

วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 (2024)

กรกฎาคม – สิงหาคม 2567

ISSN 2985 0274 (Print)

ISSN 2985 0282 (Online)



กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 (กรกฎาคม – สิงหาคม 2567)

Vol. 2 No. 4 (July – August 2024)

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)



วัตถุประสงค์

จัดทำขึ้นโดยคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) เปิดรับทั้งบทความภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง และเพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน โดยมีขอบเขตของวารสาร ดังนี้

- วิศวกรรมทั่วไป (General Engineering)
- วิศวกรรมอุตสาหกรรมและวิศวกรรมการผลิต (Industrial and Manufacturing Engineering)
- วิศวกรรมเครื่องกล (Mechanical Engineering)
- เทคโนโลยีสื่อและประยุกต์ใช้ (Media Technology and Application)
- สถาปัตยกรรม (Architecture)

เงื่อนไขการตีพิมพ์

บทความที่ส่งเข้ามายังวารสารจะได้รับการประเมินคุณภาพของผลงานทางวิชาการโดยหัวหน้ากองบรรณาธิการ (Editor in Chief) ถ้าบทความมีคุณภาพที่อาจได้รับการตีพิมพ์ หัวหน้ากองบรรณาธิการจะมอบหมายให้บรรณาธิการประจำเรื่อง (Section editor) เป็นผู้พิจารณาและดำเนินการส่งบทความให้ผู้ประเมินบทความ (Peer reviewers) ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้อง จำนวนอย่างน้อย 3 ท่าน ซึ่งบทความที่ถูกส่งไปยังผู้ประเมินจะเป็นแบบปกปิดรายชื่อทั้งผู้เขียนบทความ และผู้ประเมิน (Double -Blinded Review) เมื่อผู้ประเมินบทความส่งข้อคิดเห็นมายังบรรณาธิการประจำเรื่อง บทความที่ถูกประเมินจะได้รับการตัดสินใจจากกองบรรณาธิการโดยอาศัยความคิดเห็นของผู้ประเมินเสียงข้างมาก ดังนี้ ยอมรับให้ตีพิมพ์โดยไม่มีการแก้ไข (Accept Submission) บทความมีการแก้ไข (Revisions Required) และ ปฏิเสธการตีพิมพ์บทความ (Decline Submission)

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ จิระพันธ์ ห้วยแสน

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ สุตสนธิ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุทธิ์ จันทะรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม

ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

ดร.วิจิตรา โพธิสาร

อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สถิตพงศ์ เสงี่ยมศักดิ์
ดร.สวลี อุดรา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล
รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ปัตติยะ
รองศาสตราจารย์ ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร
รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก
รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมษฐานวัฒน์

รองศาสตราจารย์ ดร.สกุลตลา วรรณปะเข

รองศาสตราจารย์ ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหลาหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศานาถ แก้ววินิต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงดาว วัฒนากลาง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ แสงผ่อง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศณุ ชัยจิตวิมลกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กิตติเลิศไพศาล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ วิชาผา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑนา ทองสุพล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ชุมพล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรพจน์ สมมูล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยณัฐ โตอ่อน

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ทีมจัดการบทความและรูปแบบ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ชุมพล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

3. ดร.สวลี อุดรา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

4. นางสาวนภัทรธิดา พรหมดีราช

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ออกแบบปกวารสาร

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประพนธ์ เนียมสา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กำหนดการเผยแพร่ :

ปีละ 6 ฉบับ

ฉบับที่ 1 มกราคม - กุมภาพันธ์

ฉบับที่ 2 มีนาคม - เมษายน

ฉบับที่ 3 พฤษภาคม - มิถุนายน

ฉบับที่ 4 กรกฎาคม - สิงหาคม

ฉบับที่ 5 กันยายน - ตุลาคม

ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน – ธันวาคม

สำนักงาน

กองบรรณาธิการวารสาร "วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"

"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

โทร: 088-574-2199

Email: jeit@ksu.ac.th

ISSN 2985-0274 (Print)

ISSN 2985-0282 (Online)

บทบรรณาธิการ

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ปีที่ 2 ฉบับที่ 4 เดือนกรกฎาคม – เดือนสิงหาคม ปีพุทธศักราช 2567 จัดทำขึ้นตามเป้าหมายและยุทธศาสตร์ของการดำเนินงานตามแนวทางการพัฒนาและขับเคลื่อนของมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ซึ่งวารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความวิจัย (Research Article) และบทความวิชาการ (Academic Article) ที่มีคุณภาพในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม และอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมและเป็นแหล่งในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการที่เป็นองค์ความรู้ เทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ทันสมัย สนับสนุนให้คณาจารย์ นักวิชาการ และผู้ทรงคุณวุฒิในด้านวิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเสนอผลงานวิชาการ นอกจากนี้ยังเป็นสื่อกลางแลกเปลี่ยนความรู้และแนวคิดทางวิชาการ ของบุคลากรทั้งภายในและนอกสถาบัน

ในโอกาสนี้ขอขอบพระคุณอย่างสูงสำหรับผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง รวมทั้งผู้เขียนบทความทุกท่านที่ส่งบทความมาลงตีพิมพ์เผยแพร่และขอขอบพระคุณผู้อ่านทุกท่าน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าผู้อ่านทุกท่านจะได้รับประโยชน์จากผลงานทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

บรรณาธิการ

สารบัญ (Content)

	หน้า
กองบรรณาธิการ	II
บทบรรณาธิการ	IV
บทความวิจัย	
ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถึงทรงกระบอกหมุน	1-11
วีรชัย แผ่นอุไร ธิทัต ดลวิชัย และ โศรฎา แข็งการ	
การประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS สำหรับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีผลตอบสนองหลายค่า	12-21
วรารณณ์ แก้วศิริ อานุกาพ วงษ์แก้ว และ นรงค์ วิชาผา	
การศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์โดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์ตอร์ปิโด	22-34
เจษฎาภรณ์ บุญจงรัก พรสุดา ภูลีนลาย และ รัชฎา แต่งภูเขียว	
การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมีลติมีเดียมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์	35-43
สิริวิชญ์ สงวนศรี ธนกร เพ็งกระจ่าง นวัตรกร โพธิสาร และ วินิต ยืนยั้ง	

ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน

วีรชัย แผ่นอุไร¹, อธิทัต ดลวิชัย^{2*} และ ศโรภา แซ่กักร²

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

² สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

*ผู้ประสานงานบทความฉบับนี้: prapun@g.sut.ac.th โทรศัพท์: 086-5848744

(รับบทความ: 26 มิถุนายน 2567; แก้ไขบทความ: 26 กรกฎาคม 2567; ตอรับบทความ: 7 สิงหาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งในการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิอบแห้งต่ำ โดยนำข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 30 – 35 มาอบแห้งด้วยลมร้อนในถังทรงกระบอกหมุน จนกระทั่งได้ความชื้นสุดท้ายข้าวเปลือกหลังอบแห้งไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนักมาตรฐานแห้ง เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้ง 3 ระดับ คือ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ที่ส่งผลต่อจลพลศาสตร์ของการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง และความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะข้าวเปลือก ผลการศึกษาพบว่า เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ความชื้นและอัตราส่วนความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกจะลดลงเป็นเส้นโค้งแบบฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล โดยความชื้นของเส้นโค้งที่อุณหภูมิอบแห้งสูงมีความชันมากกว่าที่อุณหภูมิอบแห้งต่ำกว่า ทำให้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ หากพิจารณาความชื้นสุดท้ายเดียวกัน ส่วนผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งต่ออัตราการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะพบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.296 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 11.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส หากนำผลการศึกษานี้ไปสร้างระบบควบคุมเครื่องอบแห้งข้าวเปลือก จะทำให้ได้ข้าวเปลือกมีคุณภาพตามที่ต้องการและใช้พลังงานในการอบที่เหมาะสม

คำสำคัญ: การอบแห้ง ข้าวเปลือก อัตราส่วนความชื้น ถังทรงกระบอกหมุน

การอ้างอิงบทความ: วีรชัย แผ่นอุไร, อธิทัต ดลวิชัย และ ศโรภา แซ่กักร, "ผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4, หน้า 1-11, 2567.

Effect of Drying Temperature on Paddy Drying by Rotary Drier

Veerachai Panurai¹, Teetut Dolwichai^{2*} and Sorada Khaengkarn²

¹ Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Northeastern University

² School of Mechanical Engineering, Engineering Institute, Suranaree University of Technology

* Corresponding Author: prapun@gs.sut.ac.th, Tel: 086-5848744

(Received: June 26, 2024; Revised: July 26, 2024; Accepted: August 7, 2024)

Abstract

The objective of this research is to study the effect of drying temperature on drying paddy at low temperatures. White jasmine KDML105 paddy at an initial humidity of 30 – 35 % is dried by hot air in a rotating cylindrical tank until the final moisture content of the paddy after drying does not more than 15% (d.b.). The experiment examined the effects of three drying temperatures (40, 50 and 60 °C) that affect drying kinetics, drying rate, and paddy-specific energy consumption. The study found that when the drying temperature increased, the moisture and moisture ratio of paddy grains are reduced to an exponential function curve. The slope of the curve at high drying temperatures is steeper than at lower drying temperatures. As a result, high-temperature drying takes less drying time than low-temperature drying. If the same final humidity is considered, the effect of drying temperature on drying rate and specific energy consumption was found to have maximum values of 0.296 kg/h and 11.90 MJ/kg, respectively, at a drying temperature of 60 °C. If the results of this study are used to develop a control system for paddy drying machine, it will ensure that the paddy meets the desired quality and that the energy used in the drying process is appropriate.

Keywords: Drying, Paddy, Moisture ratio, Rotary dryer

Please cite this article as: V. Panurai, T. Dolwichai and S. Khaengkarn, Effect of Drying Temperature on Paddy Drying by Rotary Drier," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 4, pp. 1-11, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ประเทศไทยเพาะปลูกข้าวสำหรับบริโภคภายในประเทศและส่งออกเป็นสินค้าทางการเกษตรไปต่างประเทศในปริมาณสูงเมื่อเทียบกับพืชเศรษฐกิจชนิดอื่น ข้อมูลโดยกองนโยบายและแผนพัฒนาการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรปีเพาะปลูก 2564 พบว่า ประเทศไทยมีผลผลิตข้าวรวม 31.43 ล้านตัน และยอดการส่งออกข้าวรวมกว่า 81.7 พันล้านบาทแม้ว่าการเพิ่มผลผลิตข้าวจะเป็นสิ่งสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศแต่การควบคุมความชื้นข้าวหลังเก็บเกี่ยวของข้าวก็มีส่วนสำคัญมากเช่นกัน เนื่องจากเป็นปัจจัยสำคัญในการเก็บรักษาพันธุ์ข้าวและมูลค่าในการขายผลผลิต ดังนั้นเกษตรกรจึงจำเป็นต้องลดความชื้นเมล็ดข้าวเปลือกให้แห้งทันทีหลังการเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรทั่วไปมักจะนำข้าวมาตากแดดบนลานตากเพื่อลดความชื้นโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดแต่วิธีนี้มีข้อจำกัดหลายด้าน เช่น สภาพภูมิอากาศ ระยะเวลาแรงงาน และขนาดพื้นที่ใช้ตากจำนวนมาก อีกทั้งยังมีการปนเปื้อนและมีความเสียหายจากสัตว์และแมลงศัตรูในปริมาณสูงด้วยเหตุนี้จึงมีการวิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งเพื่อนำมาช่วยลดความชื้นของข้าวเปลือก โดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อนไปยังวัสดุที่มีความชื้นเพื่อนำความชื้นออกโดยการระเหยน้ำภายในเนื้อวัสดุ ซึ่งการลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยวิธีนี้สามารถควบคุมความชื้นได้ตามระดับที่ต้องการได้

ปัจจุบันเทคโนโลยีการอบแห้งข้าวเปลือกถูกพัฒนาและนำมาใช้งานทั้งเชิงเกษตรกรรมและเชิงพาณิชย์นั้นมีหลายวิธี เช่น การอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรดร่วม ทรงพล วิจารณ์จักร และคณะ [1] ศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องอบแห้งแบบถ้งทรงกระบอกหมุนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมลมร้อนปล่อยทิ้งในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกในการลดความชื้นข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และคุณภาพของข้าว พบว่าสามารถลดระยะเวลาในการ

อบแห้งและเปอร์เซ็นต์การแตกหักได้ 90.15 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณสารกาบาเพิ่มขึ้น 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ้างอิง การอบแห้งแบบฟลูอิดซ์เบด สุรพงษ์ โช้ทอง และไกรสร รวยป้อม [2] ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งและความเร็วของไอน้ำร้อนยวดยิ่งต่อคุณภาพข้าวในการอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเทคนิคฟลูอิดซ์เบดโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่งพบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวกล้องงอกที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 130 องศาเซลเซียส มีค่าสูงกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียสและ 170 องศาเซลเซียส ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การร้าวและความแข็งของข้าวกล้องงอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้น

การอบแห้งแบบหมุนเวียน สมพจน์ คำแก้ว [3] ศึกษากลิ่นหอมของข้าวหอมปทุมที่มีผลต่ออุณหภูมิสูงในการอบแห้งแบบหมุนเวียน ขนาด 1.5 ตันต่อรอบการลดความชื้น ค่าความร้อนของลมร้อนอุณหภูมิทำงานที่ 60 องศาเซลเซียส พบว่าแต่ละการทดลองจะแสดงให้เห็นว่าการระเหยของสาร 2AP เมื่อการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะทำให้ความชื้นข้าวลดลง ดังนั้นก่อนการอบแห้งข้าวหอมปทุมจะทำการวิเคราะห์ค่า 2AP เท่ากับ 1.465 ไมโครกรัมต่อกรัม และหลังจากผ่านการอบแห้งแบบหมุนเวียนจะมีค่า 2AP เท่ากับ 1.580 ไมโครกรัมต่อกรัม โดยระบบเชื้อเพลิงจะใช้ก๊าซธรรมชาติ (LPG) อัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง 1.43 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และการอบแห้งแบบถ้งทรงกระบอกหมุน Adeodu และคณะ [4] ศึกษาเพื่อหาความชื้นของผลผลิตทางการเกษตร โดยออกแบบเครื่องอบแห้งที่ควบคุมอุณหภูมิการอบแห้งแบบอัตโนมัติ โดยควบคุมอุณหภูมิอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยชุดไมโครควบคุมอุณหภูมิ วัสดุที่ใช้ในการออกแบบจะเลือกใช้โดยคำนึงถึง ความแข็งแรง หาได้ง่าย และประหยัด พบว่าเครื่องอบแห้งสามารถลดความชื้นข้าวและมันเทศ จากระดับความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 85 และ 75 ถึงร้อยละ 10 และ 7 ของความชื้นสุดท้ายตามลำดับ ที่อัตราการอบแห้ง 1.2 กิโลกรัมต่อชั่วโมง โดยกำหนดอุณหภูมิอากาศอบแห้งมันเทศที่ 135

บทความวิจัย (Research Article)

องศาเซลเซียส และอุณหภูมิอากาศอบแห้งข้าวที่ 120 องศาเซลเซียส

เครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน มีลักษณะเด่นหลายด้าน เช่น โครงสร้างไม่ซับซ้อน ประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนสูง และผลผลิตหลังการอบแห้งมีความชื้นค่อนข้างสม่ำเสมอ เนื่องจากการกระจายความร้อนสัมผัสกับผลิตภัณฑ์ได้อย่างทั่วถึง ทำให้ระยะเวลาในการอบแห้งน้อยลง ประหยัดพลังงาน และค่าดำเนินงานโดยรวมไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับอายุการใช้งาน

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยคือ เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งและความชื้นเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะในการอบแห้งข้าวเปลือก ที่อุณหภูมิอบแห้งต่ำ เนื่องจาก สุรพงษ์ โชทอง และ ไกรสร รวยป้อม [2] ศึกษาพบว่า เปอร์เซ็นต์การร้าวของข้าวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่สูงขึ้น และศราวุธ รัตนวงษ์ และคณะ [7] ศึกษาพบว่า ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิสูงตั้งแต่ 80 องศาเซลเซียสขึ้นไป เมื่อนำไปผ่านกระบวนการสีข้าวจะได้ผลผลิตที่มีการแตกร้าวค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นผลที่เกิดจากความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิแกนกลางและผิวของเมล็ดข้าวเปลือกที่สูงเกินไป เพื่อเป็นประโยชน์สำหรับเกษตรกรภาคครัวเรือนให้สามารถนำไปใช้งานได้ โดยใช้วัสดุที่หาได้ง่าย ราคาถูก และระบบควบคุมอุณหภูมิอบแห้งที่ราคาไม่สูงมากนัก ผู้วิจัยต้องการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยพิจารณาถึง จลพลศาสตร์ของการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง และความชื้นเปลี่ยนแปลงพลังงานจำเพาะข้าวเปลือก เพื่อใช้ต่อยอดงานวิจัยด้วยการนำอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งไปสร้างระบบควบคุมเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้ง ในการอบแห้งข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิอบแห้งต่ำโดยอบแห้งด้วยลมร้อนในถังทรงกระบอกหมุน

2.2 เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิอบแห้ง ที่ส่งผลต่อจลพลศาสตร์ของการอบแห้ง อัตราการอบแห้ง และ

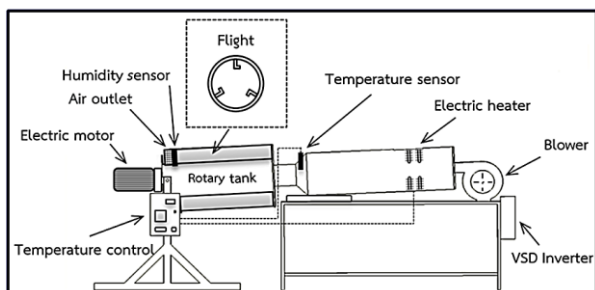
3. วัตถุดิบและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย คือ ข้าวเปลือกพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งเป็นข้าวที่มีคุณลักษณะเด่นสำคัญคือ ทนแล้งและสภาพดินเปรี้ยวหรือดินเค็มได้ดี มีราคาขายสูง เมื่อนำมาหุงต้มจะได้ข้าวที่มีคุณภาพดี อ่อนนุ่ม และมีกลิ่นหอม จึงเป็นที่นิยมของผู้บริโภคทั่วไปทำให้มีพื้นที่เพาะปลูกมากในประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเงื่อนไขการวิจัยประกอบด้วย ความชื้นเริ่มต้นข้าวเปลือกไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักมาตรฐานแห้ง และความชื้นสุดท้ายข้าวเปลือกหลังอบแห้งไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนักมาตรฐานแห้ง (พระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551, 2560) [6] อุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ในการทดลองมี 3 ระดับ คือ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อนคงที่ที่ 4.25 เมตรต่อวินาที (m/s) ซึ่งเป็นค่าที่เหมาะสม โดยไม่ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกขณะเริ่มอบที่มีความชื้นสูงโดนลมร้อนพาไปตามกระแสความเร็ว (ทรงพลวิจารณ์จักร และคณะ, 2560) [1] ความเร็วรอบและความลาดเอียงของถังทรงกระบอกหมุนคงที่ที่ 20 รอบต่อนาที และองศาจากแนวระดับ ตามลำดับโดยเมล็ดข้าวเปลือกจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบนถึงตามการหมุนของถังด้วยใบดักโปรย (flight) แล้วจึงตกลงมาที่ผิวด้านล่างของถังตามแรงโน้มถ่วงโลก ทำให้เมล็ดข้าวเปลือกไม่รวมตัวกันและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างลมร้อนอย่างทั่วถึงและสม่ำเสมอ ซึ่งถือเป็นกระบวนการแลกเปลี่ยนความร้อนที่ดีขึ้น จนกระทั่งเมล็ดข้าวเปลือกมีความชื้น

