรวมซึ่งมีค่า Odd ratio เท่ากับ 29.429 เป็นลักษณะทางประสาทสัมผัสเดียวที่มีอิทธิพลต่อความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หากมีวางจำหน่ายขายในท้องตลาด

ตาราง 5 ค่า Parameter estimates, probability และ Odd ratio estimates ของการยอมรับและความสนใจซื้อของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง (n=120)

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	การยอมรับของผลิตภัณฑ์			ความสนใจซื้อต่อผลิตภัณฑ์		
	Estimate	Prob>X^2	Odd ratio	Estimate	Prob>X^2	Odd ratio
ลักษณะปรากฏ	0.237	0.436	1.267	-0.088	0.747	0.916
สี	-0.445	0.147	0.641	-0.461	0.098	0.630
กลิ่น	-0.768	0.035	0.464	-0.606	0.062	0.546
รสชาติ	-1.020	0.011	0.361	-0.403	0.224	0.668
เนื้อสัมผัส	1.356	0.199	3.882	0.946	0.201	2.574
ความชอบโดยรวม	20.500	0.992	799748394.6	3.382	0.000	29.429
Constant	-118.340			-15.628		

อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งมีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 5.50-5.87 มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการทำงานของเอนไซม์ตลอดจนการยับยั้งหรือชะลอการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ (สุมณฑา วัฒนสินธุ์, 2545) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ สุภางค์ เรืองฉาย (2552, น.95) ได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามเสริมกระเจี๊ยบ จากการศึกษาพบว่าค่า pH ของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 5.2-5.9 และแปรผกผันกับปริมาณของพริกขี้หนูสวนที่ใช้ ในขณะที่ปริมาณน้ำตาลปี๊บไม่มีผลต่อค่า pH ของผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้พบว่าผลของค่าความชื้นและปริมาณน้ำอิสระในอาหาร (aw) ของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภางค์ เรืองฉาย (2552, น.97) ซึ่งได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามเสริมกระเจี๊ยบจากการศึกษาพบว่าค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 32.1-40.4 โดยค่าความชื้นแปรผันตรงกับเปอร์เซ็นต์ของพริกขี้หนูสวนและน้ำตาลปี๊บที่ใช้ และงานวิจัยของ ปารมี ชุมศรี (2559, น.53) ได้ศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามเสริมปลาดุกร้า พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 35.61

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ไขมัน เถ้า ใยอาหาร และ คาร์โบไฮเดรต สอดคล้องกับงานวิจัยของ กนกวรรณ ปุณณะตระกูล และคนอื่นๆ (2559, น.116) ได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกแห้งจากเม็ดบัว และวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของของผลิตภัณฑ์ จากการศึกษาพบว่าน้ำพริกผัดแห้งเม็ดบัว 100 กรัม ให้พลังงาน 511 กิโลแคลอรี คาร์โบไฮเดรต 48.1 กรัม โปรตีน 10.1 กรัม และไขมัน 30.9 กรัม และงานวิจัยของ ผกาวดี ภู่จันทร์ และคนอื่นๆ (2563, น.135) ได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกผัดสมุนไพรและวิเคราะห์หาคุณค่าทางโภชนาการของของผลิตภัณฑ์จากการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์มีปริมาณโปรตีน ร้อยละ 23.91 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 23.36 ไขมันร้อยละ 4.45 ความชื้นร้อยละ 38.91 และเถ้าร้อยละ 9.37

ผลจากการวิเคราะห์ค่าสีพบว่าค่าความสว่างของน้ำพริกมะขามสูตรที่ 2 มีค่าน้อยที่สุดทั้งที่มีปริมาณของมะขามอ่อนในสูตรน้อยกว่าสูตรที่ 1 และสูตรที่ 3 ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับงานวิจัยของ อภิญญา มานะโรจน์ และคนอื่นๆ (2561, น.146) ซึ่งรายงานว่าการเข้มขึ้นของสีของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของพอลิฟีนอลออกซิเดสในมะขามอ่อน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากสูตรที่ 2 มีปริมาณกะปิที่เติมในสูตรน้ำพริกมะขามกุ้งแห้งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อสีที่เข้มขึ้นของน้ำพริกมะขามกุ้งแห้งด้วย

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปารมี ชุมศรี (2559, น.53) ได้ศึกษาพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามเสริมปลาดุกร้า พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรวจไม่พบปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณยีสต์และรา และไม่พบเชื้อ *Escherichia coli* ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้

จากผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าผลิตภัณฑ์น้ำพริกกุ้งแห้งสูตรที่ 3 มะขามอ่อน: กุ้งแห้ง: น้ำตาลมะพร้าว: กะปิ: เกลือ: หอมแดง: กระเทียม: พริกขี้หนู ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50.87: 8.00: 11.40: 4.78: 0.75: 12.25: 9.80: 2.15 โดยน้ำหนัก เป็นสูตรที่เหมาะสมต่อการนำไปถ่ายทอดองค์ความรู้ให้กับกลุ่มชาวบ้านพื้นที่เป้าหมาย คือชุมชนในพื้นที่ตำบลเกาะสีชัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี เพื่อให้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ต่อไป เนื่องจากเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับและความสนใจซื้อของผลิตภัณฑ์จากผู้บริโภคมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ สุภางค์ เรืองฉาย (2552, น.100) ได้ศึกษาพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามเสริมกระเจี๊ยบ จากการศึกษาพบว่าผู้บริโภคจำนวน 200 คน ให้การยอมรับด้านรสชาติ และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับมากเท่ากับ 7.9 และ 8.0 และงานวิจัยของ วอล์คเกอร์ และคนอื่นๆ (Walker et al., 2010, p.40) ได้ศึกษาการยอมรับและความต้องการซื้อของผลิตภัณฑ์เชอร์เบทไขมันต่ำไม่มีน้ำตาลที่ประกอบด้วยโปรตีนจากถั่วเหลืองที่มีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 140 คน จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงถึงร้อยละ 65 และผู้บริโภคมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 55.7 และงานวิจัยของ ถกลรัตน์ ทักษิมา และคนอื่นๆ (2566, น.50) ได้ศึกษาการยอมรับและความต้องการซื้อของผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวที่มีผู้ทดสอบชิมทั้งหมด 120 คน จากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงถึงร้อยละ 100 และผู้บริโภคมีความต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 95.83

ในการวิเคราะห์ความถดถอยโลจิสติกส์เป็นเทคนิคเพื่อใช้พิจารณาว่าลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซึ่ง ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งเป็นตัวแปรอิสระเชิงปริมาณที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับโดยรวม (Overall acceptability) และระดับการตัดสินใจซื้อ (Purchase intent) ที่เป็นตัวแปรตามโดยมีลักษณะเป็นตัวแปรเชิงกลุ่มที่มีค่าได้เพียง 2 ค่า คือ ยอมรับและไม่ยอมรับ ซื้อและไม่ซื้อ ตามลำดับ เมื่อพิจารณาค่า Odds ratio ซึ่งในที่นี้เป็นอัตราส่วนของความน่าจะเป็นของการยอมรับผลิตภัณฑ์ และความน่าจะเป็นของการไม่การยอมรับผลิตภัณฑ์ พบว่าเมื่อคะแนนความชอบด้านกลิ่นเพิ่มขึ้น 1 หน่วย บนสเกลแบบ 9-point hedonic ในขณะที่ตัวแปรอิสระอื่นๆ หรือลักษณะทางประสาทสัมผัสอื่นๆ คงที่ จะทำให้ความน่าจะเป็นของการยอมรับผลิตภัณฑ์เป็น 0.464 เท่าของความไม่การยอมรับผลิตภัณฑ์ดังนั้นในกรณีของรสชาติที่มีค่า Odd ratio เท่ากับ 0.361 หมายถึงความน่าจะเป็นของการยอมรับผลิตภัณฑ์ที่เมื่อมีการเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อเป็น 0.361 เท่าของความไม่สนใจซื้อ เมื่อพิจารณาถึงความสนใจซื้อ พบว่าการเพิ่มคะแนนทางด้านความชอบโดยรวมทำให้ผู้บริโภคมีความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ได้มากขึ้น จากคุณลักษณะทางด้านความชอบโดยรวมมีค่า Odds ratio ซึ่งในที่นี้เป็นอัตราส่วนของความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อ ดังนั้น ในกรณีของความชอบโดยรวมที่มีค่า Odd ratio เท่ากับ 29.429 หมายถึงความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อของผลิตภัณฑ์ที่เมื่อมีการเพิ่มขึ้น 1 หน่วยจะทำให้ความน่าจะเป็นของความสนใจซื้อเป็น 29.429 เท่าของความไม่สนใจซื้อ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง จากการศึกษาพบว่าสูตรพื้นฐานที่ได้รับการคัดเลือก คือ สูตรที่ 3 ซึ่งมีอัตราส่วนของ มะขามอ่อน: กุ้งแห้ง: น้ำตาลมะพร้าว: กะปิ: เกลือ: หอมแดง: กระเทียม: พริกขี้หนู เท่ากับ 50.87: 8.00: 11.40: 4.78: 0.75: 12.25: 9.80: 2.15 (โดยน้ำหนัก) โดยผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งที่ได้จากการพัฒนาเป็นสูตรที่ได้รับการยอมรับร้อยละ 91.67 และได้รับความสนใจซื้อจากผู้บริโภคสูงคิดเป็นร้อยละ 91.67 เมื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และจุลินทรีย์ พบว่า ค่าสีของน้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง โดยระบบ CIE LAB มีค่า สี L* a* b* เท่ากับ 23.47 ± 0.37,16.49 ± 0.34 และ 22.62 ± 0.14 ตามลำดับ การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่า มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน เถ้า ใยอาหาร ความชื้น ปริมาณน้ำอิสระในอาหาร และความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 12.63, 16.83, 2.73, 5.10, 4.37, 33.72, 0.57 และ 5.50 ตามลำดับ และ มีผลทางด้านจุลินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* และปริมาณยีสต์และราอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ฉบับที่ 321 เรื่องน้ำพริกผัด กำหนดไว้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สูตรผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น กรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม และผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด สามารถนำไปเป็นสูตรมาตรฐานและคู่มือการผลิตอย่างง่ายที่คนในชุมชนพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรีสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไป

2. ผลจากการวิจัยเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มของมะขามอ่อนและสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนพื้นที่เกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

3. การถ่ายทอดองค์ความรู้สู่กลุ่มแม่บ้าน กลุ่มวิสาหกิจชุมชน หรือผู้ที่สนใจเพื่อการผลิตไว้บริโภคในครัวเรือนหรือจำหน่ายเชิงการค้า

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ น้ำพริกมะขามกุ้งแห้งเพิ่มเติมอย่างน้อยเป็นเวลา 6 เดือน โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และ จุลินทรีย์

2. ควรมีการเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์โดยการออกแบบบรรจุภัณฑ์ทั้งในส่วนของชนิดของวัสดุทางการบรรจุที่สามารถยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ให้ยาวนานขึ้น รูปแบบของบรรจุภัณฑ์เพื่อให้เกิดการใช้ผลิตภัณฑ์ได้สะดวกและสะดวกในการจัดจำหน่าย การให้ข้อมูลด้านคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามกุ้งแห้ง การออกแบบกราฟิกเพื่อให้ดึงดูดผู้บริโภคและเพิ่มช่องทางการจำหน่ายโดยการทำการตลาดออนไลน์ เนื่องจากในปัจจุบันผลิตภัณฑ์นี้ยังไม่มีการผลิตหรือพัฒนาบรรจุภัณฑ์รวมถึงช่องทางการจำหน่ายในเชิงการค้าในพื้นที่อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี

3. ผลผลิตจากงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดและศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในด้านกระบวนการผลิตด้วยความร้อนเพื่อยืดอายุการเก็บผลิตภัณฑ์ให้นานขึ้น สามารถวางจำหน่ายในเชิงการค้าได้

4. ผลผลิตจากการวิจัยนี้สามารถนำไปถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีในการผลิตน้ำพริกมะขามกุ้งแห้งให้กับชุมชนในพื้นที่อำเภอเกาะสีชัง จังหวัดชลบุรี หรือพื้นที่อื่นเพื่อเป็นการสร้างรายได้และการสร้างมูลค่าของมะขามในเชิงพาณิชย์

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณกลุ่มชาวบ้านในชุมชนพื้นที่ตำบลเกาะสีชัง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี สำหรับการเป็นพื้นที่ตัวอย่างและให้การสนับสนุนในการทำงานวิจัย งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากศูนย์บริการ RDI มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ (DPURDI)

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ปุณณะตระกูล, ยศพร พลายโถ, และอัจจิมา มั่นทน. (2559). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกแห้งจากเม็ดบัว. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 11(1), 109-117.

จุไรรัตน์ เกิดดอนแฝก. (2552). *สมุนไพรลดความดันโลหิตสูง 121 ชนิด.* เซเว่น พริ้นติ้ง.

ถกลรัตน์ ทักษิมา, ปณิธี สุวรรณอมรเลิศ, และปิยะพงษ์ ยงเพชร. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปลาดุกแดดเดียวของวิสาหกิจชุมชนโดยใช้ตู้อบพลังงานแสงอาทิตย์ “รุ่นหลังเต่า”. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์,* 18(2), 39-52.

ปารมี ชุมศรี. (2559). การพัฒนาสูตรผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขามเสริมปลาดุกร้า. *สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี,* 5(2), 48-55.

ผกาวดี ภู่จันทร์, โสรัจวรชุม อินเกต, ไพรวัลย์ ประมัย, และสุสิตรา สิงโสม. (2563). การพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำพริกผัดสมุนไพร. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี,* 14(1), 131-138.

สันติสุข โสภณสิริ และวีรพงษ์ เกรียงสินยศ. (2558). *รสเด็ด เผ็ดร้อนเลิศคุณค่า ยาและอาหารไทย.* อุษาการพิมพ์.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2566). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. (มผช.321/2566) น้ำพริกผัด.* กระทรวงอุตสาหกรรม. https://tcps.tisi.go.th/pub/tcps321_66(น้ำพริกผัด).pdf

สุภางค์ เรืองฉาย. (2552). การพัฒนาน้ำพริกมะขามผสมกระเจี๊ยบ. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*, 29(4), 88-101.

สุมณฑา วัฒนสินธุ์. (2545). *จุลชีววิทยาทางอาหาร.* โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

อภิญญา มานะโรจน์, ปรัศนีย์ ทับใบแย้ม, วาสนา ขวยเขิน, และบุญยนุช ภู่ระหงษ์, (2562). การใช้ลูกหนามแดงทดแทนมะขามอ่อนบางส่วนในผลิตภัณฑ์น้ำพริกมะขาม. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร,* 13(1), 139-148.

Association of Official Analytical Chemists. (1998). *Bacteriological analytical manual (BAM).* (8th ed.). United States Food and Drug Administration.

_____. (2000). *Official method of analysis of AOAC international.* (17th ed.). Gaithersburg, Maryland.

Tumpa, B. D., Sondhi, R., Akter, N., & Alim, M. A. (2021). Biochemical, sensory and storage ability assessment of different tamarind drink formulations. *Fundamental and Applied Agriculture,* 6(2), 163-171.

Walker, J., Boeneke, C. A., Sriwattana, S., Herrera-Corredor, J. A., & Prinyawiwatkul, W. (2010). Consumer acceptance and purchase intent of a novel low-fat sugar-faee sherbet containing soy protein. *Journal of Food Quality,* 33(s1), 27-41. https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00300.x

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SOLAR-POWERED IRRIGATION SYSTEM FOR SUGARCANE CULTIVATION

Received : June 6, 2023
Revised : October 23, 2023
Accepted : November 3, 2023

Warachit Phayom[1*] and Witayakool Bunsiri[1]
[1]Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani
*Corresponding author e-mail: warachit.ph@udru.ac.th

ABSTRACT

The objectives of this research were to design and examine the performance of solar-powered irrigation system on different daytime for sugarcane cultivation in Udon Thani. This study was conducted at the experimental area of the Faculty of Technology of Udon Thani Rajabhat University on an area of 6,480 m^2, utilizing the sugarcane of the Khon Kaen 3 variety during the dry season. The study was divided into two parts: the design of a solar-powered irrigation system and the study of technical performances of the solar-powered irrigation system across different times of day. The payback period was calculated by comparing energy costs between using a solar pump with a petrol engine pump. As a result, a 2,200 W solar water pump and a 3 inches water pipeline with a pipe length of 167 m were designed for the 6,480 m2 sugarcane fields. A drip irrigation system was selected to be used in sugarcane irrigation system because it turned out that the drip irrigation system improved the efficiency in irrigating sugarcane plantations. The drip tape had holes with a diameter of 16 mm and 20 cm apart. It was placed into two areas for the water to flow to the end of the tape. The solar panel used in this study was 445 W with a maximum voltage of 45.18 V/panel, and a string of 10 panels, connected in series. The result revealed that the system worked well at every time of the day, morning, noon, and afternoon. According to that, sugarcane met its water requirement by an hour. To be more specific, at the range of highest solar irradiance, it could produce a highest total system efficiency of 6.40% in the morning. In addition, the payback period was approximately 3.56 years comparing the solar pump with engine pump. Therefore, it could be concluded that the drip irrigation system was efficient in growing sugarcane, and also environmentally friendly.

Keywords: Solar-powered irrigation systems, Sugarcane, Solar pump, Pump efficiency,

Introduction

Udon Thani is a province where most of the land is used for the purpose of agriculture. Sugarcane is considered as a significant industrial drop in Udon Thani since 926,699,200 m2 are used for sugarcane cultivation - the 4th largest area of the country (Office of Agricultural Economics, 2022). Nevertheless, sugarcane cultivation requires irrigation at all stages of growth (Chontanaswat et al., 2020, p.66; Gunarathna et al., 2018, p.2). The average sugarcane irrigation around Udon Thani is 3.75 mm/day (Thai Meteorological Department, 2008; Royal Irrigation Department, 2011). Planting seasons of sugarcane in Thailand are pre-rainy season (April - June), dry season (January - March), and post-rainy season (November – December). Pre-rainy season allows the sugarcane to maximize water uptake during the rainy season. In dry season, irrigation is needed for sugarcane to store water before the rain comes in the next season. For post-rainy season, the soil is still humid (Office of the Cane and Sugar Board, 2016). However, sugarcane cultivation in the Northeast is mostly based on rainfed cultivation. Sugarcane plants may lack water if there is little or no rain in the growing year. Especially now that the world is facing an El Niño situation (Office of the Cane and Sugar Board, 2020). These drought problems have directly affected the growth and production of sugarcane (Office of the Cane and Sugar Board, 2020; Wonprasaid, 2015) Providing additional water according to the sugarcane's needs is necessary.

A drip irrigation system is an irrigation system that benefits the environment by conserving water, increases efficiency of growing sugarcane in the dry season or in water scarcity areas, and increases quantity and quality of sugarcane yields (Parnthon, et al., 2017, p.341). The water is applied either on the surface, next to the plant, or subsurface, near the root zone. (Office of the Cane and Sugar Board, 2020) Comparing sugarcane cultivation using drip irrigation with farmers' current irrigation method, which is based on soil moisture and rainwater only, it was found that the cost of growing sugarcane until harvesting using the drip irrigation method was only 6.8% higher than the current irrigation method for farmers, but yields a higher returned of up to 22.5%, or approximately 2.28 TB/m2/year (Mekdan, 2013). It is consistent with the study of in the northeastern region, it was found that drip irrigation increased sugarcane production and returns (Wonprasaid, 2021; Inthawut & Suphanchaimat, 2011, p.57).

Unfortunately, most sugarcane cultivation areas are remote from communities and lack access to electricity. This results in farmers having to irrigate sugarcane by themselves. Except that sugarcane is planted in rainy season, rain will help farmers alleviate their workload (Chontanaswat et al., 2020, p.66). On the contrary, in summer and winter, farmers may need equipment and tools for water pumping and irrigation systems which require fuel. This increases the expense to farmer, including air pollution (Islam & Hossain, 2022, p.2).

According to that, irrigating sugarcane by solar-powered water pump may offer farmers the opportunity to reduce energy costs related to pumping system. This is because Thailand is located in the equator, it is a country with great potential for solar energy (Iamtrakul & Kritsanawonghong, 2019, p.9). Moreover, the installation of solar power generation system can also be installed off-grid, which is suitable for areas without access to electricity (Jovanović et al., 2023, p.2; Mukda et al., 2020, p.124). Several studies of solar-powered irrigation systems have been reported in previous literature. In Saudi Arabia, research undertaken by Rehman and Sahin (2015, p.712) which aimed to investigate and compare the performance of both diesel and solar PV stand-alone power generating systems for underground water pumping purposes. It found that the solar PV power generating system did not only help to decrease carbon emission to the atmosphere but also was

comparable to the unit cost of energy with the diesel only system in many sites even though the unit price of the diesel fuel was very low. A study undertaken by Islam and Hossain (2022, p.1), which aimed to conceive solar irrigation pump's economic feasibility in northern Bangladesh by conducting standard financial and net environmental benefit analyses. The financial analysis revealed that a typical solar irrigation pump with 4kWp solar panels and 2.5kW pump were the most profitable option (20% IRR) for investment. Moreover, the net environmental benefit was found to be almost equal to the given subsidy for installing them.

In addition, the performance of solar-power system depends on solar irradiance. It also depends on the weather conditions and solar panel temperature. Imjai et al. (2020, p.18) studied performance of an integrated solar irrigation system for isolated agricultural areas in Thailand. The results showed that water flow generated by solar PVs and performances of the system were different depending on weather conditions. Choosakul et al. (2011, p.177) studied application of solar cells for daytime weather study, The results showed that the variation of generated electric current might be plausible to the daily weather condition. Cotfas et al. (2018, p.1) reported that the solar panel temperature is one of the most important factors which affect the performance of the solar panel. Leow et al (2020, p.1) simulated photovoltaic panel temperature under different solar irradiance using computational fluid dynamic method. The results showed that an increase in solar irradiance along with the PV panel operating temperature increase. It can be concluded that solar irradiance and solar panel temperature affect the performance of the solar-powered system. Solar irradiance will change as the daytime period changes.

The objectives of this research were to design and develop a solar-powered irrigation system in combination with drip irrigation for sugarcane cultivation in Udon Thani Province, and to examine the effect of daytime on the performance of the solar-powered irrigation system, focusing on planting during February which is outside the rainy season.

Research Objective

1. To design of the solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation in Udon Thani
2. To study of technical performances of the solar-powered irrigation system during daytime for sugarcane cultivation in Udon Thani

Research Methodology

The sugarcane plantation of this study had the area of 6,480 m^2 and this study was conducted at the experimental area of the Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Udon Thani Province (17°26'56.2"N, 102°56'33.6"E), during the dry season (February) of 2023 as shown in Figure 1. The soil was considered a laterite soil mixed with sand. The so-called Khon Kaen 3 was used in this study since the variety was suitable for Udon Thani geography. Sugarcane cultivation was spaced 2 m between rows and 0.3 m between trees, representing an area of each tree as 0.6 m2 (A_c). The total number of sugarcanes planted (N) in the study area was 10,800 stems. This study included design of a solar-powered irrigation system and study of technical performances of the solar-powered irrigation system on different daytime for sugarcane cultivation in Udon Thani, the details are as follows.

Figure 1 A sugarcane field in this study

1. Design of a solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation in Udon Thani

Irrigation requires of sugarcane and total dynamic head were considered in this study. The irrigation requires sugarcane or crop evapotranspiration (ETc, mm/day) was calculated by the formula of Kaewruang (2022); Bhingardeve et al. (2017, p.975); Costa et al. (2022, p.3) (Equation 1). Crop coefficient (Kc) was obtained from the Royal Irrigation Department (2011). Pan coefficient (Kp) was obtained from Royal Irrigation Department (2011). Pan evaporation (Ep, mm/day) was obtained from Thai Meteorological Department (2008). Air temperature (Ta) and solar irradiance (G) were collected daily.

$$ET_C = K_C \times K_P \times E_P \quad (1)$$

ET_C was the data used to calculate water discharge rate or flow rate (Q, m^3/s) which was a parameter used in considering the size of pump, together with the total dynamic head (H, m).

2. Study of technical performances of the solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation in Udon Thani

The examination of the solar-powered irrigation system was conducted in the beginning, the mid, and the end of February, and 3 times a day which were, morning (09:00-10:00 am.), noon (12:00-1:00 pm.), and afternoon (3:00-4:00 pm.). The morning and afternoon are the period which farmers can work in their fields and have more solar irradiance, and the noon is the period which and have highest solar irradiance. The technical performances in this study included pump efficiency (η_{pump}), solar panel efficiency (η_{PV}), and

total system efficiency (η_{sys}) as suggested by Mindú et al. (2021, p.4) and total water discharge in the experiment area (Dw, m^3/day). In addition, this study analyzed the payback period as a comparative analysis with the study of (Limprasitwong & Thongchaisuratkrul, 2020, p.255). However, the quality and yield of sugarcane plants are not included in this study. It will be studied and analyzed in future research. The solar panel temperature was collected by an infrared thermometer (IRTEK, model: IR50i). The flow rate (Q, m^3/s) was collected according to 10 dropper heads distributed around the area. The solar irradiance (G, W/m^2) was measured by a solar power meter (Lutron, model: SPM-1116SD) and the same slope angle with a string of panels (17° from horizontal line), The voltage (V, V) and current (I, A) were measured by digital multimeters (DIGICON, model: DM-819T). These data were carried out in every 10 min by calculating technical performances. There were used together with water density (ρ, kg/m^3), gravity or acceleration due to gravity (g, 9.81 m/s^2), and solar panel area (A_{PV}, m^2). The following expressions were calculated based on equation as,

$$\eta_{PV}=\frac{\int_{1h}(V\times I)dt}{A_{PV}\int_{1h}(G)dt} \quad (2)$$

$$\eta_{pump}=\frac{\rho\times g\times H\int_{1h}(Q)dt}{\int_{1h}(V\times I)dt} \quad (3)$$

$$\eta_{sys}=\eta_{pump}\times\eta_{PVsys} \quad (4)$$

$$D_w=Q \times N \quad (5)$$

Payback period (PBP) was calculated to determine the financial for comparing energy cost between using a solar pump with a petrol engine pump as Equation 6, the PBP refers to the number of years or the period required to return the initial investment (Senanon et al., 2019, p.7; Duangjaiboon, 2018, p.72).

$$\text{PBP (years)} = \frac{\text{Initial investment (Baht)}}{\text{Net cash inflow per year (Baht/year)}} \quad (6)$$

Results

1. The solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation in Udon Thani

A significant factor for considering size of the pump was that the amount of irrigation that sugarcane requires per day, including total dynamic head – calculated by the amount of irrigation that sugarcane requires (ET_c) in the study area of 6,480 m^2 with respective of local conditions turned out to be 24.32 m3/day and the total dynamic head was 8.17 m. A solar centrifugal pump which was 2,200 W, 90-580 V, and 8 A was therefore chosen. As for the pump power requirement, the power (445 W) and maximum voltage (45.18 V) of the solar panel and a string of 10 panels, connected in series, were selected as shown in Figure 2. The schematic design of the solar-powered irrigation system in this study is shown in Figure 3.

Figure 2 A solar-powered irrigation system unit

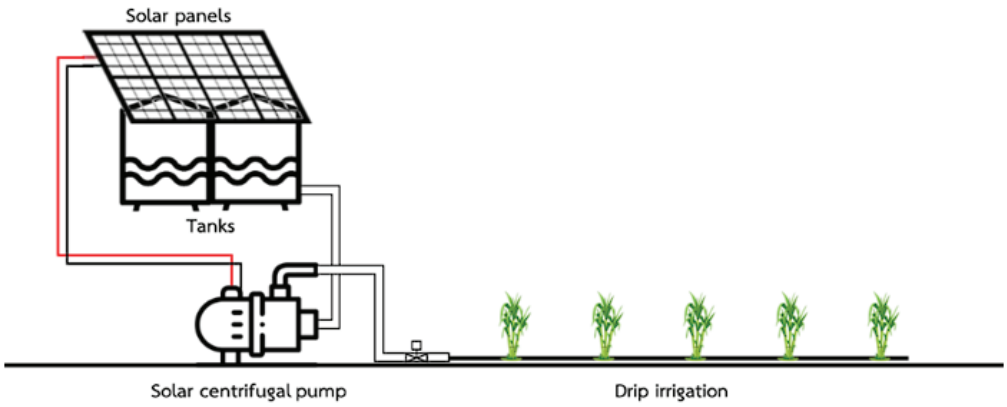


Figure 3 Schematic design of a solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation in this project

A drip irrigation was used in the irrigation system for sugarcane cultivation. By doing this, each hole on a drip tape which its diameter was 16 mm, was distanced from each other 20 cm as shown in Figure 4. The drip tape was placed into two areas in order for the water could be flowable to the end of the tape which the length of the field was 146 m.

Figure 4 Drip irrigation by drip tapes in this study

2. Technical performances of the solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation in Udon Thani

For the study of technical performances of the solar-powered irrigation system, indicators of this study included solar panel efficiency, pump efficiency, total system efficiency, and total water discharge based on Equations (2)–(5). The solar-powered irrigation system parameters were collected 3 times during the day. Table 1 presents the parameters and values of the solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation.

Table 1 Parameters and values of the solar-powered irrigation system for sugarcane cultivation

Parameter	Value		
	09:00-10:00 am	12:00-01:00 pm	03:00-04:00 pm
Solar panel temperature (°C)	39.6	54.7	48.6
Solar irradiance (G, W/m^2)	582.87	1025.03	759.12
Water flow rate (Q, m^3/s)	0.0067	0.0094	0.0074
Solar panel efficiency (η_{PV}, %)	17.30	12.38	9.56
Pump efficiency (η_{pump}, %)	37.00	32.15	41.14
Total system efficiency (η_{sys}, %)	6.40	3.98	3.93
Amount of discharge* (m^3/day)	27.35	38.64	31.25

* Calculated based on 10,800 stems

The result of solar irradiance and power output were used to calculate the efficiency of the solar panel. The solar irradiance in the morning increased from 580.1 W/m2 to 742.3 W/m^2. The power output increased from 2,124 W to 2,321 W. Unlike the solar panel efficiency that decreased from 18.3% to 15.6% and had an average of 17.30% (Figure 5). At noon, the solar irradiance was quite stable – it was between 1,020.1 W/m^2 and 1,030 W/m^2. The solar panel efficiency was also stable – it averaged 12.38%. However, in the afternoon, the solar irradiance decreased from 776.5 W/m^2 to 545.9 W/m^2. The power output also decreased according to the solar irradiance which was from 2,158 W to 828 W. The result of efficiency the decrease from 13.9% to 7.6% and average 9.56%.

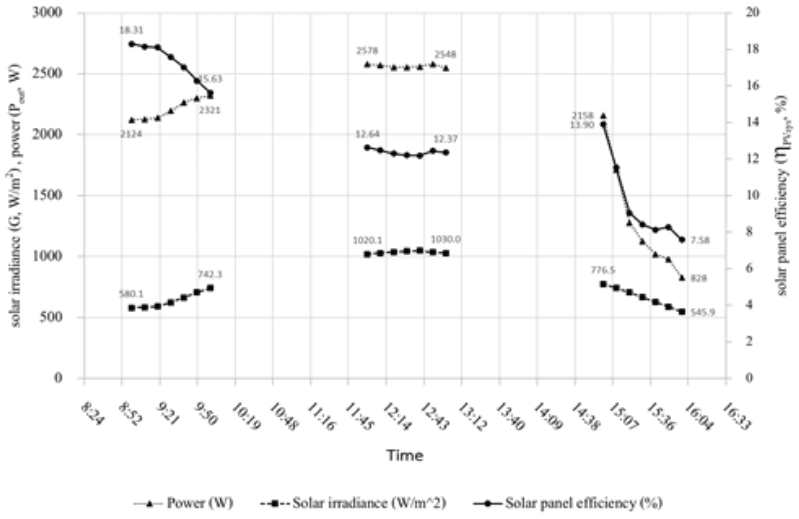


Figure 5 Relationship between solar irradiance, power output and solar panel efficiency over the daytime

Table 1 shows the tend of water flow rate which depend on solar irradiance, by this means, once the solar irradiance increased, the water flow rate would accordingly increase. To clarify, the solar irradiance in the morning was 582.87 W/m^2, the water flow rate was 0.0067 m^3/s. It was calculated as 37.0% of the pump efficiency. At noon, the solar irradiance increased to 1,025.03 W/m^2, the water flow rate increased to 0.0094 m3/s, and the pump efficiency was 32.1%. And in the afternoon, the solar irradiance decreased to 759.12 W/m^2, the water flow rate decreased to 0.0074 m^3/s, however, it was found that the pump efficiency increased to 41.1%. The calculation of total system efficiency shows that solar-powered irrigation system worked most efficiently in the morning. To clarify, the total efficiency of the system was 6.40%, and the lowest efficiency was found in the afternoon that was 3.93%.

In Figure 6 it shows locations of water collection. There were 10 locations where the water containers were placed. As seen in Figure 5, the location number 1, 2, 3, 6, 7, and 8 were the locations where the water was collected by normal tube. The location number 4, 5, 9, and 10 were the locations that collect the amount of water for considering whether water was flowable to the end of the line.

Figure 6 Locations of water collection

The results shown the water supply was flowable to the end of the line at every particular location. It also finds that the water discharge shows a relationship with solar irradiance as varied directly. The maximum amount of water discharge obtained for 10,800 sugarcane stems in this study was 38.64 m^3/day with maximum solar irradiance at noon. Since the water requirement of 10,800 sugarcane stems was 24.30 m^3/day, the average total water discharge for the experiment area in the morning and afternoon were 27.35 and 31.25 m^3/day, respectively. It shows that the total water discharge for just an hour is sufficient to meet the water requirement of all sugarcane stems in this experiment area.

For payback period analysis, in this study, the data of a 3.4 kW petrol engine pump was used for comparing energy costs with a 2.2 kW solar pump as well as the study of Limprasitwong and Thongchaisuratkrul

(2020, pp.251-252). The fuel consumption rate of the petrol engine pump was 1.4 liter/hour, but maintenance cost was not included to analyze. If the petrol engine pump is used for an hour per day and the price of gasoline is 36.44 THB per liter (PTT Oil and Retail Business Public Company Limited, 2023), then the energy cost of the petrol engine pump is 51 THB/hour. The total cost of the solar pump system in this study was around 60,000 THB. Chontanaswat et al. (2020, p.66) has been reported that irrigation duration of sugarcane cultivation is 330 days in a crop season. Therefore, the payback period was approximately 1,177 hours or 3.56 years comparing the solar pump with the petrol engine pump. An investment project was accepted because the payback period was less than the solar pump lifetime, this system has a lifetime of approximately 20 years (Limprasitwong & Thongchaisuratkrul, 2020, p.255). The details are shown in Table 2.

Table 2 Data list and details for comparison between cost of a solar pump system and a petrol engine pump system for sugarcane cultivation

Data list	Details	Unit
Project life	20	Year
Irrigation duration of sugarcane cultivation	330	day in a crop season
Irrigation period of a day	1	Hour/day
Solar pump system	60,000	THB
Fuel consumption rate of the petrol engine pump	1.4	Liter/hour
Price of gasoline	36.44	THB/liter
Energy cost of the petrol engine pump	51.02	THB/hour
Energy saving (Gasoline)	16,835.28	THB/year
Payback period	3.56	Year

Discussions

For the result in the morning, it can be said that the solar panel efficiency starts to decrease even though the solar irradiance increases, which was resulted by the increasing of the solar panel's temperature (Leow et al., 2020, p.6). In the afternoon, the solar irradiance and the power output decreased, the efficiency of the solar panels also decreased according to the solar irradiance and the power output. The reason for that was, although the decrease of the solar irradiance was found, the temperature of the panel was still considerably high. It appeared that the lowest efficiency of the solar panels was found in the afternoon and noon, respectively. The highest efficiency of the solar panels appeared to be found in the morning. It showed that the temperature of the solar panel greatly affected the panel efficiency, this was consistent with the study of Leow et al. (2020, p.7) and Cotfas et al. (2018, p.11).

For the pump efficiency, which depends on the water flow rate and the power output. From the results, it was found that the water flow rate was directly varied to the solar irradiance. The power output is inversely varied to the temperature of the panel. Although the solar irradiance in the afternoon was higher than the one in the morning, but the temperature of the solar panel was still considered high which was affected from the decrease of power output, and that caused the pump efficiency to be higher than the one in other times. The range of solar pump efficiency obtained between 32.1-41.1% which was close to the study of Korpale et al. (2016, p.524). The total system efficiency denoted that the solar-powered irrigation system for sugarcane

cultivation could have a good technical performance in Udon Thani, this was consistent with the study of Mindú et al. (2021, p.14). In addition, the payback period obtained from this study is relatively short, in accordance with Limprasitwong and Thongchaisuratkrul (2020, p.257). A shorter payback period indicates a quicker return on investment, which should be favorable for most farmers.

The study results of the total water discharge showed that the solar-powered irrigation system for sugarcane in this study was found sufficient within less than an hour and met the water requirement of the sugarcane. Irrigation during noon took 38 minutes which was considered the least time taken. Thus, it can be said that the solar-powered irrigation system was available to be applied for sugarcane at any daytime. Moreover, it could also be contributed for the greatly and efficiently saving of water resources.

Conclusions and Suggestions

Conclusions

The solar-powered irrigation system has already been implemented in many rural areas in Thailand. It shows that this technology has been widely used. The most common use of solar-powered irrigation systems is an off-grid or stand-alone PV system with a direct-coupled system, where there is no electrical energy storage (batteries). Moreover, this system is easily used and stable for small-size pumps 3-25 m^3/day. For the reason of that, it can be used in both small irrigations and domestic use. The outcomes of this research showed the potential to enable sugarcane farmers in the Northeast Thailand to use water efficiently and conserve energy.

Nevertheless, the factors considered in choosing a solar-powered irrigation system technology which could significantly influence on the efficiency of the system were water requirements, total dynamic head, technology of solar panel, temperature of the solar panel, and solar irradiance. The solar-powered drip irrigation system had highest of solar panel efficiency, pump efficiency, total system efficiency, total water discharge, and payback period of 17.30%, 41.14%, 6.40%, 38.64 m3/day, and 3.56 years, respectively.

Recommendation for using to benefit

This study showed that solar-powered drip irrigation system was very efficient and available to use throughout the daytime, water-use efficiency, contribution for carbon neutrality and less human operation. Therefore, it may be a sustainable alternative for sugarcane irrigation in Udon Thani and nearby areas.

Recommendation for future research

This study had begun to be used in sugarcane fields of farmers in Udon Thani Province, which had similar weather and soil conditions, under the flagship project, which however, the next research will compare the yield and quality of sugarcane between the irrigation obtained from this study with farmers' irrigation method. In addition, the analysis on economic aspects will be compared.

Acknowledgments

My deep gratitude to Udon Thani Rajabhat University for funding this study, also extends to the Energy Engineering Program, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University for kindly supporting the tools and equipment used in this study.

References

Bhingardeve, S. D., Pawar, D. D., Hasure, R. R., & Dingre, S. K. (2017). Yield and yield attributes of sugarcane under deficit irrigated subsurface drip irrigation. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 5(6), 974-982.

Chontanaswat, P., Muangthong, S., Moungprasert, C., & Tangwongkit, R. (2020). Solar energy drip irrigation system for sugarcane plantation. *Agricultural Science and Management Journa*l, 3(1), 64-72. (in Thai)

Choosakul, N., Buddhakalaa, M., Barnthipa, N., Muakngama, A., & Banglienga, C. (2011). Application of solar cells for daytime weather study. *Energy Procedia,* 9, 171–177. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2011.09.018

Costa, A. R. F. C., Costa, M. S., Rolim, M. M., Da Silva, G. F., Simões Neto, D. E., & Da Silva, M. M. (2022). Water depths and nitrogen rates on sugarcane growth and dry biomass accumulation. *Bioscience Journal,* 38, e38042. https://doi.org/10.14393/BJ-v38n0a2022-59658

Cotfas, D. T., Cotfas, P. A., & Machidon, O. M. (2018). Study of temperature coefficients for parameters of photovoltaic cells. *International Journal of Photoenergy.* https://doi.org/10.1155/2018/5945602

Duangjaiboon, K. (2018). Feasibility study on hybrid solar hot water for hotel building. *Academic Journal Uttaradit University,* 13(1), 65-78.

Gunarathna, M. H. J. P., Sakai, K., Nakandakari, T., Momii, K., Onodera, T., Kaneshiro, H., Uehara, H., & Wakasugi, K. (2018). Optimized subsurface irrigation system: the future of sugarcane irrigation. *Water*, 10(3), 314. https://doi.org/10.3390/w10030314

Iamtrakul, P., & Kritsanawonghong, S. (2019). Thailand's future green energy for sustainable urban development. *Built,* 13(1), 7-18.

Imjai, T., Thinsurat, K., Ditthakit, P., Wipulanusat, W., Setkit, M., & Garcia, R. (2020). Performance study of an integrated solar water supply system for isolated agricultural areas in Thailand: A case-study of the royal initiative project. *Water*, 12(9), 2438. https://doi.org/10.3390/w12092438

Inthawut, J., & Suphanchaimat, N. (2011). Feasibility study of mobile surface drip irrigation system service business for small scale cane growers in Nakhon Ratchasima Province. *MBA-KKU Journal,* 4(2), 49-62.

Islam, M. T., & Hossain, M. E. (2022). Economic feasibility of solar irrigation pumps: A study of northern Bangladesh. *International Journal of Renewable Energy Development*, 11(1), 1-13. https://doi.org/10.14710/ijred.2022.38469

Jovanović, N., Mpambo, M., Willoughby, A., Maswanganye, E., Mazvimavi, D., Petja, B., Molose, V., Sifundza, Z., Phasha, K., Ngoveni, B., Matanga, G., & Du Toit, D. (2023). Feasibility of solar-powered groundwater pumping systems in rural areas of Greater Giyani Municipality (Limpopo, South Africa). *Applied Sciences*, 13(6), 3859. https://doi.org/10.3390/app13063859

Kaewruang, S. (2022). *Irrigation systems and water management.* Kasetsart University Press.

Korpale, V. S., Kokate, D. H., & Deshmukh, S. P. (2016). Performance assessment of solar agricultural water pumping system. *Energy Procedia,* 90, 518–524. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.11.219

Leow, W. Z., Irwan, Y. M., Safwati, I., Irwanto, M., Amelia, A. R., Syafiqah, Z., Fahmi, M. I., & Rosle, N. (2020). Simulation study on photovoltaic panel temperature under different solar radiation using computational fluid dynamic method. *Journal of Physics: Conference Series*, 1432, 012052. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1432/1/012052

Limprasitwong, P., & Thongchaisuratkrul, C. (2020). A technical and economic study between DC and AC solar pump systems for agriculture. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 30(2), 248–258. https://doi.org/10.14416/j.kmutnb.2020.03.005

Mekdan, A. (2013). *Cost and return analysis in sugar cane planting cultivated by water dripped irrigation and traditional system of farmers in Sawankhalok District, Sukhothai Province* [Master Thesis, Chiangmai University]. https://cmudc.library.cmu.ac.th/frontend/Info/item/dc:118623

Mindú, A. J., Capece, J. A., Araújo, R. E., & Oliveira, A. C. (2021). Feasibility of utilizing photovoltaics for irrigation purposes in Moamba, Mozambique. *Sustainability,* 13(19), 10998. https://doi.org/10.3390/su131910998

Mukda, P., Chaiwong, K., Prammanee, T., & Nanan, K. (2020). The suitable off-grid solar energy generator system with water pump. *Agriculture and Technology Journal,* 1(2), 123-132.

Office of Agricultural Economics. (2022). *Agricultural statistics of Thailand 2021*. Ministry of Agriculture and Cooperatives.

Office of the Cane and Sugar Board. (2016). *Sustainable management of sugarcane fields handbook.* Ministry of Industry Press.

_____. (2020). *Sugarcane cultivation is correct, appropriate, and sustainable handbook.* Ministry of Industry Press.

Parnthon, S., Jiracheewee, N., Horasart, W., Chansakhoo, W., Suayleuk, S., & Kirasak, K. (2017). *Testing and development of drip irrigation systems for rain-fed sugarcane fields in Northeast Thailand.* the 18th TSAE National Conference and the 10th TSAE International Conference. Thai Society Agricultural Engineering.

PTT Oil and Retail Business Public Company Limited. (2023, April 26). *Oil price.* https://www.pttor.com/th/oil_price

Rehman, S., & Sahin, A. Z. (2015). Performance comparison of diesel and solar photovoltaic power systems for water pumping in Saudi Arabia. *International Journal of Green Energy,* 12(7), 702-713. https://doi.org/10.1080/15435075.2014.884498

Royal Irrigation Department. (2011). *Crop water requirement reference crop evapotranspiration & crop coefficient handbook.* Royal Irrigation Department. https://water.rid.go.th/hwm/cropwater/iwmd/pdf/rev_cwr_manual.pdf

Senanon, B., Thongtep, K., Jirasereeamornkul, K., Lenwari, W., Buochareon, S., & Auttawaitkul, Y. (2019). An economic analysis of eight megawatts solar power plants between the fixed system and the sun tracking system in Thailand. A*cademic Journal Uttaradit Rajabhat University*, 14(2), 1-19.

Thai Meteorological Department. (2008). *The forecasting of potential evapotranspiration by using product of numerical weather prediction "Unified".* Ministry of Digital Economy and Society.

Wonprasaid, S. (2015). *Soil and water management for ratoon yield improvement of sugarcane in the Northeast (Research report).* Suranaree University of Technology Press.

_____. (2021). *Smart drip irrigation for sugarcane production in large-scale plantation (Research report).* Suranaree University of Technology Press.

แผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทืองเพื่อควบคุมวัชพืชสำหรับผักสวนครัว

วันที่รับ : 27 ตุลาคม 2566
วันที่แก้ไข : 30 มกราคม 2567
วันที่ตอบรับ : 5 กุมภาพันธ์ 2567

วิชุดา กล้าเวช[1], รัฐพล สมนา[2], วรศิริ เดอ กาเดอเนต์[3] และเกียรติสุดา สมนา[2*]
[1]คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา
[2]คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน จังหวัดนครราชสีมา
[3]สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา
*Corresponding author e-mail: kiatsuda.so@rmuti.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาปริมาณธาตุอาหาร การย่อยสลายในดินและการย่อยสลายที่ผิวดินของแผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทือง ศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชและศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแผ่นพืชคลุมดินเมื่อเทียบกับการใช้วัสดุคลุมดินประเภทอื่น โดยในการดำเนินงานวิจัย วัสดุที่ใช้ ได้แก่ ต้นฟักทองสำหรับทำแผ่นพืช และปอเทืองบดเป็นวัสดุเพิ่มธาตุอาหาร ในปริมาณ 0, 2.5, 5 และ 10 กรัม ต่อพื้นที่ 600 ตารางเซนติเมตร และ ทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร การศึกษาการย่อยสลายในดินและการย่อยสลายที่ผิวดิน และการศึกษาการใช้แผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทืองในแปลงสาธิต ได้แก่ การหาร้อยละการขึ้นของวัชพืช การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้แผ่นพืชคลุมดิน จากผลการวิจัย พบว่า ปริมาณธาตุอาหารบนแผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทืองมีโพแทสเซียมในระดับสูง (91–120 มก./กก.) ในตัวอย่างแผ่นพืชที่มีปริมาณปอเทืองบด 10 กรัมต่อพื้นที่ 600 ตารางเซนติเมตร การทดลองการย่อยสลายในดิน พบว่า ที่อายุ 15 วัน แผ่นพืชที่มีปริมาณปอเทืองบด 10 กรัมต่อพื้นที่ 600 ตารางเซนติเมตร ไม่พบแผ่นพืชจากต้นฟักทองและปอเทืองเหลืออยู่ สำหรับการย่อยสลายบนดิน พบว่า ยังมีแผ่นพืชจากต้นฟักทองและปอเทืองเหลืออยู่ มีน้ำหนักหายไปร้อยละ 12.35 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืชในแปลงสาธิต พบว่าที่อายุ 40 วัน มีค่าร้อยละการขึ้นของวัชพืช 57.5 เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่คลุมดินมีค่าร้อยละ 82.50 ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศของแผ่นพืชมีค่า 3.0544 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์ต่อกิโลกรัม ผลงานวิจัยนี้เกิดประโยชน์ต่อการนำไปใช้ควบคุมวัชพืชในแปลงผักสวนครัวสำหรับเกษตรกร และการต่อยอดสำหรับนักวิจัยในการพัฒนาแผ่นพืชคลุมดินให้มีประโยชน์สูงสุดต่อไป

คำสำคัญ: แผ่นพืชคลุมดิน, ต้นฟักทอง, ปอเทือง, กำจัดวัชพืช

BIOSHEET FROM PUMPKIN AND SUN HEMP PLANTS TO CONTROL WEEDS FOR GARDEN VEGETABLES

Received : 27 October 2023
Revised : 30 January 2024
Accepted : 5 February 2024

Wichuda Klawech[1], Rattapon Somna[2], Vorasiri de Cadenet[3] and Kiatsuda Somna[2*]
[1]Faculty of Science and Liberal Arts,
Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima
[2]Faculty of Engineering and Technology,
Rajamangala University of Technology Isan, Nakhon Ratchasima
[3]Institute of Engineering,
Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima
*Corresponding author e-mail: kiatsuda.so@rmuti.ac.th

ABSTRACT

The objectives of this research were to examine the nutrients of biosheet, soil decomposition, and surface decomposition of biosheet from pumpkin and hemp plants, the efficiency of weed growth control in demonstration plants, and the amount of carbon dioxide released by the biosheet compared to other types of control weed materials. In the research, pumpkin plants were used for making biosheet, and ground sunhemp as a material for adding nutrients which was put over the sheet in the amounts of 0, 2.5, 5, and 10 grams per 600 square centimeters. The properties were examined by analyzing nutrients of biosheet, soil decomposition, and soil surface decomposition. Examination on biosheet from pumpkin and hemp plants as biosheet was conducted by percentage calculation of weed plants and analysis on the amount of carbon dioxide released by the biosheet. The results revealed that as for nutrients on biosheet from pumpkin and hemp plants, potassium was at a high level (91–120 mg/kg) with biosheet content of 10 grams per 600 square centimeter area. As for soil decomposition at 15 days, biosheet of ground hemp content 10 grams per 600 square centimeters did not show presence of biosheet from pumpkin and hemp plant left over. As for the decomposition on the soil surface, there was biosheet remaining and the biosheet weight lost for 12.35%. The efficiency of weed control in the demonstration plant showed that the percentage of weed growth was 57.5 at 40 days, compared to the plant that was not mulched at 82.50 percent. The amount of carbon dioxide released into the atmosphere by the plant sheets was 0.2337 kilograms of carbon dioxide per kilogram. The results of this research are beneficial for use in controlling weeds in vegetable gardens for farmers and further development for researchers.

Keywords: Biosheet, Pumpkin plant, Sunhemp, Weeds contral

บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม มีการเพาะปลูกทั้งพืชสวน พืชไร่และพืชผักสวนครัว วัชพืชที่พบได้ มีทั้งประเภทวัชพืชใบแคบ วัชพืชใบกว้าง และกก เป็นต้น วิธีการกำจัดวัชพืชในบางกลุ่มการเกษตรเป็นการใช้สารเคมีทางการเกษตร ซึ่งง่ายต่อการดำเนินการ และช่วยกำจัดวัชพืชได้ผลดี (สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2565) แต่การใช้สารเคมีในการกำจัดวัชพืชจำเป็นต้องใช้ทุกครั้ง เพื่อให้การกำจัดวัชพืชมีประสิทธิภาพอีกทั้งเกษตรกรที่ใช้สารเคมี ยังใช้ไม่ถูกวิธีและใช้ในปริมาณที่เกินความต้องการ ทำให้เกิดการตกค้างของสารเคมีในพืชผลทางการเกษตร และการตกค้างของสารเคมีในดินและน้ำ ทำให้ดินเสื่อมสภาพและทำให้แหล่งน้ำมีการปนเปื้อนสารเคมี ส่งผลต่อสุขภาพของผู้ที่นำน้ำนั้นไปใช้ในการอุปโภคและบริโภค (กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง และสุวรรณา พนาอดิศัย, 2564, น.29; วันปิติ ธรรมศรี, 2564, น.335)

สำหรับวิธีการในการกำจัดและควบคุมวัชพืชมีหลายวิธี ได้แก่ การถาก การถอน การปลูกพืชคลุมดิน การปลูกพืชหมุนเวียน การใช้น้ำหมักและน้ำหมักสูตรเกลือ และการใช้พลาสติกคลุมดินและวัสดุธรรมชาติ เช่น ฟางกับแกลบ ในการคลุมดินจากการใช้วัสดุคลุมดิน พบปัญหาจากการใช้พลาสติกคลุมดิน เมื่ออายุการใช้งานยาวนานจะเกิดการเปื่อยยุ่ยสลาย ยากแก่การกำจัดและจะมีขนาดเล็ก ปนในเนื้อดิน ในขณะที่การใช้วัสดุธรรมชาติคลุมดินสามารถลดการสูญเสียน้ำ ควบคุมวัชพืชและเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชได้ (พรทิพย์ ศรีมงคล และคนอื่นๆ, 2563, น.453) แต่จะมีการย่อยสลายเร็ว และมีช่องว่างที่แสงส่องถึงทำให้วัชพืชมีโอกาสเจริญเติบโตได้ จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการใช้วัสดุคลุมดินชีวมวลในลักษณะการผลิตเป็นแผ่นพืชคลุมดิน แต่จะมีข้อมูลในการศึกษาการใช้วัสดุคลุมดินชนิดต่างๆ ณัฐพงศ์ หงษ์ทอง และธีรนุช เจริญกิจ (2563, น.325) ศึกษาอิทธิพลของวัสดุคลุมดินต่อการควบคุมวัชพืชและการแตกยอดใหม่ของต้นลำไยด้วยวิธี ไม่คลุมดิน คลุมด้วยแกลบดิบ ฟางข้าว และ พลาสติกคลุมวัชพืช พบว่า การคลุมดินด้วยพลาสติกคลุมวัชพืช ไม่มีการงอกของวัชพืชเลย ให้ขณะที่วิธีอื่นยังมีการงอกของวัชพืช เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาคลุมดินแล้ว พบว่าปริมาณอินทรียวัตถุ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ไนโตรเจน แคลเซียม และแมกนีเซียม ของการคลุมดินแต่ละวิธีมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น สมยศ เดชภิรัตนมงคล (2561, น.494) ศึกษา ผลของการใช้วัสดุคลุมแปลงปลูกที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร ด้วยการใช้ฟางข้าว แกลบ พลาสติกดำ และการไม่คลุมอะไรเลย พบว่า การใช้ฟางข้าวในการคลุมแปลงให้ค่าความสูงของลำต้น น้ำหนักต้นและใบแห้ง น้ำหนักรวม และผลผลิตน้ำหนักแห้งมีค่าสูงที่สุด ในขณะที่การไม่คลุมอะไรเลยให้ค่าทุกพารามิเตอร์ต่ำที่สุด เห็นได้ว่า การใช้วัสดุคลุมดินที่เป็นอินทรีย์ช่วยให้มีการเจริญเติบโตที่ดีและให้ค่าผลผลิตสูงที่สุด สำหรับการปลูกพืชสวนครัว กรมการพัฒนาชุมชน (2565, น.8) แนะนำวิธีการปลูกผักและดูแลกำจัดวัชพืชด้วยการถอนด้วยมือ หากมีพื้นที่มากใช้พลั่ว จอบพรวนดินในการกำจัดวัชพืชไปพร้อมกับการใส่ปุ๋ย อย่างไรก็ดี การใช้พลาสติกดำคลุมดินทำให้ผลผลิตของข้าวไร่มีค่าสูงที่สุด และมีน้ำหนักแห้งและความหนาแน่นของวัชพืชในแปลงต่ำที่สุด (สิปปวิชญ์ ปัญญาตุ้ย และคนอื่นๆ, 2564, น.17)

จากปัญหาของการใช้วัสดุคลุมดินจากธรรมชาติที่ยังทำให้วัชพืชสามารถขึ้นได้ตามช่องว่างของวัสดุ และการใช้พลาสติกคลุมดินที่เมื่อหมดอายุการใช้จะมีพลาสติกตกค้างในดินนั้น (Hu et al., 2023, p.1; Chang et al., 2023, p.1) งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาศึกษาการผลิตแผ่นพืชคลุมดิน (Biosheet) เป็นวัสดุชีวภาพสำหรับปกคลุมดิน โดยใช้วัสดุจากธรรมชาติมาขึ้นรูปแบบแผ่น โดยเลือกใช้วัสดุคลุมดินเดิม ได้แก่ ต้นฟักทองหลังจากการเก็บเกี่ยวมาทำเป็นแผ่นพืชมีความแน่นหนาขึ้น และเมื่อมีการย่อยสลายจะเป็นปุ๋ยให้กับพืช ใช้ร่วมกับพืชกลุ่มเพิ่มธาตุอาหาร ได้แก่ ปอเทือง ในการขึ้นรูปแผ่นพืชคลุมดิน ศึกษาปริมาณธาตุอาหารของแผ่นพืช ร้อยละของน้ำหนักที่หายไปเมื่อฝังแผ่นพืชในดินและใช้คลุมดิน ศึกษาร้อยละการขึ้นของวัชพืชในแปลงสาธิต และการศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแผ่นพืช เพื่อเป็นต้นแบบที่สามารถให้เกษตรกรนำไปใช้ประโยชน์ได้และเป็นประโยชน์ในด้านวิชาการ โดยได้แนวทางในการควบคุมวัชพืชด้วยการใช้แผ่นคลุมดินที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติและสามารถควบคุมการขึ้นของวัชพืชได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. ศึกษาปริมาณธาตุอาหาร การย่อยสลายในดินและการย่อยสลายที่ผิวดินของแผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทือง
2. ศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมวัชพืช
3. ศึกษาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของแผ่นพืชคลุมดินเมื่อเทียบกับการใช้วัสดุคลุมดินประเภทอื่น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัสดุที่ใช้

ต้นฟักทองแห้ง (ฟ) และ ปอเทืองแห้ง (ป)