บทความวิจัย (Research Article)

ลดลงถึงระดับที่ต้องการ น้ำหนักข้าวเปลือกที่ใช้ในแต่ละการทดลองจำนวน 5 กิโลกรัม

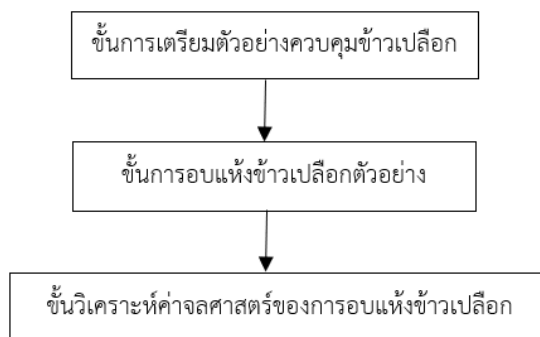
วัสดุอุปกรณ์การวิจัย ใช้เครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุนที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีส่วนประกอบหลักและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลอง ดังแสดงในรูปที่ 1 ดังนี้ ถังทรงกระบอกหมุน (Rotary tank) เส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 45 เซนติเมตรยาว 75 เซนติเมตร ทำการเจาะช่องระบายความชื้น (Moisture outlet) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าติดตะแกรงจำนวน 4 ช่อง ขนาดกว้าง 6 x 10 เซนติเมตร และภายในติดตั้งใบตักโปรย (Flight) จำนวน 3 ใบ รูปตัว L ขนาด 2 x 15 เซนติเมตร ขดลวดความร้อน (Electric heater) รุ่น HCH-12X150-28 ขนาด 800 วัตต์ จำนวน 1 ตัวและขนาด 500 วัตต์ จำนวน 2 ตัวมอเตอร์ไฟฟ้า (Electric motor) ขนาด 250 วัตต์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนถังอบแห้งให้หมุนด้วยความเร็วรอบที่กำหนดตามเงื่อนไขการวิจัย เครื่องเป่าลม (Blower) ขนาด 250 วัตต์ ทำหน้าที่นำอากาศเข้าสู่ถังอบแห้งที่ควบคุมความเร็วรอบโดยใช้ VSD Inverter ตู้อบไฟฟ้า (Hot air oven) ยี่ห้อ Memmert ทำหน้าที่อบข้าวเปลือกเพื่อหาค่าความชื้นที่เวลาต่างๆ อุปกรณ์วัดอุณหภูมิเป็นเทอร์โมคัปเปิลชนิด K ซึ่งมีชุดควบคุมอุณหภูมิแบบ PID เครื่องชั่งน้ำหนัก ยี่ห้อ SUNFORD รุ่น FEH300 ค่าความละเอียด 0.01 กรัม และอุปกรณ์วัดความเร็วลม (Anemometer) ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ส่วนประกอบหลักและอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบถังทรงกระบอกหมุน

4. วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังแสดงขั้นตอนการดำเนินการวิจัยภาพรวมทั้งหมดในรูปที่ 2 เริ่มต้นจาก ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างควบคุมข้าวเปลือก ตามด้วยขั้นตอนการอบแห้งข้าวเปลือกตัวอย่างด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน และขั้นตอนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ค่าจลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือก



รูปที่ 2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยภาพรวม

โดยมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอน ดังนี้

4.1 การเตรียมตัวอย่าง

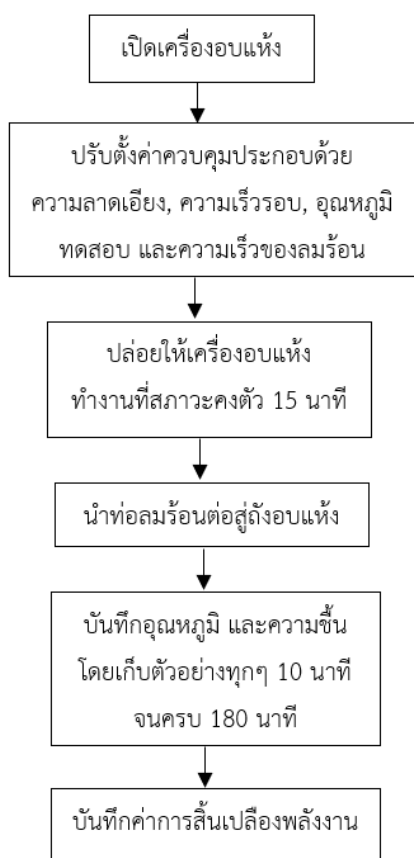
การเตรียมตัวอย่างควบคุมข้าวเปลือกพันธุ์ชาวดอกมะลิ 105 โดยทำการคัดแยกเมล็ดเต็มออกจากสิ่งเจือปนอื่นๆ แล้วจึงเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกส่วนหนึ่งประมาณ 20-30 กรัมบรรจุใส่ถุงพลาสติกปิดสนิทเพื่อนำไปหาความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกก่อนอบแห้ง จากนั้นนำข้าวเปลือกไปชั่งน้ำหนักก่อนนำเข้าถังอบแห้งตามปริมาณที่กำหนดไว้ในเงื่อนไขการวิจัย

4.2 การทดลองอบแห้ง

การทดลองอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุน เริ่มต้นจากการเปิดเครื่องอบแห้ง ปรับตั้งความลาดเอียง ความเร็วรอบของถังอบแห้ง อุณหภูมิ และความเร็วของลมร้อน

บทความวิจัย (Research Article)

ตามเงื่อนไขการทดลองที่กำหนด จากนั้น ปลดปล่อยให้เครื่องอบแห้งทำงานในสภาวะคงที่ประมาณ 15 นาที จึงนำข้าวเปลือกใส่ลงในถังอบแห้ง พร้อมทั้งปรับระดับข้าวเปลือกให้เสมอกัน เริ่มทำการทดลองโดยการนำท่อลมร้อนต่อเข้าสู่ถังอบแห้งพร้อมกับบันทึกค่าอุณหภูมิ และความชื้นอากาศเข้า-ออกถังอบแห้ง โดยระหว่างการอบแห้งจะเก็บตัวอย่างข้าวเปลือกจากช่องเก็บตัวอย่างบรรจุลงในถุงพลาสติกปิดสนิททุก 10 นาที จนครบ 180 นาที เพื่อนำไปหามวลความชื้นที่ออกจากเมล็ดข้าวเปลือกที่เวลาต่างๆ พร้อมทั้งบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้งตลอดการทดลองด้วยมาตรวัดพลังงานไฟฟ้า (Watt-hour meter) เพื่อหาความสัมพันธ์พลังงานรวม โดยการวัดค่าต้องเวลาสั้นที่สุดเพื่อลดการสูญเสียของลมร้อน



รูปที่ 3 ขั้นตอนการทดสอบ

4.3 คำนวณค่าทางจลพลศาสตร์

การคำนวณค่าทางจลพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือก โดยนำตัวอย่างข้าวเปลือกทั้งหมดหลังการอบแห้งพักไว้ในอุณหภูมิปกติ ประมาณ 6 ชั่วโมง เพื่อให้ข้าวเปลือกมีอุณหภูมิลดลง เพื่อคลายความเครียดที่ผิวและเกิดการกระจายความชื้นอย่างสม่ำเสมอตลอดเมล็ดข้าว ก่อนนำไปวัดความชื้นสุดท้าย โดยการนำเข้าสู่ตู้อบไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาความชื้นของข้าวเปลือกตัวอย่างนั้นๆ ซึ่งมีความถูกต้องและสามารถใช้อ้างอิงได้ตามมาตรฐาน AOAC [7]

หลังจากนั้น ทดลองในลักษณะเดียวกันตามข้อ 4.1 - 4.3 ตามลำดับ ทั้งการอบแห้งที่อุณหภูมิลมร้อน 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส จนครบเงื่อนไขการวิจัย โดยทำการทดลองในแต่ละเงื่อนไขซ้ำ 3 ครั้ง ในสภาพภูมิอากาศและช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้เกิดความแม่นยำและความน่าเชื่อถือ ข้อมูลที่ปรากฏจึงแสดงอยู่ในรูปของค่าเฉลี่ย (Mean)

5. การวิเคราะห์ผลการวิจัย

ใช้ข้อมูลผลการทดลองเพื่อหาค่า ดังนี้ ความชื้นในวัสดุ (Moisture Content) อัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio) อัตราการอบแห้ง (Drying Rate) และความสัมพันธ์พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ซึ่งนิยามและสมการการคำนวณค่าของตัวแปรทั้งสี่ แสดงดังสมการที่ (1) ถึงสมการที่ (4) ประกอบด้วย

5.1 ความชื้นในวัสดุ (Moisture Content)

คือ ดัชนีวัดปริมาณน้ำที่มีอยู่ในวัสดุเทียบกับมวลของวัสดุ ความชื้นในวัสดุสามารถแสดงได้ 2 แบบ คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (wet basis, M_w) นิยมใช้กันในเชิงพาณิชย์ และความชื้นมาตรฐานแห้ง (dry basis, M_d) นิยมใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งเชิงทฤษฎี เนื่องจากมวลของวัสดุแห้งจะมี

บทความวิจัย (Research Article)

ค่าคงที่หรือเกือบคงที่ระหว่างการอบแห้ง ทำให้การคำนวณสะดวกมากขึ้น (สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2537) [8] ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะใช้ความชื้นมาตรฐานแห่งในการวิเคราะห์ โดยความชื้นมาตรฐานแห่งคำนวณจากสมการที่ (1)

$$\text{ความชื้นมาตรฐานแห่ง (\% d.b.)} = \frac{(w-d)}{d} \times 100\% \quad (1)$$

เมื่อ w คือ มวลข้าวเปลือกที่เวลาใดๆ (กิโลกรัม)
และ d คือ มวลข้าวเปลือกแห้ง (กิโลกรัม)

5.2 อัตราส่วนความชื้น (Moisture Ratio)

คือ ปริมาณน้ำที่เหลืออยู่ภายในวัสดุ ที่กำลังอบแห้งเทียบกับปริมาณน้ำทั้งหมดที่อยู่ภายในวัสดุ ซึ่งสามารถระเหยได้ภายใต้ สภาวะการอบแห้งหนึ่งๆ [9] ซึ่งสามารถคำนวณ จากสมการที่ (2)

$$\text{อัตราส่วนความชื้น} = \frac{(M_t - M_{eq})}{(M_0 - M_{eq})} \quad (2)$$

สำหรับงานวิจัยนี้ การคำนวณค่าอัตราส่วนความชื้นจะคำนวณเป็นค่าโดยประมาณ โดยตั้งสมมุติฐานว่า ความชื้นสมดุลมีค่าน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความชื้นเริ่มต้น และค่าความชื้นที่เวลาใดๆ ดังนั้น สมการที่ (2) จึงสามารถเขียนได้ใหม่ ดังสมการที่ (3)

$$\text{อัตราส่วนความชื้น} = \frac{(M_t)}{(M_0)} \quad (3)$$

เมื่อ M_t คือ ความชื้นที่เวลาใดๆ (% d.b.)

M_0 คือ ความชื้นเริ่มต้น (% d.b.)

M_{eq} คือความชื้นสมดุล (% d.b.)

5.3 อัตราการอบแห้ง (Drying Rate)

คือ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ระเหยจากวัสดุระหว่างการอบแห้งต่อระยะเวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่องอบแห้ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ ปริมาณน้ำทั้งหมดที่ ระเหยจากข้าวเปลือกระหว่างการอบแห้งสามารถหาได้จากความแตกต่างระหว่างมวลข้าวเปลือกเริ่มต้นกับมวลข้าวเปลือกสุดท้าย จึงสามารถเขียน ดังสมการที่ (4)

$$\text{อัตราการอบแห้ง} = \frac{(w_i - w_f)}{\Delta t} \quad (4)$$

เมื่อ w_i คือ มวลข้าวเปลือกเริ่มต้น (กิโลกรัม),

w_f คือ มวลข้าวเปลือกสุดท้าย (กิโลกรัม) และ

Δt คือ ระยะเวลาอบแห้งรวม (นาท)

โดยพิจารณาความชื้นข้าวเปลือกตั้งแต่ความชื้นเริ่มต้น ไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักมาตรฐานแห้งถึง ความชื้นสุดท้ายน้อยกว่าร้อยละ 15 โดยน้ำหนักมาตรฐานแห้ง

5.4 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption, SEC)

คือ อัตราส่วนระหว่างค่าปริมาณพลังงานรวมทั้งหมดที่ใช้ในการอบแห้งต่อปริมาณน้ำที่ระเหยจากข้าวเปลือกในการอบแห้ง [10] ซึ่งสามารถคำนวณจากสมการที่ (5)

$$\text{ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ} = \frac{3.6 \times E_p}{(w_i - w_f)} \quad (5)$$

เมื่อ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ มีหน่วยเป็นเมกะจูลต่อกิโลกรัม (MJ/kg)

E_p คือ ปริมาณพลังงานรวมที่ใช้ในการอบแห้ง มีหน่วยเป็น กิโลวัตต์ชั่วโมง (kW-h)

3.6 คือ ตัวเลขแปลงหน่วยของพลังงานไฟฟ้า

บทความวิจัย (Research Article)

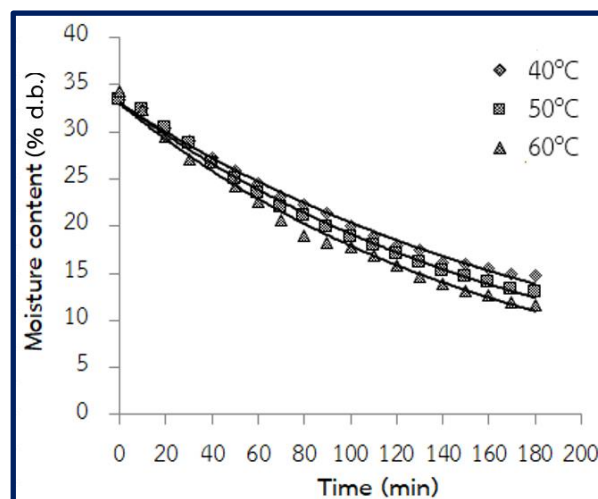
6. ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแจกจากวิเคราะห์ผลตามหัวข้อดังต่อไปนี้

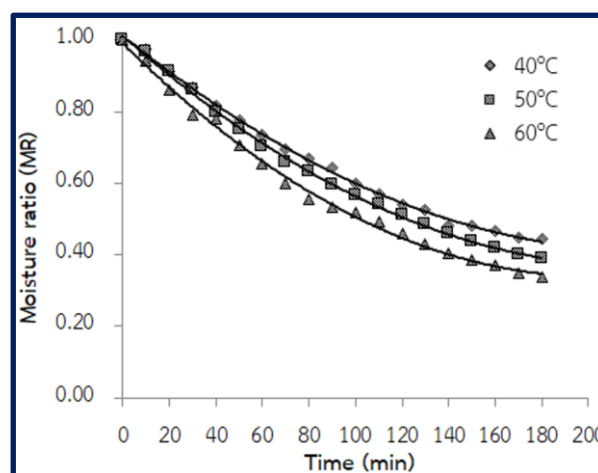
6.1 จลพลศาสตร์ของการอบแห้งข้าวเปลือก

วิเคราะห์จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นกับเวลาในการอบแห้ง โดยนำข้อมูลการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียสตามเงื่อนไขการวิจัยทั้งหมด จากผลการทดลอง พบว่ามวลความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกมีแนวโน้มลดลงเป็นเส้นโค้งแบบฟังก์ชันเอกซ์โพเนนเชียล ดังรูปที่ 4 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Agustami และคณะ (2021) [5] งานวิจัยของ Hathachai และคณะ (2019) [6] งานวิจัยของ ศรารุธ และคณะ (2565) [7] โดยในช่วงต้นของการทดลอง มวลความชื้นจะลดลงอย่างรวดเร็วและจะค่อย ๆ ชะลอตัวลงในช่วงกลางและท้ายของการทดลองเนื่องจากการอบแห้งช่วงต้นเป็นช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ การถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างเมล็ดข้าวเปลือกและลมร้อนเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเฉพาะที่ผิวนอกเมล็ดในรูปของเหลวเท่านั้น ทำให้ผลต่างอุณหภูมิมีค่าสูง จึงทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้ดี และความชื้นความสัมพันธ์ของมวลความชื้นกับเวลาในการอบแห้งช่วงต้นการทดลองสูงกว่าช่วงกลางและท้ายของการทดลอง ต่อมาเมื่อระยะเวลาการอบแห้งนานขึ้น การอบแห้งจะเข้าสู่ช่วงอัตราการอบแห้งลดลง การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดจากภายในในรูปของไอน้ำมายังผิวนอกเมล็ดข้าวเปลือก ซึ่งช้ากว่าการพามวลความชื้นจากผิวไปยังลมร้อน ทำให้ความชื้นลดลงช้าลงกว่าช่วงต้นการทดลอง ต่อจากนั้นความชื้นยังคงลดลงต่อไปอย่างช้าๆ จนใกล้เคียงกับความชื้นสมดุลนอกจากนี้ผลการทดลองยังพบอีกว่า เมื่อใช้อุณหภูมิอบแห้งสูงขึ้น มวลความชื้นจะลดลงมากกว่าการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิต่ำที่เวลาในการอบแห้งเท่ากัน หรืออีกนัยหนึ่งคือ การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำที่ความชื้นสุดท้ายเท่ากัน

เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง การถ่ายเทความร้อนและมวลระหว่างเมล็ดข้าวเปลือกและลมร้อนจะมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามผลต่างของอุณหภูมิทั้งสอง ทำให้อัตราส่วนความชื้นสูงขึ้นด้วยเช่นกัน ดังรูปที่ 4-5



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ของมวลความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนความชื้นกับเวลาในการอบแห้งที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส

บทความวิจัย (Research Article)