2. วิธีการขึ้นรูปแผ่นคลุมดิน

2.1 การเตรียมวัสดุ

2.1.1 นำต้นฟักทองแห้ง จากสวนเกษตรกรในจังหวัดนครราชสีมา หลังจากเก็บฟักทอง รอให้แห้งในแปลงและเก็บเกี่ยวสำหรับทำวิจัย โดยใช้ 2 กิโลกรัม แช่น้ำที่มีการผสมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 5% แช่ในสารละลายดังกล่าวจนท่วมต้นฟักทองแห้ง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้น นำมาล้างน้ำประปาให้สะอาด แล้วนำไปตากแดดให้แห้ง เก็บใส่ถุงเพื่อเตรียมใช้ทำแผ่นพืช

2.1.2 ต้นปอเทืองเก็บเกี่ยวจากต้นที่มีดอกขึ้นและอายุประมาณ 60 วัน นำมาตากให้แห้ง นำมาบดให้ละเอียดขนาดประมาณ 2-4 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องบดแห้งขนาด 700 วัตต์เป็นเวลา 20 วินาที

2.2 การขึ้นรูปแผ่นพืชจากต้นฟักทองและปอเทือง

หลังจากเตรียมวัสดุแล้วจะนำต้นฟักทองมาปั่นควบคุมเวลาที่ 1 นาที และแช่ในน้ำในกระบะน้ำตื้น หลังจากนั้น นำแผ่นเฟรมที่มีขนาด 20x30 เซนติเมตรที่มีการขึงผ้าแบบมีรูวางจุ่มในกระบะ ใช้มือเกลี่ยให้ต้นฟักทองกระจายออกและไปทั่วตะแกรงอย่างสม่ำเสมอ หลังจากนั้นยกขึ้นให้สะเด็ดน้ำ โรยปอเทืองบด ในปริมาณ 0, 2.5, 5 และ 10 กรัม ต่อพื้นที่ 600 ตารางเซนติเมตร กระจายให้ทั่วไปและใช้สเปรย์ฉีดน้ำเพื่อให้ปอเทืองติดกับต้นฟักทอง หลังจากนั้น นำแผ่นเฟรมไปตากแดดให้แห้ง แล้วแกะแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง เพื่อนำไปทดสอบคุณสมบัติ

3. แผนการทดลองสมบัติเบื้องต้นของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง

แผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง มีการทดสอบสมบัติเพื่อหาส่วนผสมที่ดีที่สุดสำหรับศึกษาในแปลงสาธิต ดังนี้

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร

หลังจากได้แผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทืองขนาด 20x30 เซนติเมตร ทำการตัดให้มีขนาด 6.67x10 เซนติเมตร นำมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุอาหาร ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ด้วยชุดตรวจสอบอินทรีย์วัตถุภาคสนามในดินของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.2 การศึกษาการย่อยสลายในดินของแผ่นพืชคลุมดิน

การศึกษาการย่อยสลายในดินของแผ่นพืช นำชิ้นแผ่นพืชคลุมดินที่ตัดขนาด ทำการตัดให้มีขนาด 6.67x10 เซนติเมตร จำนวน 3 แผ่น และชั่งน้ำหนัก นำไปฝังในดินปลูกพืชที่ความลึก 10 มิลลิเมตร ซึ่งเป็นระยะที่ไม่มีการรบกวนจากผิวดิน และข้อมูลการศึกษาการย่อยสลายในดินจะเป็นข้อมูลประกอบของผลของการย่อยสลายแผ่นพืชคลุมดิน สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของแผ่นพืชที่อายุ 7 และ 28 วัน และนำขึ้นมาวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก

3.3 การศึกษาการย่อยสลายเมื่อคลุมดิน

การศึกษาการย่อยสลายในดินของแผ่นพืช นำชิ้นแผ่นพืชคลุมดินที่ตัดวัดขนาด 6.67x10 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนัก จำนวน 3 แผ่น วางแผ่นพืชไว้ด้านบนผิวของดินปลูก สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของแผ่นพืชที่อายุ 7 และ 28 วันและวัดขนาด ชั่งน้ำหนัก

4. แผนการทดลองการศึกษาประสิทธิภาพการควบคุมวัชพืช

จากการศึกษาการทดสอบสมบัติเบื้องต้นของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทืองในขั้นตอนที่ 3 เลือกแผ่นพืชที่ให้คุณสมบัติที่ดีที่สุด ได้แก่ แผ่นพืชใช้ปอเทืองบด 10 กรัมต่อพื้นที่ 600 ตร.ซม. มาผลิตเพื่อนำมาใช้คลุมแปลงสาธิตที่มีขนาด 1x3 เมตร จำนวน 2 แปลง มีแปลงควบคุม คือ แปลงที่ไม่ใช้แผ่นพืชคลุมดิน และแปลงทดสอบการใช้แผ่นพืชคลุมดิน (แปลงสาธิตเป็นพื้นที่ในตำบลบ้านใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา) แบ่งเป็นพื้นที่ 1.5 ตร.ม. ปลูกพืชทานผล ได้แก่ ต้นมะเขือเปราะจำนวน 4 ต้น พริกแดง 4 ต้น และ อีก 1.5 ตร.ม. เป็นพืชทานใบ ได้แก่ ผักสลัดจำนวน 12 ต้น ทำการตีตารางในแปลงสาธิต ขนาด 25x25 เซนติเมตร จำนวน 48 ช่อง สังเกตปริมาณวัชพืช โดยช่องไหนพบวัชพืชให้เป็น + และ ไม่พบวัชพืช ให้เป็น – แล้วนำไปคำนวณหาร้อยละการขึ้นของวัชพืชที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25, 30 และ 40 วัน และทำการวัดค่าความชื้นในดินและค่าพีเอชของดินหลังจากสิ้นสุดการทดลอง

5. การศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้แผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Carbon footprint) ของการใช้แผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง โดยการคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทืองขนาด 20 ซม. X 30 ซม. จำนวน 9 แผ่น โดยมีน้ำหนักแผ่นละ 8.5 กรัม สามารถคำนวณได้ดังสมการนี้

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ข้อมูลกิจกรรม x ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก

โดยที่ ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก มีหน่วยเป็น น้ำหนักคาร์บอนเทียบเท่า

ข้อมูลกิจกรรม (Activity data) มีหน่วยเป็น หน่วยของวัตถุดิบหรือพลังงานที่ใช้ เช่น ปริมาณ วัตถุดิบ, ปริมาณน้ำที่ใช้, ปริมาณไฟที่ใช้ เป็นต้น

ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก (Emission factor) มีหน่วยเป็น น้ำหนักคาร์บอนเทียบเท่าต่อหน่วยวัตถุดิบหรือพลังงานที่ใช้ (Eggleston et al., 2007)

ผลการวิจัย

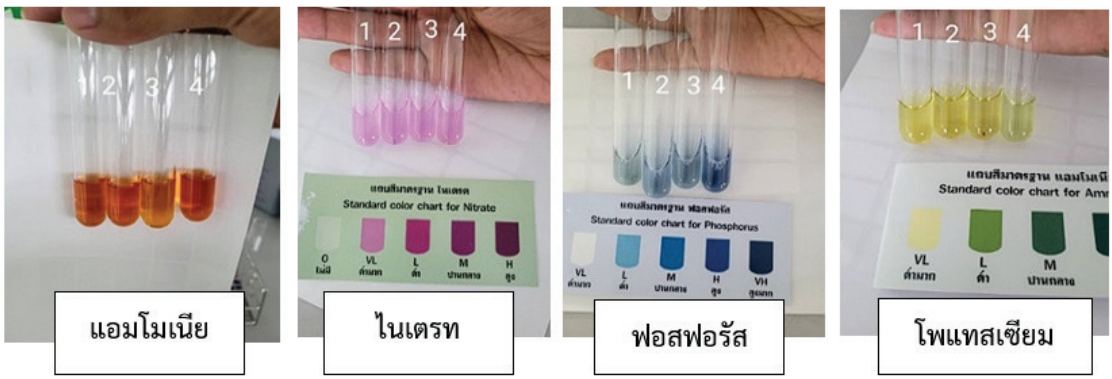
1. การทดสอบปริมาณธาตุอาหาร การย่อยสลายในดินและการย่อยสลายที่ผิวดินของแผ่นพืชคลุมดิน

1.1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทือง

ตาราง 1 แสดงการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแผ่นคลุมดินที่ใช้ต้นฟักทองและปอเทือง และภาพ 1 แสดงการวิเคราะห์ NPK ของแผ่นพืชคลุมดิน พบว่า แผ่นพืชจากต้นฟักทองร่วมกับปอเทืองที่มีการใช้ปอเทืองบด 10 กรัมต่อพื้นที่ 600 ตร.ซม. มีแอมโมเนีย ไนเตรทและฟอสฟอรัสต่ำ มีปริมาณโพแทสเซียมสูงที่สุด ซึ่งโพแทสเซียม ช่วยทำให้พืชมีความแข็งแรง ต้านทานต่อโรคและแมลงบางชนิด ถ้าขาดธาตุโพแทสเซียมไปแล้วจะทำให้พืชไม่แข็งแรง ลำต้นอ่อนแอ ผลผลิตไม่เติบโต มีคุณภาพต่ำ สีไม่สวย รสชาติไม่ดี

ตาราง 1 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารของแผ่นคลุมดินที่ใช้ต้นฟักทองและปอเทือง

ชุดทดลอง	ระดับ (%)		ระดับ (mg/kg)	
	แอมโมเนีย	ไนเตรท	ฟอสฟอรัส	โพแทสเซียม
Control	ต่ำมาก (<0.05)	ต่ำมาก (<0.05)	ต่ำ (3-10)	ต่ำ (31-60)
ฟ 2.5 ป	ต่ำมาก (<0.05)	ต่ำมาก (<0.05)	ต่ำ (3-10)	ปานกลาง (61-90)
ฟ 5 ป	ต่ำมาก (<0.05)	ต่ำมาก (<0.05)	ต่ำ (3-10)	ปานกลาง (61-90)
ฟ 10 ป	ต่ำ (0.05-0.09)	ต่ำมาก (<0.05)	ต่ำ (3-10)	สูง (91-120)



ภาพ 1 การวิเคราะห์ NPK ของแผ่นพืชคลุมดิน

1.2 การศึกษาการย่อยสลายในดินลึก 10 เซนติเมตรของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง

ตาราง 2 แสดงร้อยละของน้ำหนักและร้อยละของขนาดแผ่นของการย่อยสลายในดินลึก 10 เซนติเมตร ของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน น้ำหนักของแผ่นพืชหายไปมากกว่าร้อยละ 50 และหายไปมากกว่าร้อยละ 60 เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน เนื่องจากแผ่นพืชคลุมดินทำจากธรรมชาติทำให้ในดินมีอินทรีย์วัตถุและจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายให้แผ่นพืชสลายตัวไปได้ตามเวลา เช่นเดียวกับผลของร้อยละของขนาดแผ่นของการย่อยสลายในดินของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง พบว่า ขนาดของแผ่นพืชเปลี่ยนแปลงไปมากกว่าร้อยละ 75 เมื่อผ่านไป 7 วัน และที่เวลา 15 วัน ไม่สามารถนำขึ้นมาวัดขนาดได้ แต่ยังพบแผ่นพืชบางชิ้นส่วนอยู่ในดินจึงเห็นผลการทดสอบของขนาดแผ่นพืชแสดงค่าการย่อยสลายร้อยละ 100

ตาราง 2 ร้อยละของน้ำหนักและร้อยละของขนาดแผ่นของการย่อยสลายในดินลึก 10 เซนติเมตร ของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง

ชุดทดลอง	น้ำหนักที่หายไป (กรัม) *(ร้อยละน้ำหนักที่หายไป)* Standard deviation			พื้นที่ที่หายไป (ตร.ซม.) *(ร้อยละน้ำหนักที่หายไป)* Standard deviation		
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 15	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 15
Control	1.18 *(0)* 0	1.03 *(87.29)* ±0.010	1.05 *(88.98)* ±0.010	61.56 *(0)* 0	49.31 *(80.01)* ±0.450	61.56* *(100)* 0
ฟ 2.5 ป	2.10 *(0)* 0	1.08 *(51.43)* ±0.020	1.32 *(62.86)* ±0.035	58.50 *(0)* 0	44.50 *(76.07)* ±0.425	58.50* *(100)* 0
ฟ 5 ป	1.74 *(0)* 0	1.42 *(81.61)* ±0.030	1.61 *(92.53)* ±0.005	56.16 *(0)* 0	49.16 *(87.54)* ±0.250	56.16* *(100)* 0
ฟ 10 ป	2.30 *(0)* 0	2.06 *(89.57)* ±0.280	2.30 *(100)* 0	58.5 *(0)* 0	58.5 *(100)* 0	58.5* *(100)* 0

* หมายถึง ไม่สามารถนำขึ้นมาวัดขนาดได้ แต่ยังพบแผ่นพืชบางชิ้นส่วนอยู่ในดิน

1.3 การศึกษาการย่อยสลายที่ผิวดินเมื่อใช้คลุมดิน

ตาราง 3 แสดงร้อยละของน้ำหนักและร้อยละของขนาดแผ่นของการย่อยสลายที่ผิวดินของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง พบว่า มีร้อยละของน้ำหนักของการย่อยสลายที่ผิวดินของแผ่นพืชคลุมดินที่ 7 วัน มากกว่าร้อยละ 25 และเมื่อผ่านไป 15 วัน น้ำหนักหายไปมากกว่าร้อยละ 30 และยังเหลือส่วนที่เป็นแผ่นที่วางบนผิวดินอยู่ เช่นเดียวกับผลของร้อยละของน้ำหนักแผ่นของการย่อยสลายในดินของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง พบว่า มีพื้นที่หายไปมากกว่าร้อยละ 15 ในเวลา 7 วัน และเมื่อผ่านไป 15 วัน พื้นที่ยังคงอยู่บางส่วนที่ผิวแต่ไม่สามารถหาค่าพื้นที่ได้จึงแสดงผลออกมาว่ามีค่าร้อยละ 100

ตาราง 3 ร้อยละของน้ำหนักและร้อยละของขนาดแผ่นของการย่อยสลายที่ผิวดินของแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง

ชุดทดลอง	น้ำหนักที่หายไป (กรัม) *(ร้อยละน้ำหนักที่หายไป)* Standard deviation			พื้นที่ที่หายไป (ตร.ซม.) *(ร้อยละน้ำหนักที่หายไป)* Standard deviation		
	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 15	วันที่ 0	วันที่ 7	วันที่ 15
Control	2.00 *(0)* 0	0.57 *(28.50)* ±0.010	0.64 *(32.00)* ±0.010	61.20 *(0)* 0	5.20 *(8.50)* ±0.500	61.20* *(100)* 0
ฟ 2.5 ป	2.80 *(0)* 0	0.10 *(3.57)* ±0.095	0.31 *(11.07)* ±0.040	71.20 *(0)* 0	6.70 *(9.41)* ±0.550	71.20* *(100)* 0
ฟ 5 ป	2.67 *(0)* 0	0.57 *(21.35)* ±0.025	0.54 *(20.22)* ±0.040	59.20 *(0)* 0	1.60 *(2.70)* ±0.300	59.20* *(100)* 0
ฟ 10 ป	3.32 *(0)* 0	0.09 *(2.71)* ±0.075	0.41 *(12.35)* ±0.080	74.70 *(0)* 0	13.1 *(17.54)* ±0.400	74.70* *(100)* 0

* หมายถึง ไม่สามารถนำขึ้นมาวัดขนาดได้ แต่ยังพบแผ่นพืชบางชิ้นส่วนอยู่ในผิวดิน

2. ประสิทธิภาพของการควบคุมวัชพืช

ตาราง 4 แสดงร้อยละการขึ้นของวัชพืชในแปลงสาธิตของแปลงสาธิตส่วนพืชทานผล และตาราง 5 แสดงร้อยละการขึ้นของวัชพืชในแปลงสาธิตแปลงสาธิตส่วนพืชทานใบ พบว่า ลักษณะของวัชพืชที่พบในแปลงเป็น วัชพืชใบแคบ ได้แก่ หญ้ารังนก หญ้าแพรก หญ้าดอกขาว หญ้านวลน้อย และวัชพืชใบกว้าง ได้แก่ ไมยราพ ต้นผักเบี้ยหิน แปลงควบคุมที่ไม่มีการคลุมดินมีวัชพืชขึ้นรวดเร็วกว่าแปลงที่มีแผ่นพืชคลุมดิน สังเกตเห็นวัชพืชขึ้นร้อยละ 12.48 และ 24.96 ของแปลงส่วนพืชทานผลและพืชทานใบตามลำดับ เมื่อผ่านไป 15 วัน การใช้แผ่นพืชต้นฟักทองกับปอเทืองมีวัชพืชขึ้นในวันที่ 25 เมื่อสิ้นสุดระยะเก็บเกี่ยว พบว่ามีวัชพืชขึ้นรวมร้อยละ 56.16 จากการสังเกตการขึ้นของวัชพืชเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างพืชทานใบและพืชทานผล พบว่า พืชทานผลเมื่อลำต้นของพืชสูงขึ้นและมีใบขนาดใหญ่บดบังแสงแดดอีกทั้งบางส่วนของใบร่วงลงที่ผิวดินทำให้เป็นตัวช่วยป้องกันวัชพืชที่ขึ้นได้ดี จะพบวัชพืชบริเวณพืชทานใบมากกว่าพืชทานผล แสดงให้เห็นว่าการใช้แผ่นพืชช่วยป้องกันการขึ้นของวัชพืชได้ดีและเพียงพอต่อระยะเวลาเก็บเกี่ยวของพืชทานใบ

ตาราง 4 ร้อยละการขึ้นของวัชพืชในแปลงสาธิตของแปลงสาธิตส่วนพืชทานผล

แปลง	จำนวนวันหลังวางแปลง						
	5	10	15	20	25	30	40
แปลงไม่คลุมดิน	0	0	12.48	14.56	14.56	16.64	18.72
แผ่นพืชต้นฟักทองและปอเทือง	0	0	0	0	10.40	14.56	14.56

ตาราง 5 ร้อยละการขึ้นของวัชพืชในแปลงสาธิตแปลงสาธิตส่วนพืชทานใบ

แปลง	จำนวนวันหลังวางแปลง						
	5	10	15	20	25	30	40
แปลงไม่คลุมดิน	0	0	24.96	35.36	47.84	54.08	62.40
แผ่นพืชต้นฟักทองและปอเทือง	0	0	0	0	20.80	35.36	41.60

3. ผลของศึกษาปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการใช้แผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทือง

จากขั้นตอนการผลิตแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทืองให้ได้ขนาด 20x30 เซนติเมตร และนำมาใช้สำหรับพื้นที่ 3 ตารางเมตร นำมาวิเคราะห์เป็นปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังแสดงในตาราง 6 แสดงให้เห็นว่าในการผลิตแผ่นพืชคลุมดินของการศึกษาครั้งนี้จะคิดเป็น 0.2337 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่า ($kgCO_2eq$) โดยในการผลิตต่อ 1 ครั้งได้แผ่นพืชคลุมดินทั้งสิ้น 9 แผ่น แต่ละแผ่นหนัก 8.5 กรัม รวมทั้งสิ้น 0.0765 กิโลกรัมแผ่นพืชคลุมดินต่อหนึ่งครั้งการผลิต หรือคิดเป็น 3.0544 $kgCO_2eq$ ต่อ 1 กิโลกรัมของแผ่นพืชคลุมดิน

ตาราง 6 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการผลิตแผ่นพืชคลุมดินจากฟักทองและปอเทืองขนาด 20 ซม.X30 ซม. จำนวน 9 แผ่น โดยมีน้ำหนักแผ่นละ 8.5 กรัม

วัตถุดิบหรือพลังงานที่ใช้	ปริมาณ	หน่วย	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจก Emission Factor (EF) (องค์การบริหารการจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2566)			ปริมาณคาร์บอนเทียบเท่า $kgCO_2eq$
			EF	$kgCO_2eq$/หน่วย	แหล่งข้อมูลอ้างอิง	
การเตรียมต้นฟักทอง						
โซเดียมไฮดรอกไซด์	87.5	กรัม	1.1148	$kgCO_2eq/kg$ NaOH	Ecoinvent 2.2, (Eggleston, 2006) GWP 100a	0.0975
น้ำประปา	1.75	ลิตร	0.5410	$kgCO_2eq/m^3$	Thai National LCI Database, TIISMTEC-NSTDA, AR5	0.0009
การบดหยาบปอเทือง						
พลังงานไฟฟ้า	0.0770	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	0.5986	$kgCO_2eq/kWh$	Thai National LCI Database, TIISMTEC-NSTDA, AR5	0.0461
การเตรียมแผ่นคลุมดิน						
พลังงานไฟฟ้า	0.1470	กิโลวัตต์-ชั่วโมง	0.5986	$kgCO^2eq/kWh$	Thai National LCI Database, TIISMTEC-NSTDA, AR5	0.0879
รวมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าจากการผลิต (kgCO2eq)						0.2337
คาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อกิโลกรัมของแผ่นพืชคลุมดิน (kgCO2eq/kg แผ่นพืชคลุมดิน)						3.0544

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองและปอเทืองเพื่อป้องกันวัชพืชสำหรับผักสวนครัว พบว่า ต้นฟักทองมีเส้นใยที่มีความเหนียวแน่นและทนทาน เมื่อนำไปขึ้นเป็นแผ่นพืชสำหรับคลุมดินร่วมกับปอเทืองซึ่งเป็นพืชที่เหมาะสำหรับใช้กลบหน้าดินเพื่อเก็บกักธาตุอาหาร สามารถใช้ปอเทืองแห้งแบบปั่นได้ที่ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก บนพื้นที่ 600 ตร.ซม.ของแผ่นพืชคลุมดิน เมื่อตรวจสอบธาตุอาหารพบว่า มีปริมาณของโพแทสเซียมที่สูง และเมื่อนำมาทดสอบการย่อยสลายด้วยการฝังในดิน พบว่า มีการย่อยสลายของแผ่นที่รวดเร็วกว่าวางที่ผิวดิน อาจเนื่องจากในดินมีสภาวะที่เหมาะสมและมีจุลินทรีย์อาศัยอยู่ทำให้เกิดการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่การวางบนผิวดินเกิดการย่อยสลายช้าและเมื่อสังเกต ยังพบแผ่นพืชที่คลุมอยู่บริเวณผิวดินอยู่มากกว่า 15 วัน ซึ่งมีน้ำหนักที่หายไปร้อยละ 12.35 แต่ไม่สามารถนำขึ้นมาวัดขนาดได้ สามารถสังเกตได้ที่ผิวดินชัดเจน

เมื่อทำการทดสอบการคลุมดินในแปลงสาธิต พบว่า ลดอัตราการขึ้นของวัชพืชได้ร้อยละ 50 ที่ระยะเวลา 40 วัน สำหรับพืชทานใบ ในขณะที่พืชทานผล เมื่อระยะเวลาผ่านไป ขนาดของต้นจะทำหน้าที่ปกคลุมผิวดินและลดการงอกของวัชพืชได้เอง ทำให้เห็นว่า แผ่นพืชคลุมดินเหมาะสำหรับใช้งานกับพืชกลุ่มทานใบ ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 30–45 วัน ช่วยลดอัตราการงอกของวัชพืชในช่วงต้นกล้าได้ดี และควบคุมวัชพืชได้ตามจำนวนเวลาจนถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยว ถึงแม้ว่าจะมีวัชพืชขึ้นในช่วงวันที่ 25 ถึง วันที่ 40 แผ่นพืชคลุมดินยังมีบางส่วนที่สังเกตเห็นบนผิวดินจึงช่วงลดการขึ้นของวัชพืชได้ นอกจากนี้ยังเป็นช่วงที่พืชทานใบมีขนาดใหญ่และมีพื้นที่ของวัชพืชขึ้นน้อยทำให้ตัวของผักเองเป็นส่วนของของการควบคุมวัชพืชได้ด้วยทำให้พบร้อยละการขึ้นของวัชพืชน้อยลง การใช้แผ่นพืชคลุมดินแทนพลาสติกคลุมดิน เป็นการนำเอาวัสดุเหลือทิ้งจากธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ การใช้วัสดุคลุมดินยังเป็นการช่วยรักษาความชื้นและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของพืชได้อีกด้วย (Iqbal et.al., 2020, p.1)

การคำนวนหาอัตราการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่บรรยากาศของแผ่นพืชคลุมดินจากขั้นตอนการผลิตโดยคำนวนจากวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมวัสดุและการขึ้นแผ่นพืชคลุมดิน พบว่าแผ่นคลุมดินจากฟักทอง และปอเทืองมีปริมาณก๊าซเรือนกระจก 3.0544 kgCO_2eq/kg ของแผ่นพืชคลุมดิน ซึ่งสูงกว่าพลาสติกคลุมดินบางชนิด เช่น พลาสติก LDPE (Low Density Polyethylene) ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.6258 kgCO_2eq/kg LDPE (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2566) เป็นต้น ทั้งนี้ เกิดจากการพิจารณาวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตแผ่นพืชคลุมดิน 1 ครั้ง ดังนั้น จึงควรมีการพัฒนากระบวนการผลิต การเตรียมวัตถุดิบ ให้สามารถผลิตแผ่นคลุมดินได้มากกว่า 9 แผ่น เช่นน้ำที่ใช้ พลังงานที่ใช้ในเครื่องจักรที่ใช้ในการบดและปั่น รวมไปถึงปริมาณโซเดียมไฮดอกไซด์ ซึ่งจะสามารถลดค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกต่ำกว่าที่ประเมินได้จากการศึกษาในครั้งนี้

ในขณะที่เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกในส่วนของการทำลายซากแล้วนั้น การใช้แผ่นพืชคลุมดินจะไม่มีการจัดการในส่วนนี้เนื่องจากเป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ (พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์, 2558, น.6) ซึ่งเป็นข้อดีกว่าการใช้พลาสติกคลุมดินที่มีเกิดการเปื่อยและกลายเป็นไมโครพลาสติกและตกค้างในดิน (Hu et al., 2023, p.1; Chang et al., 2023, p.1) โดยมีการประมาณปริมาณพลาสติกที่ปนเปื้อนในแหล่งดินทั่วโลกมากถึง 1.5–6.6 ล้านตัน (Kedzierski et al., 2023, p.1) ดังนั้น การเปลี่ยนมาใช้วัสดุจากธรรมชาติทดแทนการใช้พลาสติก จึงเป็นทางเลือกที่ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืนกว่า

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

จากผลการศึกษาแผ่นพืชคลุมดินสำหรับป้องวัชพืชและเพิ่มธาตุอาหารในดินสำหรับผักสวนครัว พบว่า แผ่นพืชคลุมดินจากต้นฟักทองสามารถผลิตได้และเพิ่มธาตุอาหารด้วยการใช้ปอเทืองบดได้ เมื่อใช้ 10 กรัม บนพื้นที่ 600 ตร.ซม. ช่วยให้มีปริมาณธาตุโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น สำหรับร้อยละของน้ำหนักและร้อยละของขนาดแผ่นของการย่อยสลายในดินของแผ่นพืชจากฟักทองและปอเทืองมีการย่อยสลายทั้งหมดเมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน ในขณะที่ร้อยละของน้ำหนักของการย่อยสลายที่ผิวดินเท่ากับ 12.35 เมื่อเวลาผ่านไป 15 วัน และร้อยละของขนาดไม่สามารถนำขึ้นมาวัดได้เนื่องจากแผ่นแยกเป็นส่วนและยังคงพบชิ้นส่วนที่กระจายอยู่บริเวณผิวหน้าของดินนั้นอยู่ การศึกษาร้อยละการขึ้นของวัชพืช พบว่าการใช้แผ่นพืชจากต้นฟักทองกับปอเทืองพบวัชพืชขึ้นในวันที่ 20 และมีร้อยละการขึ้นของวัชพืชที่วันที่ 40 เท่ากับร้อยละ 57.7 แสดงให้เห็นว่า การใช้แผ่นพืชคลุมดินสามารถชะลอการขึ้นของวัชพืชได้และเมื่อครบ 1 รอบของการเก็บเกี่ยว มีวัชพืชขึ้นลดลง และการหาปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 3.0544 kg CO_2/kg แผ่นพืชคลุมดิน

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เกษตรกรสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการปลูกพืชสวนครัวขนาดเล็ก ได้ทั้งพืชทานใบและพืชทานผลเพื่อช่วยควบคุมวัชพืชได้ตามช่วงเวลาของการเก็บเกี่ยวได้

2. หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง สามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้กับวัสดุเหลือทิ้งจากแปลงเกษตรประเภทอื่นๆ และพัฒนานวัตกรรมให้สามารถผลิตให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและแจกจ่ายในกับเกษตรกรเพื่อเป็นการสนับสนุนการเกษตรแบบไม่ใช้สารเคมีได้และเป็นการลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่อผลิตภัณฑ์หากสามารถผลิตแผ่นพืชได้จำนวนมากขึ้นในแต่ละครั้งของการผลิต

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการเพิ่มเติมการศึกษาด้วยการใช้วัสดุเพิ่มธาตุอาหารหรือวัสดุพร้อมปลดปล่อยธาตุอาหารสำหรับพืชให้หลากหลาย เช่น การเพิ่มธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัส และเลือกชนิดของพืชปลูกให้เหมาะสมกับแผ่นพืชที่นำมาศึกษาเพื่อให้ได้ธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชแต่ละชนิดอย่างแท้จริง

กิตติกรรมประกาศ

นักวิจัยขอขอบคุณ ทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปี 2566 สัญญาเลขที่ FF66-P2-009 และขอขอบคุณ สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี และสาขาชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ให้ความอนุเคราะห์เครื่องทดสอบต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

กรมการพัฒนาชุมชน. (2565). *คู่มือการปลูกผักสวนครัว เศรษฐกิจฐานรากมั่งคงและชุมชนพึ่งตนเองได้ภายในปี 2565*. https://district.cdd.go.th/khanu/wp-content/uploads/sites/46/2020/03/3.-คู่มือปลูกผักedit4.pdf

กฤตวิชญ์ สุขอึ้ง และสุวรรณา พนาอดิศัย. (2564). พฤติกรรมการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชของเกษตรกรผู้ปลูกกาแฟอาราบิก้าบ้านห้วยส้านลีซอ ตำบลห้วยชมภู อำเภอเมืองจังหวัดเชียงราย. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 16(1), 19-33.

ณัฐพงศ์ หงษ์ทอง และธีรนุช เจริญกิจ. (2563). อิทธิพลของวัสดุคลุมดินต่อการควบคุมวัชพืชและการแตกยอดใหม่ของต้นลำไย. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 38(3), 325-331.

พรทิพย์ ศรีมงคล, กฤษดา พันธะสา, รณชัย ไขคำ, ณัฐวุฒ เนียมแดง, อภิวัฒน์ ภูมิภักดิ์, และสุภาวรรณ ประพันธ์. (2563). อิทธิพลของวัสดุคลุมดินต่อการควบคุมวัชพืชผลผลิตข้าวโพดหวานและการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน, *แก่นเกษตร*, 48(พิเศษ 1), 453-458.

พิพัฒน์ เหลืองลาวัณย์ และวิศิษฐิพร สุขสมบัติ. (2558). *การใช้ประโยชน์จากปอเทืองในอาหารโคเนื้อ (รายงานการวิจัย).* มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. http://sutir.sut.ac.th:8080/jspui/bitstream/123456789/5795/1/Fulltext.pdf

วันปิติ ธรรมศรี. (2564). ผลกระทบทางสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของเกษตรกรไทย. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้า*, 39(4). 329-336.

สมยศ เดชภิรัตนมงคล. (2561). ผลของการใช้วัสดุคลุมแปลงปลูกที่แตกต่างกัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของฟ้าทะลายโจร. *แก่นเกษตร,* 46(พิเศษ 1), 494-500.

สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. (2565). *ผลงานวิจัยประจำปี 2564.* กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สิปปวิชญ์ ปัญญาตุ้ย, สมนึก แก้วเกาะสะบ้า, นิพนธ์ บุญมี, ชุติมา สุขโภคี, ทิวากร คาเงิน, รัชนีกร เหม่ชัยภูมิ, และเจนจิรา หม่องอ้น. (2564). ผลของชนิดวัสดุคลุมดินต่อการควบคุมวัชพืชในการผลิตเมล็ดพันธุ์หลักข้าวไร่พันธุ์ อาร์ 258: กรณีศึกษา ศูนย์วิจัยข้าวสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,* 10(2), 11-18.

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก. (2566). *คาร์บอนฟุตพริ้นท์ของผลิตภัณฑ์*. https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=Y0hKdlpIVmpkSE5mYVhNPQ

Chang, J., Liang, J., Fang, W., Zhang, H., Zhang, Y., Zhao, H., Zhang, R., Zhang, P., & Zhang, G. (2023). Adsorption behaviors and bioavailability of tetrabromobisphenol A in the presence of polystyrene microplastic in soil: Effect of microplastics aging. *Environmental Pollution*, 334, 122156. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2023.122156

Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (Eds.). (2006). 2006 IPCC Guidelines for national greenhouse gas inventories: Volume 4 agriculture, forestry and other land use. *Institute for Global Environmental Strategies(IGES*). https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/pdf/4_Volume4/V4_14_An2_SumEqua.pdf

Hu, M., Huang, L., Wang, Y., Tan, H., & Yu, X. (2023). Insight into the effect of microplastics on the adsorption and degradation behavior of thiamethoxam in agricultural soils. *Chemosphere*, 337, 139262. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139262

Iqbal, R., Raza, M.A.S., Valipour, M., Saleem, M.F., Zaheer, M.S., Ahmad, S., Toleikiene, M., Haider, I., Aslam, M.U., &Nazar, M.A. (2020). Potential agricultural and environmental benefits of mulches - a review. *Bulletin of the National Research Centre,* 44, 75. https://doi.org/10.1186/s42269-020-00290-3

Kedzierski, M., Cireder-Boulant, D., Palazot, M., Yvin, M., & Bruzaud, S. (2023). Continents of plastics: An estimate of the stock of microplastics in agricultural soils. *Science of The Total Environment,* 880, 163294. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163294

ระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชนในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

วันที่รับ : 3 เมษายน 2566
วันที่แก้ไข : 5 มิถุนายน 2566
วันที่ตอบรับ : 20 มิถุนายน 2566

ชัชวรรณ ต๊ะผัด[1*], ขจร ตรีโสภณากร[1] และสุชัญญา สุขสะอาด[2]
[1]คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่
[2]โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา กรุงเทพฯ
*Corresponding author e-mail: chatchawan_jun@g.cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษา และศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษา ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย กลุ่มตัวอย่างคือ ครูระดับมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลาง 498 คน ด้วยวิธีการสุ่มแบบหลายขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบสอบถามความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชน วิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักด้วยสหสัมพันธ์เพียร์สัน กำหนดระดับนัยสำคัญที่ .05 ผลการวิจัยพบว่า 1) ครูมีความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในระดับดี 2) ครูมีทัศนคติเชิงบวกต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน 3) ครูมีความตระหนักต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนอยู่ในระดับมาก และ 4) ความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางมีความสัมพันธ์กันทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการศึกษาเป็นแนวทางสำหรับครูนำไปขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าให้กับเยาวชนเพื่อสร้างภูมิคุ้มกันให้กับเยาวชนซึ่งเป็นทรัพยากรบุคคลที่สำคัญของประเทศได้ตระหนักถึงผลกระทบด้านสุขภาพ เพื่อการป้องกันการเกิดนักสูบหน้าใหม่

คำสำคัญ: ความรู้, ทัศนคติ, ความตระหนัก, บุหรี่ไฟฟ้า, เยาวชน

LEVELS OF KNOWLEDGE, ATTITUDE AND AWARENESS OF SECONDARY SCHOOL AMONG TEACHERS ON ELECTRIC CIGARETTE PROBLEM TOWARDS YOUTH IN BANGKOK AND CENTRAL REGION OF THAILAND

Received : 3 April 2023
Revised : 5 June 2023
Accepted : 20 June 2023

Chatchawan Tapat[1*] Khajorn Treesopanakorn[1] Suchanya Suksaard[2]
[11]Faculty of Education, Chiangmai Rajabhat University, Chiangmai
[2]Kasetart University Laboratory School Center for Educational Research and Development, Bangkok
*Corresponding author e-mail: chatchawan_jun@g.cmru.ac.th

ABSTRACT

The objectives of the research were to investigate the levels of knowledge, attitude, and awareness about the problem of e-cigarettes among the youth of secondary school teachers, and examine the relationship between knowledge, attitude, and awareness of the problem of e-cigarette among the youth of secondary school teachers. Sample of this study was 498 secondary school teachers under the Office of the Basic Education in the Bangkok area, and the central region which were obtained by multi-stage sampling. Research instrument was an online questionnaire about knowledge, attitude, and awareness of secondary school teachers on the problem of e-cigarettes among youth. The data were analyzed by percentage, mean, and standard deviation. The analysis on correlation between knowledge, attitude, and awareness variables was performed with Pearson correlation coefficient analysis. The level of significance was set at .05. The research findings were 1) teachers had knowledge about the problem of e-cigarette among youth at a good level, 2) the teachers had a positive attitude towards the prevention and solution of e-cigarette problems among youth. 3) Teachers were awareness of the prevention and solution of e-cigarette problems among youth at the high level. 4) Knowledge, attitude, and awareness of the problem of e-cigarette use among youth of secondary school teachers in the Bangkok area and the central region were positively correlated significantly at the.05 level. The study's results raise awareness for teachers and use it as guidelines to drive the prevention and solution of e-cigarette problems for youth to build immunity for children and youth, who are essential human resources for the country, and to be aware of impacts on health. It also prevents the emergence of new smokers.

Keyword: Knowledge, Attitude, Awareness, Electric cigarette, Youth

บทนำ

บุหรี่ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับความนิยมในกลุ่มผู้สูบบุหรี่ด้วยภาพลักษณ์ที่ทันสมัยหาได้ซื้อง่ายตามช่องทางออนไลน์ต่างๆ ทั้งยังมีความแปลกใหม่และแตกต่างจากบุหรี่ทั่วไปด้วยการแต่งกลิ่นต่างๆ ออกมา ที่ช่วยดึงดูดความสนใจให้ผู้สูบบุหรี่มีความต้องการสูบในปริมาณที่มากขึ้นและถี่ขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มประชากรอายุ 15-24 ปี เป็นเป้าหมายสำคัญของผู้ผลิตบุหรี่ไฟฟ้าและมีสัดส่วนการใช้บุหรี่ไฟฟ้าสูงที่สุด (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2565; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2562; World Health Organization, 2021) การสำรวจพฤติกรรมด้านสุขภาพของประชากร พ.ศ. 2564 กลุ่มตัวอย่างที่มีอายุ 15 ปี ขึ้นไป จำนวน 57 ล้านคน พบประชากรสูบบุหรี่ไฟฟ้า 78,742 คน คิดเป็น 0.14 % ของกลุ่มตัวอย่าง และเกินครึ่งของผู้สูบบุหรี่ไฟฟ้ามีอายุระหว่าง 15-24 ปี ซึ่งเป็นกลุ่มคนรุ่นใหม่และส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่กรุงเทพฯ และภาคกลาง (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2564; สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2565) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกลุ่มผู้สูบบุหรี่มีความเชื่อผิดๆ ว่าบุหรี่ไฟฟ้าปลอดภัย มีอันตรายน้อยกว่า และสามารถนำมาใช้เพื่อให้เลิกสูบบุหรี่ได้ (กาญจนา เทียนลาย, 2563) ความนิยมในกลุ่มเพื่อนและสังคมรอบตัว การรับสื่อ การซื้อขายออนไลน์ที่เติบโตอย่างมากในประเทศไทยทำให้การขายส่วนใหญ่ผ่านช่องทางอินเตอร์เน็ตไม่ว่าจะเป็นเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันต่างๆ ตลอดจนการโอนเงินด้วยระบบ E-money จึงทำให้คนกลุ่มนี้สามารถเข้าถึงบุหรี่ไฟฟ้าทั้งในด้านช่องทางการซื้อขายและราคาได้อย่างสะดวก (ผ่องศรี ศรีมรกต, 2565; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2562; สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2565; รณชัย คงสกนธ์ และคนอื่นๆ, 2563)

บุหรี่ไฟฟ้ามีผลกระทบและเป็นอันตรายมากกว่าบุหรี่แบบธรรมดา เช่น ไอความร้อนที่สูงมากสามารถทำลายเซลล์เยื่อบุทางเดินหายใจ และมากกว่า 95% ของบุหรี่ไฟฟ้าผสมสารนิโคติน ทำให้หลอดเลือดสมองหดตัว และมีสารก่อมะเร็งเป็นตัวทำละลาย รวมถึงมีสารปรุงแต่งกลิ่นที่มีฤทธิ์ทำลายเยื่อบุหลอดลม (สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล, 2566) นอกจากนี้ไอระเหยของบุหรี่ไฟฟ้ามีอนุภาคที่เล็กกว่าบุหรี่ธรรมดาสามารถเข้าสู่ปอดส่วนลึกได้มากกว่าซึ่งจะจับกับเนื้อเยื่อปอดและดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดได้อย่างรวดเร็วและยากที่กลไกธรรมชาติของร่างกายจะขับออกมาได้นำไปสู่การเป็นโรคปอดอักเสบ บุหรี่ไฟฟ้านอกจากจะส่งผลกระทบต่อผู้สูบบุหรี่โดยตรงแล้วยังส่งผลกระทบต่อคนรอบข้าง หรือที่เรียกว่าควันบุหรี่มือสองเนื่องจากควันบุหรี่ไฟฟ้ามีสารพิษและสารก่อมะเร็งเช่นเดียวกันกับบุหรี่ทั่วไปสามารถทำลายการเติบโตของทารกในครรภ์และส่งผลกระทบต่อสมองวัยรุ่น (ธงชัย เลิศวินัยรัตนพงศ์, 2565; ผ่องศรี ศรีมรกต, 2565; องค์การอนามัยโลก, 2564)

ประเทศไทยได้ขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในสถานศึกษาโดยหน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบต่างๆ เพื่อให้เยาวชนมีความรู้ ทัศนคติ ความตระหนัก และพฤติกรรมที่เหมาะสมด้านสุขภาพ ความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของบุคคลเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้า (ผ่องศรี ศรีมรกต, 2565) การได้รับความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า ทำให้มีทัศนคติเชิงลบต่อการสูบบุหรี่ไฟฟ้าและตระหนักถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นกับร่างกายและบุคคลรอบข้างส่งผลให้ผู้สูบบุหรี่ไฟฟ้ามีพฤติกรรมและความต้องการเลิกสูบบุหรี่ (ปิยวรรณ บุญเพ็ญ และคนอื่นๆ, 2562, น.114) ในทางตรงกันข้ามหากได้รับความรู้ที่ไม่ถูกต้องจะมีทัศนคติเชิงบวกเห็นด้วยกับการสูบบุหรี่ไฟฟ้าและมีแนวโน้มที่อยากจะทดลองสูบบุหรี่ไฟฟ้าสำหรับผู้ที่ไม่เคยสูบบุหรี่ (ทิพยรัตน์ บุญมา และคนอื่นๆ, 2564, น.211) สอดคล้องกับ วอง และคนอื่นๆ (Wang et al., 2020, p.2) อัล-บาลาส และคนอื่นๆ (Al-Balas, et al., 2021, p.589) และไกฮา และคนอื่นๆ (Gaiha et al., 2021, p.7) ที่ศึกษาพบว่า การสร้างความตระหนักรู้ผลกระทบการใช้บุหรี่ไฟฟ้าสามารถลดอัตราการสูบบุหรี่ไฟฟ้าได้ เช่นเดียวกับ มะหะหมัด ซอบรีและคนอื่นๆ (Mahamad Sobri et al., 2022, p.76) ที่ศึกษาพบว่า ทัศนคติเป็นปัจจัยสำคัญต่อพฤติกรรมการสูบหรี่ไฟฟ้า การรับรู้อันตรายของบุหรี่ไฟฟ้าจะส่งผลต่อการตัดสินใจไม่สูบบุหรี่ไฟฟ้า จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับสถานการณ์ พฤติกรรม ผลกระทบ และทัศนคติของเยาวชนที่มีต่อบุหรี่ไฟฟ้าเพื่อพัฒนารูปแบบการป้องการแก้ไขปัญหาการสูบบุหรี่ที่เกิดขึ้นในสถานศึกษา พบว่าเป็นการศึกษากับกลุ่มนักเรียนและนักศึกษา (ทิพยรัตน์ บุญมา และคนอื่นๆ, 2564, น.205; สุรสิงห์ สมบัติ และคนอื่นๆ, 2564, น.208; สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ, 2563) แต่การศึกษาในกลุ่มครูและบุคลากรทางการศึกษาซึ่งเป็นบุคคลที่มีความใกล้ชิดและมีบทบาทหน้าที่ในการให้ความรู้ความเข้าใจ ปลูกฝังทัศนคติ และสร้างความตระหนักให้กับเยาวชนในสถานศึกษายังมีไม่มากนัก ทำให้มีข้อมูลไม่เพียงพอต่อการดำเนินงานขับเคลื่อนการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าให้กับเยาวชนในสถานศึกษาได้ครบทุกมิติ ดังนั้นจึงเห็นควรที่จะมีการศึกษาระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชนระดับมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร

และพื้นที่เขตภาคกลางของประเทศไทย เพื่อนำผลการศึกษามาเป็นแนวทาง การพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษาให้มีความรู้และความเข้าใจ รวมทั้งสามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่การสร้างภูมิคุ้มกันให้เด็กและเยาวชนซึ่งเป็นทรัพยากรบุคคลที่สำคัญของประเทศได้ตระหนักถึงอันตรายและผลกระทบด้านสุขภาพ อีกทั้งเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดนักสูบหน้าใหม่และช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีให้กับสังคมต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงสหสัมพันธ์ (Correlation study) มีรายละเอียดดังนี้

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ ครูระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1–6 โรงเรียนในสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (สพฐ.) กระทรวงศึกษาธิการ ในเขตพื้นที่กรุงเทพและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย จำนวน 43,935 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ครูระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1–6 โรงเรียนในสังกัด สพฐ. กระทรวงศึกษาธิการ ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย กำหนดขนาดตัวอย่างโดยใช้โปรแกรม G* Power 3.1 การทดสอบ Pearson correlation ได้มีการกำหนดไว้ดังนี้ ค่า Effect size เท่ากับ 0.3 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 ค่าอำนาจทดสอบ (Power of test) เท่ากับ 0.91 ได้ขนาดกลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 404 คน เพื่อป้องกันกรณีกลุ่มตัวอย่างขอถอนตัว (Drop out) จากการวิจัย และมีจำนวนเหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำผลการวิจัยสรุปอ้างอิง (Generalization) ไปยังกลุ่มประชากร จึงเพิ่มจำนวนกลุ่มตัวอย่างร้อยละ 25 ได้กลุ่มตัวอย่างเท่ากับ 505 คน ใช้วิธี การสุ่มกลุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multi-stage sampling) ดังนี้

1. แบ่งประชากรเป็น 23 พื้นที่ ประกอบด้วย เขตพื้นที่กรุงเทพฯใช้เขตพื้นที่การศึกษาระดับมัธยมศึกษาเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ได้ 2 เขตพื้นที่ และพื้นที่ภาคกลางใช้จังหวัดเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ได้ 21 จังหวัด

2. สุ่มกลุ่มตัวอย่างแต่ละพื้นที่ในข้อ 1 ตามการคำนวณสัดส่วนกลุ่มตัวอย่างด้วยการสุ่มแบบบังเอิญ (Accidental sampling) กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมการวิจัยต้องสามารถตอบแบบสอบถามออนไลน์ผ่าน Google form ได้

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถามความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปผู้ตอบแบบสำรวจ เป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) จำนวน 4 ข้อ ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา และจังหวัดที่ตั้งของโรงเรียน

ตอนที่ 2 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบุหรี่ ไฟฟ้า เป็นแบบเลือกตอบ 2 ตัวเลือก คือ ถูกและผิด ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า 2) ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพต่อผู้ได้รับควันจากบุหรี่ไฟฟ้า และ 3) ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบุหรี่ไฟฟ้า ด้านละ 5 ข้อ รวม 15 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวม 15 คะแนน แต่ละข้อตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเป็น 5 ระดับ ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 0–3 คะแนน มีความรู้อยู่ในระดับน้อยที่สุด คะแนนเฉลี่ย 4-6 คะแนน มีความรู้อยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 7–9 คะแนน มีความรู้อยู่ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 10-12 คะแนน มีความรู้อยู่ในระดับดี และคะแนนเฉลี่ย 13-15 คะแนน มีความรู้อยู่ในระดับดีมาก

ตอนที่ 3 ทัศนคติที่มีต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน จำนวน 15 ข้อ เป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert's rating scales) ประกอบด้วยคำถามเชิงบวก (เป็นไปในทางเดียวกับประเด็นที่ถาม) และคำถามเชิงลบ (เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับประเด็นที่ถาม) กำหนดตัวเลือกคือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง กำหนดการให้คะแนนดังตาราง 1 และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเป็น 3 ระดับ ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 1.00–2.60 มีทัศนคติเชิงลบ (มีความรู้สึกไม่เห็นด้วย) คะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 มีทัศนคติเชิงปานกลาง (มีความรู้สึกไม่แน่ใจหรือเฉยๆ) คะแนนเฉลี่ย 3.41-5.00 มีทัศนคติเชิงบวก (มีความรู้สึกเห็นด้วย)

ตอนที่ 4 ความตระหนักที่มีต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน จำนวน 15 เป็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า 5 ระดับ (Likert's rating scales) ประกอบด้วยคำถามเชิงบวก (เป็นไปในทางเดียวกับประเด็นที่ถาม) และคำถามเชิงลบ (เป็นไปในทางตรงกันข้ามกับประเด็นที่ถาม) กำหนดตัวเลือกคือ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง กำหนดการให้คะแนนดังตาราง 1 และกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายเป็น 5 ระดับ ดังนี้ คะแนนเฉลี่ย 1.00-1.80 มีความตระหนักอยู่ในระดับน้อยที่สุด คะแนนเฉลี่ย 1.81–2.60 มีความตระหนักอยู่ในระดับน้อย คะแนนเฉลี่ย 2.61-3.40 มีความตระหนักอยู่ในระดับปานกลาง คะแนนเฉลี่ย 3.41-4.20 มีความตระหนักอยู่ในระดับมาก และคะแนนเฉลี่ย 4.21-5.00 มีความตระหนักอยู่ในระดับมากที่สุด

ตาราง 1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถามทัศนคติและความตระหนักที่มีต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน

ระดับการวัด	ข้อความเชิงบวก	ข้อความเชิงลบ
เห็นด้วยอย่างยิ่ง	5	1
เห็นด้วย	4	2
ไม่แน่ใจ	3	3
ไม่เห็นด้วย	2	4
ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	1	5

นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องและความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แล้วนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (Index of item objective congruence: IOC) ได้ค่า IOC ระหว่าง 0.70–1.00 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แล้วนำไปทดลองใช้กับครูระดับมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 30 คน เพื่อหาค่าความเที่ยงของแบบสอบถามตอนที่ 2 ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า โดยใช้สูตร KR-21 ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.88 จากนั้นหาค่าความยากง่าย (p) มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.27–0.80 อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามตอนที่ 3 ด้านทัศนคติมีต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน และตอนที่ 4 ด้านความตระหนักที่มีต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค ได้ค่าความเชื่อมั่นด้านทัศนคติฯ เท่ากับ 0.80 และด้านความตระหนักฯ เท่ากับ 0.81 อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เพื่อเป็นการพิทักษ์สิทธิกลุ่มตัวอย่าง การวิจัยครั้งนี้ผ่านการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ (รหัสหนังสือรับรอง IRBCMRU 2022/224.26.09 ลงวันที่ 28 กันยายน 2565) กลุ่มตัวอย่างมีสิทธิที่จะตอบรับหรือปฏิเสธในการเข้าร่วมการวิจัยตลอดเวลา ข้อมูลที่ได้จะเก็บเป็นความลับและนำเสนอข้อมูลเป็นภาพรวมเพื่อประโยชน์สำหรับการศึกษาเท่านั้น รวมทั้งไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถามและไม่ก่อให้เกิดความเสียหายใดๆ ทั้งต่อบุคคลและองค์กร มีขั้นตอนเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

1. ผู้วิจัยติดต่อสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และพื้นที่ในจังหวัดภาคกลาง เพื่อขอข้อมูลการติดต่อโรงเรียนในเขตพื้นที่

2. ส่งหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูลไปยังโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง พร้อมแนบ QR CODE แบบสอบถามให้กลุ่มตัวอย่างตอบแบบออนไลน์ภายในระยะเวลาที่กำหนด (30 วัน)

3. ผู้วิจัยตรวจสอบข้อมูลการตอบกลับ และโทรศัพท์ติดตามโรงเรียนที่ยังไม่ได้ตอบแบบสอบถามหรือมีจำนวนครูตอบแบบสอบถามไม่ครบตามระยะเวลาที่กำหนด เพื่อขอความอนุเคราะห์ตอบแบบสอบถาม

4. ตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถาม แล้วนำไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักด้วยสหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson correlation coefficient) กำหนดระดับนัยสำคัญที่ 0.05

ผลการวิจัย

จากการส่งแบบสอบถามไปยังกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 505 คน ได้รับการตอบกลับ 505 คน คิดเป็นอัตราการตอบกลับร้อยละ 100 นำข้อมูลการตอบกลับมาตรวจสอบความสมบูรณ์การตอบแบบสอบถาม โดยคัดผู้ตอบที่เลือกคำตอบซ้ำเหมือนกันทุกข้อออก คงเหลือข้อมูลการตอบแบบสอบถามที่สมบูรณ์ จำนวน 498 คน คิดเป็นร้อยละ 98.61 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 57.40 (n=286) มีอายุระหว่าง 21-30 ปี มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 51.21 (n=255) และส่วนใหญ่สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี คิดเป็นร้อยละ 73.30 (n=365) ดังตาราง 2

ตาราง 2 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง (n=498)

ข้อมูลทั่วไปกลุ่มตัวอย่าง		จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	212	42.60
	หญิง	286	57.40
อายุ	21-30 ปี	255	51.21
	31-40 ปี	166	33.33
	41-50 ปี	50	10.04
	51-60 ปี	27	5.42
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี	365	73.30
	ปริญญาโท	125	25.10
	ปริญญาเอก	8	1.60

ผลการวิเคราะห์ระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักเกี่ยวกับปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษา ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย มีดังนี้

1. การศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย พบว่า ครูมีความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้าภาพรวมอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 10.81, S.D. = 2.24) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดคือ ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในระดับดีมาก ($\bar{X}$= 4.28, S.D. = 1.69) รองลงมาคือ ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพต่อผู้ได้รับควันจากบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในระดับดี ($\bar{X}$ = 3.73, S.D. = 2.04) และด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 2.81, S.D. = 1.80) ดังตาราง 3 และตาราง 4

ตาราง 3 ระดับความรู้เกี่ยวกับปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย (n=498)

ประเด็นการประเมิน	เต็ม 15 คะแนน		ระดับความรู้
	$\bar{X}$	S.D.	
ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า	4.28	1.69	ดีมาก
ด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพต่อผู้ได้รับควันจากบุหรี่ไฟฟ้า	3.73	2.04	ดี
ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบุหรี่ไฟฟ้า	2.81	1.80	ปานกลาง
ภาพรวม	10.81	2.24	ระดับดี

ตาราง 4 ผลการวิเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย รายข้อ คะแนนเต็มด้านละ 5 คะแนน (n=498)

ข้อ	รายการ	ตอบถูก		ตอบผิด		คะแนน	
		คน	ร้อยละ	คน	ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.
ด้านความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า							
1	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำให้สารน้ำระเหยกลายเป็นไอน้ำเพื่อสูดดมเข้าสู่ร่างกาย ไม่เกิดอันตรายต่อสุขภาพ (ผิด)	414	83.13	84	16.87	0.83	0.37
2	การระเหยกลายเป็นไอของบุหรี่ไฟฟ้า ส่งผลให้ร่างกายเกิดภาวะปอดอักเสบ (ถูก)	470	94.38	28	5.62	0.94	0.23
3	การสูบบุหรี่ไฟฟ้า ส่งผลให้ร่างกายเกิดความเสี่ยงต่อภาวะแทรกซ้อนรุนแรงจาก Covid-19 (ถูก)	457	91.77	41	8.23	0.92	0.28
4	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นตัวเลือกใหม่สำหรับผู้ที่ต้องการเลิกบุหรี่ (ผิด)	375	75.30	123	24.70	0.75	0.43
5	การสูบบุหรี่ไฟฟ้าไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายเนื่องจากไม่มีสารเคมีตกค้าง (ผิด)	413	82.93	85	17.07	0.83	0.38
	คะแนนเฉลี่ยรายด้าน					4.28	1.69
ด้านความรู้เกี่ยวกับผลกระทบด้านสุขภาพต่อผู้ได้รับควันจากบุหรี่ไฟฟ้า							
1	หญิงตั้งครรภ์ที่ได้รับควันบุหรี่ไฟฟ้า อาจส่งผลอันตรายต่อตัวอ่อนในครรภ์ (ถูก)	460	92.36	38	7.64	0.92	0.27
2	คนที่ได้รับควันบุหรี่ไฟฟ้าเวลานาน ทำให้เกิดการระคายเคืองตา (ถูก)	411	82.53	87	17.47	0.83	0.38
3	ไอระเหยของบุหรี่ไฟฟ้ามีอนุภาคใหญ่กว่าบุหรี่แบบซอง จึงเข้าสู่ปอดและซึมเข้าสู่กระแสเลือดยากกว่าบุหรี่มวน (ผิด)	341	68.47	67	31.53	0.68	0.47
4	ควันบุหรี่ไฟฟ้าสามารถฝังตัวในเสื้อผ้าหรือเฟอร์นิเจอร์ต่าง ๆ ได้นาน จึงส่งผลอันตรายต่อบุคคลอื่น (ถูก)	275	55.22	223	44.78	0.55	0.50
5	เด็กสามารถรับควันบุหรี่ไฟฟ้าที่ตกค้างได้น้อยกว่าผู้ใหญ่ (ผิด)	372	74.70	126	25.30	0.75	0.44
	คะแนนเฉลี่ยรายด้าน					3.73	2.04
ด้านความรู้เกี่ยวกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบุหรี่ไฟฟ้า							
1	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นสิ่งต้องห้ามนำเข้ามาในราชอาณาจักร ฝ่าฝืนจำคุกไม่เกิน 10 ปี หรือปรับเป็นเงิน 5 เท่าของมูลค่าสินค้า หรือทั้งจำทั้งปรับ (ถูก)	413	82.93	85	17.07	0.83	0.38
2	ห้ามขายบุหรี่ไฟฟ้าให้แก่บุคคลที่มีอายุต่ำกว่า 18 ปี ผู้ใดฝ่าฝืนจำคุกไม่เกิน 3 เดือน หรือปรับไม่เกิน 3,000 บาท หรือทั้งจำทั้งปรับ (ผิด)	43	8.63	455	91.37	0.09	0.28
3	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ จึงไม่เกี่ยวข้องกับ พ.ร.บ.ควบคุมผลิตภัณฑ์ยาสูบ พ.ศ. 2560 (ผิด)	124	24.90	375	75.10	0.25	0.43
4	การโฆษณาผลิตภัณฑ์บุหรี่ไฟฟ้าทุกรูปแบบเป็นสิ่งผิดกฎหมาย (ถูก)	466	93.57	32	6.43	0.94	0.25
5	บุคคลอายุครบ 20 ปีบริบูรณ์ สามารถซื้อหรือจำหน่ายบุหรี่ไฟฟ้าได้แต่ต้องขึ้นทะเบียนเป็นผู้ขายอย่างถูกต้อง (ผิด)	351	70.48	147	29.52	0.70	0.46
	คะแนนเฉลี่ยรายด้าน					2.81	1.80