6.2 อัตราการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

เมื่อนำข้าวเปลือกที่ความชื้นเริ่มต้นข้าวเปลือกไม่เกินร้อยละ 35 โดยน้ำหนักมาตรฐานแห้ง เข้าสู่กระบวนการอบแห้งด้วยเครื่องอบแบบถังทรงกระบอกหมุนที่อุณหภูมิอบแห้ง 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งข้าวเปลือกเหลือความชื้นสุดท้ายหลังอบแห้งไม่เกินร้อยละ 15 โดยน้ำหนักมาตรฐานแห้ง จากข้อมูลผลการทดลองในตารางที่ 1 พบว่าอัตราการอบแห้งซึ่งป็นดัชนีชี้วัดประสิทธิภาพการอบแห้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดปริมาณการระเหยตัวของน้ำภายในเมล็ดข้าวเปลือกมีค่าสูงกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส มีอัตราการอบแห้งสูงสุดเท่ากับ 0.296

กิโลกรัมต่อชั่วโมงและต่ำสุดเท่ากับ 0.230 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 องศาเซลเซียส ส่วนการใช้พลังงานรวมในกระบวนการอบแห้งซึ่งจะพิจารณาจากค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะพบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิอบแห้งที่เพิ่มสูงขึ้นเช่นกันเนื่องจากการทดลองทั้งหมดที่จัดทำตามเงื่อนไขการวิจัย ผลต่างของอุณหภูมิและระยะเวลาในการอบแห้ง ซึ่งส่งผลกระทบโดยตรงต่อการใช้พลังงานรวมของเครื่องอบแห้งมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้น ค่าความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะที่คำนวณได้จึงมีค่าไม่แตกต่างกันมากนัก โดยที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะสูงสุดเท่ากับ 11.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัม และต่ำสุดเท่ากับ 10.24 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ที่อุณหภูมิอบแห้ง 40 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสมพจน์ คำแก้ว [3]

ตารางที่ 1 แสดงอัตราการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

อุณหภูมิอบแห้ง องศาเซลเซียส (°C)	ความชื้น ในวัสดุสุดท้าย (% d.b.)	เวลาการอบแห้ง (นาท)	อัตราส่วนความชื้น (กิโลกรัมต่อชั่วโมง)	ความสิ้นเปลือง พลังงานรวม (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	ความสิ้นเปลือง พลังงานจำเพาะ (เมกะจูลต่อกิโลกรัม)
40	14.95	170	0.230	1.85	10.24
50	14.63	150	0.255	1.98	11.17
60	14.72	130	0.296	2.12	11.90

7. สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแบบถังทรงกระบอกหมุนโดยใช้ลมร้อนที่อุณหภูมิ 40, 50 และ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลมร้อนคงที่ที่ 4.25 เมตรต่อวินาที (m/s) ความเร็วรอบและความลาดเอียงของถังทรงกระบอกหมุนคงที่ที่ 20 รอบต่อนาที และ 5 องศาจากแนวระดับตามลำดับ พบว่า เมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิอบแห้งเพิ่มสูงขึ้น ความชื้นและอัตราส่วนความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกจะลดลงเป็นเส้นโค้งแบบฟังก์ชัน

เอกซ์โพเนนเชียล โดยความชันของเส้นโค้งของอุณหภูมิอบแห้งสูงมีความชันมากกว่าของอุณหภูมิต่ำ ทำให้การอบแห้งที่อุณหภูมิสูงจะใช้เวลาในการอบแห้งน้อยกว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำ หากพิจารณาความชื้นสุดท้ายเดียวกันส่วนผลกระทบของอุณหภูมิอบแห้งต่ออัตราการอบแห้งและความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะพบว่า มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.296 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และ 11.90 เมกะจูลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ที่อุณหภูมิอบแห้ง 60 องศาเซลเซียส นอกจากนี้นงานวิจัยนี้ยังสามารถนำไปดัดแปลงหรือประยุกต์กระบวนการอบแห้งได้กับ

บทความวิจัย (Research Article)

ผลผลิตทางการเกษตรอื่นๆ ที่มีลักษณะทางกายภาพคล้ายเมล็ดข้าวเปลือกได้อีกด้วย เช่น ข้าวโพด เมล็ดทานตะวัน และพืชตระกูลถั่ว เป็นต้น

8. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีสำหรับสนับสนุนทุน OROG และภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือและให้ความอนุเคราะห์สถานที่ที่ใช้ในการทำงานวิจัย เพื่อให้งานวิจัยในครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

9. เอกสารอ้างอิง

- [1] ทรงพล วิจารณ์จักร, สุพรรณ ยั่งยืน และ จักรมาศ เลาหวนิช, "การศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เครื่องอบแห้งแบบถังทรงกระบอกหมุนด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมลมร้อนปล่อยทิ้งในกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอก," *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, ปีที่ 48, ฉบับที่ 3, หน้า 51-54, 2560.
- [2] สุพงษ์ โช้ทอง และไกรสร รวยป้อม, "การอบแห้งข้าวเปลือกงอกด้วยเทคนิคฟลูอิดไช้เบตโดยใช้ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง," *วารสารวิจัยไร่ไพพรรณี*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 3, หน้า 88-97, 2559.
- [3] สมพจน์ คำแก้ว, "อุณหภูมิการอบแห้งแบบหมุนเวียนของข้าวเปลือกมีผลต่อสารหอม," *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ*, ปีที่ 16, ฉบับที่ 3, หน้า 1-9, 2564.
- [4] A. O. Adeodu, S. O. Akinola, and M. F. N. Abowei, "Theoretical model for predicting moisture ratio during drying of spherical particles in a rotary dryer," *Journal of Physics: Conference Series*, Association of Official Analytical Chemists (1995), Official Methods of Analysis of the Association of

Official Analytical Chemists. Washington D.C., USA, 2019.

- [5] A. Sitorus, Navrinaldi, S. A. Putra, I. S. Cebro, and R. Bulan, "Modelling drying kinetics of paddy in swirling fluidized bed drying," *Case Studies in Thermal Engineering*, vol. 28, p. 101572, 2021.
- [6] H. Netkham, S. Tirawanichakul, S. Chindaruksa, and Y. Tirawanichakul, "Mathematic model of germinated paddy drying," *Maejo International Journal of Energy and Environmental Communication*, Maejo University, pp. 49-52, 2019.
- [7] ศราวุธ รัตนวงษ์, วีรชัย แผ่นอุไร, พงษ์พันธ์ พรหมพิทักษ์ และเกตุร ดวงอุปมา, "การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบ แบบถังทรงกระบอกหมุน," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 1, หน้า 125-142, 2565.
- [8] พระราชบัญญัติ มาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ. 2551, (2560, 8 กันยายน), *ราชกิจจานุเบกษา*, เล่มที่ 134 ตอนพิเศษ 221 ง, หน้า 42, 2560.
- [9] AOAC, *Official Methods of Analysis*, 14th Edition, Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, 1995.
- [10] สมชาติ โสภณธนฤทธิ์, "การอบแห้งอาหารและเมล็ดพืช," *พิมพ์ครั้งที่ 5*, กรุงเทพมหานคร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2537.
- [11] ชุตินา วงษ์เสนา, สุวิทย์ เพชรห้วยลึก และ สุเจนต์ พรหมเหมือน, "ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้งหมากสดโดยใช้ตู้อบไฟฟ้าลมร้อน," *รายงานการประชุม การประชุมวิชาการ*

บทความวิจัย (Research Article)

- ระดับชาติ มหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี 2562, มหาวิทยาลัยทักษิณ, หน้า 1339-1347.
- [12] อนุสรณ์ นาคี, ยุทธนา ฐิระวณิชกุล และ สุวรรธณ ฐิระวณิชกุล, "จลนพลศาสตร์การอบแห้งใบเตยด้วยรังสีอินฟราเรดร่วมกับลมร้อนและลมร้อน," วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา, ปีที่ 17, ฉบับที่ 2, หน้า 130-138, 2555.

การประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS สำหรับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีผลตอบสนองหลายค่า

วรารณ แก้วศิริ¹, อานภาพ วงษ์แก้ว¹ และ นรงค์ วิชาพา^{1*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: narong.wi@ksu.ac.th โทรศัพท์: 085-0028205

(รับบทความ: 15 สิงหาคม 2567; แก้ไขบทความ: 27 สิงหาคม 2567; ตอรับบทความ: 29 สิงหาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการ TOPSIS ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในกรณีที่มีหลายตัวแปรผลตอบสนอง (Multi-Response Optimization, MRO) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน เนื่องจากตัวแปรผลตอบสนองแต่ละค่าอาจมีความขัดแย้งกันเอง การวิจัยได้นำวิธีการ TOPSIS มาประยุกต์เพื่อรวมผลตอบสนองหลายค่าให้เป็นผลตอบสนองเดียว จากนั้นนำผลที่ได้ไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้โปรแกรม Minitab Version 19 ผลการรวมค่าผลตอบสนองทั้งสองโดยใช้วิธี TOPSIS พบว่าค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ (Closeness Coefficient, CC) สูงสุดที่ 0.8007 และค่าต่ำสุดที่ 0.2150 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพของแต่ละการตั้งค่าพารามิเตอร์ จากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์เหล่านี้มาป้อนข้อมูลลงในโปรแกรม Minitab Version 19 เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดโดยการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้ดังนี้ ความเร็วในการตัด 140 เมตรต่อนาที, อัตราป้อนวัสดุ 0.071 มิลลิเมตรต่อรอบ และความลึกของการตัด 0.6 มิลลิเมตร วิธีการ TOPSIS เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการแก้ปัญหา MRO โดยเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ เช่น MOORA และ WASPAS พบว่าวิธี TOPSIS สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้เช่นเดียวกัน วิธีการ TOPSIS สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจที่มีหลายเกณฑ์ในสาขาต่าง ๆ เช่น การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต การออกแบบการทดลอง หรือการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีตัวแปรผลตอบสนองหลายค่าเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด การประยุกต์ใช้วิธีการนี้ยังสามารถช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการค้นหาที่เหมาะสมในกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: TOPSIS ปัญหาผลตอบสนองหลายค่า การตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ พารามิเตอร์ที่เหมาะสม การออกแบบการทดลองแบบทากูชิ

การอ้างอิงบทความ: วรารณ แก้วศิริ , อานภาพ วงษ์แก้ว และ นรงค์ วิชาพา, "การประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS สำหรับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีผลตอบสนองหลายค่า," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4, หน้า 12-21, 2567.

Application of the TOPSIS Method for Solving Multi-Response Optimization Problem

Waraporn Kaewsiri¹, Anuparp Wongkaew¹ and Narong Wichapa^{1*}

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: narong.wi@ksu.ac.th, Tel: 085-0028205

(Received: August 15, 2024; Revised: August 27, 2024; Accepted: August 29, 2024)

Abstract

This study aims to apply the Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS) method to solve multi-response optimization (MRO) problems, which are inherently complex due to the potential conflicts among response variables. The research employs TOPSIS to aggregate multiple responses into a single response, which is then used to determine the optimal parameters using Minitab Version 19. The aggregation of the two responses using TOPSIS yielded a maximum closeness coefficient (CC) of 0.8007 and a minimum of 0.2150, indicating the efficiency of each parameter setting. These coefficients were subsequently input into Minitab Version 19 to identify the optimal parameters, which were found to be a cutting speed of 140 m/min, a feed rate of 0.071 mm/rev, and a depth of cut of 0.6 mm. The TOPSIS method proved to be an effective tool for solving MRO problems. When compared with other methods, such as MOORA and WASPAS, TOPSIS demonstrated comparable performance in determining optimal parameter settings. The TOPSIS approach can be applied in various fields requiring multi-criteria decision-making, such as optimizing parameters in manufacturing processes, experimental design, or data analysis involving multiple response variables to achieve the best possible outcomes. Additionally, applying this method can effectively reduce time and costs in the search for optimal values across various processes.

Keywords: TOPSIS, Multi-Response Optimization, Multi-Attribute Decision Making, Optimal Parameters, Taguchi Experimental Design

Please cite this article as: W. Kaewsiri, A. Wongkaew and N. Wichapa, Application of the TOPSIS Method for Solving Multi-Response Optimization Problem, "The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University, vol. 2, no. 4, pp. 12-21, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ปัญหาการหาผลเฉลยที่เหมาะสมที่สุดที่มีผลตอบสนองหลายค่า (Multi-Response Optimization: MRO) นั้น เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและยุ่งยากต่อการหาผลลัพธ์ เนื่องจากมีผลตอบสนองหลายค่าที่ต้องพิจารณาไปพร้อมกัน ผลตอบสนองแต่ละค่าอาจมีความขัดแย้งกันเอง ทำให้ปัญหา MRO เป็นปัญหาที่ได้รับความนิยมเป็นเวลานานจนถึงปัจจุบัน ปัญหา MRO เกี่ยวข้องกับการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดให้กับเครื่องมือเครื่องจักร หรือกำหนดสัดส่วนของวัสดุ โดยมีผลตอบสนองหลายค่าที่ต้องพิจารณาพร้อมกัน โดยการแก้ปัญหานี้มักใช้หลักการออกแบบการทดลอง (Design of Experiments: DOEs) ร่วมกับกับวิธีเชิงคณิตศาสตร์ หรือวิธีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ ช่วยในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด [1-4] โดยกระบวนการแก้ปัญหา MRO มักประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้: (1) การกำหนดปัจจัยและระดับของปัจจัย (Factors and levels) (2) การสร้างแผนการทดลอง หรือ เรียกว่าการออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (3) การดำเนินการทดลองเพื่อวัดค่าผลตอบสนองหลายค่า (4) การรวมค่าผลตอบสนองเหล่านั้นให้เป็นค่าผลตอบสนองเดียว และการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทางสถิติ และ (5) การทดลองเพื่อยืนยันผลลัพธ์ ซึ่งในขั้นตอนที่ (4) การรวมค่าผลตอบสนองหลากหลายค่าให้เป็นค่าผลตอบสนองเดียวนั้นมีวิธีการหลายอย่าง แต่หนึ่งในวิธีที่นิยมคือการใช้วิธีการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ (Multi-Attribute Decision Making: MADM) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการรวมค่าผลตอบสนองนี้จะนำไปใช้ในขั้นตอนที่ (5) ในการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดต่อไป [5-6]

ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ หรือ MADM เป็นส่วนหนึ่งของการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) ซึ่งการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์หรือ MCDM สามารถ

แบ่งออกเป็น [7-8]: (1) ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Decision Making: MODM) ซึ่งใช้วิธีการเชิงคณิตศาสตร์แบบหลายวัตถุประสงค์ เช่น วิธีการโปรแกรมเชิงเป้าหมาย (Goal Programming) วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) และวิธีเมตาฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristics) (2) ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายคุณสมบัติ ซึ่งมีเครื่องมือหลากหลายสำหรับการแก้ปัญหา MADM เช่น วิธี Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าวิธี TOPSIS เป็นหนึ่งในวิธี MADM ที่ได้รับความนิยมในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากเกณฑ์ที่มีความหลากหลายและแตกต่างกันในแต่ละเกณฑ์ หลักการของวิธี TOPSIS คือ การพยายามเลือกทางเลือกที่มีสมรรถนะโดยรวมใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดในแต่ละเกณฑ์ (Positive Ideal Solution: PIS) และห่างไกลจากค่าที่แย่ที่สุดในแต่ละเกณฑ์ (Negative Ideal Solution: NIS) ขั้นตอนการคำนวณโดยใช้วิธี TOPSIS ประกอบด้วย [9-10]: (1) การสร้างตารางการตัดสินใจ (Decision Matrix) (2) การกำหนดน้ำหนักความสำคัญของแต่ละเกณฑ์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นสองวิธี ได้แก่ วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบรูปธรรม (Objective Weighting Method) ที่ใช้ผู้เชี่ยวชาญในการกำหนดน้ำหนัก และวิธีการกำหนดน้ำหนักแบบนามธรรม (Subjective Weighting Method) ที่ใช้ข้อมูลในตารางการตัดสินใจในการได้มาของน้ำหนักของแต่ละเกณฑ์ (3) การคำนวณตารางการตัดสินใจแบบปกติ (Normalized Decision Matrix) (4) การสร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก Weighted Normalized Decision Matrix) (5) การกำหนดค่าอุดมคติเชิงบวก (Positive Ideal Solution: PIS) และกำหนดค่าอุดมคติเชิงลบ (Negative Ideal Solution: NIS) ของแต่ละเกณฑ์ (6) การคำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก และระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ และ (7) การคำนวณ

บทความวิจัย (Research Article)

ค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ (Closeness Coefficient: CC) ซึ่งการจัดลำดับของทางเลือกจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ ยิ่งค่า CC สูง ทางเลือกนั้นก็ยิ่งมีอันดับสูงกว่า จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่าวิธี TOPSIS สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา MRO ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังที่ปรากฏในวรรณกรรม [11-14]

ดังนั้นงานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้วิธี TOPSIS ในการแก้ปัญหาผลตอบแทนหลายค่า โดยในการแก้ปัญหาจะเริ่มจากใช้วิธี TOPSIS เพื่อรวมผลตอบแทนหลายค่าให้เป็นผลตอบแทนเดียว แล้วจึงนำผลตอบแทนนี้ไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหาผลตอบแทนหลายค่าโดยใช้โปรแกรม Minitab Version 19 จากนั้นทำการเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอและวิธีการอื่น ๆ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของวิธี TOPSIS โดยใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สเปียร์แมน

2. วิธีวิจัย

ในหัวข้อนี้เป็นขั้นตอนวิจัยซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการวิจัย

2.1 สร้างตารางการตัดสินใจ

1) กำหนดเกณฑ์การตัดสินใจและทางเลือก (Criteria and Alternatives) ที่เกี่ยวข้อง

2) สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจ (Decision Matrix) สร้างเมทริกซ์การตัดสินใจโดยให้แถวเป็นทางเลือก i และคอลัมน์เป็นเกณฑ์การตัดสินใจ j ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางการตัดสินใจ

ทางเลือก/เกณฑ์	C_1	C_2	...	C_n
A_1	X_{11}	X_{12}	...	X_{1n}
A_2	X_{21}	X_{22}	...	X_{2n}
...	...	...	...	...
A_m	X_{m1}	X_{m2}	...	X_{mn}

2.2. สร้างตารางค่าปกติมาตรฐาน

คำนวณหาผลลัพธ์ค่าปกติมาตรฐาน

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum x_{ij}^2}} \quad (1)$$

โดยที่ r_{ij} เป็นค่าปกติมาตรฐานและ x_{ij} เป็นค่าข้อมูลจริงตามตารางที่ 1

2.3 สร้างตารางค่าปกติมาตรฐานถ่วงน้ำหนัก

สร้างตารางค่าปกติมาตรฐานถ่วงน้ำหนักโดยใช้สมการที่ (2)

$$V_{ij} = w_{ij} r_{ij} \quad (2)$$

โดย w_{ij} คือค่าน้ำหนักของเกณฑ์

r_{ij} คือค่าปกติมาตรฐานจากสมการที่ (1)

2.4 หาระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบและค่าอุดมคติเชิงบวก

กำหนดค่าอุดมคติเชิงบวก และค่าอุดมคติเชิงลบจากสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