2. การศึกษาทัศนคติต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย พบว่า ครูมีทัศนคติต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนเชิงบวก ($\bar{X}$ = 3.85, S.D. = 0.61) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ประเทศไทยควรมีการควบคุมการผลิตบุหรี่ไฟฟ้าอย่างเป็นระบบ เพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพของเยาวชน มีทัศนคติเชิงบวก ($\bar{X}$ = 4.34, S.D. = 0.84) รองลงมาคือ การบริโภคบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนเป็นปัจจัยทำให้เกิดปัญหาการสูบบุหรี่ในโรงเรียนมากขึ้น มีทัศนคติเชิงบวก ($\bar{X}$ = 4.32, S.D. = 0.80) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ บุหรี่ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตรายหากเทียบกับกัญชา มีทัศนคติเชิงปานกลาง ($\bar{X}$ = 3.12, S.D. = 1.30) ดังตาราง 5

ตาราง 5 ทัศนคติต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย (n=498)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับทัศนคติ
1	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีอันตรายหากเทียบกับกัญชา	3.12	1.30	เชิงปานกลาง
2	บุหรี่ไฟฟ้ามีความปลอดภัยกว่าบุหรี่มวนในรูปแบบซอง	3.60	1.20	เชิงลบ
3	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ค่อนข้างปลอดภัยเพราะสามารถเลือกรส หรือสารแต่งกลิ่นเองได้	3.85	1.11	เชิงลบ
4	บุหรี่ไฟฟ้าสามารถควบคุมปริมาณของสารประกอบในผลิตภัณฑ์ได้ จึงไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย	3.90	1.05	เชิงลบ
5	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ช่วยให้สามารถเลิกบุหรี่ได้ง่ายขึ้นกว่าเดิม	3.73	1.20	เชิงลบ
6	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นผลิตภัณฑ์ที่นำไปสู่ปัญหานักสูบหน้าใหม่ของเยาวชน	4.26	0.96	เชิงบวก
7	ประเทศไทยไม่ควรเปิดเสรีด้านการนำเข้าบุหรี่ไฟฟ้าเหมือนกับประเทศอื่นๆ	3.86	1.09	เชิงบวก
8	ประเทศไทยควรมีการควบคุมการผลิตบุหรี่ไฟฟ้าอย่างเป็นระบบเพื่อป้องกันปัญหาสุขภาพของเยาวชน	4.34	0.84	เชิงบวก
9	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นเครื่องมือนำพาไปสู่การสูบบุหรี่ในรูปแบบซอง	4.13	0.98	เชิงบวก
10	การเลือกรสและกลิ่นของบุหรี่ไฟฟ้าเป็นทางเลือกสำหรับการสูบบุหรี่สำหรับเยาวชน	3.44	1.32	เชิงลบ
11	บุหรี่ไฟฟ้าควรเป็นผลิตภัณฑ์ที่มาแก้ไขปัญหาการทิ้งก้นบุหรี่ได้ดีที่สุด	3.36	1.11	เชิงปานกลาง
12	รูปลักษณ์ผลิตภัณฑ์บุหรี่ไฟฟ้ามีความที่ปลอดภัยมากกว่าบุหรี่แบบมวน	3.39	1.19	เชิงปานกลาง
13	โรงเรียนควรเพิ่มข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในหลักสูตร	4.28	0.83	เชิงบวก
14	บุหรี่ไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่งที่จะนำไปสู่การเสพติดสารเสพติดชนิดอื่นๆ	4.22	0.85	เชิงบวก
15	การบริโภคบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนเป็นปัจจัยทำให้เกิดปัญหาการสูบบุหรี่ในโรงเรียนมากขึ้น	4.32	0.80	เชิงบวก
	ภาพรวม	3.85	0.61	เชิงบวก

3. การศึกษาความตระหนักต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย พบว่า ครูมีความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$=4.02, S.D.=0.49) เมื่อพิจารณารายข้อพบว่าข้อที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ ปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนเป็นปัญหาระดับชาติที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการมาตรการการจัดการอย่างเข้มงวด มีความตระหนักอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$=4.40, S.D.=0.81) รองลงมาคือ การสร้างความตระหนักของผลกระทบในบุหรี่ไฟฟ้าควรมีการปลูกฝังองค์ความรู้ต่างๆ ตั้งแต่เด็กเล็กเพื่อความยั่งยืนในการป้องกันและแก้ไข มีความตระหนักอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. = 0.73) และข้อที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดคือ หากไม่สามารถควบคุมการใช้บุหรี่ไฟฟ้าได้ควรยินยอมให้มีการสูบในพื้นที่ที่กำหนด มีความตระหนักอยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{X}$=3.12, S.D.=1.40) ดังตาราง 6

ตาราง 6 ความตระหนักต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย (n=498)

ข้อ	รายการ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับทัศนคติ
1	มีความประสงค์จะเผยแพร่ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของบุหรี่ไฟฟ้าให้กับผู้เรียน	4.19	0.83	มาก
2	มีความประสงค์จะแนะนำแหล่งข้อมูลที่เหมาะสมกับการศึกษาเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้าให้กับผู้เรียน	4.16	0.83	มาก
3	ปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในปัจจุบันเริ่มรุนแรง ควรจัดกิจกรรมสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องกับเยาวชน	4.42	0.73	มากที่สุด
4	มีความประสงค์จะนำความรู้เรื่องบุหรี่ไฟฟ้าไปบูรณาการจัดการเรียนรู้ ในรายวิชาที่รับผิดชอบ	4.20	0.79	มาก
5	โรงเรียนควรจัดพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่ไฟฟ้าเนื่องจากมีอันตรายน้อยกว่าบุหรี่ทั่วไป	3.47	1.40	มาก
6	โรงเรียนควรจัดพื้นที่สำหรับสูบบุหรี่ไฟฟ้าเนื่องจากบุหรี่ไฟฟ้าได้รับการยอมรับจากบุคคลทั่วไป	3.70	1.19	มาก
7	การที่เยาวชนสูบบุหรี่ไฟฟ้าเป็นเรื่องปกติของสังคมยุคสมัยใหม่ ครูจึงควรทันต่อสถานการณ์ปัจจุบันและเข้าใจเด็ก	3.19	1.41	ปานกลาง
8	หากไม่สามารถควบคุมการใช้บุหรี่ไฟฟ้าได้ควรยินยอมให้มีการสูบในพื้นที่ที่กำหนด	3.12	1.40	ปานกลาง
9	ปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนเป็นปัญหาระดับชาติที่หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีมาตรการการจัดการอย่างเข้มงวด	4.40	0.81	มากที่สุด
10	ปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน มีอันตรายน้อยกว่าบุหรี่รูปแบบทั่วไป ดังนั้นไม่ใช่เรื่องที่จำเป็นต้องมีมาตรการที่เข้มงวด	3.84	1.26	มาก
11	การจัดการเรียนรู้เรื่องบุหรี่ไฟฟ้าในรายวิชาต่างๆ มีส่วนสำคัญในการป้องกันปัญหาบุหรี่ไฟฟ้า	4.36	0.69	มากที่สุด
12	สถานศึกษาคือหน่วยงานที่สำคัญที่สุดในการรับผิดชอบต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน	4.11	0.96	มาก
13	หากสถานศึกษาและผู้ปกครองไม่ร่วมกันแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้า อาจส่งผลกระทบหรือปัญหาในระยะยาวได้	4.38	0.71	มากที่สุด
14	การสร้างความตระหนักของผลกระทบในบุหรี่ไฟฟ้าควรมีการปลูกฝังองค์ความรู้ต่างๆ ตั้งแต่เด็กเพื่อความยั่งยืนในการป้องกันแก้ไข	4.39	0.73	มากที่สุด
15	การแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้า ควรเริ่มจากการปลูกฝังทัศนคติและความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับอันตรายของบุหรี่ไฟฟ้าให้กับทุกคนในโรงเรียน	4.39	0.77	มากที่สุด
	ภาพรวม	4.02	0.49	ระดับมาก

4. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย พบว่า ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ทางบวกปานกลางกับทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน (r= 0.686 และ 0.587 ตามลำดับ) ทัศนคติมีความสัมพันธ์ทางบวกสูงกับความตระหนัก (r= 0.724) มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ดังตาราง 7

ตาราง 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ความเข้าใจ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษา ในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย

รายการ	ความรู้ความเข้าใจ	ทัศนคติ	ความตระหนัก
ความรู้ความเข้าใจ	1.00	.686*	.587*
ทัศนคติ		1.00	.724*
ความตระหนัก			1.00

**p-value < 0.05*

อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชนในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย มีประเด็นสำคัญนำมาอภิปราย ดังนี้

1. การศึกษาระดับความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า พบว่า ครูมีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า กระทรวงศึกษาธิการได้กำหนดนโยบายให้สถานศึกษาสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับภัยจากบุหรี่ไฟฟ้า โดยนำเนื้อหาเรื่องบุหรี่เพิ่มเติมในเนื้อหาการเรียนรู้รายวิชาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ครูจึงต้องศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมทั้งจากการอบรมและศึกษาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องบุหรี่ไฟฟ้าที่หน่วยงานต่างๆ เช่น มูลนิธิรณรงค์เพื่อการไม่สูบบุหรี่ (มสบ.) ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ (ศจย.) ได้จัดทำขึ้นเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจสามารถนำไปถ่ายทอดและให้คำแนะนำกับผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง ดังที่ นรรชต์ ฝันเชียร (2563) ได้กล่าวไว้ว่า การฝึกอบรมจะช่วยพัฒนาครูได้เพิ่มความรู้ใหม่ๆ เกี่ยวกับเนื้อหา เทคนิคการสอน และรวมถึงความเข้าใจเกี่ยวกับนโยบายและประเด็นต่างๆ ที่ส่งผลต่อการพัฒนาผู้เรียนให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น สอดคล้องกับวิชุดา กาพล และพีระศักดิ์ วรฉัตร (2564, น.100) ที่ศึกษาพบว่า การพัฒนาตนเองด้วยการฝึกอบรมและฝึกปฏิบัติงานสามารถช่วยพัฒนาครูให้มีความรู้ความเข้าใจการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นเดียวกับศิริพร พูลรักษ์ (2565, น.30) ที่ศึกษาพบว่า การฝึกอบรมให้ความรู้เรื่องการเลิกบุหรี่ไฟฟ้าช่วยให้มีความรู้เรื่องบุหรี่ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คล้ายกับปราณี แผนดี (2563) ที่ศึกษาพบว่า การใช้โปรแกรมส่งเสริมการลดสูบบุหรี่ช่วยพัฒนาความรู้ความเข้าใจเรื่องโทษและพิษภัยของบุหรี่มากขึ้น ทำนองเดียวกับปูฮาริชและคนอื่นๆ (Puharić et al., 2021, p.7) ที่ศึกษาพบว่า การให้ความรู้บุหรี่ไฟฟ้าเป็นปัจจัยสำคัญต่อการป้องกันและลดการใช้บุหรี่ไฟฟ้า

2. การศึกษาระดับระดับทัศนคติที่มีต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน พบว่า ครูมีทัศนคติอยู่ในเชิงบวก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ครูมีความคิดเห็นว่าบุหรี่ไฟฟ้าเป็นภัยเงียบที่สำคัญส่งผลกระทบอันตรายต่อสุขภาพ จึงควรมีวิธีการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในสถานศึกษาโดยการมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้อง เช่น ผู้บริหารสถานศึกษา ครู และผู้ปกครอง นอกจากนี้ควรให้ข้อมูลผลกระทบต่อสุขภาพที่ถูกต้องกับนักเรียนกลุ่มเสี่ยงที่อาจตัดสินใจสูบบุหรี่ไฟฟ้าหรือบุหรี่ธรรมดา เพื่อสร้างโรงเรียนปลอดบุหรี่และสิ่งแวดล้อมที่ดีให้กับสังคม ดังที่องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 2021) ได้กล่าวไว้ว่าบุหรี่ไฟฟ้าเป็นอันตรายต่อการพัฒนาสมอง ทำลายสมาธิและการเรียนรู้ในเด็ก จึงควรป้องกันเยาวชนจากการใช้บุหรี่เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการสูบบุหรี่ในโรงเรียนมากขึ้น สอดคล้องกับมะหะหมัด ซอบรีและคนอื่นๆ (Mahamad Sobri et al., 2022, p.76) ที่ศึกษาพบว่า ทัศนคติเป็นปัจจัยสำคัญต่อพฤติกรรมการสูบหรี่ไฟฟ้า การรับรู้อันตรายของบุหรี่ไฟฟ้าจะส่งผลต่อการตัดสินใจไม่สูบบุหรี่ไฟฟ้า ทำนองเดียวกับ บุญชัย พิริยกิจกำจร และนิรชร ชูติพัฒนะ (2561, น.114) ที่ศึกษาพบว่าครูและผู้ปกครองเป็นบุคคลที่มีความสำคัญในการมีส่วนร่วมขับเคลื่อนนโยบาย ลด ละ เลิกบุหรี่ในเยาวชนให้ประสบผลสำเร็จ ป้องกันวัยรุ่นไม่ให้กลายเป็นบุคคลที่สูบบุหรี่ในอนาคต

3. การศึกษาความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน พบว่า ครูมีความตระหนักอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าบุหรี่ไฟฟ้าส่งผลร้ายทำลายสุขภาพของนักเรียน และควันบุหรี่ไฟฟ้าหรือที่เรียกว่าควันบุหรี่มือสองส่งผลกระทบต่อสุขภาพคนรอบข้าง ครูจึงมีความตระหนักว่าการป้องกันและแก้ไขปัญหา รวมทั้งช่วยปลูกฝังทัศนคติและให้ความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับอันตรายของบุหรี่ไฟฟ้าให้กับนักเรียนในโรงเรียนเป็นหน้าที่สำคัญของครู เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนเข้าไปยุ่งเกี่ยว อีกทั้งเป็นการคุ้มครองสุขภาพนักเรียน ครูและบุคลากรทางการศึกษา นำไปสู่การสร้างสิ่งแวดล้อมปลอดบุหรี่ในสถานศึกษาต่อไป ดังที่

ผ่องศรี ศรีมรกต (2565) ที่ได้กล่าวไว้ว่า บุหรี่ไฟฟ้าเป็นภัยคุกคามเยาวชน ทำลายสุขภาพและคนรอบข้าง บุคคลใกล้ชิดกับเยาวชนควรมีความตระหนักถึงปัญหาและหาแนวทางป้องกันโดยให้ความรู้และข้อมูลที่ถูกต้องเกี่ยวกับอันตรายของบุหรี่ไฟฟ้ากับเยาวชน ซึ่งเป็นปัจจัยด้านความรู้ การรับรู้ของบุคคล (Cognitive perceptual factors) ที่สำคัญจะทำให้เยาวชนรับรู้ผลกระทบที่เกิดขึ้นของการสูบบุหรี่ไฟฟ้า เป็นการสร้างภูมิคุ้มกันที่ถูกต้องให้แก่เยาวชนไม่ให้เข้าไปริลองตลอดจนเป็นการป้องกันนักสูบหน้าใหม่เพื่อสร้างสังคมและสิ่งแวดล้อมที่ดี (Pender, 1996) สอดคล้องกับ วองและคนอื่นๆ (Wang et al., 2020, p.2) อัล-บาลาสและคนอื่นๆ (Al-Balas et al., 2021, p.589) และไกฮาและคนอื่นๆ (Gaiha et al., 2021, p.7) ที่ศึกษาพบว่า การสร้างความตระหนักรู้ผลกระทบการใช้บุหรี่ไฟฟ้าสามารถลดอัตราการสูบบุหรี่ไฟฟ้าได้ ทำนองเดียวกับเชฮาตาและคนอื่นๆ (Shehata et al., 2020, p.140) ที่ศึกษาพบว่า ความตระหนักต่อผลเสียของบุหรี่ไฟฟ้าส่งผลต่อทัศนคติการไม่สูบบุรี่ไฟฟ้า คล้ายกับทิพวัลย์ ธีรสิริโรจน์ (2565, น.107) ที่ศึกษาพบว่า การให้ความรู้และเพิ่มทักษะการส่งเสริมภาวะสุขภาพเป็นการสร้างความตระหนักถึงผลกระทบของบุหรี่ได้

4. ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย พบว่า ความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกกับทัศนคติและความตระหนักต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ครูมีความรู้ความเข้าใจผลกระทบบุหรี่ไฟฟ้าต่อสุขภาพของผู้สูบบุหรี่และคนรอบข้าง ทำให้มีทัศนคติเชิงบวกต่อการป้องกันไม่ให้เยาวชนเข้าไปข้องเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้า รวมทั้งมีความตระหนักว่าการป้องกันและแก้ไขปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในโรงเรียนเป็นหน้าที่สำคัญของครู เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการสูบบุหรี่ในโรงเรียนมากขึ้น ดังที่ อัฐภิญญา ปัทมภาสสกุล (2562) ได้กล่าวไว้ว่า ทัศคติเกิดจากการรับรู้และความเข้าใจผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นนำไปสู่ความตระหนักและการแสดงพฤติกรรมตอบสนองต่อสิ่งเร้าในเชิงบวกหรือทางลบ สอดคล้องกับฟาง และคนอื่นๆ (Fang et al., 2022, p.4) ที่ศึกษาพบว่า การให้ความรู้ผลกระทบบุหรี่ไฟฟ้าส่งผลให้ ผู้สูบหรี่มีทัศนคติ ความตระหนักต่อสุขภาพ และลดพฤติกรรมการสูบบุหรี่ไฟฟ้าได้ คล้ายกับทองสุทธิ์และคนอื่นๆ (Thongsutt et al., 2023, p.561) ที่ศึกษาพบว่า ความรู้เกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้าส่งผลต่อทัศนคติการเลิกสูบบุหรี่ไฟฟ้า ทำนองเดียวกับ เชฮาตาและคนอื่นๆ (Shehata et al., 2020, p.140) ที่ศึกษาพบว่า ความตระหนักต่อผลเสียของบุหรี่ไฟฟ้าส่งผลต่อทัศนคติการไม่สูบบุรี่ไฟฟ้า

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

ครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในระดับดี มีทัศนคติเชิงบวกและมีความตระหนักต่อการป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในระดับมาก

ความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักต่อปัญหาของบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานคร และเขตพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทยมีความสัมพันธ์ทางบวก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. จากผลการศึกษาพบว่าครูมีความรู้เกี่ยวกับปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในเยาวชนอยู่ในระดับดี ดังนั้นสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาควรร่วมกับสถานศึกษา จัดกิจกรรมชุมชนการเรียนรู้ทางวิชาชีพ (PLC) เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้การจัดกิจกรรมป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในสถานศึกษาของแต่ละโรงเรียนจะช่วยให้ครูมีความรู้ความเข้าใจบุหรี่ไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น และสามารถนำไปพัฒนาให้เกิดแนวปฏิบัติที่ดี (Good practice) ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. จากผลการศึกษาพบว่าครูมีความรู้ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบุหรี่ไฟฟ้าอยู่ในระดับปานกลาง ดังนั้นสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาควรร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ เป็นต้น จัดอบรมให้ความรู้ด้านกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับบุหรี่ไฟฟ้าเพื่อให้ครูมีความรู้ความเข้าใจและสามารถนำไปถ่ายทอดให้ความรู้กับผู้เรียนได้อย่างถูกต้อง

3. จากผลการศึกษาพบว่าความรู้มีความสัมพันธ์ทางบวกต่อทัศนคติและความตระหนัก ดังนั้นหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กระทรวงศึกษาธิการ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา ควรออกแบบกิจกรรมเสริมสร้างความรู้เรื่องปัญหาและโทษของบุหรี่ไฟฟ้า เพื่อสร้างทัศนคติเชิงบวกและความตระหนักถึงปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในสถานศึกษาให้กับครู

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชนในเขตพื้นที่ภูมิภาคอื่นๆ ของประเทศไทย เพื่อสามารถอ้างอิงผลการศึกษาครอบคลุมทั่วประเทศ

2. ควรมีการศึกษาปัจจัยทำนายหรือความสัมพันธ์ของตัวแปรด้านปัจจัยส่วนบุคคล เช่น อายุ เพศ ประสบการณ์ทำงานที่มีต่อระดับความรู้ ทัศนคติ และความตระหนักของครูระดับชั้นมัธยมศึกษาที่มีต่อปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าของเยาวชน เพื่อเป็นแนวทางการพัฒนาครูให้มีความรู้และความเข้าใจ สามารถออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาบุหรี่ไฟฟ้าในสถานศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทุนสนับสนุนวิจัยจาก “ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ” (ศจย.) และ “สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ” (สสส.) สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษาวิจัย ผู้อำนวยการโรงเรียนและกลุ่มตัวอย่างทุกท่าน ที่มีส่วนร่วมให้การศึกษาวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กาญจนา เทียนลาย. (2563, เมษายน). *บุหรี่ไฟฟ้าปลอดภัยจริงหรือ*. รายงานสุขภาพคนไทย.https://www.thaihealthreport.com/th/articles_detail.php?id=77

ทิพยรัตน์ บุญมา, บุญวัฒน์ สว่างวงศ์, และวันจักร น้อยจันทร์. (2564). ทัศนคติของนักศึกษาต่อการสูบบุหรี่อิเล็กทรอนิกส์และบุหรี่มวน. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา*, 9(1), 202-215.

ทิพวัลย์ ธีรสิริโรจน์. (2565). การสร้างความตระหนักและส่งเสริมการปรับเปลี่ยนพฤติกรรม เพื่อลด ละ เลิกบุหรี่ในผู้ป่วยโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง. *วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยคริสเตียน,* 9(1), 97-113.

ธงชัย เลิศวินัยรัตนพงศ์. (2565, 5 กรกฎาคม). *บุหรี่คร่าชีวิตคนไทย 72,000 ราย สูญมูลค่าทางเศรษฐกิจปีละกว่า2 แสนล้านบาท.* กรุงเทพธุรกิจ. https://www.bangkokbiznews.com/social/1013732

นรรัชต์ ฝันเชียร. (2563, 21 เมษายน). *ประโยชน์ของการฝึกอบรมครู. ทรูปลูกปัญญา*. https://www.trueplookpanya.com/education/content/80328/-teaartedu-teaart-teaarttea-

บุญชัย พิริยกิจกำจร และนิรชร ชูติพัฒนะ. (2561). แนวทางการป้องกัน และลด ละ เลิกบุหรี่ของเยาวชน จังหวัดสงขลา. *วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้,* 5(1), 108-123.

ปราณี แผนดี. (2563). *ผลของโปรแกรมการส่งเสริมการลดสูบบุหรี่ต่อพฤติกรรมการลดสูบบุหรี่ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร จังหวัดกำแพงเพชร*. [วิทยานิพนธ์, มหาวิทยาลัยนเรศวร]. https://nuir.lib.nu.ac.th /dspace/bitstream/123456789/1731/3/60061568.pdf

ปิยวรรณ บุญเพ็ญ, ภาวนา เมนทะระ และปิยชาติ บุญเพ็ญ. (2562). พฤติกรรมการสูบบุหรี่ไฟฟ้าและพฤติกรรมต้องการเลิกบุหรี่ไฟฟ้าของนักศึกษาระดับอุดมศึกษาในเขตกรุงเทพมหานคร. *วารสารศรีนครินทรวิโรฒวิจัยและพัฒนา สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์,* 11(22), 111-127.

ผ่องศรี ศรีมรกต. (2565, 17 กันยายน). *บุหรี่ไฟฟ้า : ภัยคุกคามเยาวชนทำลายสุขภาพ ทำร้ายคนรอบข้าง.* มหาวิทยาลัยมหิดล. https://mahidol.ac.th/th/electronic-cigarette/

รณชัย คงสกนธ์, อนุตเชษฐ์ พัฒนธีร์ปพน, สมนึก สกุลหงส์โสภณ, อรลักษณ์ พัฒนาประทีป, ปวีณา ปั้นกระจ่าง, วศิน พิพัฒนฉัตร, บุญณัฐ บุญเชิด และจเร ทั่งโต. (2563). *รายงานสถานการณ์การบริโภคยาสูบของประเทศไทย พ.ศ. 2562*. ศูนย์วิจัยและจัดการความรู้เพื่อการควบคุมยาสูบ มหาวิทยาลัยมหิดล.

วิชุดา กาพล และพีระศักดิ์ วรฉัตร. (2564). โปรแกรมการพัฒนาครูด้านการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการคิดวิเคราะห์ สำหรับสถานศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาชัยภูมิ เขต 2. *Journal of Modern Learning Development,* 6(1), 90–102.

ศิริพร พูลรักษ์. (2565). ผลของโปรแกรมการเลิกสูบบุหรี่ไฟฟ้าผ่านระบบออนไลน์ที่มีต่อความรู้ ทัศนคติ และความตั้งใจเลิกสูบบุหรี่ของนักศึกษามหาวิทยาลัยเอกชนแห่งหนึ่ง. *วารสารพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยคริสเตียน.* 9(1), 20-38.

สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล. (2565, กันยายน). *บุหรี่ไฟฟ้า.* รายงานสุขภาพคนไทย. https://www.thaihealthreport.com/th/articles_detail.php?id=139

_____. (2566, กุมภาพันธ์). *บุหรี่ไฟฟ้าทางเลือกที่อันตรายไม่น้อยไปกว่าบุหรี่.* รายงานสุขภาพคนไทย. https://www.thaihealthreport.com/th/articles_detail.php?id=163

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ. (2562, 13 ธันวาคม). *เครือข่ายต้านบุหรี่ หนุนควบคุมบุหรี่ไฟฟ้า.* https://www.thaihealth.or.th/?p=221038

_____. (2563, 27 มีนาคม). *ข้อเท็จจริงของบุหรี่ไฟฟ้า.* https://resourcecenter.thaihealth.or.th/media/y4Qg

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2564). *การสำรวจพฤติกรรมด้านสุขภาพของประชากร พ.ศ. 2564.* สำนักงานสถิติแห่งชาติ กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม.

สุรสิงห์ สมบัติ, สุรนาถ วัชวงศ์, และณัฐฏ์พัชรสร สมบัติ. (2564). การแก้ปัญหานักสูบหน้าใหม่ ความท้าทายในสังคมไทย. *วารสารโรงพยาบาลนครพิงค์,* 12(1), 205-222.

องค์การอนามัยโลก. (2564, 20 ตุลาคม). *แถลงการณ์เรื่องบุหรี่ไฟฟ้า.* https://cdn.who.int/media/docs/default-source/thailand/ncds/who-thailand-statement-on-electronic-cigarettes-as-of-20-october-2021-(th).pdf?sfvrsn=56366162_5

อัฐภิญญา ปัทมภาสสกุล. (2562). *ปัจจัยความตระหนักเรื่องสิ่งแวดล้อม สุขภาพ รูปลักษณ์ภายนอก ความรู้เรื่องนิเวศวิทยา และอิทธิพล ระหว่างบุคคลที่ส่งผลต่อทัศนคติ และความตั้งใจซื้อเครื่องสำอางธรรมชาติของสตรี ในกรุงเทพมหานคร.* [การค้นคว้าอิสระ, มหาวิทยาลัยกรุงเทพ]. http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/3962/1/auttapinya.patt.pdf

Al-Balas, H. I., Al-Balas, M., Al-Balas, H., Almehaiza, S., Melhem, H. B., & Al-Balas, B. (2021). Electronic Cigarettes Prevalence and Awareness Among Jordanian Individuals. *Journal of Community Health,* 46, 587-590. https://doi.org/10.1007/s10900-020-00904-x

Fang, J., Ren, J., Ren, L., Max, W., Yao, T., & Zhao, F. (2022). Electronic cigarette knowledge, attitudes and use among students at a university in Hangzhou, China. *Tobacco Induced Diseases,* 20, 9. https://doi.org/10.18332/tid/144230

Gaiha, S. M., Duemler, A., Silverwood, L., Razo, A., Halpern-Felsher, B., & Walley, S. C. (2021). School-based e-cigarette education in Alabama: Impact on knowledge of e-cigarettes, perceptions and intent to try. *Addictive Behaviors,* 112, 106519. https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106519

Mahamad Sobri, M., Azlan, A., Md. Bohari, N., Mohd Radzi, N., & Bakri, N. (2022). Knowledge, attitude and perceived harm of e-cigarette use behaviour among medical and dental undergraduate students in UiTM. *Compendium of Oral Science,* 9(2), 69-79. https://doi.org/10.24191/cos.v9i2.19235

Pender, N. J. (1996). *Health promotion in nursing practice*. (3rd ed.). Appleton & Lange.

Puharić, Z., Smola, V., Žulec, M., Grabovac, S., Puharić, F., & Petričević, N. (2021). Knowledge, Attitudes and use of e-cigarettes. Archives of Psychiatry Research: *An International Journal of Psychiatry and Related Sciences*, 57(1), 5-14. https://doi.org/10.20471/may.2021.57.01.01

Shehata, S. F., Alqahtani, F. A. M., Alzahrani, A. A., Alasmre, F. A., AlGhris, N. A. N., Al-Mudhi, M. M., & Almutlaq, A. H. (2020). Awareness, attitude, and practice regarding E-cigarettes among students at King Khalid University, Saudi Arabia. *World Family Medicine Journal*, 18(2), 139-145. https://doi.org/0.5742/MEWFM.2020.93921

Thongsutt, T., Yusote, C., Jubprang, S., Sasisuwan, A., Poonchuay, N., Chanawong, A., Sottiyotin, T., Laopaiboonkun, S., & Muthanna, F. M. S. (2023). Factors associated with knowledge and attitude towards E-Cigarettes among undergraduate students in thailand: A cross-sectional study. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention,* 24(2), 559–567. https://doi.org/10.31557/APJCP.2023.24.2.559

Wang, W., Lu, M., Cai, Y., & Feng, N. (2020). Awareness and use of e-cigarettes among university students in Shanghai, China. *Tobacco Induced Diseases,* 18, 76. https://doi.org/10.18332/tid/125748

World Health Organization. (2021, 17 August). *WHO report on the global tobacco epidemic, 2021: addressing new and emerging products: executive summary.* https://www.who.int/publications/i/item/9789240032842

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

วันที่รับ : 2 พฤษภาคม 2566
วันที่แก้ไข : 29 พฤษภาคม 2566
วันที่ตอบรับ : 19 มิถุนายน 2566

กฤษณพงค ฟองสินธุ์[1*] และภัทร์อร ฟองสินธุ์[1]
[1]คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จังหวัดอุตรดิตถ์
*Corresponding author e-mail: sfongsin1@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบและแนวทางแก้ไขปัญหาอุปสรรคต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยการรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้ควบคุมงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 57 ตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามเพื่อทำการวิเคราะห์และเรียงลำดับค่าดัชนีความรุนแรง ซึ่งเป็นการรวมค่าระดับความถี่และระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบทั้ง 5 ด้าน อันประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านการเงิน 3) ปัจจัยด้านเครื่องจักรในการก่อสร้าง 4) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง และ 5) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุดคือ การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตร มีค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 0.286 ส่วนปัจจัยที่มีผลกระทบน้อยที่สุดคือ การเกิดอุบัติเหตุในระหว่างก่อสร้าง มีค่าดัชนีความรุนแรงเท่ากับ 0.077 เมื่อพิจารณา 5 อันดับแรกของค่า S.I. สูงสุด พบว่ามีปัจจัยด้านการเงินถึง 3 ปัจจัย ซึ่งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นควรมีการบริหารความเสี่ยงทางด้านการเงินของบริษัทผู้รับเหมาโครงการก่อสร้างในอนาคต อีกทั้งนำผลการวิจัยปัจจัยต่างๆ ที่ระบุในการศึกษาไปใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณานโยบายการบริหารจัดการให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาของปัจจัยแวดล้อมต่างๆ ที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ

คำสำคัญ: การบริหารโครงการก่อสร้าง, องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น, ถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก

FACTORS AFFECTING THE REINFORCED CONCRETE ROAD CONSTRUCTION MANAGEMENT OF LOCAL ADMINISTRATION ORGANIZATIONS OF MUEANG DISTRICT IN UTTARADIT PROVINCE

Received : 2 May 2024
Revised : 29 May 2024
Accepted : 19 June 2024

Kritsanapong Fongsin[1*] and Patorn Fongsin[1]
[1]Faculty of Industrial Technology, Uttaradit Rajabhat University, Uttaradit
*Corresponding author e-mail: sfongsin1@hotmail.com

ABSTRACT

The objectives of this research were to investigate the factors affecting and present guideline for resolving obstacles for the reinforced concrete road construction management of local administration organizations of Mueang District in Uttaradit Province. The data was collected from 57 samples who were supervisors under the control of local administration organizations by using a questionnaire. The factors affecting were analyzed and sequentially ranked by severity index, a combination of occurrence frequency level, and severity level used to determine into five factors which consisted of 1) Man 2) Money 3) Machine 4) Material 5) Method. The result significantly revealed that the most affecting factor on the reinforced concrete road construction management was shortage of construction labor during agricultural season with severity Index of 0.286. The least affecting factor was accidents during construction with severity Index of 0.077. When considering the top 5 highest of S.I., it was found that there were 3 financial factors that the local administration organization should have in managing financial risks of contractor company in future. In addition, results from this research should be implemented as guideline for consideration of management policies in order to response to with the conditions of problems found in various environmental factors that are constantly changing.

Keywords: Construction management, Local administrative organization, The reinforced concrete road

บทนำ

นับตั้งแต่ พ.ศ. 2537 ที่รัฐบาลในสมัยนั้นมีนโยบายกระจายอำนาจการปกครองไปสู่ประชาชนให้มากขึ้น และได้มีการยกฐานะสภาตำบลไปเป็นองค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบล ทำให้องค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบลต้องรับผิดชอบควบคุมต่างๆ ในท้องถิ่นเองรวมทั้งงานก่อสร้างซึ่งต้องใช้บุคลากรที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะทางเท่านั้น แต่ที่ผ่านมาพบว่าองค์การบริหารส่วนตำบลและเทศบาลตำบลแต่ละท้องถิ่นพบกับปัญหาอุปสรรคเกี่ยวกับการบริหารจัดการด้านการก่อสร้างอยู่ไม่น้อย ซึ่งรายงานผลการปฏิบัติงานของสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 (สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน, 2565) ซึ่งเป็นปีล่าสุดที่รายงาน พบว่าผลการตรวจสอบโครงการก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นจำนวน 95 เรื่อง พบข้อบกพร่องจำนวน 52 เรื่อง คิดเป็น 54.74% ซึ่งสาเหตุที่โครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานไม่ได้คุณภาพมาจากหลายปัจจัย เช่น ผู้ควบคุมงานและคณะกรรมการตรวจงานก่อสร้างปฏิบัติหน้าที่ไม่ครบถ้วนตามระเบียบละเลยการปฏิบัติหน้าที่ ทำให้เกิดความเสียหาย มีการสมยอมกับผู้รับจ้าง ฯลฯ จากการทบทวนวรรรณกรรมมักพบปัญหาที่เกิดขึ้นในการก่อสร้างตลอดระยะเวลาของโครงการ (นวพรรษช์ ขันติสิทธิ์ และวรรณวิทย์ แต้มทอง, 2564, น.1) กล่าวถึงปัญหาของการควบคุมคุณภาพของงานถนนคอนกรีตเสริมเหล็กในโครงการบ้านจัดสรร งานที่ได้รับความเสียหายมากที่สุดในด้านค่าใช้จ่าย คือ ถนน คิดเป็น 75% ของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อมทั้งหมด (ทัต นาควิเชียร, 2555, น.1) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างถนนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตปริมณฑล พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าสูงสุด 3 อันดับแรก ประกอบด้วย แรงงานหยุดงานช่วงเทศกาล การขาดแคลนแรงงานก่อสร้าง และผู้รับจ้างเข้าดำเนินการในพื้นที่ล่าช้า (วรรณวรางค์ รัตนานิคม และสยาม ยิ้มศิริ, 2563, น.445) ได้ศึกษาปัญหาในการบริหารงานก่อสร้างประเภทอาคารในขั้นตอนการออกแบบและประมาณราคา พบว่ารายละเอียดของแบบและรายการประกอบแบบไม่ชัดเจนและผู้ปฏิบัติงานไม่เพียงพอกับปริมาณงาน

ในปัจจุบันทางองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ทั้งหมด 19 แห่ง มีงบประมาณที่ใช้ในโครงการก่อสร้างเป็นจำนวนมากในแต่ละปีงบประมาณ โดยเฉพาะโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก (กฤษณพงค ฟองสินธุ์ และภัทร์อร ฟองสินธุ์, 2563, น.247) ปัญหาที่พบหลังจากเปิดใช้งานถนนคอนกรีตเสริมเหล็กคือ ผิวหน้าถนนสึกกร่อน หินโผล่ ผิวไม่เรียบ เป็นต้น ทำให้ประชาชนไม่ได้รับความพึงพอใจในการใช้ถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก ซึ่งสาเหตุของความเสียหายมี 2 ประการ 1)เกิดจากตัวคอนกรีตเอง เช่น ใช้ส่วนผสมไม่เหมาะสม มีปูนซีเมนต์น้อยเกินไป หินที่ใช้มีความแกร่งไม่พอ ใช้น้ำไม่สะอาด ผสมคอนกรีต มีสารเคมีปะปน การเสริมเหล็กผิดตำแหน่ง 2)เกิดจากพื้นทาง ดินคันทางไม่แข็งแรงเพียงพอเมื่อมีน้ำหนักยานพาหนะบดทับทำให้เกิดการเสียหาย เช่น การอัดทะลัก (Pumping and blowing) เกิดรอยแตกบริเวณมุมและรอยต่อของแผ่นคอนกรีต

จากเหตุผลดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมุ่งเน้นศึกษาถึงปัจจัย 5 ด้านตามหลักการบริหารโครงการก่อสร้าง 5’M (ศรยุทธ กิจพจน์, 2545, น.59) ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านการเงิน 3) ปัจจัยด้านเครื่องจักรในการก่อสร้าง 4) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง ซึ่งหลักการบริหารโครงการก่อสร้าง 5’M คือ หลักในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อนำไปวางแผนแก้ไขปัญหา และสามารถนำไปต่อยอดในการหาสาเหตุของปัญหาด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ปัญหา เช่น แผนผังก้างปลา (Fishbone diagram) ที่จะแสดงให้เห็นว่าแต่ละปัญหามีที่มาจากอะไร วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์มากที่สุด 5 อันดับแรก และหาแนวทางป้องกัน แก้ไขปัญหาได้อย่างเหมาะสม เป็นที่พึงพอใจของประชาชนในชุมชน ก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อเงินภาษีของประชาชน และโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กออกมามีคุณภาพ ไม่ต้องตั้งงบประมาณไปปรับปรุงหรือซ่อมแซมโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กที่ได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จไปแล้ว

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์
2. เพื่อศึกษาแนวทางแก้ไขปัญหาอุปสรรคการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี หลักการ และงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้คุณภาพ (Arditi & Gunaydin, 1998, p.198) แล้วนำมาประมวลผลเพื่อกำหนดขอบเขต และสร้างเครื่องมือให้ครบถ้วนครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

2. จัดทำแบบสอบถาม ทำการสอบถามความคิดเห็นและเก็บรวบรวมข้อมูล และประมวลผล

นำข้อมูลที่ได้มาสร้างแบบสอบถามความคิดเห็นโดยอ้างอิงจากงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง (นวพรรษช์ ขันติสิทธิ์และวรรณวิทย์ แต้มทอง, 2564, น.4 ; ทัต นาควิเชียร, 2555, น.85 ; วรรณวรางค์ รัตนานิคม และสยาม ยิ้มศิริ, 2563, น.447) โดยการสร้างปัจจัยย่อย 10 ข้อให้ครอบคลุมแต่ละปัจจัยหลักที่มีผลต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กทั้ง 5 ด้าน ได้แก่ 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านการเงิน 3) ปัจจัยด้านเครื่องจักรในการก่อสร้าง 4) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง และทำการตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา และภาษาที่ใช้ในแบบสอบถามที่สร้างขึ้นให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์ โดยการจัดประชุมกลุ่มย่อยเพื่ออภิปราย วิเคราะห์และสังเคราะห์ปัจจัยย่อยของปัจจัยหลักทั้ง 5 ด้านของแบบสอบถามที่ประกอบด้วยวิศวกร หัวหน้าส่วนโยธา นายช่างโยธา ผู้ช่วยช่างโยธา หรือผู้ที่มีหน้าที่ในการผู้ควบคุมงานและตรวจงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 19 แห่ง ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ นำแบบสอบถามที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มที่เกี่ยวข้องที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา จำนวน 30 คน แล้วนำผลที่ได้มาทดสอบความน่าเชื่อถือของสเกลด้วยการหาสถิติ Cronbach's alpha จากผลการทดสอบค่าความน่าเชื่อถือของสเกลด้วยการหาค่าสถิติ Cronbach's alpha มีค่า 0.871 แสดงว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือ (ค่า Alpha ที่ชี้ว่าสเกลน่าเชื่อถือควรมีค่ามากกว่า 0.7) (ณรงค์ โพธิ์พฤกษานันท์, 2551, น.51) ก่อนนำแบบสอบถามไปใช้จริงต่อไป จากนั้นทำการสอบถามความคิดเห็นและเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ วิศวกร หัวหน้าส่วนโยธา นายช่างโยธา ผู้ช่วยช่างโยธา หรือผู้ที่มีหน้าที่ในการผู้ควบคุมงานและตรวจงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นทั้ง 19 แห่งๆ ละ 3 ตัวอย่าง รวมเป็น 57 ตัวอย่าง โดยใช้วิธีเลือกตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive sampling) ขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ (กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น, 2563) โดยการสอบถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) คือ สอบถามถึงความถี่และผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างและให้ระดับความสำคัญคือ 5 หมายถึง มีผลกระทบมากที่สุด และ 1 หมายถึง มีผลกระทบน้อยที่สุด และทำการประมวลผลข้อมูลด้วยโปรแกรมประมวลผลสำเร็จรูป

3. วิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลระดับความถี่และระดับความรุนแรงของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ นำมาหาค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (Mean) และค่าดัชนีความรุนแรง : S.I. (Severity index) (Dominowski, 1980) โดยค่า S.I. ใช้จัดลำดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยย่อยจากทั้งมุมมองด้านความถี่และความรุนแรง ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (3)

3.1 ค่าเฉลี่ยของปัจจัยต่างๆ โดยหาทั้งค่าเฉลี่ยความถี่และค่าเฉลี่ยความรุนแรง จากสมการ (1) และ (2) โดยใช้เกณฑ์ในการกำหนดค่าน้ำหนักของการประเมินเป็น 5 ระดับของ Dominowski (1980)

$$\text{ค่าเฉลี่ยความถี่} = \frac{(\text{คะแนนค่าระดับความถี่} \times \text{จำนวนผู้ที่ตอบค่าความถี่นั้น})}{\text{จำนวนผู้ตอบ}} \quad (1)$$

$$\text{ค่าเฉลี่ยความรุนแรง} = \frac{(\text{คะแนนค่าระดับผลกระทบ} \times \text{จำนวนผู้ที่ตอบค่าผลกระทบนั้น})}{\text{จำนวนผู้ตอบ}} \quad (2)$$

3.2 ค่าดัชนีความรุนแรง S.I. หาได้จากสมการ

$$S.I. = \frac{[\text{ค่าเฉลี่ยระดับความถี่} \times \text{ค่าเฉลี่ยระดับผลกระทบ}]}{[\text{ช่วงชั้นระดับความถี่} \times \text{ช่วงชั้นระดับผลกระทบ}]} \quad (3)$$

และทำการจัดลำดับ (Ranking) ค่า S.I. ของปัจจัยทั้งหมด เพื่อหา 5 อันดับแรกของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ สรุปผลและนำเสนอแนวทางการแก้ไขปัญหา

ผลการวิจัย

ส่วนผลการวิจัยแบ่งเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ดังตาราง 1

2. ศึกษาและวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

โดยวิธีการคำนวณหาค่าเฉลี่ยความถี่ ค่าเฉลี่ยความรุนแรง ด้วยโปรแกรมประมวลผลสำเร็จรูปและคำนวณหาค่า S.I.

ตาราง 1 ข้อมูลทั่วไป (n=57) หน่วย : คน (ร้อยละ)

รายการ		ผู้ตอบแบบสอบถาม
เพศ	ชาย	50 (87.72)
	หญิง	7 (12.28)
อายุ	20-30	8 (14.04)
	31-40	19 (33.33)
	41-50	11 (19.30)
	51 ปีขึ้นไป	19 (33.33)
อาชีพ	วิศวกร	2 (3.51)
	หัวหน้าส่วนโยธา	18 (31.58)
	นายช่างโยธา	17 (29.82)
	ผู้ช่วยช่างโยธา	20 (35.09)
ระดับการศึกษา	<ปริญญาตรี	28 (49.12)
	ปริญญาตรี	21 (36.84)
	>ปริญญาตรี	8 (14.04)
ประสบการณ์ในการทำงาน	1-5 ปี	9 (15.79)
	6-10 ปี	22 (38.60)
	11-15 ปี	13 (22.81)
	16-20 ปี	5 (8.77)
	21-25 ปี	4 (7.02)
	26 ปีขึ้นไป	4 (7.02)

จากตาราง 1 แสดงให้เห็นว่าผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 57 คน พบว่าส่วนใหญ่การสำรวจในครั้งนี้เป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 87.72 กลุ่มตัวอย่างที่มีช่วงอายุตั้งแต่ 31 ถึง 40 ปี และอายุ 51 ปีขึ้นไป มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 33.33 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามเป็นผู้ช่วยช่างโยธา มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 35.09 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับการศึกษาในระดับน้อยกว่าปริญญาตรี มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 49.12 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด ประสบการณ์ในการทำงานของผู้ตอบแบบสอบถามในช่วง 6-10 ปี มีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.60 ของจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมด

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ยความถี่	ค่าเฉลี่ยความรุนแรง	ค่า S.I.
1. ด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง			
1.1 เจ้าหน้าที่ด้านสำรวจและด้านเทคนิคขาดประสบการณ์	2.196	2.009	0.176
1.2 ผู้ออกแบบ ออกแบบผิดพลาดหรือไม่ได้มาตรฐาน	1.845	1.822	0.134
1.3 การอ่านแบบที่ผิดพลาด	1.775	1.799	0.127
1.4 เจ้าหน้าที่ทำรายการประมาณการขัดแย้งแผนกก่อสร้าง	1.869	1.869	0.139
1.5 การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตรกรรม	2.663	2.686	0.286
1.6 แรงงานไม่มีฝีมือทำให้ต้องแก้งานบ่อยครั้ง	2.126	2.242	0.190
1.7 แรงงานหยุดงานเนื่องจากช่วงเทศกาล	2.803	2.546	0.137
1.8 ผู้ควบคุมงานไม่สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้	1.775	1.915	0.135
1.9 ผู้ควบคุมงานละเลยการปฏิบัติหน้าที่	1.658	1.682	0.109
1.10 การเกิดอุบัติเหตุในระหว่างก่อสร้าง	1.238	1.565	0.077
2. ด้านการเงิน			
2.1 การขาดสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับเหมา	2.359	2.476	0.233
2.2 งบประมาณก่อสร้างมีจำกัด	2.663	2.663	0.283
2.3 การแข่งขันเรื่องราคาของผู้รับรับจ้าง	1,822	1.986	0.144
2.4 การเบิกจ่ายเงินในงวดงานที่ได้เงินล่าช้า	1.612	1.962	0.126
2.5 การใช้เงินของผู้รับจ้างไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้	2.032	2.032	0.162
2.6 ราคากลางกับแบบก่อสร้างขัดแย้งกัน	1.845	2.032	0.149
2.7 อัตราค่าน้ำมันที่ขึ้น-ลง ไม่แน่นอน	2.523	2.289	0.231
2.8 การจ่ายค่าแรงล่าช้าไม่ตรงตามกำหนด	1.869	1.986	0.148
2.9 ขั้นตอนการอนุมัติเงินของ อปท มีความล่าช้า	1.518	1.775	0.107
2.10 ราคาวัสดุผันผวนตามเศรษฐกิจ	2.313	2.289	0.204
3. ด้านเครื่องจักรในการก่อสร้าง			
3.1 อุปกรณ์ในการสำรวจมีไม่เพียงพอ	2.313	2.196	0.203
3.2 อุปกรณ์ขาดการบำรุงรักษา	2.196	2.289	0.201
3.3 ขาดเครื่องมือทดสอบคุณภาพ	2.196	2.266	0.199
3.4 เครื่องจักรเสียบ่อยครั้ง	2.266	2.313	0.209
3.5 เครื่องจักรไม่เพียงพอ	2.009	2.476	0.198
3.6 การเลือกเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสมกับประเภทงาน	2.009	2.032	0.163
3.7 ผู้รับจ้างไม่มีเครื่องจักรประจำเป็นของตัวเอง	2.336	2.476	0.231
3.8 เครื่องจักรหนักขนเข้าพื้นที่ลำบาก	2.032	2.032	0.165
3.9 การรอคิวเช่าเครื่องจักร	1.799	2.032	0.146
3.10 การเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้า	1.635	1.962	0.128

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ยของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ (ต่อ)

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ยความถี่	ค่าเฉลี่ยความรุนแรง	ค่า S.I.
4. ด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง			
4.1 ห่างไกลจากแหล่งวัสดุ	2.406	2.383	0.229
4.2 วัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด	1.962	2.149	0.168
4.3 การใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ	1.612	1.986	0.128
4.4 ขาดความรู้เรื่องคุณสมบัติของวัสดุ	1.775	1.915	0.135
4.5 แหล่งวัสดุไม่มีคุณภาพ	1.729	2.032	0.140
4.6 ราคาวัสดุที่ผันผวนตามกระแสเศรษฐกิจ	2.453	2.126	0.208
4.7 การรอคิวขนย้ายวัสดุ (ลูกรัง หินคลุก ทราย)	1.962	2.219	0.174
4.8 ห่างไกลจากแหล่งสาธารณูปโภค (น้ำ ไฟฟ้า)	1.915	1.962	0.150
4.9 การแย่งวัสดุภายในพื้นที่	1.682	1.962	0.132
4.10 การกักตุนวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง	1.752	1.962	0.137
5. ด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง			
5.1 การส่งมอบพื้นที่	1.799	1.845	0.132
5.2 การควบคุมงานไม่เข้มงวด	1.635	1.892	0.123
5.3 การวางแผนด้านเวลาการทำงานไม่เหมาะสม	2.149	2.149	0.184
5.4 ความไม่เข้มงวดเรื่องความปลอดภัย	1.752	1.939	0.135
5.5 การอนุมัติเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญาจ้าง	1.705	2.032	0.138
5.6 การใช้เทคโนโลยีไม่เหมาะสมกับประเภทงาน	1.915	2.009	0.153
5.7 ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพวัสดุล่าช้า	2.172	2.126	0.183
5.8 ความบกพร่องปรับแผนการทำงาน	2.149	2.126	0.182
5.9 การขาดการตรวจสอบแบบแผนจากผู้เชี่ยวชาญ	1.962	1.869	0.146
5.10 รูปแบบของสัญญาจ้างเหมาที่ไม่เหมาะสมกับงาน	1.775	1.962	0.139

จากตาราง 2 พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ตามกลุ่มปัจจัยทั้ง 5 ด้าน พบว่า

1. ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง พบว่า การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตรกรรมมีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุด ในขณะที่การเกิดอุบัติเหตุในระหว่างก่อสร้างมีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กน้อยที่สุด

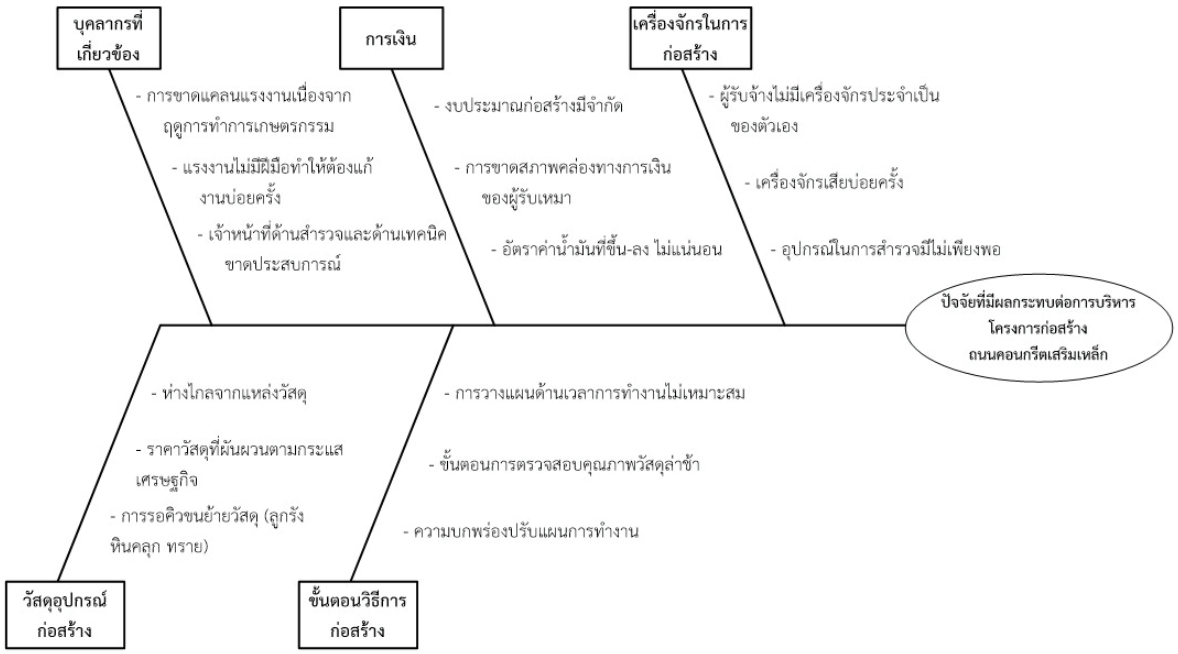
2. ปัจจัยด้านการเงิน พบว่า งบประมาณก่อสร้างจำกัดมีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุด ในขณะที่ขั้นตอนการอนุมัติเงินของ อปท มีความล่าช้ามีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กน้อยที่สุด

3. ปัจจัยด้านเครื่องจักรในการก่อสร้าง พบว่า ผู้รับจ้างไม่มีเครื่องจักรประจำเป็นของตัวเองมีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุด ในขณะที่การเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้ามีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กน้อยที่สุด

4. ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง พบว่า ห่างไกลจากแหล่งวัสดุมีผลกระทบต่อการการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุด ในขณะที่การใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพมีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กน้อยที่สุด

5. ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง พบว่า การวางแผนด้านเวลาการทำงานไม่เหมาะสมมีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุด ในขณะที่การควบคุมงานไม่เข้มงวดมีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กน้อยที่สุด

จากตาราง 2 นำมาเสนอในแผนผังก้างปลาแสดงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยนำปัจจัยย่อย 3 อันดับแรกของปัจจัยทั้ง 5 ด้าน มาแสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 แผนผังก้างปลาแสดงปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก

3. แนวทางแก้ไขปัญหาอุปสรรคการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

ทำการจัดเรียงลำดับค่า S.I. ดังตาราง 3 เพื่อหาแนวทางแก้ไขปัญหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 5 อันดับแรก

ตาราง 3 การจัดเรียงลำดับค่า S.I. ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ยความถี่	ค่าเฉลี่ยความรุนแรง	ค่า S.I.
1. การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตรกรรม	2.663	2.686	0.286
2. งบประมาณก่อสร้างมีจำกัด	2.663	2.663	0.283
3. การขาดสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับเหมา	2.359	2.476	0.233
4. อัตราค่าน้ำมันที่ขึ้น-ลง ไม่แน่นอน	2.523	2.289	0.231
5. ผู้รับจ้างไม่มีเครื่องจักรประจำเป็นของตัวเอง	2.336	2.476	0.231
6. ห่างไกลจากแหล่งวัสดุ	2.406	2.383	0.229
7. เครื่องจักรเสียบ่อยครั้ง	2.266	2.313	0.209

ตาราง 3 การจัดเรียงลำดับค่า S.I. ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ (ต่อ)