บทความวิจัย (Research Article)

$$A^+ = \{v_1^+, v_2^+, v_3^+, \dots, v_j^+, \dots, v_n^+\}$$

$$= \{(\max_i V_{ij} \mid j \in J_1), (\min_i V_{ij} \mid j \in J_2)\} \quad (3)$$

$$A^- = \{v_1^-, v_2^-, v_3^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\}$$

$$= \{(\min_i V_{ij} \mid j \in J_1), (\max_i V_{ij} \mid j \in J_2)\} \quad (4)$$

โดยที่

A^+ คือ เซตของค่าอุดมคติเชิงบวก

A^- คือ เซตของค่าอุดมคติเชิงลบ

j_1 คือ กลุ่มของเกณฑ์การตัดสินใจที่ค่ายิ่งมามากยิ่งดี

j_2 คือ กลุ่มของเกณฑ์การตัดสินใจที่ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี

คำนวณหาระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและค่าอุดมคติเชิงลบ ดังสมการที่ (5) และ (6) ตามลำดับ

$$S_i^+ = \sqrt{\sum (V_{ij} - A_j^+)^2}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (V_{ij} - A_j^-)^2}, i = 1, 2, \dots, n \quad (6)$$

2.5 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ ดังสมการที่ (7)

$$CC_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-}, i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (7)$$

โดยที่ CC_i คือค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

2.6 กำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม Minitab

นำค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ในสมการที่ (7) มาป้อนข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม Minitab เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานี้

2.7 เปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับวิธีอื่น

ทำการทดสอบประสิทธิภาพของวิธี TOPSIS สำหรับแก้ปัญหาผลตอบแทนหลายค่าโดยเปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับวิธี Weighted Aggregates Sum Product Assessment หรือวิธี WASPAS [15] และวิธี Complex Proportional Assessment หรือวิธี COPRAS [16]

3. ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการเปรียบเทียบวิธี TOPSIS สำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาผลตอบแทนหลายค่าโดยใช้ตัวอย่างงานวิจัยของ Zhujani et al. [17] ซึ่งได้ทำการออกแบบการทดลองวิธีทากุชิเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการกลึง Inconel 718 ซึ่งเป็นซูเปอร์อัลลอยด์ที่มีความต้านทานความร้อนสูง โดยปัจจัยที่ใช้ในการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการกลึง Inconel 718 ในการทดลองนี้ประกอบด้วย 3 ปัจจัยหลัก ดังนี้

1. ความเร็วในการตัด (Cutting Speed, v): วัดเป็นเมตรต่อนาที (m/min) โดยมีระดับค่าที่ใช้ในการทดลองคือ 100, 120, และ 140 เมตรต่อนาที

2. อัตราป้อนวัสดุ (Feed Rate, f): วัดเป็นมิลลิเมตรต่อรอบ (mm/rev) โดยมีระดับค่าที่ใช้ในการทดลองคือ 0.071, 0.092, และ 0.125 มิลลิเมตรต่อรอบ

3. ความลึกของการตัด (Depth of Cut, d): วัดเป็นมิลลิเมตร (mm) โดยมีระดับค่าที่ใช้ในการทดลองคือ 0.2, 0.4, และ 0.6 มิลลิเมตร

การกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดได้ใช้การวิเคราะห์ผลตอบแทนจำนวน 2 ค่า ได้แก่ ความหยาบผิว (Ra) และอัตราการกำจัดวัสดุ (MRR) โดยรายละเอียดของข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 ตารางการทดลองทางทฤษฎี L-9

Runs	v	f	d	Ra	MRR
1	100	0.071	0.2	0.23	1420
2	100	0.092	0.4	0.30	3680
3	100	0.125	0.6	0.32	7500
4	120	0.071	0.4	0.24	3408
5	120	0.092	0.6	0.28	6624
6	120	0.125	0.2	0.31	3000
7	140	0.071	0.6	0.20	5964
8	140	0.092	0.2	0.23	2576
9	140	0.125	0.4	0.28	7000

จากตารางที่ 2 ผลตอบสนองทั้งสองค่าถูกนำมาสร้างตารางการตัดสินใจดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางการตัดสินใจ

Runs	Ra	MRR
1	0.23	1420
2	0.30	3680
3	0.32	7500
4	0.24	3408
5	0.28	6624
6	0.31	3000
7	0.20	5964
8	0.23	2576
9	0.28	7000
น้ำหนักความสำคัญ	0.65	0.35

เมื่อได้ตารางการตัดสินใจแล้วจากนั้นใช้สมการที่ (1) หาค่าความปกติข้อมูล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณจะถูกนำไปสร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางการตัดสินใจแบบปกติ

Runs	Ra	MRR
1	0.2856	0.0941
2	0.3725	0.2440
3	0.3973	0.4972

Runs	Ra	MRR
4	0.2980	0.2259
5	0.3476	0.4392
6	0.3849	0.1989
7	0.2483	0.3954
8	0.2856	0.1708
9	0.3476	0.4641

เมื่อได้ตารางการตัดสินใจแบบปกติแล้ว จากนั้นใช้สมการที่ (2) สร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก

Runs	Ra	MRR
1	0.1856	0.0330
2	0.2421	0.0854
3	0.2583	0.1740
4	0.1937	0.0791
5	0.2260	0.1537
6	0.2502	0.0696
7	0.1614	0.1384
8	0.1856	0.0598
9	0.2260	0.1624
ค่าในอุดมคติเชิงลบ	0.2583	0.0330
ค่าในอุดมคติเชิงบวก	0.1614	0.1740

จากตารางที่ 5 ค่าในอุดมคติเชิงบวกหาได้จากสมการที่ (3) และค่าในอุดมคติเชิงลบหาได้จากสมการที่ (4)

เมื่อได้ตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนักจากนั้นใช้สมการที่ (5) และสมการที่ (6) หาระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบและค่าอุดมคติเชิงบวกดังแสดงในตารางที่ 6 ตารางที่ 7 ตามลำดับ

ตารางที่ 6 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบ

Runs	Ra	MRR	S ⁻
1	0.1856	0.0330	0.0726
2	0.2421	0.0854	0.0549

บทความวิจัย (Research Article)

Runs	Ra	MRR	S ⁻
3	0.2583	0.1740	0.1411
4	0.1937	0.0791	0.0793
5	0.2260	0.1537	0.1250
6	0.2502	0.0696	0.0375
7	0.1614	0.1384	0.1432
8	0.1856	0.0598	0.0774
9	0.2260	0.1624	0.1334

ตารางที่ 7 ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวก

Runs	Ra	MRR	S ⁺
1	0.1856	0.0330	0.1431
2	0.2421	0.0854	0.1199
3	0.2583	0.1740	0.0968
4	0.1937	0.0791	0.1003
5	0.2260	0.1537	0.0677
6	0.2502	0.0696	0.1371
7	0.1614	0.1384	0.0356
8	0.1856	0.0598	0.1168
9	0.2260	0.1624	0.0656

เมื่อได้ระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงลบและระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกจากนั้นใช้สมการที่ (7) หาค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์

Runs	S ⁻	S ⁺	CC
1	0.0726	0.1431	0.3366
2	0.0549	0.1199	0.3140
3	0.1411	0.0968	0.5930
4	0.0793	0.1003	0.4417
5	0.1250	0.0677	0.6487
6	0.0375	0.1371	0.2150
7	0.1432	0.0356	0.8007
8	0.0774	0.1168	0.3987
9	0.1334	0.0656	0.6704

หลังจากได้ค่าสัมประสิทธิ์สัมพัทธ์ของแต่ละลำดับการทดลองจากนั้นนำค่าไปทดสอบ ANOVA ในโปรแกรม Minitab Version 19 ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ตาราง ANOVA

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	0.265064	0.088355	10.88	0.012
v	1	0.065351	0.065351	8.05	0.036
f	1	0.000942	0.000942	0.12	0.747
d	1	0.198771	0.198771	24.48	0.004
Error	5	0.040591	0.008118		
Total	8	0.305655			

จากตารางที่ 9 สมการทำนายค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าสมการทำนายที่ได้สามารถนำไปใช้ในการทำนายค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ได้ที่น่าเชื่อถือ 0.05

จากนั้นสร้างตารางผลตอบแทนของ SN Ratios (Response Table for Signal to Noise Ratios) ได้ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลตอบแทนของ SN Ratios

Level	v	f	d
1	-8.019	-6.162	-10.265
2	-8.069	-7.269	-6.877
3	-4.464	-7.121	-3.410
Delta	3.605	1.108	6.856
Rank	2	3	1

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่าปัจจัย d มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ใกล้เคียงสัมพัทธ์เป็นลำดับที่ 1 ปัจจัย v มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ใกล้เคียงสัมพัทธ์เป็นลำดับที่ 2 และปัจจัย f มีอิทธิพลต่อค่าสัมประสิทธิ์ใกล้เคียงสัมพัทธ์เป็นลำดับที่ 3 ลำดับสุดท้ายจะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากกราฟ Main Effects plot for SN Ratios ดังรูปที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 2 กราฟ SN Ratios

จากรูปที่ 2 กำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้วิธี TOPSIS ได้ผลดังนี้ ระดับที่เหมาะสมสำหรับปัจจัย v ปัจจัย f และปัจจัย d มีค่าเท่ากับ 140 m/min, 0.071 mm/rev และ 0.6 mm ตามลำดับ โดยที่แทนค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ลงใน Predicted value in Minitab เพื่อคำนวณหาค่าทำนายของ R_a และ MRR จะได้ค่า R_a เท่ากับ 0.1956 และค่า MRR เท่ากับ 6,324 mm³/min

4. การเปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับการแก้ปัญหา ผลตอบสนองหลายค่ากับวิธีอื่น

ในหัวข้อนี้จะเป็นการนำเสนอการเปรียบเทียบวิธี TOPSIS กับวิธีการอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของวิธีที่นำเสนอสำหรับการแก้ปัญหา ผลตอบสนองหลายค่า หรือปัญหา MRO โดยวิธีที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ ได้แก่ วิธี WASPAS และวิธี COPRAS ซึ่งผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของวิธีการที่นำเสนอและวิธีการอื่น ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 การเปรียบเทียบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับแต่ละวิธี

วิธี	พารามิเตอร์เหมาะสมที่สุด
TOPSIS	v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm)
WASPAS	v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm)

วิธี	พารามิเตอร์เหมาะสมที่สุด
COPRAS	v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm)

จากตารางที่ 11 วิธีที่นำเสนอกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้เช่นเดียวกับวิธีอื่น ซึ่งพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัจจัย มีค่าดังนี้ v_3 (140 m/min), f_1 (0.071 mm/rev), d_3 (0.6 mm) แสดงว่าวิธี TOPSIS ที่นำเสนอสามารถเป็นหนึ่งในมีประสิทธิภาพสำหรับเป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหา ผลตอบสนองหลายค่าได้

5. สรุปผล

ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดซึ่งมีผลตอบสนองหลายค่า (MRO) เป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก เนื่องจากผลตอบสนองแต่ละค่าอาจมีความขัดแย้งกันเอง ทำให้ยากต่อการหาผลลัพธ์ที่เหมาะสม ปัญหานี้มีความสำคัญอย่างยิ่งในกระบวนการที่ต้องกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดให้กับเครื่องมือหรือเครื่องจักร ซึ่งต้องพิจารณาผลตอบสนองหลายค่าไปพร้อมกัน งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการ TOPSIS ในการแก้ปัญหา MRO โดยการรวมผลตอบสนองหลายค่าให้เป็นผลตอบสนองเดียว จากนั้นนำผลที่ได้ไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหา MRO ด้วยการใช้โปรแกรม Minitab Version 19 วิธีการที่นำเสนอคือ TOPSIS ซึ่งมีขั้นตอนสำคัญได้แก่: (1) สร้างตารางการตัดสินใจ; (2) สร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติ; (3) สร้างตารางการตัดสินใจแบบปกติถ่วงน้ำหนัก; (4) คำนวณระยะห่างจากค่าอุดมคติเชิงบวกและเชิงลบ (5) คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์; (6) หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์ความใกล้ชิดสัมพัทธ์ ลงในโปรแกรม Minitab เพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธี TOPSIS สามารถใช้เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา MRO

บทความวิจัย (Research Article)

โดยเมื่อนำวิธี TOPSIS ไปเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ เช่น MOORA และ WASPAS พบว่าวิธี TOPSIS สามารถกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมได้ เช่นเดียวกับวิธีอื่นๆ

งานวิจัยในอนาคตอาจพิจารณาการผสมผสานวิธีการ TOPSIS เข้ากับวิธีการตัดสินใจหลายเกณฑ์อื่นๆ เพื่อเพิ่มความเชื่อมั่นและความสามารถในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น เช่น การรวม TOPSIS กับฟัซซี่ลอจิกเพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นในการจัดการกับความไม่แน่นอนและความผันแปรของข้อมูล นอกจากนี้ยังมีศักยภาพในการนำวิธีการ TOPSIS ไปใช้ในสาขาใหม่ๆ เช่น การแพทย์ ที่ต้องการการตัดสินใจที่เหมาะสมในการรักษาผู้ป่วยที่มีหลายผลลัพธ์พร้อมกัน หรือในด้านการจัดการห่วงโซ่อุปทานที่ต้องสมดุลระหว่างหลายเป้าหมายที่ขัดแย้งกัน เช่น ต้นทุน คุณภาพ และเวลาการส่งมอบ งานวิจัยต่อไปอาจศึกษาเกี่ยวกับการใช้ TOPSIS ในสภาพแวดล้อมการตัดสินใจแบบเรียลไทม์ โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องในการอัตโนมัติกระบวนการเลือกพารามิเตอร์ ซึ่งจะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพและความสามารถในการปรับตัวของวิธีการในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้แต่งขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ที่ให้การสนับสนุนบทความวิจัยนี้ นอกจากนี้ผู้แต่งขอขอบคุณผู้ประเมินบทความทุกท่านที่ได้สละเวลาในการให้ข้อเสนอแนะที่สำคัญให้บทความนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. Sriburum, W. Khanthirat, W. Warorot, A. Lawong, N. Wichapa, T. Sudsuansee, S. Sergsiri, K. Charoenjit, A. Rotjanakorn Wangchamhan, M. Tongsupon, and A. Choompol, "Data Envelopment Analysis-Taguchi Method for Determining Optimal Parameters of a Fish Scaling Machine," *The Journal of Industrial Technology*, vol. 19, no. 1, pp. 63-76, Apr. 2023, doi: 10.14416/j.ind.tech.2023.04.001.
- [2] Y. Kumar and H. Singh, "Multi-response Optimization in Dry Turning Process Using Taguchi's Approach and Utility Concept," *Procedia Materials Science*, vol. 5, pp. 2142-2151, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.417.
- [3] P. To-On, N. Wichapa, and W. Khanthirat, "A novel TOPSIS linear programming model based on response surface methodology for determining optimal mixture proportions of lightweight concrete blocks containing sugarcane bagasse ash," *Heliyon*, vol. 9, no. 7, p. e17755, 2023.
- [4] A. Sriburum, N. Wichapa, and W. Khanthirat, "A novel TOPSIS linear programming model based on the Taguchi method for solving the multi-response optimization problems: A case study of a fish scale scraping machine," *Engineered Science*, vol. 23, p. 882, 2023, doi: <https://dx.doi.org/10.30919/es882>.
- [5] P. A. Sylajakumari, R. Ramakrishnasamy, and G. Palaniappan, "Taguchi grey relational analysis for multi-response optimization of wear in Co-continuous composite," *Materials*, vol. 11, no. 9, p. 1743, 2018.
- [6] N. Yuvaraj and M. P. Kumar, "Multiresponse optimization of abrasive water jet cutting process parameters

บทความวิจัย (Research Article)

- using TOPSIS approach," *Materials and Manufacturing Processes*, pp. 882-889, 2015.
- [7] A. M. Ghaleb, H. Kaid, A. Alsamhan, S. H. Mian, and L. Hidri, "Assessment and comparison of various MCDM approaches in the selection of manufacturing process," *Advances in Materials Science and Engineering*, Article ID 4039253, 2020.
- [8] H. Taherdoost and M. Madanchian, "Multi-criteria decision making (MCDM) methods and concepts," *Encyclopedia*, vol. 3, no. 1, pp. 77-87, 2023.
- [9] M. Ramezani, M. Bashiri, and A. C. Atkinson, "A goal programming-TOPSIS approach to multiple response optimization using the concepts of non-dominated solutions and prediction intervals," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 8, pp. 9557-9563, 2011.
- [10] S. Kamalizadeh, S. A. Niknam, M. Balazinski, and S. Turenne, "The use of TOPSIS method for multi-objective optimization in milling Ti-MMC," *Metals*, vol. 12, no. 11, p. 1796, 2022.
- [11] B. Şimşek and T. Uygunoğlu, "Multi-response optimization of polymer blended concrete: A TOPSIS based Taguchi application," *Construction and Building Materials*, vol. 117, pp. 251-262, 2017.
- [12] A. T. Abbas, N. Sharma, S. Anwar, M. Luqman, I. Tomaz, and H. Hegab, "Multi-response optimization in high-speed machining of Ti-6Al-4V using TOPSIS-fuzzy integrated approach," *Materials*, vol. 13, no. 5, p. 1104, 2020.
- [13] R. Thirumalai, M. Seenivasan, and K. Panneerselvam, "Experimental investigation and multi-response optimization of turning process parameters for Inconel 718 using TOPSIS approach," *Materials Today: Proceedings*, vol. 45, pp. 467-472, 2021.
- [14] P. Chokkalingam, H. El-Hassan, A. El-Dieb, and A. El-Mir, "Multi-response optimization of ceramic waste geopolymer concrete using BWM and TOPSIS-based Taguchi methods," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 21, pp. 4824-4845, 2022.
- [15] E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Antucheviciene, and A. Zakarevicius, "Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment," *Electronics and Electrical Engineering*, no. 6(122), pp. 3-6, 2012. DOI:10.5755/j01.eee.122.6.1810.
- [16] E. K. Zavadskas, A. Kaklauskas, and V. Šarka, "The new method of multicriteria complex proportional assessment of projects," *Technological and Economic Development of Economy*, vol. 1, no. 3, pp. 131-139, 1994.
- [17] F. Zhujani, G. Todorov, K. Kamberov, and F. Abdullahu, "Mathematical modeling and optimization of machining parameters in CNC turning process of Inconel 718 using the Taguchi method," *Journal of Engineering Research*, 2023. DOI: 10.1016/j.jer.2023.10.029.

การศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์โดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด

เจษฎาภรณ์ บุญจรรักษ์¹, พรสุดา ภู่อินลาย¹ และ รัชฎา แต่งภูเขียว^{1,*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และเทคโนโลยีขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความฉบับนี้: ratchada.ta@ksu.ac.th โทรศัพท์: 085-0007758

(รับบทความ: 8 สิงหาคม 2567; แก้ไขบทความ: 29 สิงหาคม 2567; ตอรับบทความ: 30 สิงหาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะข้ออุปทานและการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ในการเพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด พื้นที่ทำการศึกษาคือ กลุ่มเกษตรกรบ้านดอนยานาง ที่มีพื้นที่เพาะปลูกในอำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้วิธีการเลือกแบบจำเพาะเจาะจงจำนวนทั้งหมด 37 ราย ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมในการเพาะปลูกประกอบไปด้วย 7 กิจกรรมหลัก คือ การจัดซื้อจัดหา การเตรียมแปลงปลูก การปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการดูแลสินค้าคงคลัง สำหรับต้นทุนโลจิสติกส์ตามระบบต้นทุนฐานกิจกรรมในภาพรวม เท่ากับ 2,671,700 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก โดยต้นทุนที่สูงที่สุดอยู่ในการดูแลรักษา มีต้นทุนทั้งสิ้น 875,820 บาท คิดเป็นร้อยละ 32.81 ในการใช้ทรัพยากรด้านวัสดุใช้งาน/วัสดุสิ้นเปลืองมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.05 ของต้นทุนรวม แนวทางปฏิบัติในการลดต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกร คือ ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยชีวภาพควบคู่กับการใช้ปุ๋ยเคมีและใช้น้ำหมักชีวภาพควบคู่กับยาฆ่าแมลง จะช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลง ซึ่งจะทำให้ลดต้นทุนลงได้ และควรรวมกลุ่มเกษตรกรในการสั่งซื้อเมล็ดพันธุ์เพื่อให้ได้ราคาที่ถูกลงกว่าราคาปกติ สั่งซื้อเมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่เหมาะสมกับพื้นที่เพาะปลูก เพื่อลดการใช้ทรัพยากรที่ไม่จำเป็น

คำสำคัญ: ข้ออุปทาน ต้นทุนฐานกิจกรรม ต้นทุนโลจิสติกส์ แตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด

การอ้างอิงบทความ: เจษฎาภรณ์ บุญจรรักษ์, พรสุดา ภู่อินลาย และ รัชฎา แต่งภูเขียว, "การศึกษาต้นทุนโลจิสติกส์โดยใช้ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4, หน้า 22-34, 2567.

The Study of logistics costs by using activity-based costing system of farmers cultivator of watermelon (Torpedo Specie)

Jessadaporn Boonjongrak¹, Pornsuda Phulinlai¹ and Ratchada Taengphukieo^{1,*}

¹ Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

* Corresponding Author: ratchada.ta@ksu.ac.th, Tel: 085-0007758

(Received: August 8, 2024; Revised: August 29, 2024; Accepted: August 30, 2024)

Abstract

The purpose of this study is to study the characteristics of the supply chain and the analysis of logistics costs in the cultivation of torpedo watermelon varieties of farmers in Ban Don Yanang, Kalasin Province. The study area is Nham District. The target group studied was farmers who cultivated watermelon varieties of torpedo. A total of 37 people were selected using a specific selection method. The results of the study show that cultivation activities consist of 7 main activities: procurement, plantation preparation, planting, maintenance, harvesting, transportation, and inventory supervision. The logistics cost according to the overall activity-based cost system is 2,671,700 baht per planting season. The highest cost was in maintenance at 875,820 baht, accounting for 32.81 percent. The use of material resources/the most consumable, accounting for 38.05% of the total cost. The practice to reduce logistics costs of farmers is to use manure or bio-fertilizer along with the use of chemical fertilizers and use bio-fermented water along with pesticides. This will reduce the consumption of chemical fertilizers and pesticides, which will reduce costs. In addition, farmers should be included in ordering seeds to get a lower price than the normal price, order seeds in quantities suitable for the cultivation area to reduce unnecessary resource consumption.

Keywords: Supply chain, Activity base costing, Logistic cost, Torpedo watermelon

Please cite this article as: J. Boonjongrak, P. Phulinlai and R. Taengphukieo, The Study of logistics costs by using activity-based costing system of farmers cultivator of watermelon (Torpedo Specie)," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 4, pp. 22-34, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

แตงโมเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งของไทยที่สามารถทำรายได้ให้เกษตรกรเป็นจำนวนมาก ในปีพ.ศ. 2562 พบว่าประเทศไทยมีการเพาะปลูกแตงโมกระจายกันไปทุกพื้นที่ทั้งประเทศโดยพื้นที่ปลูกครอบคลุม 63 จังหวัด เนื้อที่ปลูกทั้งสิ้น 61,859 ไร่ สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ 93,654,527 กิโลกรัม [1]

แตงโม มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Citrullus lanatus* (Thunb.) Mats. & Nakai ถูกจัดให้อยู่ในวงศ์ CUCURBITACEAE จัดเป็นพืชในตระกูลเดียวกับแคนตาลูป ฟักทอง แตงกวา แตงโมเป็นแหล่งวิตามินแร่ธาตุ และสารอาหารต่าง ๆ ที่ร่างกายต้องการ ทั้งยังประกอบด้วยน้ำประมาณร้อยละ 91 เมื่อรับประทานแตงโมยังทำให้ร่างกายไม่ขาดน้ำ โดยมีประโยชน์ทางโภชนาการ เช่น ไลโคปีน (Lycopene) วิตามินเอ (Vitamin A) วิตามินซี (Vitamin C) ซิทูลิน (Citrulline) โพแทสเซียม (Potassium) วิตามินบี (Vitamin B) และเส้นใย (Fibers) [2]

ชาวบ้านดอนยานาง จังหวัดกาฬสินธุ์ ปลูกแตงโมตั้งแต่เมื่อเริ่มตั้งถิ่นฐานที่บ้านคำหมากมาย เมื่อพ.ศ. 2422 เพื่อบริโภคในครัวเรือน โดยใช้วิธีการปลูกแบบดั้งเดิม เมื่อรัฐบาลเริ่มใช้แผนพัฒนาประเทศ พ.ศ. 2504 พื้นที่บ้านดอนยานางถูกจัดเป็นเขตเกษตรก้าวหน้า ชาวบ้านดอนยานางได้นำเทคโนโลยีแผนใหม่มาใช้ปลูกแตงโม ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการปลูกแตงโมเปลี่ยนจากการผลิตเพื่อบริโภคในครัวเรือนเป็นการผลิตเพื่อการค้า รวมถึงเกษตรกรผู้ปลูกแตงโมบ้านดอนยานาง กล่าวว่า เดิมประกอบอาชีพทำนา ต้นทุนสูงขึ้น ราคาจำหน่ายข้าวเปลือกตกต่ำไม่แน่นอน ทำให้ประสบปัญหาขาดทุน จึงหันมาเพาะปลูกแตงโม ซึ่งใช้ระยะเวลาในการปลูกสั้น ใช้น้ำน้อย ภายใน 1 ปีสามารถทำการเพาะปลูกได้ 3 รุ่น และเข้าพื้นที่ในการเพาะปลูก [3]

จากการศึกษาข้อมูลการเพาะปลูกและลงพื้นที่สำรวจข้อมูลการเพาะปลูกแตงโมของเกษตรกรผู้เพาะปลูกบ้านดอนยานาง จังหวัดกาฬสินธุ์ พบว่าสาย

พันธุ์แตงโมที่เกษตรกรเพาะปลูกและได้รับความนิยมจากผู้บริโภคแตงโมพันธุ์ธรรมดา คือ พันธุ์กินรี พันธุ์สายน้ำผึ้ง พันธุ์ซูปเปอร์บิก และพันธุ์ตอร์ปิโด ซึ่งสายพันธุ์ตอร์ปิโดมีราคาขายสูงที่สุด แตงโมพันธุ์ตอร์ปิโดมีลักษณะเปลือกจะทนต่อการขนย้าย ผิวเปลือกเป็นสีเขียวเข้ม มีลายเส้นสีดำ ผลเรียวยาว มีเนื้อข้างในสีแดงและสีเหลือง มีเมล็ดสีดำ เป็นแตงโมลูกผสม ลำต้นแข็งแรง ติดผลง่าย น้ำหนักผล 2.5-3.5 กิโลกรัม ความหวานอยู่ที่ 12-14 บริกซ์ ปลูกได้ดีที่สุดในฤดูร้อน จะรับประทานเมื่อสุก นอกจากนี้ยังพบว่าเกษตรกรไม่มีการจดบันทึกบัญชีรายรับ-รายจ่าย ทำให้ไม่สามารถจำแนกถึงต้นทุนที่แท้จริงที่เกิดขึ้นในการเพาะปลูกแตงโมพันธุ์ตอร์ปิโดในแต่ละครั้งได้ ส่งผลต่อการจัดการกระบวนการเพาะปลูกที่ไม่เป็นระบบ และไม่สามารถตรวจสอบต้นทุนที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการได้

การบริหารจัดการต้นทุนโลจิสติกส์ในระดับพื้นที่ปลูกเพื่อให้เกษตรกรผู้ปลูกได้ทราบต้นทุน ตั้งแต่ค่าใช้จ่ายในการจัดหาปัจจัยการผลิต ค่าใช้จ่ายด้านขนส่ง รวมถึงค่าใช้จ่ายด้านการบริหารจัดการในกระบวนการผลิตที่มีแนวโน้มสูงขึ้น และส่งผลต่อผู้ที่เกี่ยวข้องในโซ่อุปทานของแตงโมพันธุ์ตอร์ปิโด ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมทั้งทางบัญชีต้นทุนและทางการบริหารจัดการในกระบวนการผลิตกำลังเป็นที่นิยม ทำโดยการวิเคราะห์สาเหตุของการเกิดต้นทุน กิจกรรมที่เป็นตัวผลักดันต้นทุน การวิเคราะห์กิจกรรมที่จำเป็นต้องปฏิบัติต่อไปและกิจกรรมที่ควรเลิกปฏิบัติ ซึ่งจะช่วยให้เกษตรกรปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตได้ดีขึ้นเพื่อลดต้นทุนและได้รับข้อมูลที่เป็นจริงของกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่าย [4]

ดังนั้นทีมวิจัยจึงได้ทำการศึกษาโครงสร้างโซ่อุปทานกรณีศึกษาการเพาะปลูกแตงโมพันธุ์ตอร์ปิโดของเกษตรกรผู้เพาะปลูกบ้านดอนยานาง อำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ เพราะแตงโมพันธุ์ตอร์ปิโดมีราคาขายสูงที่สุดในทุกสายพันธุ์ที่ชาวบ้านเพาะปลูกเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาอธิบายเกี่ยวกับต้นทุนโลจิสติกส์

บทความวิจัย (Research Article)

ในการเพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโดของเกษตรกรบ้านดอนยานาง ตั้งแต่ต้นน้ำถึงปลายน้ำ โดยใช้การวิเคราะห์ระบบต้นทุนฐานกิจกรรมเป็นเครื่องมือศึกษากระบวนการเพาะปลูกทุกขั้นตอน เพื่อให้ทราบถึงต้นทุนที่แท้จริงที่เกิดขึ้น

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

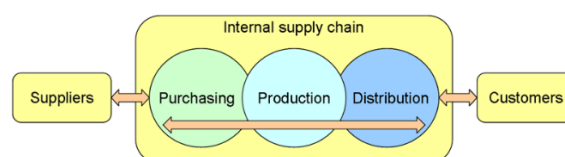
2.1 การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

2.1.1 ห่วงโซ่อุปทาน

ห่วงโซ่อุปทาน ประกอบไปด้วยทุกขั้นตอนเกี่ยวข้องกันทั้งทางตรงและทางอ้อม โดยเริ่มจากความเกี่ยวข้องกันของผู้จำหน่ายปัจจัยการผลิต องค์กร และความต้องการของลูกค้า โดยรวมถึงผู้ที่เกี่ยวข้องในส่วนต่าง ๆ เช่น ผู้จัดส่ง คลังสินค้า พ่อค้าคนกลาง ตลอดจนลูกค้า โดยสิ่งที่เป็นตัวเชื่อมต่อองค์ประกอบต่าง ๆ ในห่วงโซ่อุปทานเข้าด้วยกัน คือความสัมพันธ์ทางธุรกิจ องค์กรจะต้องพิจารณาถึงปัจจัยที่ใช้ในการขับเคลื่อนห่วงโซ่อุปทาน จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ การจัดการสินค้าคงคลัง การจัดการการขนส่ง การจัดการสิ่งอำนวยความสะดวก และการจัดการข้อมูลสารสนเทศ และปัจจัยภายในธุรกิจทั้งฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต และฝ่ายกระจาย [5]

ปัจจุบันการขยายตัวของธุรกิจจากการผลิตเข้าสู่สังคมบริการ ทำให้มีการประยุกต์หลักการของการจัดการผลิตกับงานด้านบริการ [6] แล้วทำการขนส่งสินค้าไปยังศูนย์จัดจำหน่าย หรือศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center : DC) คือคลังสินค้าของบริษัทใดบริษัทหนึ่ง ที่ออกแบบให้มีลักษณะเฉพาะอย่าง เพื่อให้เกิดความสะดวกในการหมุนเวียนสินค้าเข้าและสินค้าออก ทำหน้าที่รับคำสั่งซื้อ จัดหาสินค้า และจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า โดยไม่ให้เกิดการเก็บรักษาสินค้าโดยไม่จำเป็นหรืออีกนัยหนึ่ง จุดที่ทำหน้าที่ในการกระจายสินค้าไปถึงมือผู้บริโภคหรือลูกค้าที่ศูนย์กระจายสินค้าหนึ่ง ๆ อาจจะมีสินค้าที่มาจาก

หลายโรงงานการผลิต เช่น ศูนย์กระจายสินค้าของซูเปอร์มาร์เก็ตต่าง ๆ จะมีสินค้ามาจากโรงงานที่ต่างกัน เช่น โรงงานผลิตยาสระผม เบเกอรี่ เป็นต้น [10] ทำการกระจายสินค้าไปยังลูกค้า (Customers) คือลูกค้าที่มาซื้อสินค้าหรือบริการของบริษัท โดยนักการตลาดจะต้องทำการตลาดลูกค้าอย่างใกล้ชิด เนื่องจากตลาดแต่ละประเภทต่างมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน [6] ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 รูปแบบห่วงโซ่อุปทาน [6]

2.1.2 กิจกรรมหลักด้านโลจิสติกส์

กมลชนก สุทธิวาทีนฤพุฒิ และคณะ (2546) [7] ได้นิยาม “กิจกรรมโลจิสติกส์” ว่าเป็นกิจกรรมสนับสนุนการทำงานภายในองค์กร เพื่อให้ทุกหน่วยงานภายในเชื่อมโยงเข้าหากัน รวมถึงการเชื่อมโยงภายนอกองค์กรทั้งด้านอุปสงค์และอุปทาน โดยกิจกรรมหลักด้านโลจิสติกส์ มีทั้งหมด 13 กิจกรรมสามารถแบ่งได้เป็นสองกลุ่มกิจกรรมประกอบด้วยกิจกรรมหลัก 8 กิจกรรมถือเป็นกิจกรรมหลักขององค์กร ส่วนที่เหลืออีก 5 กิจกรรม ถือเป็นกิจกรรมที่สนับสนุนการดำเนินงานขององค์กร ได้แก่

- 1) การบริการลูกค้า
- 2) การดำเนินการตามคำสั่งซื้อของลูกค้า
- 3) การคาดการณ์ความต้องการของลูกค้า
- 4) การบริหารสินค้าคงคลัง
- 5) การขนส่ง
- 6) การบริหารคลังสินค้า
- 7) โลจิสติกส์ย้อนกลับ
- 8) การจัดซื้อ

บทความวิจัย (Research Article)

- 9) การจัดเตรียมอะไหล่และชิ้นส่วน
- 10) การเลือกที่ตั้งโรงงานและคลังสินค้า
- 11) การจัดการวัสดุ
- 12) บรรจุภัณฑ์
- 13) การติดต่อสื่อสารทางด้านโลจิสติกส์

จากกิจกรรมหลักทางโลจิสติกส์อาจนำมาจัดเป็นกลุ่มได้ 5 กลุ่ม คือ กิจกรรมด้านการบริหารจัดการ การผลิต การตลาด การบริการลูกค้า การจัดหาวัตถุดิบและอุปกรณ์ต่าง ๆ การกระจายสินค้าและการจัดการสินค้าคงคลัง การจัดส่ง ซึ่งครอบคลุมองค์ความรู้ทางด้านโลจิสติกส์ [8]

2.2 ต้นทุนโลจิสติกส์

กิตติชัย เจริญชัย [9] ได้อธิบายต้นทุนโลจิสติกส์ คือ ต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการกิจกรรมโลจิสติกส์ของผู้ประกอบการในการดำเนินธุรกิจ โดยมีองค์ประกอบ 3 ส่วน ดังนี้

1. ต้นทุนการขนส่ง เป็นต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าจากแหล่งผลิตไปยังผู้บริโภค ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายของพนักงานแผนกขนส่ง ค่าเชื้อเพลิง ต้นทุนค่าบำรุงรักษา และค่าเสื่อมราคา เป็นต้น

2. ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง ประกอบด้วย ต้นทุน 2 ส่วน คือ (1) ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง คือ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการจัดเก็บสินค้าคงคลัง ต้นทุน วัตถุดิบหรือสินค้าที่ทำการจัดเก็บ ค่าเสื่อมราคา ค่าประกันภัย และค่าดอกเบี้ย และ (2) ต้นทุนบริหารจัดการคลังสินค้า คือ ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในการจัดเก็บหรือถือครองสินค้า หรือค่าเช่าคลังสินค้า ค่าใช้จ่ายของพนักงานหรือค่าเช่าอุปกรณ์ในการขนถ่ายค่าน้ำมันเชื้อเพลิงอุปกรณ์ขนถ่าย ค่าสาธารณูปโภค เป็นต้น

3. ต้นทุนการบริหารจัดการ คือ ต้นทุนที่เกิดจากการบริหารจัดการด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน

2.3 ต้นทุนฐานกิจกรรม

ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม (Activity-Based Costing: ABC) เป็นเครื่องมือในการบริหารงานในลักษณะการบริหารงานฐานคุณค่า (Value-Based Management) ซึ่งเชื่อมโยงการบริหารระดับองค์กรลงสู่ระบบการปฏิบัติงานประจำวัน โดยพิจารณาหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานตลอดทั้งกิจการ (Cross-Functional) ในลักษณะที่มองกิจกรรมต่าง ๆ ขององค์กรเป็นภาพรวม (Integrated View)

จุดประสงค์สำคัญของระบบต้นทุนฐานกิจกรรม คือการให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อผู้บริหารในการเข้าใจพฤติกรรมต้นทุนทั้งหมดที่เกิดขึ้นภายในองค์กร ทำให้ทราบว่าอะไรเป็นปัจจัยที่ทำให้ต้นทุนกิจกรรมต่าง ๆ เพิ่มขึ้นหรือลดลง โดยการระบุกิจกรรมขององค์กร ต้นทุนกิจกรรม และตัวหลักต้นทุน จะเป็นประโยชน์ต่อการคำนวณต้นทุนการผลิตหรือบริการ และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาประสิทธิภาพทางด้านต้นทุนและการพัฒนากิจกรรมต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อลดความสูญเสียเปล่า [10] ขั้นตอนการคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม ABC แบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วิเคราะห์และระบุกิจกรรม (Activity Analysis) เพื่อให้สามารถระบุกิจกรรมที่เกี่ยวข้องได้ เช่น การดำเนินงานธุรกิจด้านการผลิตจะประกอบกิจกรรมการสั่งซื้อวัตถุดิบ การเคลื่อนย้ายวัตถุดิบ การจัดเตรียม การผลิต การประกอบชิ้นส่วนและการตรวจสอบคุณภาพ เป็นต้น กิจกรรมเหล่านี้จะมีประโยชน์ในการตัดสินใจของผู้บริหารเพื่อลดต้นทุนการผลิตจากการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาต้นทุนทั้งหมดจำแนกตามทรัพยากรที่ใช้และกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน ต้นทุนกิจกรรม คือ ต้นทุนของทรัพยากรที่ใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ วัตถุดิบ แรงงาน ค่าล่วงเวลา