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ยความถี่	ค่าเฉลี่ยความรุนแรง	ค่า S.I.
8. ราคาวัสดุที่ผันผวนตามกระแสเศรษฐกิจ	2.453	2.126	0.208
9. ราคาวัสดุผันผวนตามเศรษฐกิจ	2.313	2.289	0.204
10. อุปกรณ์ในการสำรวจมีไม่เพียงพอ	2.313	2.196	0.203
11. อุปกรณ์ขาดการบำรุงรักษา	2.196	2.289	0.201
12. ขาดเครื่องมือทดสอบคุณภาพ	2.196	2.266	0.199
13. เครื่องจักรไม่เพียงพอ	2.009	2.476	0.198
14. แรงงานไม่มีฝีมือทำให้ต้องแก้งานบ่อยครั้ง	2.126	2.242	0.190
15. การวางแผนด้านเวลาการทำงานไม่เหมาะสม	2.149	2.149	0.184
16. ขั้นตอนการตรวจสอบคุณภาพวัสดุล่าช้า	2.172	2.126	0.183
17. ความบกพร่องปรับแผนการทำงาน	2.149	2.126	0.182
18. เจ้าหน้าที่ด้านสำรวจและด้านเทคนิคขาดประสบการณ์	2.196	2.009	0.176
19. การรอคิวขนย้ายวัสดุ (ลูกรัง หินคลุก ทราย)	1.962	2.219	0.174
20. วัสดุอุปกรณ์ขาดตลาด	1.962	2.149	0.168
21. เครื่องจักรหนักขนเข้าพื้นที่ลำบาก	2.032	2.032	0.165
22. การเลือกเครื่องจักรที่ไม่เหมาะสมกับประเภทงาน	2.009	2.032	0.163
23. การใช้เงินของผู้รับจ้างไม่เป็นไปตามแผนที่วางไว้	2.032	2.032	0.162
24. การใช้เทคโนโลยีไม่เหมาะสมกับประเภทงาน	1.915	2.009	0.153
25. ห่างไกลจากแหล่งสาธารณูปโภค (น้ำ ไฟฟ้า)	1.915	1.962	0.150
26. ราคากลางกับแบบก่อสร้างขัดแย้งกัน	1.845	2.032	0.149
27. การจ่ายค่าแรงล่าช้าไม่ตรงตามกำหนด	1.869	1.986	0.148
28. การรอคิวเช่าเครื่องจักร	1.799	2.032	0.146
29. การขาดการตรวจสอบแบบแผนจากผู้เชี่ยวชาญ	1.962	1.869	0.146
30. การแข่งขันเรื่องราคาของผู้รับรับจ้าง	1.822	1.986	0.144
31. แหล่งวัสดุไม่มีคุณภาพ	1.729	2.032	0.140
32. เจ้าหน้าที่ทำรายการประมาณการขัดแย้งแผนกก่อสร้าง	1.869	1.869	0.139
33. รูปแบบของสัญญาจ้างเหมาที่ไม่เหมาะสมกับงาน	1.775	1.962	0.139
34. การอนุมัติเปลี่ยนแปลงแก้ไขสัญญาจ้าง	1.705	2.032	0.138
35. แรงงานหยุดงานเนื่องจากช่วงเทศกาล	2.803	2.546	0.137
36. การกักตุนวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง	1.752	1.962	0.137
37. ผู้ควบคุมงานไม่สามารถแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้	1.775	1.915	0.135
38. ขาดความรู้เรื่องคุณสมบัติของวัสดุ	1.775	1.915	0.135
39. ความไม่เข้มงวดเรื่องความปลอดภัย	1.752	1.939	0.135
40. ผู้ออกแบบ ออกแบบผิดพลาดหรือไม่ได้มาตรฐาน	1.845	1.822	0.134
41. การแย่งวัสดุภายในพื้นที่	1.682	1.962	0.132
42. การส่งมอบพื้นที่	1.799	1.845	0.132

ตาราง 3 การจัดเรียงลำดับค่า S.I. ของปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ (ต่อ)

ปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกระทบ	ค่าเฉลี่ยความถี่	ค่าเฉลี่ยความรุนแรง	ค่า S.I.
43. การเคลื่อนย้ายและประกอบเครื่องจักรล่าช้า	1.635	1.962	0.128
44. การใช้วัสดุที่ไม่มีคุณภาพ	1.612	1.986	0.128
45. การอ่านแบบที่ผิดพลาด	1.775	1.799	0.127
46. การเบิกจ่ายเงินในงวดงานที่ได้เงินล่าช้า	1.612	1.962	0.126
47. การควบคุมงานไม่เข้มงวด	1.635	1.892	0.123
48. ผู้ควบคุมงานละเลยการปฏิบัติหน้าที่	1.658	1.682	0.109
49. ขั้นตอนการอนุมัติเงินของ อปท มีความล่าช้า	1.518	1.775	0.107
50. การเกิดอุบัติเหตุในระหว่างก่อสร้าง	1.238	1.565	0.077

แนวทางการแก้ไขปัญหาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 5 ลำดับแรกจากกลุ่มปัจจัยทั้ง 5 ด้าน ได้แนวทางมาจากการสัมภาษณ์พูดคุยจากกลุ่มตัวอย่างทั้ง 57 ตัวอย่าง แบบสอบถามแบบปลายเปิดให้แสดงความคิดเห็น และจากงานวิจัยที่ได้นำไปใช้แก้ปัญหาและเห็นผลในเชิงประจักษ์ที่สามารถนำไปแก้ปัญหาหน้างานได้จริง

1. การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตรกรรม

แนวทางการแก้ไข คือ ผู้รับจ้างควรจัดหาคนงานจากหลายๆ แห่ง ทางที่ดีควรหาคนงานที่อาศัยอยู่ในจังหวัดที่ไม่ได้ทำการเกษตรกรรม หรืออาจจะจ้างคนงานต่างด้าว เพื่อลดการขาดแคลนแรงงาน หรืออีกกรณีหนึ่งอาจจะวางแผนทำงานล่วงเวลาไว้ก่อนที่จะถึงฤดูการทำการเกษตร

2. งบประมาณก่อสร้างมีจำกัด

แนวทางการแก้ไข คือ การตั้งงบประมาณประจำปีของท้องถิ่นสำหรับการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ ควรตั้งให้สอดคล้องกับปัญหาและความต้องการของชุมชน เพื่อลดปัญหาการขาดแคลนงบประมาณ

3. การขาดสภาพคล่องทางการเงินของผู้รับเหมา

แนวทางแก้ไข คือ เมื่อผู้รับเหมารู้ว่าตัวเองชนะการประกวดราคา ต้องเตรียมหาแหล่งเงินทุนสำรองไว้หรือหาแหล่งวัสดุที่ใช้เครดิตได้ เพื่อรักษาเงินสดไว้ใช้จ่ายอย่างอื่นที่จำเป็น

4. อัตราค่าน้ำมันที่ขึ้น-ลง ไม่แน่นอน

แนวทางแก้ไข คือ สำหรับกลไกการตลาดของราคาน้ำมัน เราไม่สามารถบังคับหรือกำหนดเองได้ก็ตาม แต่เราสามารถศึกษาและหาวิธีป้องกันเพื่อไม่ให้เพิ่มรายจ่ายในขณะทำงานได้ โดยซื้อน้ำมันสต็อกไว้ช่วงที่น้ำมันราคาถูกจะทำให้ผู้บริหารโครงการสามารถลดรายจ่ายลงได้

5. ผู้รับจ้างไม่มีเครื่องจักรประจำเป็นของตัวเอง

แนวทางแก้ไข คือ การสรรหาผู้รับจ้าง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นสามารถสรรหาผู้รับจ้างที่มีความพร้อมในทุกๆ ด้านได้อยู่แล้ว และด้านเครื่องมือเครื่องจักรก็ไม่ใช่ปัญหาถ้าหากองค์กรส่วนท้องถิ่นจะระบุในประกาศสรรหาผู้รับจ้างหรือในสัญญาจ้างนั้นๆ

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยมีข้อค้นพบที่น่าสนใจที่นำมาอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุด คือ การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตรกรรม จากผลการศึกษาพบว่าสถานการณ์การขาดแคลนแรงงานก่อสร้างในเขตพื้นที่อำเภอเมือง

จังหวัดอุตรดิตถ์ ผู้ประกอบการรับเหมาก่อสร้างส่วนใหญ่ประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานก่อสร้างในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร เพราะเนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ในพื้นที่จะทำการเกษตรเป็นหลัก เช่น ทำนา ทำไร่ ซึ่งในช่วงฤดูเก็บเกี่ยวผลผลิตทางการเกษตร แรงงานเหล่านี้จะโยกย้ายไปทำงานภาคการเกษตร เนื่องจากเป็นงานที่มีค่าตอบแทนรายวันที่สูงกว่าการทำงานเป็นกรรมกรก่อสร้าง สืบเนื่องจากนโยบายขึ้นค่าแรง 300 บาท ซึ่งมีผลกระทบทำให้ขาดแคลนแรงงานกรรมกร เพราะการทำงานในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างจะต้องใช้แรงงานมากกว่างานประเภทอื่นๆ ที่ได้ค่าแรงเท่ากัน ดังนั้นจึงทำให้แรงงานกรรมกรเคลื่อนตัวออกไปทำงานประเภทอื่นๆ ที่ได้ผลตอบแทนเท่ากันหรือดีกว่า และในส่วนของแรงงานที่มีฝีมือประเภทช่างปูน ช่างไม้ ช่างเชื่อมนั้น ยังมีจำนวนน้อยและยังขาดแคลนอยู่ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ลิขิต พันธุเทพ และคนอื่นๆ (2564, น.125) ที่เสนอแนวทางการขาดแคลนบุคลากรการหยุดงานของลูกจ้างแรงงานต้องมีการแจ้งล่วงหน้าเพื่อให้ผู้รับจ้างสามารถหาแรงงานมาทดแทนในช่วงที่คนงานหยุดงาน ในมุมมองของผู้วิจัยเสนอแนวทางรอดของการลงทุนในอุตสาหกรรมก่อสร้างไทยโดยจุดอ่อนสำคัญที่มีผลต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมก่อสร้างไทย ได้แก่ การขาดนโยบายส่งเสริมสนับสนุนที่ชัดเจนเป็นการพัฒนาอย่างไร้ทิศทาง แรงงานในภาคอุตสาหกรรมก่อสร้างมีจำนวนน้อย ฝีมือแรงงานต่ำกว่ามาตรฐานวิชาชีพ ขาดการพัฒนาฝีมือแรงงานขาดการสนับสนุนจากภาครัฐในการแข่งขันระดับสากลขาดความคล่องตัวในการทำงานเนื่องจากมีหน่วยงานของรัฐมาเกี่ยวข้องระบบการจ่ายเงินล้าสมัยของทางราชการ

2. เมื่อพิจารณา 5 อันดับแรกของค่า S.I. สูงสุด พบว่ามีปัจจัยด้านการเงินถึง 3 ปัจจัยด้วยกัน ซึ่งมีนัยสำคัญที่มีผล กระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก เนื่องจากในการเข้าร่วมคัดเลือกประมูลงานของผู้รับเหมาในโครงการก่อสร้าง มีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาคุณสมบัติของผู้รับเหมาที่ดี แต่บริษัทที่มีคุณสมบัติเข้าหลักเกณฑ์เมื่อประมูลได้งานมาแล้ว ก็อาจเกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดทางด้านการเงินของบริษัทขึ้นได้ ทำให้ผู้รับเหมาขาดสภาพคล่องทางการเงิน ทำให้การดำเนินการก่อสร้างของผู้รับเหมาเกิดปัญหา ไม่มีเงินทุนหมุนเวียนในโครงการ ส่งผลกระทบตามมา คือ ด้านการจัดซื้อวัสดุ ค่าจ้างแรงงาน ค่าบำรุงรักษาเครื่องมือ ฯลฯ

3. เมื่อพิจารณา 10 อันดับแรกของค่า S.I. สูงสุด พบว่าปัจจัยด้านเครื่องจักรในการก่อสร้างมีผลกระทบ 4 ปัจจัย เริ่มมีผลใกล้เคียงกับปัจจัยด้านการเงิน สาเหตุเนื่องจากต่อยอดมาจากปัญหาด้านการเงิน เพื่อหลีกเลี่ยงจากปัญหาดังกล่าว ผู้รับเหมาควรที่จะวางแผนธุรกิจรับเหมาก่อสร้างในอนาคตให้รอบคอบ ไม่ควรขยายธุรกิจที่เกินกำลังของตนเอง เพื่อไม่ให้ประสบกับสภาวะล้มเหลวทางด้านการเงินในการบริหารโครงการก่อสร้าง ผู้รับเหมาต้องเรียนรู้ ควบคุม และวางแผนการบริการเครื่องจักรกลให้ดีจะเช่า เช่าซื้อ หรือซื้อ และควรคำนึงถึงการดำเนินโครงการก่อสร้างในอนาคตของบริษัทด้วย

4. ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้างมีค่า S.I. ต่ำกว่า 0.200 ทั้งหมด เนื่องจากขั้นตอนวิธีการก่อสร้างเกี่ยวข้องกับคนที่จะเป็นผู้ปฏิบัติงาน กลุ่มตัวอย่างมีความเห็นว่าไม่มีผลกระทบต่อโครงการก่อสร้างมากนัก สามารถแก้ปัญหาได้ในส่วนของปัจจัยย่อยต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินงานก่อสร้าง ถ้ามีการวางแผนอย่างดี การกำกับและติดตาม รวมทั้งประเมินผลการดำเนินการก่อสร้างเป็นระยะๆ

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ โดยการรวบรวมข้อมูลจากวิศวกร หัวหน้าส่วนโยธา นายช่างโยธา ผู้ช่วยช่างโยธา หรือผู้ที่มีหน้าที่ในการผู้ควบคุมงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ใช้การสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง จำนวน 57 ตัวอย่าง จากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จำนวน 19 แห่งๆ ละ 3 ตัวอย่าง โดยใช้แบบสอบถามเพื่อทำการวิเคราะห์และเรียงลำดับค่าดัชนีความรุนแรง ซึ่งเป็นการรวมค่าระดับความถี่และระดับความรุนแรงของแต่ละปัจจัยเพื่อหาปัจจัยที่มีผลกระทบทั้ง 5 ด้าน อันประกอบด้วย 1) ปัจจัยด้านบุคลากรที่เกี่ยวข้อง 2) ปัจจัยด้านการเงิน 3) ปัจจัยด้านเครื่องจักรในการก่อสร้าง 4) ปัจจัยด้านวัสดุอุปกรณ์ก่อสร้าง 5) ปัจจัยด้านขั้นตอนวิธีการก่อสร้าง ผลการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กมากที่สุดคือ การขาดแคลนแรงงานเนื่องจากฤดูการทำการเกษตร และปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กน้อยที่สุดคือ การเกิดอุบัติเหตุในระหว่างก่อสร้าง เมื่อพิจารณา 5 อันดับแรกของค่า S.I. สูงสุด พบว่ามีปัจจัยด้านการเงิน

ถึง 3 ปัจจัยด้วยกัน ซึ่งมีนัยสำคัญที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็ก คือ ปัญหาด้านการเงินที่ต้องคำนึงถึงด้วย เช่น การขึ้นราคาของวัสดุก่อสร้าง ผลกระทบจากราคาน้ำมันที่ไม่แน่นอน การเพิ่มขึ้นของค่าใช้จ่ายทางตรง ความผันผวนของเศรษฐกิจของประเทศ การขาดสภาพคล่องของกระแสเงินสด ดอกเบี้ยเงินกู้ที่สูงขึ้น และปัญหาที่เกิดจากการหมุนเวียนงบประมาณในการก่อสร้างหลายๆ โครงการ ก็เป็นปัญหาที่ไม่สามารถมองข้ามไปได้ เพราะว่าปัญหาดังกล่าวนั้นเป็นปัญหาที่มีความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้นบ่อยและมีผลกระทบมาก หากเกิดขึ้นระหว่างการดำเนินโครงการ จะทำให้โครงการนั้นๆ ไม่สามารถทำกำไรได้ตามเป้าหมาย เนื่องจากค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่มีมากขึ้น ซึ่งปัจจัยต่างๆ ที่ระบุในการศึกษาจะเป็นประโยชน์ต่อทั้งองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ใช้เป็นแนวทางในการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นในอนาคต ลดปัญหาการก่อสร้างที่ไม่ได้คุณภาพและทำให้การใช้จ่ายเงินงบประมาณเป็นไปด้วยความคุ้มค่าและประหยัด ประชาชนในชุมชนสามารถได้ประโยชน์สูงสุดจากโครงการก่อสร้างและมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ สามารถนำผลสรุปจากงานวิจัยนี้ไปปรับปรุงวิธีการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กต่างๆ ในอนาคตให้มีแนวทางปฏิบัติที่ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ เป็นที่พึงพอใจของประชาชนในชุมชน ช่วยลดปัญหาการก่อสร้างที่ไม่ได้คุณภาพและทำให้การใช้จ่ายเงินงบประมาณเป็นไปด้วยความคุ้มค่าและประหยัด งานก่อสร้างออกมามีคุณภาพ ไม่ต้องตั้งงบประมาณไปปรับปรุงหรือซ่อมแซมโครงการก่อสร้างที่ได้ดำเนินการก่อสร้างแล้วเสร็จไปแล้ว สามารถนำเงินงบประมาณส่วนนี้ไปใช้ในโครงการก่อสร้างอื่นๆ ที่จำเป็นและเป็นประโยชน์ต่อประชาชนในชุมชนและท้องถิ่นได้มากขึ้นอีก

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยนี้เป็นการศึกษาเฉพาะปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการบริหารโครงการก่อสร้างถนนคอนกรีตเสริมเหล็กขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ จากกลุ่มของผู้กลุ่มผู้ควบคุมงานก่อสร้างอาคารขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น หากมีการศึกษาถึงปัจจัยที่เกี่ยวข้องจากกลุ่มผู้ประกอบการธุรกิจรับเหมาก่อสร้างก็จะได้ข้อมูลที่มีความหลากหลายที่เป็นประโยชน์และสามารถนำปัญหาที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ศึกษาเปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่าง เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงการบริหารงานก่อสร้างให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และสามารถป้องกันและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากปัจจัยด้านต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. จากผลการวิจัยพบว่าเมื่อพิจารณา 5 อันดับแรกของค่า S.I. สูงสุด พบว่ามีปัจจัยด้านการเงินถึง 3 ปัจจัย ซึ่งถ้าจะต่อยอดงานวิจัยครั้งนี้ทางด้านการเงิน ผู้วิจัยควรที่จะเน้นงานวิจัยเกี่ยวกับการบริหารความเสี่ยงทางด้านการเงินโดยเฉพาะที่มีผลต่อการบริหารโครงการก่อสร้างพื้นฐานต่างๆ ในองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกลุ่มผู้ควบคุมงานก่อสร้างขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นเขตอำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการทำวิจัย และนักศึกษาวิศวกรรมบริหารงานก่อสร้าง คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ ในการเป็นผู้ช่วยวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น. (2563, 6 สิงหาคม). *ข้อมูลองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น*. https://www.dla.go.th/work/abt/index.jsp

กฤษณพงค ฟองสินธุ์ และภัทร์อร ฟองสินธุ์. (2563). การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการควบคุมคุณภาพโครงการก่อสร้างโครงสร้างพื้นฐานภายใต้การควบคุมดูแลขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. *วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ.*, 43(3), 243-255.

ณรงค์ โพธิ์พฤกษานันท์. (2551). *ระเบียบวิธีวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). ส.เอเซียเพรส.

ทัต นาควิเชียร. (2555). *ปัจจัยที่มีผลต่อความล่าช้าในโครงการก่อสร้างถนนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตปริมณฑล.* [วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี]. http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/bitstream/123456789/1900/1/139333.pdf

นวพรรษช์ ขันติสิทธิ์ และวรรณวิทย์ แต้มทอง. (2564, 23-25 มิถุนายน). *ปัญหาของการควบคุมคุณภาพของงานถนนคอนกรีตเสริมเหล็กของโครงการบ้านจัดสรร* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. https://conference.thaince.org/index.php/ncce26/article/view/1066

ลิขิต พันธุเทพ, แสงสุรีย์ พังแดง, และวชิรกรณ์ เสนาวัง. (2564, 23-25 มิถุนายน). *ปัจจัยที่ทำให้เกิดความล่าช้าในงานก่อสร้างถนนขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในจังหวัดนครพนม* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 26. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. https://conference.thaince.org/index.php/ncce26/article/view/1056

วรรณวรางค์ รัตนานิคม และสยาม ยิ้มศิริ. (2563, 15-17 กรกฎาคม) *การศึกษาปัญหาในการบริหารงานก่อสร้างประเภทอาคารในขั้นตอนการออกแบบและประมาณราคา* [การนำเสนอบทความ]. การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติครั้งที่ 25. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์. https://conference.thaince.org/index.php/ncce25/article/view/600

ศรยุทธ กิจพจน์. (2545). *การบริหารและการจัดการงานก่อสร้าง.* พัฒนาศึกษา.

สำนักงานการตรวจเงินแผ่นดิน. (2565, 7 พฤษภาคม). *รายงานผลการปฏิบัติงานของสำนักงานการตรวจเงินแผ่นดินประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564*. https://www.audit.go.th/th/รายงานผลการปฏิบัติงาน-ประจำปีงบประมาณ-พศ-๒๕๖๔

Arditi, D. & Gunaydin, H. M. (1998). Factors that affect process quality in the life cycle of building project. *Journal of Construction Engineering and Management,* 124(3), 194-203. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1998)124:3(194)

Dominowski, R. L. (1980). *Research Methods.* Prentice Hall.

คำแนะนำสำหรับผู้เขียนบทความส่งตีพิมพ์
วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ Academic Journal Uttaradit Rajabhat University ISSN 2985-2986 (Online) เว็บไซต์ https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/uruj/index เป็นวารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิชาการ บทความวิจัย และผลงานวิจัย ที่ให้ความสำคัญในด้านการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหาเชิงพื้นที่ทุกระดับ โดยผลการวิจัยนั้นต้องสามารถแสดงให้เห็นถึงการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่ สามารถขยายผลความสำเร็จไปยังพื้นที่อื่น หรือให้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ โดยดำเนินการเผยแพร่ในรูปแบบออนไลน์ในระบบ Thai Journal Online System ซึ่งมีกำหนดการออกเผยแพร่ราย 6 เดือน ปีละ 2 ฉบับ ได้แก่ ฉบับที่ 1 ประจำเดือนมกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 ประจำเดือนกรกฎาคม-ธันวาคม ทั้งนี้บทความทุกฉบับจะได้รับการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้งจากภายใน และภายนอกมหาวิทยาลัยจำนวน 3 ท่าน ในลักษณะการประเมินแบบ Double-Blind เพื่อให้ผู้เขียนสามารถเตรียมต้นฉบับได้ถูกต้องและได้มาตรฐานตามรูปแบบของวารสาร จึงขอชี้แจงดังนี้

รายการตรวจสอบการเตรียมบทความ

ในขั้นตอนการส่งบทความ ผู้เขียนจะต้องตรวจสอบการปฏิบัติตามรายการต่อไปนี้

1. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์จะต้องไม่เคยเผยแพร่ในสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน และต้องไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารอื่น การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นความรับผิดชอบของผู้ส่งบทความโดยตรง
2. ผลงานที่ส่งตีพิมพ์ในลักษณะบทความวิจัยต้องรายงานข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นจากการทำวิจัย ไม่บิดเบือนข้อมูล หรือให้ข้อมูลที่เป็นเท็จ
3. ผู้นิพนธ์ต้องส่งแบบฟอร์ม “ขอส่งบทความวิชาการ/วิจัย เพื่อรับพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์”
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. กองบรรณาธิการจะตรวจสอบหัวข้อและเนื้อหาของบทความถึงความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของวารสารฯ รวมถึงประโยชน์ในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ
2. บทความที่ส่งเข้าระบบเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ จะผ่านการตรวจสอบการคัดลอกผลงานวิชาการโดยใช้ระบบอักขราวิสุทธิ์ หรือระบบ CopyCatch หรือระบบ Turnitin อย่างใดอย่างหนึ่ง ทั้งนี้ผลงานวิชาการที่มีเนื้อหาคล้ายกันสามารถยอมรับได้ต้องไม่เกินร้อยละ 25 ของผลงานทั้งหมด
2. กรณีที่กองบรรณาธิการพิจารณาเห็นควรรับบทความไว้สำหรับพิจารณาตีพิมพ์ กองบรรณาธิการจะส่งบทความเพื่อทำการกลั่นกรองต่อไป โดยส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องเพื่อตรวจสอบคุณภาพของบทความว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมที่จะตีพิมพ์หรือไม่ สำหรับกระบวนการพิจารณากลั่นกรองนี้ เป็นการประเมินบทความแบบสองทาง (Double-Blind Process)

กล่าวคือ จะไม่เปิดเผยชื่อผู้ส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิทราบ และจะไม่เปิดเผยชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้ผู้ส่งบทความทราบ รวมถึงกองบรรณาธิการจะไม่เปิดเผยทั้ง ชื่อผู้ส่งบทความ และชื่อผู้ทรงคุณวุฒิให้บุคคลอื่นทราบด้วยเช่นกัน

3. ทั้งนี้เมื่อผู้ทรงคุณวุฒิได้พิจารณากลั่นกรองบทความแล้ว กองบรรณาธิการจะพิจารณาตัดสินโดยอิงตามคำตัดสินและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิว่าบทความนั้น ๆ ควรได้รับการตีพิมพ์ หรือควรส่งกลับให้กับผู้ส่งบทความเพื่อทำการแก้ไขก่อนพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง หรือปฏิเสธการตีพิมพ์

4. ผู้นิพนธ์ต้องยินยอมปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กองบรรณาธิการวารสารกำหนด และยินยอมให้บรรณาธิการแก้ไขความสมบูรณ์ของบทความได้ในขั้นตอนสุดท้ายก่อนเผยแพร่

5. การอนุมัติให้ลงตีพิมพ์ได้หรือไม่นั้น ผลการพิจารณาจากกองบรรณาธิการวารสารถือเป็นที่สิ้นสุด

การเตรียมต้นฉบับบทความ

แนะนำให้ผู้นิพนธ์ ดาวน์โหลดเทมเพลต Research Article Template (บทความวิจัย) หรือ Academic Article Template (บทความวิชาการ) ที่ เอกสารดาวน์โหลด สำหรับวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

1. ความยาวของบทความไม่เกิน 12 หน้ากระดาษ ขนาด A4 พิมพ์หน้าคู่ (นับรวมภาพ ตาราง และเอกสาร อ้างอิง) พื้นที่ของกระดาษที่ใช้พิมพ์ ให้เว้นขอบบน 3.81 เซนติเมตร ขอบล่าง 2.54 เซนติเมตร ขอบซ้าย 3.81 เซนติเมตร และขอบขวา 2.54 เซนติเมตร จัดพิมพ์ด้วยแบบตัวอักษร TH SarabunPSK โดยเนื้อความขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวธรรมดา)

2. ชื่อเรื่องบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 16 pt. (ตัวหนา) จัดกึ่งกลาง หน้ากระดาษ

3. ชื่อผู้เขียนภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวอักษรปกติ) จัดชิดขวา

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

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

6. การใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) ทวิภาค (:) และอัฒภาค (;) ให้พิมพ์ต่อเนื่องกับอักษรตัวหน้า และ เว้น 1 วรรคตัวอักษรก่อนข้อความต่อไป เช่น

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

7. ภาพ หมายเลขภาพ ขนาดตัวอักษร 14 pt. (ตัวหนา) ให้ระบุไว้ใต้ภาพ จัดกึ่งกลางหน้ากระดาษใต้ภาพ

8. การอ้างอิงท้ายบทความไม่เกิน 15 รายการอ้างอิง

9. รายการของเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ ต้องเติมคำว่า “(in Thai)” ต่อท้ายทุกรายการของเอกสารอ้างอิงภาษาไทยที่แปลเป็นภาษาอังกฤษ

ส่วนประกอบของบทความ

1. ชื่อเรื่องบทความ (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ควรกะทัดรัดไม่ยาวจนเกินไป มีทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

2. ชื่อผู้เขียนและหน่วยงานที่สังกัด (ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ) ระบุเฉพาะชื่อ และสกุล โดยใส่เครื่องหมายดอกจัน (*) เฉพาะผู้รับผิดชอบบทความ สถานที่ทำงาน (Affiliation) ระบุหน่วยงาน จังหวัด ทั้งนี้ให้สอดคล้องกับผู้แต่งอีเมล (E-mail Address) ระบุเฉพาะผู้รับผิดชอบบทความและควรเป็นอีเมลของหน่วยงาน

3. บทคัดย่อ (Abstract) ความยาวไม่เกิน 400 คำ คำสำคัญ (Keywords) 3-5 คำ (ภาษาไทย และภาษาอังกฤษ)

4. ส่วนเนื้อหา

4.1 บทความวิจัย ควรเป็นการนำเสนอผลการศึกษาค้นคว้า ข้อค้นพบ องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการมาอย่างเป็นระบบตามขั้นตอนของการวิจัย โดยควรมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (สามารถมีหัวข้อหรือ องค์ประกอบที่แตกต่างได้)