บทความวิจัย (Research Article)

ค่าเสื่อมราคาเครื่องจักร ค่าบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุนด้านบุคลากร ส่วนใหญ่จะใช้เกณฑ์จำนวนชั่วโมงการปฏิบัติงาน โดยการกระจายค่าใช้จ่ายด้านบุคลากรแต่ละประเภทต่อเดือน จะเก็บข้อมูลระยะเวลาทำงานที่ใช้ทั้งหมดในการทำกิจกรรมนั้น ๆ ในหนึ่งเดือน โดยมีหน่วยเป็นชั่วโมง จากนั้นจึงคำนวณหาสัดส่วนจำนวนชั่วโมงปฏิบัติงานในหนึ่งเดือนต่อเวลาการทำงานทั้งหมดของแต่ละกิจกรรม

2) การกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุนด้านพื้นที่ จะใช้พื้นที่ที่ใช้งาน โดยดูว่าในแต่ละกิจกรรมใช้พื้นที่ในการปฏิบัติงานเท่าไร โดยหลักการควรจะทำการวัดพื้นที่ที่ใช้งานจริงและคำนวณออกมาเป็นสัดส่วนพื้นที่ที่ใช้ในการทำงานของแต่ละกิจกรรม

3) การกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุนด้านเครื่องจักรอุปกรณ์ จะใช้เกณฑ์ชั่วโมงใช้งาน ถ้าเป็นเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ร่วมกันในหลายกิจกรรมจะแบ่งตามชั่วโมงใช้งานจริง เช่น กรณีรถยก (Forklift Truck) ที่ใช้งานทั้งกิจกรรมรับของเข้าและส่งออกจะต้องใช้ข้อมูลจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในกิจกรรมรับของเข้าและจำนวนชั่วโมงปฏิบัติงานส่งออกเพื่อคำนวณหาสัดส่วนของเวลาที่ใช้งานจริงในแต่ละกิจกรรม

4) การกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุนด้านวัสดุ ใช้งานและวัสดุสิ้นเปลือง จะต้องคำนวณตามปริมาณวัสดุที่ใช้จริง เช่น กี่แผ่น กี่กิโลกรัม กี่ชิ้น เป็นต้น โดยแยกไปตามแต่ละกิจกรรม ถ้าเป็นวัสดุสิ้นเปลืองที่ใช้ร่วมกันหลายกิจกรรมก็ต้องคำนวณตามสัดส่วนที่ใช้จริงในแต่ละกิจกรรม

5) การกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุนด้านอื่น ๆ จะใช้เกณฑ์ชั่วโมงใช้งานถ้าใช้ร่วมกันในหลายกิจกรรมจะแบ่งตามชั่วโมงใช้งานจริง และคำนวณหาสัดส่วนของเวลาที่ใช้งานจริงในแต่ละกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรม นำต้นทุนทรัพยากรที่ใช้ในแต่ละด้านที่

คำนวณได้ในขั้นตอนที่ 2 มากระจายตามแต่ละกิจกรรมย่อย ตามจำนวนครั้งที่ปฏิบัติจริง โดยไม่มีข้อกำหนดตายตัวว่าควรกระจายต้นทุนทรัพยากรไปในกิจกรรมใด เป็นจำนวนเท่าใด จำแนกเป็นกิจกรรมย่อย จะต้องมีความเหมาะสมตามความเป็นจริงขององค์กร เมื่อเสร็จสิ้นขั้นตอนนี้ จะได้ผลการวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรม

ขั้นตอนที่ 4 ต้นทุนรวมทั้งหมดของแต่ละกิจกรรม นำข้อมูลที่ได้มาคำนวณต้นทุนกิจกรรมหลัก คำนวณต้นทุนทั้งหมดของแต่ละกิจกรรม เมื่อรวมจำนวนต้นทุนจำแนกตามทรัพยากรที่ใช้ที่ได้กระจายไปตามแต่ละกิจกรรม [4]

ข้อดีของระบบต้นทุนฐานกิจกรรม

1) ช่วยให้การคำนวณต้นทุนผลิตภัณฑ์และบริการ มีความถูกต้อง

2) ช่วยการพัฒนากิจกรรมอย่างต่อเนื่อง

3) ช่วยในการวัดผลปฏิบัติงานของกิจการ

4) ช่วยในการลดต้นทุนและค่าใช้จ่าย

5) ช่วยในการสนับสนุนการตัดสินใจ

ข้อเสียของระบบต้นทุนฐานกิจกรรม

1) มีค่าใช้จ่ายมากเนื่องจากต้องจัดทำแผนภูมิแสดงขอบเขตการผลิตแบ่งแยกเป็นกิจกรรมต่าง ๆ

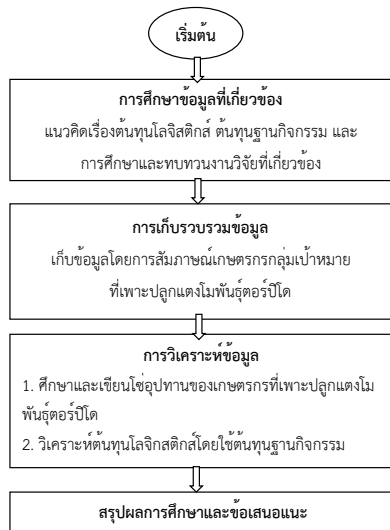
2) ต้องหาเอกสารหรือจดรายงานความสัมพันธ์ของตัวผลิตภัณฑ์ต้นทุนกับกิจกรรมทุกกิจกรรม ส่งผลให้เสียค่าใช้จ่ายและเสียเวลา [11]

3. การดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานวิจัยได้แบ่งออกเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เช่น แนวคิด ต้นทุนฐานกิจกรรม ต้นทุนโลจิสติกส์ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล ที่วิจัยได้กำหนดพื้นที่ทำการศึกษาคือ กลุ่มเกษตรกรบ้านดอนยานาง ที่มีพื้นที่เพาะปลูกในอำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้วิธีการเลือกแบบจำเพาะเจาะจงจำนวนทั้งหมด 37 รายด้วยการสัมภาษณ์ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการเขียนข้อ

บทความวิจัย (Research Article)

อุปทาน วิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์โดยใช้ต้นทุนฐานกิจกรรม และสรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ แสดงได้ดังภาพที่ 2



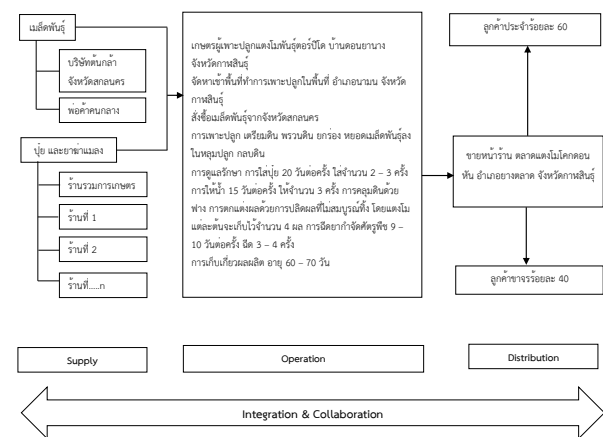
รูปที่ 2 ขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย

4. ผลการศึกษา

4.1 การศึกษาโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด

ลักษณะโซ่อุปทานของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด บ้านดอนยานาง จังหวัดกาฬสินธุ์ เริ่มต้นจากกิจกรรมส่วนของต้นน้ำเกษตรกรจัดหาเช่าพื้นที่เพาะปลูกจากนั้นทำการสั่งซื้อเมล็ดพันธุ์เตอร์ปิโดจากบริษัทต้นกล้าในจังหวัดสกลนครและพ่อค้าคนกลางรายอื่น ๆ แล้วทำการเตรียมดิน ไถพรวนดิน ไถยกร่อง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาปลูกโดยการหยอดเมล็ดพันธุ์ในพื้นที่ที่เตรียมดินไว้ ต่อมาทำการดูแลรักษา คือ การใส่ปุ๋ย 20 วัน/ครั้ง ใส่ 2-3 ครั้ง การให้น้ำ 15 วัน/ครั้ง ให้ 3 ครั้ง การคลุมดินคลุมด้วยฟาง การปลิดผลทิ้งปลิดผลที่บิดเบี้ยวทั้งโดยแต่งแต่ละต้นจะเก็บไว้ 4 ผล การฉีดยากำจัดวัชพืช 9-10 วัน/ครั้ง ฉีด 3-4 ครั้ง เมื่อถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตจะเก็บเกี่ยวแตงโม อายุ 60-70 วัน จากนั้นในส่วนของปลายน้ำ

เกษตรกรจะจ้างรถ 6 ล้อ ขนส่งแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโดไปขายหน้าร้านที่ตลาดแตงโมโคกดอนหัน อำเภอวังยาง จังหวัดกาฬสินธุ์ การกระจายแตงโมเตอร์ปิโดจะขายให้ลูกค้าขาประจำ ประมาณร้อยละ 60 และขายให้ลูกค้าขาจร ประมาณร้อยละ 40 ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 รูปแบบโซ่อุปทานการเพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโดของเกษตรกร บ้านดอนยานาง จังหวัดกาฬสินธุ์

ความสัมพันธ์กิจกรรมด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทานของแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด ประกอบด้วย

- 1) การบริการลูกค้า เกษตรกรมีบริการขนย้ายแตงโมขึ้นรถให้ลูกค้าอย่างรวดเร็ว ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในการให้บริการ
- 2) การดำเนินการตามคำสั่งซื้อของลูกค้า เมื่อลูกค้าทำการสั่งซื้อแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโดที่หน้าร้าน หรือทางโทรศัพท์ เกษตรกรมีการจัดบันทึกข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าก่อนทำการจัดแตงโมตามความต้องการของลูกค้า เพื่อความถูกต้อง รวดเร็ว และตรงตามความต้องการของลูกค้า
- 3) การคาดการณ์ความต้องการของลูกค้า เกษตรกรมีการวางแผนการผลิตและปริมาณการผลิตจากยอดขายในอดีตของลูกค้าขาประจำ เพื่อให้มีแตงโมจำหน่ายตามความต้องการของลูกค้า

บทความวิจัย (Research Article)

4) การบริหารสินค้าคงคลัง มีการจัดเรียงแต่งโมอย่างเป็นระเบียบและมีการคัดแยกแต่งโมตามเกรด เพื่อง่ายต่อการจำหน่ายและการขนย้ายให้ลูกค้า

5) การขนส่ง ทางเกษตรกรใช้รถบรรทุก 6 ล้อ ในการขนส่ง เพราะสามารถบรรทุกได้จำนวนมากและสามารถขนส่งระยะทางไกลได้ โดยการขนส่งแต่ละครั้งทำให้แต่งโมเกิดความเสียหายน้อย และตรงตามระยะเวลาที่กำหนด

6) การบริหารคลังสินค้า เกษตรกรมีการวางแผนการบริหารคลังสินค้า โดยใช้พื้นที่การจัดเก็บให้เกิดประโยชน์มากที่สุด จัดเรียงแต่งโมให้เต็ม เพื่อง่ายต่อการขนย้ายแต่งโม ทำให้ลดเวลาและขั้นตอนที่ไม่จำเป็น

7) โลจิสติกส์ย้อนกลับ เนื่องจากเกษตรกรทำการคัดแยกแต่งโมก่อนทำการจำหน่ายให้ลูกค้า ทำให้แต่งโมเกิดการเสียหายน้อย เมื่อลูกค้าได้บริโภคแต่งโม จึงไม่เกิดโลจิสติกส์ย้อนกลับ

8) การจัดซื้อ มีการจัดซื้อจัดหาปัจจัยการผลิต เกษตรกรมีการสั่งซื้อเมล็ดพันธุ์แต่งโมตอร์ปิโดกับบริษัทต้นกล้า จังหวัดสกลนครหรือพ่อค้าคนกลาง และซื้อปุ๋ย ซื้อยาฆ่าแมลงกับร้านรวมการเกษตรหรือร้านจำหน่ายการเกษตร

9) การจัดเตรียมอะไหล่และชิ้นส่วนต่าง ๆ เกษตรกรมีการจัดหาเครื่องมืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น ข่งเครื่องซังสปริง เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการให้บริการที่รวดเร็วแก่ลูกค้า

10) การเลือกที่ตั้งโรงงานและคลังสินค้า ในการเลือกที่ตั้งโรงงานหรือสถานที่เพาะปลูกแต่งโม ในพื้นที่อำเภอนามน ในส่วนคลังสินค้า เกษตรกรเลือกตลาดโคกดอนหัน อำเภอยางตลาด เป็นแหล่งขายแต่งโมที่ใหญ่ที่สุดในภาคอีสาน เพื่อความสะดวกต่อการขายแต่งโมรวมถึงสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้า

11) การจัดการวัสดุ การขนย้ายผลผลิตขึ้น-ลงรถ 6 ล้อ และขนย้ายขึ้นรถลูกค้า จะใช้แรงงานคนในการขนย้าย ทำให้สะดวก แต่งโมไม่เสียหาย

12) การบรรจุภัณฑ์ เนื่องจากลูกค้าทำการสั่งซื้อในปริมาณมากและลูกค้านำรถกระบะหรือรถบรรทุกมารับแต่งโมเอง เกษตรกรก็ทำการขนย้ายแต่งโมขึ้นรถลูกค้าด้วยตัวเอง จึงไม่มีการใช้บรรจุภัณฑ์

13) การติดต่อสื่อสารทางด้านโลจิสติกส์ มีการติดต่อสื่อสารอยู่ 2 ทาง คือ ผ่านทางโทรศัพท์ และการติดต่อสื่อสารทางหน้าร้าน ซึ่งจะเป็นการสั่งซื้อแต่งโมระหว่างลูกค้ากับเกษตรกร

4.2 วิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ โดยประยุกต์ใช้การคำนวณต้นทุนฐานกิจกรรม

4.2.1 วิเคราะห์และระบุกิจกรรม

กำหนดกิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อย จากข้อมูลการสัมภาษณ์ผู้วิจัยได้กำหนดกิจกรรมหลักไว้ 7 กิจกรรม คือ การจัดซื้อจัดหา การเตรียมแปลงปลูก การปลูก การดูแลรักษา การเก็บเกี่ยว การขนส่ง และการดูแลสินค้าคงคลัง โดยทั้ง 7 กิจกรรมหลัก จะประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อยทั้งสิ้น 12 กิจกรรม แสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 กิจกรรมหลักและกิจกรรมย่อย

กิจกรรมหลัก	กิจกรรมย่อย
A กิจกรรมการจัดซื้อจัดหา	A01 เข้าพื้นที่เพาะปลูก A02 สั่งซื้อเมล็ดพันธุ์
B กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูก	B01 ไถพรวนดิน B02 ไถยกร่อง
C กิจกรรมการปลูก	C01 หยอดเมล็ดพันธุ์
D กิจกรรมการดูแลรักษา	D01 ใส่ปุ๋ย D02 ฉีดยาฆ่าแมลง D03 รดน้ำ
E กิจกรรมการเก็บเกี่ยว	E01 เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ว วางรวมกันเป็นกอง
F กิจกรรมการขนส่ง	F01 ขนส่งแต่งโมไปยัง ตลาดโคกดอนหัน F02 ขนย้ายแต่งโมขึ้นรถ ให้ลูกค้า
G กิจกรรมการดูแลสินค้าคงคลัง	G01 เข้าคลังสินค้าหรือ เข้าแผง

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 2 ต้นทุนทั้งหมดจําแนกตามทรัพยากรที่ใช้และกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุนต่อการเพาะปลูก

		พื้นที่		
		อำเภอนามน		
ประเภททรัพยากร		ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	จำนวนหรือปริมาณที่ใช้เฉลี่ย	ค่าใช้จ่ายต่อการเพาะปลูก (บาท)
ด้านบุคลากร	ค่าแรงงานรายวัน	300	735 คน	220,500
	ค่าแรงงานแบบเหมา	800	286 ไร่	228,800
	ค่าขนส่งแรงงาน	2,800	16 คัน	44,800
ด้านพื้นที่	ค่าเช่าพื้นที่	1,340	286 ไร่	383,240
	ค่าเช่าแรง	680	16 ล้อค	10,880
ด้านเครื่องจักร/อุปกรณ์	ค่าจ้างรถไถ	300	572 ไร่	171,600
	ค่าจ้างรถบรรทุก	1,800	286 คัน	514,800
	ค่าจ้างเครื่องสูบน้ำ	1,500	49 ครั้ง	73,500
ด้านวัสดุใช้งาน/สิ้นเปลือง	เมล็ดพันธุ์	950	286 ไร่	271,700
	ปุ๋ยเคมี	1,500	286 กระสอบ	429,000
	ยาฆ่าแมลง	1,000	286 ไร่	286,000
	เครื่องจักรสปริง	1,500	16 ตัว	24,000
	เชิง	180	32 อัน	5,760
อื่น ๆ	ค่าโทรศัพท์	445	16 เครื่อง	7,120

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรมต่อฤดูกาลเพาะปลูก

ค่าใช้จ่าย	กิจกรรมย่อย											รวม
	เช่าพื้นที่เพาะปลูก	สั่งซื้อเมล็ดพันธุ์	ไถพรวนดิน	ไถยกร่อง	หยอดเมล็ดพันธุ์	ใส่ปุ๋ย	ฉีดยาฆ่าแมลง	รดน้ำ	เก็บเกี่ยวผลผลิตแล้ววางรวมกันเป็นกอง	ขนส่งยังไม่ประสงค์โคกดอนหัน	เช่าเครื่องจักรหรือเช่าแรงงาน	
แบบแยกกัน	ค่าแรงงานรายวัน	-	-	-	133,800	37,200	49,500	-	-	-	-	220,500
	ค่าแรงงานแบบเหมา	-	-	-	-	-	-	-	228,800	-	-	228,800
รวม	ค่าขนส่งแรงงาน	-	-	-	44,800	-	-	-	-	-	-	44,800
	ค่าเช่าพื้นที่	383,240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	383,240
ประเภท/แหล่งข้อมูล	ค่าเช่าแรงงาน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10,880
	ค่าจ้างรถไถ	-	85,800	85,800	-	-	-	-	-	-	-	171,600
ข้อมูลภายใน/นอก	ค่าจ้างรถบรรทุก	-	-	-	-	-	-	-	-	514,800	-	514,800
	ค่าจ้างเครื่องสูบน้ำ	-	-	-	-	-	-	73,500	-	-	-	73,500
ข้อมูลภายใน/นอก	เมล็ดพันธุ์	-	271,700	-	-	-	-	-	-	-	-	271,700
	ปุ๋ยเคมี	-	-	-	-	429,000	-	-	-	-	-	429,000
ข้อมูลภายใน/นอก	ยาฆ่าแมลง	-	-	-	-	-	286,000	-	-	-	-	286,000
	เครื่องใช้เครื่อง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24,000	24,000
ข้อมูลภายใน/นอก	เชื้อเพลิง	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5,760	5,760
	ค่าโทรศัพท์	1,600	1,100	-	-	290	330	-	700	-	-	7,120
ข้อมูลภายใน/นอก	ค่าใช้จายตามกิจกรรมย่อย	384,840	272,800	85,800	85,800	466,490	335,830	73,500	229,500	514,800	10,880	2,671,700
	ค่าใช้จายตามกิจกรรมย่อย (%)	14.40	10.21	3.21	3.21	17.46	12.57	2.75	8.59	19.27	0.41	100

บทความวิจัย (Research Article)

4.2.2 ต้นทุนทั้งหมดจำแนกตามทรัพยากรที่ใช้และกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน

ตารางที่ 2 แสดงการกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน ก่อนกระจายต้นทุนทรัพยากรเข้าสู่กิจกรรมต่าง ๆ นั้น จำเป็นต้องทราบเกี่ยวกับทรัพยากรที่ใช้ไปในการกระทำกิจกรรมต่าง ๆ ของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมตรปีโต รวมถึงจำนวนหรือปริมาณการใช้และค่าใช้จ่าย ผู้วิจัยได้นำรายการการใช้ทรัพยากรโดยประมาณฤดูกาลเพาะปลูกเดือนมกราคม - เดือนมีนาคม 2562 มาจำแนกออกเป็น 5 ประเภท คือ ด้านบุคลากร ด้านพื้นที่ ด้านเครื่องจักรและอุปกรณ์ ด้านวัสดุใช้งานและวัสดุสิ้นเปลือง และด้านอื่น ๆ และใช้เวลาการปฏิบัติงาน พื้นที่ในการปฏิบัติงานและร้อยละการทำงานเป็นเกณฑ์ในการกระจายต้นทุน การรวบรวมต้นทุน การใช้ทรัพยากรในการปฏิบัติงานของเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมตรปีโตบ้านดอนยานาง และการกำหนดเกณฑ์การกระจายต้นทุน

4.2.3 การวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรม

ทีมวิจัยได้นำต้นทุนการใช้ทรัพยากรของฤดูกาลเพาะปลูกเดือนมกราคม - เดือนมีนาคม 2562 ทั้ง 5 ประเภทที่กล่าวไว้ข้างต้นมาสู่การวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรมของ การเพาะปลูกแตงโมตรปีโต

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรมต่อฤดูกาลเพาะปลูก พบว่า เมื่อจำแนกตามทรัพยากร 5 ด้าน ด้านเครื่องจักร/อุปกรณ์ มีค่าใช้จ่ายสูงสุดคือ ค่าจ้างรถบรรทุก ด้านวัสดุใช้งาน/วัสดุสิ้นเปลือง พบว่ามีค่าใช้จ่ายสูงสุดคือ ปุ๋ยเคมี ด้านพื้นที่พบว่ามีค่าใช้จ่ายมากที่สุด คือ ค่าเช่าพื้นที่ด้านบุคลากร พบว่ามีค่าแรงแบบเหมาเป็นรายจ่าย

มากที่สุด ในขณะที่ค่าใช้จ่ายอื่นๆ พบว่ามีเพียงรายจ่ายค่าโทรศัพท์

เมื่อมีการคำนวณค่าใช้จ่ายตามกิจกรรมย่อยได้จำนวนทั้งสิ้น 12 กิจกรรมพบว่ากิจกรรมย่อยที่มีค่าใช้จ่ายมากที่สุด 5 อันดับแรกคือ ค่าขนส่งแตงโมไปขายคิดเป็นร้อยละ 19.27 ค่าใส่ปุ๋ย คิดเป็นร้อยละ 17.46 ค่าเช่าที่ คิดเป็นร้อยละ 14.40 ค่าฉีดยาฆ่าแมลง คิดเป็นร้อยละ 12.57 และค่าสั่งซื้อเมล็ดพันธุ์ คิดเป็นร้อยละ 10.21

4.2.4 ต้นทุนรวมทั้งหมดของแต่ละกิจกรรม

ผลการวิเคราะห์การกระจายต้นทุนตามกิจกรรมเพื่อการคำนวณต้นทุนรวมทั้งหมดของกิจกรรมหลักทั้ง 7 กิจกรรม พบว่า เกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมตรปีโต มีต้นทุนการดำเนินงานต่อฤดูกาลเพาะปลูกในกิจกรรมหลักทั้ง 7 กิจกรรม ดังนี้ อันดับหนึ่ง คือ กิจกรรมการดูแลรักษา มีต้นทุนทั้งสิ้น 875,820 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 32.81 อันดับสอง คือ กิจกรรมการจัดซื้อจัดหา มีต้นทุนทั้งสิ้น 657,640 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 24.62 อันดับสาม คือ กิจกรรมการขนส่ง มีต้นทุนทั้งสิ้น 542,400 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 20.32 อันดับสี่ คือ กิจกรรมการเก็บเกี่ยว มีต้นทุนทั้งสิ้น 229,500 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 8.59 อันดับห้า คือ กิจกรรมการปลูก มีต้นทุนทั้งสิ้น 181,700 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 6.81 อันดับหก คือ กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูก มีต้นทุนทั้งสิ้น 171,600 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 6.44 และอันดับสุดท้าย คือ กิจกรรมการดูแลสินค้าคงคลัง มีต้นทุนทั้งสิ้น 10,880 บาทต่อฤดูกาลเพาะปลูก คิดเป็นร้อยละ 0.41 แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ต้นทุนรวมทั้งหมดของแต่ละกิจกรรมต่อฤดูกาลเพาะปลูก

กิจกรรมหลัก	ต้นทุนการใช้ทรัพยากร					ต้นทุนรวม (บาท/ ฤดูกาลเพาะปลูก)	%
	บุคลากร	พื้นที่	เครื่องจักรฯ	วัสดุใช้งานฯ	อื่น ๆ		
A กิจกรรมการจัดซื้อจัดหา	-	383,240	-	271,700	2,700	657,640	24.62
B กิจกรรมการเตรียมแปลงปลูก	-	-	171,600	-	-	171,600	6.44
C กิจกรรมการปลูก	178,600	-	-	-	3,100	181,700	6.81
D กิจกรรมการดูแลรักษา	86,700	-	73,500	715,000	620	875,820	32.81
E กิจกรรมการเก็บเกี่ยว	228,800	-	-	-	700	229,500	8.59
F กิจกรรมการขนส่ง	-	-	514,800	27,600	-	542,400	20.32
G กิจกรรมการดูแลสินค้าคงคลัง	-	10,880	-	-	-	10,880	0.41

5. สรุปผลการศึกษา

วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัยคือ เพื่อศึกษา ลักษณะข้ออุปทานและการวิเคราะห์ต้นทุนโลจิสติกส์ ในการเพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด โดยพื้นที่ ทำการศึกษา คือ กลุ่มเกษตรกรบ้านดอนยานาง ที่มี พื้นที่เพาะปลูกในอำเภอนามน จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้วิธีการเลือกแบบจำเพาะเจาะจงจำนวนทั้งหมด 37 ราย ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมในการเพาะปลูก ประกอบไปด้วย 7 กิจกรรมหลัก คือ การจัดซื้อจัดหา การเตรียมแปลงปลูก การปลูก การดูแลรักษา การ เก็บเกี่ยว การขนส่ง และการดูแลสินค้าคงคลัง

ต้นทุนโลจิสติกส์ตามต้นทุนฐานกิจกรรม คำนวณ โดยจำแนกทรัพยากรออกเป็น 5 ประเภท คือ ด้าน บุคลากร ด้านพื้นที่ ด้านเครื่องจักร/อุปกรณ์ ด้านวัสดุ ใช้งาน/วัสดุสิ้นเปลือง และด้านอื่น ๆ และนำเวลาใน การปฏิบัติงาน พื้นที่ในการปฏิบัติงานและร้อยละการ ทำงานเป็นเกณฑ์ใน การกระจายต้นทุนลงสู่แต่ละ กิจกรรม ผลการศึกษาพบว่า ต้นทุนโลจิสติกส์รวมของ เกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด บ้านดอนยา นาง จังหวัดกาฬสินธุ์ มีทั้งสิ้น 2,671,700 บาทต่อ ฤดูกาลเพาะปลูก

กิจกรรมมีการใช้ทรัพยากรด้านวัสดุใช้งาน/วัสดุ สิ้นเปลืองมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 38.05 ของต้นทุน รวม อันดับสองคือ ด้านเครื่องจักร/อุปกรณ์ คิดเป็น ร้อยละ 28.44 ของต้นทุนรวม อันดับสามคือ ด้าน บุคลากร คิดเป็นร้อยละ 18.49 ของต้นทุนรวม อันดับ สี่ คือ ด้านพื้นที่ คิดเป็นร้อยละ 14.75 ของต้นทุนรวม

และอันดับสุดท้ายคือ ด้านอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 0.27 ของต้นทุนรวม ซึ่งต่างจากงานวิจัยของ จินตนา จันทรนนท์ และคณะฯ [12] เพราะมีการคิด เปรียบเทียบผลตอบแทนจากการขายแตงโมร่วมด้วย และมีการแยกพิจารณาเป็นต้นทุนการผลิต

6. ข้อเสนอแนะ

ทีมวิจัยเสนอแนวทางปฏิบัติในการลดต้นทุนโลจิสติกส์ของเกษตรกร ดังต่อไปนี้

1) กิจกรรมการดูแลรักษามีต้นทุนสูงสุด เพราะใช้ ปุ๋ยเคมีและยาฆ่าแมลงปริมาณมาก ทำให้เกิดต้นทุน สูง แนวทางการลดต้นทุน คือ ใช้ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ย ชีวภาพควบคู่กับปุ๋ยเคมี และใช้น้ำหมักชีวภาพควบคู่ กับยาฆ่าแมลง จะช่วยลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีและยา ฆ่าแมลง ซึ่งจะช่วยให้ลดต้นทุนลงได้

2) กิจกรรมการจัดซื้อจัดหามีต้นทุนรองลงมา เพราะราคาเมล็ดพันธุ์แพง ทำให้เกิดต้นทุนสูง แนว ทางการลดต้นทุน คือ ควรรวมกลุ่มเกษตรกรในการ สั่งซื้อเมล็ดพันธุ์ เพื่อให้ได้ราคาที่ถูกลงกว่าปกติ และ ควรสั่งซื้อเมล็ดพันธุ์ในปริมาณที่เหมาะสมกับพื้นที่ เพาะปลูก ถ้าสั่งซื้อมาในปริมาณมากเกินไป เวลานาน ไปทำให้เมล็ดพันธุ์เน่าเสียได้ เพื่อลดการใช้ทรัพยากร ที่ไม่จำเป็น

3) กิจกรรมการขนส่งมีต้นทุนสูงเป็นอันดับสาม เนื่องจากเกษตรกรใช้รถบรรทุกในการขนส่งแตงโมไป ขาย ซึ่งเกษตรกรอาจจะต้องนำเรื่องการจัดรถบรรทุก ไปพิจารณาเปรียบเทียบกับรถส่วนตัว หรืออาจ

บทความวิจัย (Research Article)

รวมกลุ่มในการชนเพื่อเพิ่มโอกาสในการต่อรองและหาแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายส่วนนี้

7. กิตติกรรมประกาศ

ทีมวิจัยขอขอบพระคุณเกษตรกรผู้เพาะปลูกแตงโมพันธุ์เตอร์ปิโด บ้านดอนยางนาง จังหวัดกาฬสินธุ์ ตลอดจนผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล ให้ความร่วมมือ และข้อเสนอแนะ

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมส่งเสริมการเกษตร. “แตงโมเนื้อ”. [ออนไลน์]. Available: <http://production.doae.go.th>. [เข้าถึงเมื่อ: 29 สิงหาคม 2567].
- [2] ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษา. “ข้อมูลน่ารู้เกี่ยวกับแตงโม”. 2565. [ออนไลน์]. Available: <https://sciplanet.org/content/10596>. [เข้าถึงเมื่อ: 29 สิงหาคม 2567].
- [3] กรุงเทพธุรกิจ. “ตลาดแตงโมกาฬสินธุ์คึกคัก. เกษตรกรระบุแม้ราคาตกยังดีกว่าทำนาขาดทุน”. [ออนไลน์]. Available: <https://www.bangkokbiznews.com>. [เข้าถึงเมื่อ: 15 มกราคม 2562].
- [4] สมพงษ์ ปัญญาที่ยั่งยืน. “การวิเคราะห์ระบบต้นทุนฐานกิจกรรม: กรณีศึกษาผู้ให้บริการรับจ้างขนส่ง”. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2553.
- [5] I. J. Chen and A. Paulraj. "Understanding supply chain management: critical research and a theoretical framework," *International Journal of Production Research*, vol. 42, no. 1, pp. 131-163, 2004. DOI: 10.1080/00207540310001602865.
- [6] Lorraine Bond. “ห่วงโซ่คุณค่าและห่วงโซ่อุปทาน”. [ออนไลน์]. Available: <https://slideplayer.in.th/slide/15287882>. [เข้าถึงเมื่อ: 12 ตุลาคม 2562].
- [7] กมลชนก สุทธิวาทีนฤพุมิ และคณะ. “กิจกรรมโลจิสติกส์”. [ออนไลน์]. Available: <http://www.lopburi.go.th/logistic.htm>. [เข้าถึงเมื่อ: 22 สิงหาคม 2562].
- [8] ดยณิตศักดิ์ พุฒิพัฒน์ไผะจิต. “กิจกรรมโลจิสติกส์”. [ออนไลน์]. Available: <http://www.logisticdru.blogspot.com/2015/09/blogpost.html>. [เข้าถึงเมื่อ: 22 สิงหาคม 2562].
- [9] กิตติชัย เจริญชัย. “การศึกษาระบบจัดการโซ่อุปทานและโลจิสติกส์ของม้าน้ำป่าหลังในจังหวัดมหาสารคาม”. รายงานการวิจัย. คณะวิทยาการจัดการ. มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม; 2562.
- [10] สารนิพนธ์ บีบีอีฮาม. “ทฤษฎีต้นทุนฐานกิจกรรม”. [ออนไลน์]. Available: <http://mim12bibiiham.blogspot.com>. [เข้าถึงเมื่อ: 9 มกราคม 2562].
- [11] รุธีร์ พนมยงค์ และคณะ. “ข้อดี-ข้อเสียของเครื่องมือ”. [ออนไลน์]. Available: <https://techno56.wordpress.com>. [เข้าถึงเมื่อ: 12 ตุลาคม 2562].
- [12] จินตนา จันทนนท์, ศักดาเดช คุลากุล และนิรมล เนื่องสิทธิ์. “การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทนจากการลงทุนปลูกแตงโมเกษตรกรกรณีศึกษา ตำบลท่าก้อน อำเภอบ้านดง จังหวัดสกลนคร”, *Journal of Management and Development Ubon Ratchathani Rajabhat University*, vol. 10, no. 1, pp. January – June 2023.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

สิริวิญญ์ สงวนศรี¹, ธนกร เพ็งกระจ่าง¹, นวัตรกร โพธิสาร^{1*} และ วินิต ยืนยง¹

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีมัลติมีเดีย คณะเทคโนโลยีการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

*ผู้ประสานงานบทความฉบับนี้: nawuttagorn.po@rmu.ac.th โทรศัพท์: 086-6382433

(รับบทความ: 9 สิงหาคม 2567; แก้ไขบทความ: 29 สิงหาคม 2567; ตอรับบทความ: 30 สิงหาคม 2567)

บทคัดย่อ

การบริหารจัดการหลักสูตรในยุคปัจจุบันจำเป็นต้องนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาช่วยในการสื่อสารไปยังผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่มีประสิทธิภาพ การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ที่ออกแบบเพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ โดยใช้โมเดล ADDIE ในการพัฒนาเกม กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษา สังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จำนวน 30 คน เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสอบถามและแบบประเมินคุณภาพเว็บไซต์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัย พบว่า เว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นมีการออกแบบมีความสวยงาม ทันสมัย และใช้งานง่าย โดยมีการใช้สีและตัวอักษรที่เหมาะสม ช่วยให้การเข้าถึงข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เนื้อหามีความชัดเจน ถูกต้อง และน่าเชื่อถือ จัดระเบียบในรูปแบบที่เป็นมิตรกับผู้ใช้ ภาพประกอบที่ใช้ในเว็บไซต์มีความเหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหา เพิ่มความน่าสนใจและความเข้าใจโดยรวม เมื่อประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ พบว่า ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 กล่าวโดยสรุปการวิจัยนี้เน้นย้ำถึงความสำคัญของการออกแบบที่ดี เนื้อหาที่ชัดเจน และการใช้ภาพประกอบที่เหมาะสมในการสร้างเว็บไซต์ที่มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับผู้ใช้ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพไปยังผู้มีส่วนได้ส่วนเสียของหลักสูตรได้

คำสำคัญ: การพัฒนาเว็บไซต์ การประชาสัมพันธ์ เทคโนโลยีมัลติมีเดีย

การอ้างอิงบทความ: สิริวิญญ์ สงวนศรี, ธนกร เพ็งกระจ่าง, นวัตรกร โพธิสาร และ วินิต ยืนยง, "การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 4, หน้า 35-43, 2567.

บทความวิจัย (Research Article)

Development of a Website for Publicizing the Multimedia Technology Program at Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus

Sirawit Sanguansri¹, Thanakorn Pengkrajung¹, Nawuttagorn Potisarn^{1,*} and Winit Yuenying¹

¹ Department of Multimedia Technology, Faculty of Management Technology, Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus

* Corresponding Author: nawuttagorn.po@rmuti.ac.th, Tel: 086-6382433
(Received: August 9, 2024; Revised: August 29, 2024; Accepted: August 30, 2024)

Abstract

In the present era, effective curriculum management requires the utilization of modern technology to communicate efficiently with stakeholders. This research aims to develop and evaluate a website designed to publicize the Multimedia Technology Program at Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus, utilizing the ADDIE Model for game development. The sample was students at Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus, including 30 people. The research instruments were a questionnaire and a website quality assessment form. The collected data was analyzed by mean and standard deviation. The findings indicate that the developed website achieves modern aesthetics and ease of use, with appropriate use of colors and typography, enabling efficient information access. The content is clear, accurate, and reliable, organized in a user-friendly manner. Images used on the website are suitable and consistent with the content, enhancing the overall appeal and comprehension. The evaluation of the website designed found that the overall average was at a good level, with a mean of 4.24 and a standard deviation of 0.57. In conclusion, this research underscores the importance of good design, clear content, and appropriate imagery in creating an effective and user-friendly website. This will be beneficial for effective communication for course stakeholders.