4.1.1 บทนำ (Introduction) ครอบคลุมความสำคัญและที่มาของปัญหาวิจัย

4.1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย (Research Objective) ข้อความที่แสดงให้เห็นถึงสิ่งที่นักวิจัยต้องการศึกษาที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง และรายงานผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้

4.1.3 วิธีดำเนินการวิจัย (Research Methodology) ให้ระบุรูปแบบวิจัย (Research Design) อธิบายเครื่องมือและวิธีการดำเนินการวิจัยให้กระชับและชัดเจนให้บอกรายละเอียดสิ่งที่นำมาศึกษา สูตรและการคำนวณกลุ่มตัวอย่าง ลักษณะเฉพาะของตัวอย่างที่ศึกษา (เกณฑ์การคัดเข้า คัดออก) การสุ่มตัวอย่าง ตลอดจนเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการศึกษา คุณภาพของเครื่องมือ วิธีหรือมาตรที่ใช้ในการวัด วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1.4 ผลการวิจัย (Results) บรรยายสรุปผลการวิจัยอย่างกระชับโดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัย หากการวิจัยเป็นข้อมูลเชิงปริมาณที่ต้องนำเสนอด้วยตาราง หรือแผนภูมิ ควรมีคำอธิบายประกอบ การเรียงลำดับภาพ ตาราง หรือแผนภูมิควรเรียงลำดับตามเนื้อหาของงานวิจัย และต้องมีการแปลความหมายของผลที่ค้นพบหรือวิเคราะห์

4.1.5 อภิปรายผลการวิจัย (Discussion) เขียนสอดคล้องกับลำดับของการนำเสนอสรุปผลการวิจัย เป็นการวิพากษ์ วิจารณ์ผลการวิจัยที่ได้สอดคล้องหรือขัดแย้งกับสมมติฐาน มีการอ้างอิงข้อเท็จจริง ทฤษฎี และผลการวิจัยอื่นอธิบายอย่างเป็นเหตุเป็นผล ถึงแนวความคิดของผู้วิจัยต่อผลการวิจัยที่ได้

4.1.6 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ (Conclusion and Suggestions) ควรสรุปสาระสำคัญที่ไม่คลุมเครือและสรุปผลว่าตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยหรือไม่ อย่างไร รวมถึงการแสดงข้อเสนอแนะและความเห็นเพิ่มเติมเพื่อการนำผลการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ และการพัฒนางานต่อไปในอนาคต หรือเป็นแนวทางในการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

4.1.7 กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement) เป็นการแสดงคำขอบคุณสำหรับแหล่งทุนสนับสนุน หรือผู้ช่วยเหลืองานวิจัย

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

4.2 บทความวิชาการ ควรมีการกำหนดประเด็นที่ต้องการอธิบายหรือวิเคราะห์อย่างชัดเจน โดยมีการวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องการนำเสนอตามหลักวิชาการ โดยมีการสำรวจวรรณกรรมเพื่อสนับสนุนจนสามารถสรุปผลการวิเคราะห์ประเด็นนั้นได้ อาจเป็นการนำความรู้จากแหล่งต่างๆ มาประมวลร้อยเรียงเพื่อวิเคราะห์อย่างเป็นระบบ โดยที่ผู้ส่งบทความแสดงทัศนะทางวิชาการของตนไว้อย่างชัดเจน มีลำดับเนื้อหาและบทสรุปที่เหมาะสมเพื่อให้ผู้อ่านสามารถเข้าใจได้ชัดเจน ประกอบด้วย

4.2.1 บทนำ (Introduction) หลักการและเหตุผล (Rationale) ความเป็นมาหรือภูมิหลัง (Background) ความสำคัญของเรื่องที่เขียน (Justification) วัตถุประสงค์ของการเขียนในการที่จะสื่อไปยังผู้อ่าน คำจำกัดความ หรือนิยามต่างๆ ที่ผู้เขียนเห็นว่ามีความสำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน

4.2.2 เนื้อเรื่อง (Body) การจัดลำดับเนื้อหาสาระ การเรียบเรียงเนื้อหา การวิเคราะห์ วิพากษ์วิจารณ์ การใช้ภาษา วิธีการนำเสนอ

4.2.3 ส่วนสรุป (Conclusions) บทความทางวิชาการที่ดีควรมีการสรุปประเด็นสำคัญๆ ของบทความนั้น ซึ่งอาจกระทำในลักษณะการย่อโดยการเลือกประเด็นสำคัญ ๆ ของบทความมานำเสนออย่างกระชับท้ายบทความ

การเขียนเอกสารอ้างอิง

การอ้างอิงเอกสาร ควรอ้างอิงจากผลงานวิชาการต่าง ๆ ที่มาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ สามารถตรวจสอบได้ สำหรับวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ใช้รูปแบบการเขียนอ้างอิง The American Psychological Association (APA, 7th Edition) ประกอบด้วยการอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation) และการอ้างอิงท้ายบทความ (Reference) โดยมีรูปแบบดังนี้

การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation)

การอ้างอิงแบบแทรกในเนื้อหาระบุชื่อผู้แต่ง ปีพิมพ์ และหมายเลขหน้า (การอ้างอิงบทความวารสาร หรือรายงานการประชุมต้องระบุหมายเลขหน้า สำหรับการอ้างอิงผลงานจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์ไม่ต้องระบุหมายเลขหน้า) 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

จากการเปลี่ยนแปลงของบริบทโลก และสภาพของปัจจุบันนี้นั้น ทำให้สภาพแวดล้อมของการพัฒนาประเทศไทยในปัจจุบัน และในอนาคต 20 ปีภายหน้าเปลี่ยนไป ในส่วนบริบทของประเทศไทยได้มีการกำหนด ยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี (พ.ศ.2560-2579) โดยมีเป้าหมายที่จะพัฒนาคนไทยในอนาคตให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ เป็นพลเมืองที่สามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง เป็นพลเมืองที่ตื่นรู้ มีจิตสาธารณะ และทำประโยชน์ต่อส่วนรวม (ปรเมธี วิมลศิริ, 2559, น. 3)

2. กรณีมีการระบุชื่อผู้แต่งในเนื้อหาผู้แต่ง (ปีพิมพ์)

ลดาพร บุญฤทธิ์ (2559) ได้ศึกษาถึง .....

Boonsarngsuk (2020) studied .....

ตัวอย่างประโยค

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

3. การอ้างอิงรายการเดียวกันแต่ที่มีผู้แต่งแตกต่างกัน ให้เรียงตามอักษรของผู้แต่งคั่นด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) กรณีที่งานทั้งภาษาไทยและภาษาต่างประเทศถูกอ้างพร้อมกันให้เริ่มที่งานเขียนภาษาไทยก่อน

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

(ภุชพงศ์ โนดไธสง, 2560; อำนวย วีรวรรณ, 2540)

(อนุชาติ บุนนาค, 2549; Digital citizenship for college students, 2016)

4. กรณีการอ้างอิงเอกสารที่ไม่ใช่เอกสารต้นฉบับ ให้ระบุชื่อเอกสารต้นฉบับและ คำว่า “อ้างอิงใน” สำหรับภาษาไทย หรือ “as cited in” สำหรับภาษาอังกฤษตามด้วยชื่อผู้แต่งเอกสารทุติยภูมิ และปีพิมพ์ สำหรับการลงรายการอ้างอิงท้ายเล่ม ลงชื่อผู้แต่งเอกสารทุติยภูมิเท่านั้น

(นิพัทธ์ เลิศณรงค์, 2531, น. 53-75, อ้างถึงใน พักตร์วิภา 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 หรือเอกสารอื่น ๆ รวมทั้งการสัมภาษณ์ที่ไม่ได้อ้างอิงมาจากแหล่งอื่น (สัมภาษณ์เอง) ไม่ต้องระบุในเอกสารอ้างอิงท้ายเล่ม แต่ให้ระบุในเนื้อหาโดย ระบุชื่อสกุลของ เจ้าของเอกสาร หรือ ผู้ถูกสัมภาษณ์ และวันที่ให้สัมภาษณ์ให้ถูกต้อง เช่น

เจษฎา มิ่งฉาย (สัมภาษณ์, 18 เมษายน 2563) ให้ความเห็นว่า .....

คาฟท์ (Karft, สัมภาษณ์, 28 กันยายน 2564) กล่าวว่า .....

6. การอ้างอิงบางส่วนของเอกสาร ให้ ระบุชื่อผู้แต่งปี และข้อมูลเกี่ยวกับเอกสารเช่นย่อหน้าบทตารางภาพหมายเลขสไลด์เช่น

(ภาสุดา 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 ผู้แต่งคนไทยไม่ต้องระบุคำนำหน้านามตำแหน่งทางวิชาการคำเรียกทางวิชาชีพ และตำแหน่งยศต่างๆ

ศาสตราจารย์ ดร. ไพฑูรย์ สินลารัตน์	ลงรายการเป็น	ไพฑูรย์ สินลารัตน์.
ร้อยตำรวจเอก วินัย ซื่อสัตย	ลงรายการเป็น	วินัย ซื่อสัตย์.
แพทย์หญิงลดาพร บุญฤทธิ์	ลงรายการเป็น	ลดาพร บุญฤทธิ์.

1.2 ผู้แต่งชาวต่างประเทศให้ลงนามสกุลตามด้วยเครื่องจุลภาคและต่อด้วยอักษรย่อของชื่อต้นและชื่อรอง

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

1.3 ผู้แต่งชาวไทยที่เขียนหนังสือเป็นภาษาอังกฤษจะลงรายการผู้แต่งโดยใช้นามสกุลขึ้นต้นเหมือนผู้แต่งชาวต่างประเทศ

Chanokphat Phadungath	ลงรายการเป็น	Phadungath, C.

1.4 ผู้แต่งมีฐานันดรศักดิ์และบรรดาศักดิ์ให้กลับฐานันดรศักดิ์ หรือบรรดาศักดิ์ไว้หลังชื่อโดยมีเครื่องหมายจุลภาคคั่น

กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร	ลงรายการเป็น	เทพรัตนราชสุดาเจ้าฟ้ามหาจักรีสิรินธร, กรมสมเด็จพระ
หม่อมราชวงศ์เสนีย์ ปราโมช	ลงรายการเป็น	เสนีย์ ปราโมช, ม.ร.ว
คุณหญิงพรทิพย์ โรจนสุนันท	ลงรายการเป็น	พรทิพย์ โรจนสุนันท์, คุณหญิง

1.5 ผู้แต่งมีสมณศักดิ์ ให้ลงชื่อสมณศักดิ์ และถ้าทราบชื่อเดิมให้ใส่ไว้ในวงเล็บต่อจากชื่อสมณศักดิ์

พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัวญาณสัมปันโน).
พระราชรัตนรังสี (วีรยุทธ์วีรยุทโธ).

1.6 ผู้แต่งคนเดียวกันแต่งหนังสือหลายชื่อเรื่อง และพิมพ์ในปีเดียวกันถ้าเป็นภาษาไทยให้ใส่อักษร ก, ข, ค, ง ไว้ท้ายปีที่พิมพ์ ตามลำดับส่วนภาษาอังกฤษ ให้ใส่อักษรa, b, c, d ไว้ท้ายปีที่พิมพ์

ทิศนา แขมมณี. (2557ก).
(Oxford University, 2019b)

1.7 จำนวน และประเภทผู้แต่ง

รูปแบบ	อ้างอิงในเนื้อหา	การอ้างอิงท้ายบทความ
ผู้แต่ง 1 คน	(สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560, น. 17)	สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). *กรอบคุณวุฒิแห่งชาติฉบับปรับปรุง*. สำนักงานฯ.
	(Biech, 2015)	Biech, Elaine. (2015). *101 Ways to make learning active beyond the classroom*. John Wiley & Sons.
ผู้แต่ง 2 คน	(สมสิทธิ์ อัสดรนิธี และกาญจนา ภูครองนาค, 2555, น. 22–23)	สมสิทธิ์อัสดรนิธีและกาญจนาภูครองนาค. (2555). *การศึกษาวิเคราะห์ความรู้เกี่ยวกับการเรียนรู้สู่การเปลี่ยนแปลงตามแนวจิตตปัญญาศึกษาเพื่อการบ่มเพาะความซื่อตรง*. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหิดล.
	(Chickering & Reisser, 1993) หรือ Chickering and Reisser (1993)	Chickering, A. W. & Reisser, L. (1993). *Educational and identity* (2nd ed.). Jossey-Bass. ปีที่ 18 ฉบับที่ 1 มกราคม–มิถุนายน 2566181
ผู้แต่ง 1–20 คน ระบุชื่อทุกคน*** ใช้เครื่องหมายจุลภาคคั่นและคำว่า และก่อนคนสุดท้าย	(ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์ และคนอื่นๆ, 2563)	ภาสกร เนตรทิพย์วัลย์, พรพรรณ ภูสาหัส, สมสุข ภาณุรัตน์, สุขฤดี ธัชศฤงคารสกุล, พัชรี กระจ่างโพธิ์, และวิถี ธุระธรรม. (2563). *การประเมินภาวะสุขภาพสำหรับพยาบาล: การตรวจร่างกาย* (พิมพ์ครั้งที่ 3). พิมพ์ดีการพิมพ์.
	Jacob et al. (2015) หรือ (Jacob et al., 2015)	Jacob, James W., Sutin, Stewart E., Weidman, John C., & Yeager, John L. (2015). *Community engagement in higher education*. Sense.
รูปแบบ	**อ้างอิงในเนื้อหา**	**การอ้างอิงท้ายบทความ**
ผู้แต่ง 21 คนขึ้นไป ระบุชื่อ 19 คนแรกและใช้ ... ตามด้วยชื่อ คนสุดท้ายโดยหน้าและหลังแต่ละจุดต้องเว้นวรรค 1 ระยะ	ขนิษฐา นันทบุตร และคนอื่น ๆ (2563, น.25) หรือ (ขนิษฐา นันทบุตร และคนอื่น ๆ, 2563, น.25)	ขนิษฐา นันทบุตร, พีรพงษ์ บุญสวัสดิ์กุลชัย, จงกลณี จันทรศิริ, นิลภา จิระรัตนวรรณะ, สุคนธ์ วรรธนะอมร, แสงเดือน แท่งทองคำ, กชพร สิงหะหล้า, กติกา นวพันธุ์, กนกพร จิรัฐติกาลวงศ์, กนกพร จิวประสาท, กนกพร แจ่มสมบูรณ์, กนกพร อัศวเมธิกาพงศ์, กมลวรรณ จุติวรกุล, กมลวรรณ ตังธนกานนท์, กรรณิกา ชำธรรม, กรรณิการ์ มุรทาธร, กรองทอง วงศ์ศรีตรัง, กรีวุธ อัศวคุปตานนท์, กฤติน กุลเพ็ง, ... พัฒนา นาคทอง. (2563). *ชุดความรู้การพัฒนากลไกและการพัฒนาระบบสุขภาพชุมชนโดยชุมชนเพื่อชุมชน*. 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).
ผู้แต่งที่เป็นสถาบัน	สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม (2562)	สำนักงานคณะกรรมการดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจ และสังคม. (2562). *การรู้ดิจิทัล*. สำนักงานฯ.
ผู้รับผิดชอบเป็นบรรณาธิการ	(วิชัย วงษ์ใหญ่ (บ.ก.)., 2553)	วิชัยวงษ์ใหญ่ (บ.ก.). (2553). *กระบวนทัศน์ใหม่ในการพัฒนาหลักสูตร*. โอเดียนสโตร์.
	(McKinney et al. (Eds.), 2018)	McKinney, E. S., Nelson, K. A., & Ashwill, J. W. (Eds.). (2018). *Maternal-child nursing* (5th ed.).Elsevier.

2. ปีพิมพ์

2.1 ระบุปีพิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บตามหลังชื่อผู้แต่งและปิดด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.)

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

2.2 หนังสือที่อยู่ในระหว่างการพิมพ์ให้ลงคำว่ากำลังจัดพิมพ์หรือ in press ในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ

(กำลังจัดพิมพ์).
(in press).

2.3 หนังสือที่ไม่ปรากฏปีพิมพ์ใส่อักษรย่อในเครื่องหมายวงเล็บแทนปีพิมพ

(ม.ป.ป.)	แทนคำเต็มจาก	ปรากฏปีที่พิมพ
(n.d.).	แทนคำเต็มจาก	no date

3. ครั้งที่พิมพ์

3.1 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 1 หรือพิมพ์ครั้งแรกไม่ต้องระบุในรายการอ้างอิง

3.2 หนังสือที่พิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไปใส่ครั้งที่พิมพ์ต่อจากชื่อเรื่องโดยระบุครั้งที่พิมพ์ในเครื่องหมายวงเล็บ และตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค

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

4. สำนักพิมพ์

4.1 ระบุชื่อสำนักพิมพ์ที่ปรากฏบนผลงานพิจารณาให้สอดคล้องกับปีพิม พ์และครั้งที่พิมพ์โดยไม่ใช้ชื่อย่อให้ตัดคำว่าสำนักพิมพ์ ห้างหุ้นส่วนจำกัด บริษัท หรือคำว่า Publishers, Co., และ Inc. ซึ่งไม่จำเป็นต้องระบุแต่ให้คงคำว่า Books คำว่า Press ในชื่อของสำนักพิมพ์ไว้

สำนักพิมพ์สารคดี	ลงรายการเป็น	สารคดี.
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ลงรายการเป็น	สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด (มหาชน)	ลงรายการเป็น	ซีเอ็ดยูเคชั่น.
John Wiley & Sons., Inc.	ลงรายการเป็น	John Wiley & Sons.
Oxford University Press	ลงรายการเป็น	Oxford University Press.
SAGE Publishing	ลงรายการเป็น	SAGE.

4.2 กรณีไม่ปรากฏชื่อสำนักพิมพ์ให้ใส่โรงพิมพ์แทนโดยให้คงคำว่าโรงพิมพ์ไว้

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
Cambridge University Press.

4.3 หากไม่ปรากฏทั้งชื่อสำนักพิมพ์และโรงพิมพ์ให้ใช้อักษรย่อดังนี้

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

การอ้างอิงทรัพยากรสารสนเทศประเภทต่าง ๆ

1 .หนังสือ

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

ตัวอย่าง

ปริญญา เทวานฤมิตรกุล. (2559). *การศึกษาเพื่อสร้างพลเมือง = Civic education.* (พิมพ์ ครั้งที่ 2). สถาบัน สัญญาธรรมศักดิ์เพื่อประชาธิปไตยมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พระธรรมวิสุทธิมงคล (หลวงตาพระมหาบัว ญาณสัมปันโน). (2554). *นิพพานคือนิพพาน*. การไฟฟ้า ฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย.

วิมลทิพย์ มุสิกพันธ์ และศิวพร ปกป้อง. (2553). *ปัจจัยที่มีผลต่อทัศนคติและพฤติกรรมการกระทำความรุนแรงทั้งทางกายภาพและการข่มเหงรังแกผ่านโลกไซเบอร์ของเยาวชนไทย.*ปัญญาสมาพันธ์เพื่อการวิจัยความเห็นสาธารณะแห่งประเทศไทย.

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. (ต้นฉบับพิมพ์ปี ค.ศ. หรือ พ.ศ.)

ตัวอย่าง

เกรย์, เจ. (2552). *ผู้ชายมาจากดาวอังคารผู้หญิงมาจากดาวศุกร* [Men are from mars, women are from venus] (สงกรานต์จิตสุทธิภากร, ผู้แปลและเรียบเรียง) (พิมพ์ครั้งที่ 26). ซีเอ็ดยูเคชั่น.

บริกแฮม, อี. เอฟ. และฮุสตัน, เจ. เอฟ. (2544). *การจัดการการเงิน* [Fundamentals of financial management] (เริงรัก จำปาเงิน, ผู้แปลและเรียบเรียง) (พิมพ์ครั้งที่ 2). บุ๊คเน็ท. (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 นิรัญทวี. (2564). *การเรียนรู้ด้วยการรับใช้สังคม (Service learning)* (รายงานการวิจัย). สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติสำนักนายกรัฐมนตรี.

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. ในหรือ In ชื่อบรรณาธิการ (บ.ก. หรือ Ed. หรือ Eds.), *ชื่อเรื่อง* (น. หรือ p. หรือ pp. เลขหน้า). สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

ณัฐพล ปัญญโสภณ. (2554). มุมมองของนักศึกษานิเทศศาสตร์ต่อกระบวนการผลิตละครเพื่อการสื่อสาร. ในชนัญ ชีภังคานนท์ (บ.ก.), *กระบวนทัศน์มหาวิทยาลัยไทยบนความท้าทายของเอเชียแปซิฟิก* (น. 23–24). มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

สุรพันธ์ สิทธิสุข. (2563). การสัมภาษณ์ประวัติ. ในวิทยา ศรีดามา (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 14th 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. หรือ URL

ตัวอย่าง

เฉลิมพล พลมุข. (2557, 20 ตุลาคม). จุดยืนของมหาวิทยาลัยราชภัฏ. *มติชน*, น.21.

ปรับยุทธศาสตร์ "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. วิทยานิพนธ์ และปริญญานิพนธ์

ผู้แต่ง. (ปีพิมพ์). *ชื่อเรื่อง* [ระดับวิทยานิพนธ์, ชื่อสถาบัน]. ชื่อฐานข้อมูล หรือ URL

ตัวอย่าง

จอยทอง กล่อมสี. (2555). *การพัฒนาตัวบ่งชี้ความรับผิดชอบต่อสังคมของสถาบันอุดมศึกษาไทยตามหลักธรรมาภิบาล* [วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย]. http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/35693

เสาวนีย์ คงนิรันดร. (2559). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อภาระการดูแลของผู้ดูแลผู้ป่วยจิตเภท* [วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา]. ฐานข้อมูลงานวิจัย (ThaiLis).

Burgess, Prairie Leigh. (2011). U*nderstanding 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 elementaryschool leaders* [Unpublished doctoral dissertation]. University of Virginia. **กรณีวิทยานิพนธ์และปริญญานิพนธ์ไม่เผยแพร่หรือ Unpublished

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 การนำเสนอบทความ การนำเสนอโปสเตอร์ ผลงานการประชุมสัมมนา (Conference Sessions and Presentation)

ผู้แต่ง.(ปี, เดือน วัน). *ชื่อผลงาน* [ประเภทผลงาน]. ชื่อการประชุม, เมือง, ประเทศ. URL

ตัวอย่าง

ทิศนา แขมมณี. (2557, 6-8 พฤษภาคม). *ปลุกโลกการสอนให้มีชีวิตสู่ห้องเรียนแห่งศตวรรษใหม่* [การนำเสนอบทความา]. การประชุมวิชาการอภิวัฒน์การเรียนรู้สู่จุดเปลี่ยนประเทศไทย, สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน (สสค.).

พัชราภา ตันติชูเวช. (2566, 20 เมษายน). *การศึกษาทั่วไปกับคุณลักษณะบัณฑิตที่พึงประสงค์ในประเทศมาเลเซียและสิงคโปร์ศึกษาโดยเปรียบเทียบกับประเทศไทย* [การนำเสนอบทความา]. การประชุมวิชาการระดับชาติเนื่องในโอกาสก้าวสู่ปีที่ 23 สมศ. “2ทศวรรษแห่งการส่งเสริมและยกระดับคุณภาพการศึกษา”, สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน).

De Boer, D., & Lafavor, T. (2018, April 26-29). The art and significance and successfully identifying resilient individuals: A person-focused approach. In A. M. Schmidt & A, Kryvanos (Chairs), *Perspectives on resilience: Conceptualization, measurement, and enhancement* [Symposium]. Western Psychological Association 98th Annual Convention, Portland, OR, United States.

Fistek, A., Jester, E., & Sonnenberg, K. (2017, March 30-April 2). *Everybody’s got a little music in them: Using music therapy to connect, engage, and motivate* [Conference session]. Autism Society National Conference, Milwaukee, WI, United Sates. http://asa.confex.com/asa/2017/webprogramaschives/Session9517.html

Pearson, J. (2028, September 27-30). *Fat talk and its effects on state-based body image in woman* [Poster presentation]. Australian Psychological Society Congress, Sydney, NSW, Australia. http://bit.ly/2XGSThP

10. กรณีไม่ปรากฏชื่อผู้แต่ง หรือผู้รับผิดชอบ

ให้นำชื่อบทความหรือชื่อเรื่องแทนตำแหน่งของผู้แต่ง หรือผู้รับผิดชอบจากนั้นเรียงตามรูปแบบของเอกสารที่อ้างอิง

ตัวอย่าง

ICDL ยกระดับไอทีไทยสู่มาตรฐานสากล. (2559). *นิตยสารดิจิทัลเอจ*. 207, 38–40.

ย้อนคดีเชอรี่แอน “แพะในตำนาน” 17 ปีคดีประวัติศาสตร์จ่าย 26 ล้านไถ่บาป “ตำรวจ” ยื้อจนสุดทาง. (2560, มกราคม 12). *มติชนสุดสัปดาห์ออนไลน*. 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 วงค์สารี. (2566, 2 เมษายน). *มโนทัศน์เกี่ยวกับผู้สูงอายุและหลักการพยาบาลผู้สูงอายุ* [PowerPoint slides]. SlideShare. https://bit.ly/3ok6Voz

สมหมาย ปาริจฉัตต์. (2567, 28 มนาคม). *หลักสูตรการศึกษาถูกล็อค*. มติชนออนไลน์. https://www.matichon.co.th/article/news_4493411

เอมอัชฌา วัฒนบุรานนท์. (2554, 27 เมษายน). *การจัดการเรียนรู้สุขศึกษา*. จุฬาวิทยานุกรม (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/

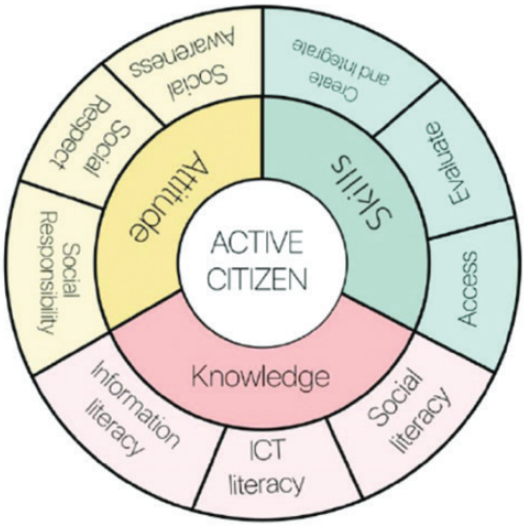
การนำเสนอภาพและตาราง

การนำเสนอภาพและตารางประกอบเนื้อหาในบทความ ผู้นิพนธ์ต้องพิจารณาแล้วเห็นว่าภาพและตารางนั้นสัมพันธ์กับเนื้อหา โดยการแทรกภาพและตารางต้องมีการเกริ่นเพื่อนำไปสู่ภาพ และตารางเสมอ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ภาพ

ผู้เขียนบทความสามารถนำเสนอภาพที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหาของบทความ โดยภาพต้องมีความคมชัด สื่อความหมาย ความละเอียดขั้นต่ำ 600 dpi ควรเป็นภาพที่มีนามสกุล ไฟล์ .jpg หรือ .png พร้อมระบุหมายเลขกำกับรูปภาพ ชื่อภาพ และอ้างอิงภาพโดยไม่เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์เจ้าของผลงาน ซึ่งผู้เขียนต้องตรวจสอบสิทธิ์ของภาพก่อนระบุในบทความให้เรียบร้อย

ตัวอย่าง



ภาพ 1 คุณลักษณะของพลเมืองวิวัฒน
ที่มา: (Rangsisuttaporn et al., 2020, p. 2552)

ตาราง

หัวข้อตารางให้เริ่มที่มุมซ้ายด้านบนของเส้นตารางตามลำดับเลขที่ปรากฏในต้นฉบับพร้อมชื่อของตารางข้อมูลที่นำเสนอในตารางควรมีความสอดคล้องกับข้อมูลในส่วนของเนื้อความสามารถใช้คำย่อในตารางได้แต่ควรอธิบายคำย่อที่ไม่ใช่คำมาตรฐานในเชิงอรรถตารางที่สร้างขึ้นมาไม่ต้องมีเส้นสดมภ์มีแต่เส้นแนวนอน และตารางที่นำเสนอจะต้องเป็นตารางที่มีสัดส่วนพอเหมาะกับบทความ

ตัวอย่าง

ตาราง 1 เปรียบเทียบคุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏก่อนทดลอง และหลังทดลอง

คุณลักษณะความเป็นพลเมืองวิวัฒน	ก่อนเรียน			หลังเรียน		
	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความ
มิติความรู	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 หรือวารสารนี้จะถูกใช้เพื่อวัตถุประสงค์ที่ระบุไว้ของวารสารนี้โดยเฉพาะ และจะไม่ถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นใดหรือให้กับบุคคลอื่นใด

ความรับผิดชอบในเนื้อหา

ผลการวิจัยและข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ เป็นความรับผิดชอบของผู้เขียน กองบรรณาธิการวารสารและมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ไม่จำเป็นต้องรับผิดชอบหรือเห็นด้วย

สถาบันวิจัยและพัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์

27 ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุตรดิตถ์ 53000
โทรศัพท์ 061-2692552
E-mail: journal@uru.ac.th
http://www.tci-thaijo.org/indexphp/uruj/index