Keywords: Website Development, Public Relations, Multimedia Technology

Please cite this article as: S. Sanguansri, T. Pengkrajung, N. Potisarn and W. Yuenying, "Development of a Website for Publicizing the Multimedia Technology Program at Rajamangala University of Technology Isan, Surin Campus," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 4, pp. 35-43, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในยุคดิจิทัลปัจจุบัน อินเทอร์เน็ตได้กลายเป็นสื่อกลางสำคัญในการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร และมีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของผู้คนทั่วโลกองค์กรต่าง ๆ ได้นำระบบอินเทอร์เน็ตมาใช้เพื่อเสนอข้อมูลสารสนเทศในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งหนึ่งในช่องทางที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือเว็บไซต์ [1][2] เนื่องจากเว็บไซต์เป็นสื่อที่สามารถเข้าถึงได้ง่ายและมีความยืดหยุ่นในการปรับปรุงและเพิ่มข้อมูลอย่างต่อเนื่อง ทำให้เว็บไซต์กลายเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการประชาสัมพันธ์และสื่อสารข้อมูลไปยังกลุ่มเป้าหมาย [3]

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ เป็นหนึ่งในสถาบันการศึกษาที่มุ่งเน้นการพัฒนาหลักสูตรที่ตอบสนองต่อความต้องการของตลาดแรงงาน หนึ่งในหลักสูตรที่มีความสำคัญคือหลักสูตรเทคโนโลยีมีลติมีเดีย ซึ่งมีความจำเป็นในการประชาสัมพันธ์เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับหลักสูตรแผนการเรียน การประกอบอาชีพหลังสำเร็จการศึกษา และข้อมูลที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ อย่างครบถ้วนและน่าสนใจ อย่างไรก็ตาม เว็บไซต์ของสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและมัลติมีเดียในปัจจุบันยังขาดข้อมูลเชิงลึกที่สามารถดึงดูดและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้เข้าชม ทำให้เกิดความจำเป็นในการพัฒนาเว็บไซต์ใหม่ที่สามารถประชาสัมพันธ์หลักสูตรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจและความสนใจของผู้ที่สนใจเข้าศึกษาในหลักสูตรดังกล่าว การแก้ไขปัญหาดังกล่าว จำเป็นต้องนำเทคโนโลยีการพัฒนาเว็บไซต์ที่ทันสมัย สามารถสร้างประสบการณ์ของผู้ใช้งานและส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานได้ (UX/UI) ทำให้ให้สะดวก มีความสวยงาม และมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน [4] [5]

ดังนั้นงานวิจัยนี้มุ่งเน้นในการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมีลติมีเดีย สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ และ

ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อให้มั่นใจว่าเว็บไซต์สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเป็นประโยชน์ต่อการเผยแพร่ข้อมูลของหลักสูตร

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ที่ออกแบบเพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมีลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การออกแบบที่มีความเหมาะสมตามหลัก User Experience (UX) และ User Interface (UI) จะทำให้สะดวก มีความสวยงาม และมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน [6] ให้ความหมายดังนี้ User Experience (UX) คือ การออกแบบที่มีจุดประสงค์มุ่งเน้นให้ผู้เข้ามาใช้งาน Digital Products และ User Interface (UI) การออกแบบหน้าตาเว็บไซต์ หรือแอปพลิเคชันให้ออกมาสวยงาม สบายตา ง่ายต่อการใช้งาน

ในงานวิจัยของ สุคนธ์ทิพย์ คำจันทร์ และ ประภาพร กุลลิมรัตน์ชัย [4] ได้อธิบายองค์ประกอบที่สำคัญของ User Interface (UI) ได้แก่ การออกแบบที่เน้นการนำเสนอข้อมูล (Information Design) การออกแบบที่เน้นการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้ใช้งานกับเป้าหมาย (Interaction Design) การออกแบบที่เน้นการจัดเรียงข้อมูลอย่างเป็นระบบ (Information Architecture) การออกแบบที่เน้นการนำเสนอภาพให้เกิดความสวยงาม (Visual Design) การออกแบบที่เน้นปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ (Human Computer Interaction) และ User Experience (UX) ในการออกแบบแพลตฟอร์ม นอกจากนี้ ปิณทัต ผิวอินทร์ และคณะ [5] ได้ออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเมนูอาหารเพื่อสุขภาพ โดยใช้การออกแบบ UX/UI (User Experience : UX) / (User Interface : UI) ผลการวิจัยพบว่า กระบวนการทำงานความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.2) การ

บทความวิจัย (Research Article)

ออกแบบหน้าจออยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 4.4) และด้านเทคนิคที่ใช้อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย = 3.96) ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระบบที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง

3. วิธีดำเนินงานวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยเรื่อง "การพัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์" มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษา สังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ประจำปีภาคเรียนที่ 1/2566 จำนวน 3,148 คน (<https://plan.rmuti.ac.th/rmuti2566>)

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษา สังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ จำนวน 30 คน ได้มาโดยการเลือกแบบบังเอิญ (Accidental Sampling)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลและประเมินคุณภาพเว็บไซต์ ได้แก่ แบบสอบถามและแบบประเมินคุณภาพเว็บไซต์ ซึ่งประกอบด้วย 3 ด้านหลัก คือ ด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหา และด้านรูปภาพ

การสร้างเครื่องมือวิจัยและหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบแบบสอบถาม ดำเนินการโดยกำหนดหัวข้อและเนื้อหาที่ต้องการสอบถาม เช่น ความพึงพอใจต่อการใช้งานเว็บไซต์ ความสะดวกในการเข้าถึงข้อมูล ความชัดเจนของข้อมูลที่น่าเสนอ และความสวยงามของการออกแบบ และการออกแบบประเมินคุณภาพเว็บไซต์ เช่น การออกแบบเนื้อหา ความสวยงาม การใช้งานและการตอบสนอง

ต่อผู้ใช้งาน ความเข้าถึงได้ และประสิทธิภาพของเว็บไซต์

2. ออกแบบคำถามให้ครอบคลุมประเด็นที่เกี่ยวข้อง โดยใช้รูปแบบคำถามที่หลากหลาย เช่น คำถามแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) คำถามแบบระดับความคิดเห็น (Likert Scale) และคำถามปลายเปิด (Open-ended Questions)

3. ทดสอบความชัดเจนและความเข้าใจง่ายของคำถามโดยการหาค่า IOC (Index of Item-Objective Congruence) จากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ได้ค่า IOC ระหว่าง 0.67 – 1.00 จึงจะสามารถใช้ได้

4. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามและแบบประเมินคุณภาพเว็บไซต์ จากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาช (Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบสอบถาม คือ 0.872 และแบบประเมินคุณภาพเว็บไซต์ คือ 0.756

3.3 การสร้างและพัฒนาเว็บไซต์

การสร้างเว็บไซต์ตามขั้นตอนของแบบ ADDIE Model ซึ่งมีทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ

- 1) ขั้นวิเคราะห์ (Analysis)
- 2) ขั้นตอนออกแบบ (Design)
- 3) ขั้นพัฒนา (Development)
- 4) ขั้นการนำไปใช้ (Implementation)
- 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)

โดยดำเนินการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเว็บไซต์ (Site Structure) เพื่อให้ผู้ใช้งานเข้าถึงข้อมูลได้ง่าย ใช้เทคนิคการจัดวางเนื้อหาแบบเรียบง่ายและเป็นระเบียบ ตามหลักการออกแบบ UX/UI (User Experience : UX) / (User Interface : UI) ที่จะทำให้เว็บไซต์ใช้งานได้สะดวก มีความสวยงาม และมีความเหมาะสมต่อการใช้งาน จากนั้นดำเนินการพัฒนาเว็บไซต์โดยใช้เครื่องมือและเทคโนโลยีที่เหมาะสม เช่น HTML, CSS, JavaScript, และ CMS (Content Management System) เพื่อให้เว็บไซต์มี

บทความวิจัย (Research Article)

ประสิทธิภาพและใช้งานได้ง่าย จากนั้นนำไปติดตั้งและทดสอบการใช้งานเว็บไซต์ในสภาพแวดล้อมจริงและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะจากกลุ่มตัวอย่าง

3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างโดยนำเว็บไซต์ไปให้ผู้ใช้งานทดลองใช้ จากนั้นให้ตอบแบบสอบถามและแบบประเมินคุณภาพเว็บไซต์ ทำการรวบรวมข้อมูล แล้วนำมาวิเคราะห์ด้วยค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) การแปลผลรายละเอียด [7] ดังนี้

- 4.51 – 5.00 หมายถึง ระดับมากที่สุด
- 3.51 – 4.50 หมายถึง ระดับมาก
- 2.51 – 3.50 หมายถึง ระดับปานกลาง
- 1.51 – 2.50 หมายถึง ระดับน้อย
- 1.00 – 1.50 หมายถึง ระดับน้อยที่สุด

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการพัฒนาเว็บไซต์

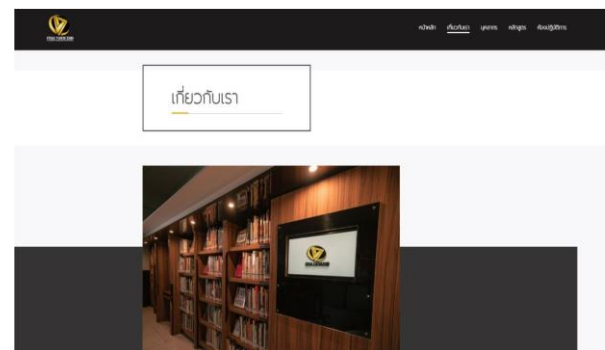
ผลการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมัลติมีเดีย สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ดังรูปที่ 1 – 4



รูปที่ 1 ภาพแสดงหน้าหลักของเว็บไซต์ 1



รูปที่ 2 ภาพแสดงหน้าหลักของเว็บไซต์ 2



รูปที่ 3 ภาพแสดงหน้าเกี่ยวกับเราของเว็บไซต์ 1



รูปที่ 4 ภาพแสดงหน้าเกี่ยวกับเราของเว็บไซต์ 2

จากรูปที่ 1 – 4 พบว่า เว็บไซต์สามารถใช้งานได้สะดวก มีความสวยงาม และเหมาะสมต่อการนำไปประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมัลติมีเดีย

บทความวิจัย (Research Article)

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและมัลติมีเดีย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขต
สุรินทร์

4.2 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการศึกษาข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง ผลดัง
ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ลักษณะ		จำนวน (คน)	ร้อยละ (%)
เพศ	ชาย	16	53.33
	หญิง	14	46.67
ช่วงอายุ	ต่ำกว่า 18 ปี	0	0.00
	18-20 ปี	11	36.67
	21-23 ปี	9	30.00
	มากกว่า 23 ปี	10	33.33
รวม		30	100

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็น
เพศชาย จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 53.33 และ
ส่วนใหญ่มีอายุ 18 – 20 ปี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อย
ละ 36.67

4.3 ผลการศึกษาความพึงพอใจที่มีต่อเว็บไซต์

จากแบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่
ด้านเนื้อหา ด้านภาพประกอบ และด้านการออกแบบ
โดยมีผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1) ด้านการออกแบบเว็บไซต์ ได้แก่ ความสวยงาม
ความทันสมัย น่าสนใจ ซึ่งโดยรวมระดับความพึง
พอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.33 และค่า
เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62

2) ด้านเนื้อหาเว็บไซต์ ได้แก่ เนื้อหามีความ
ชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ ซึ่งโดยรวมระดับความพึง
พอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และค่า
เบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.82

3) ด้านรูปภาพในเว็บไซต์ ได้แก่ ภาพประกอบที่
ใช้บนเว็บไซต์มีความเหมาะสมและน่าสนใจ ซึ่ง
โดยรวมระดับความพึงพอใจในระดับมาก มีค่าเฉลี่ย
เท่ากับ 4.33 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47

4.4 ผลการประเมินคุณภาพเว็บไซต์

ผลการประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น
มานั้น ได้รับการประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้
เกณฑ์การประเมินด้านการออกแบบ เนื้อหา และ
รูปภาพ โดยมีผลการประเมินดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพด้านการออกแบบ
ภายในเว็บไซต์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผล
1. ความสวยงาม ความทันสมัย น่าสนใจ	4.33	0.47	มาก
2. การจัดรูปแบบในเว็บไซต์ง่ายต่อ การอ่านและการใช้งาน	4.00	0.82	มาก
3. สีสันในการออกแบบเว็บไซต์มี ความเหมาะสม	3.67	0.47	มาก
4. ง่ายต่อการใช้งาน	3.67	0.47	มาก
5. สีสันหลังกับสีตัวอักษรมีความ เหมาะสมต่อการอ่าน	4.33	0.47	มาก
6. ขนาดตัวอักษร และรูปแบบ ตัวอักษร อ่านได้ง่ายและสวยงาม	3.67	0.47	มาก
รวม	3.94	0.62	มาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพ
ด้านการออกแบบภายในเว็บไซต์ โดยภาพรวมอยู่ใน
ระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.94 ค่าเบี่ยงเบน
มาตรฐานเท่ากับ 0.62

ตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาภายใน
เว็บไซต์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผล
1. เนื้อหามีความชัดเจน ถูกต้อง น่าเชื่อถือ	3.67	0.47	มาก
2. ปริมาณเนื้อหาไม่เพียงพอ	4.00	0.82	มาก
3. มีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการ ค้นหาและทำความเข้าใจ	3.67	0.47	มาก

บทความวิจัย (Research Article)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผล
4. ความเหมาะสมของข้อมูลภายในเว็บไซต์	4.33	0.47	มาก
5. ข้อความในเว็บไซต์ถูกต้องตามหลักภาษาและไวยากรณ์	3.33	0.47	ปานกลาง
รวม	3.80	0.65	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาภายในเว็บไซต์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพด้านรูปภาพภายในเว็บไซต์

รายการประเมิน	$\bar{X}$	SD	แปลผล
1. ภาพประกอบที่ใช้นั้นเว็บไซต์มีความเหมาะสมและน่าสนใจ	4.33	0.47	มาก
2. เนื้อหาที่ภาพมีความสอดคล้องกัน	4.33	0.47	มาก
3. ภาพประกอบสามารถสื่อความหมายได้	3.67	0.47	มาก
รวม	4.11	0.47	มาก

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพด้านรูปภาพภายในเว็บไซต์ โดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47

จากตารางที่ 2-4 สามารถสรุปผลการประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้น โดยรวมอยู่ในระดับดี ค่าเฉลี่ย 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57

5 การอภิปรายผลการวิจัย

ในการพัฒนาเว็บไซต์เพื่อประชาสัมพันธ์หลักสูตรเทคโนโลยีมีเดีย สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและมัลติมีเดีย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การพัฒนาเว็บไซต์ตามทฤษฎีการสร้างเกมแบบ ADDIE Model นั้นมีผลทำให้เว็บไซต์มีความพึงพอใจในระดับที่ดีทั้งในด้านการออกแบบ ด้านเนื้อหา และ

ด้านรูปภาพ การอภิปรายผลการวิจัยนี้จะครอบคลุมถึงประเด็นหลักต่างๆ ที่ได้จากการวิจัย ดังนี้

จากผลการประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ทั้งในด้านการออกแบบ เนื้อหา และรูปภาพ พบว่าผู้มีความพึงพอใจในระดับมาก การที่เว็บไซต์สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้และมีประสิทธิภาพในการนำเสนอข้อมูล ถือเป็นความสำเร็จในการพัฒนาเว็บไซต์ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วีรสิทธิ์ จันทนา และ ชุตินา เกศดาธุรัตน์ [8] ได้ศึกษาปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 4Es ที่ส่งผลให้ผู้บริโภคสั่งอาหารประเภทชาบูผ่านโมบายแอปพลิเคชัน Food Delivery โดยพบว่า ผู้บริโภคเกิดความพึงพอใจในการใช้งานโมบายแอปพลิเคชัน Food Delivery มากที่สุด โดยผลทดสอบการใช้งานด้าน User Experience (UX) และ User Interface (UI) พบว่า ผู้ใช้งานสามารถใช้งานได้สะดวก มีการจัดวางเค้าโครง รูปภาพ เนื้อหา และโฆษณาที่ใช้งานง่ายและรวดเร็ว

จากผลการประเมินคุณภาพด้านการออกแบบพบว่าเว็บไซต์มีความสวยงาม ทันสมัย น่าสนใจ และการจัดรูปแบบเว็บไซต์ง่ายต่อการอ่านและการใช้งาน ผลการประเมินนี้สอดคล้องกับทฤษฎีการออกแบบที่เน้นความเป็นมิตรต่อผู้ใช้งาน (User-Friendly) ทั้งการใช้สีและตัวอักษรที่เหมาะสม รวมถึงการจัดวางเนื้อหาในลักษณะที่ผู้ใช้สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว การใช้สีพื้นหลังและสีตัวอักษรที่เหมาะสมช่วยเพิ่มความสะดวกในการอ่านข้อมูล ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญในการออกแบบที่มีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับงานวิจัยของ นรชนก ทาสวรรณ [8] ที่ได้ศึกษาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งานที่เป็นมิตรกับผู้สูงอายุในสวีเดน โดยพบว่า ผู้สูงอายุต้องการส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน โดยการออกแบบด้วยตนเอง ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าจะสามารถใช้งานได้ง่ายตามความต้องการ และไม่ซับซ้อนมากนัก

จากผลการประเมินคุณภาพด้านเนื้อหาของเว็บไซต์ พบว่า เนื้อหาที่มีความชัดเจน ถูกต้อง

บทความวิจัย (Research Article)

น่าเชื่อถือ และมีการจัดหมวดหมู่ให้ง่ายต่อการค้นหา และทำความเข้าใจ การที่เนื้อหาที่มีความชัดเจนและถูกต้องนั้นช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือให้กับเว็บไซต์ และการจัดหมวดหมู่เนื้อหาในรูปแบบที่เป็นระเบียบช่วยให้ผู้ใช้สามารถค้นหาข้อมูลที่ต้องการได้อย่างรวดเร็ว และง่ายดาย สอดคล้องกับหลักการออกแบบ UI Designer [6] คือ ต้องสามารถจัดเค้าโครง (Layout) ของหน้าเว็บไซต์หรือแอปพลิเคชันให้เป็นระเบียบ เข้าใจง่าย อ่านง่าย และสวยงาม ทั้งนี้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายที่สุด

จากผลการประเมินคุณภาพรูปภาพพบว่า ภาพประกอบที่ใช้บนเว็บไซต์มีความเหมาะสมและน่าสนใจ และเนื้อหาภาพมีความสอดคล้องกัน การใช้ภาพประกอบที่มีความเหมาะสมและสามารถสื่อความหมายได้ชัดเจน ช่วยเพิ่มความน่าสนใจให้กับเนื้อหาและช่วยให้ผู้ใช้เข้าใจข้อมูลได้ง่ายขึ้น สอดคล้องกับหลักการออกแบบ UI [6] จะให้ความสำคัญกับความสวยงาม และความเข้าใจง่ายของผู้ใช้งาน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปิณณทัต ผิวนินทร์ และคณะ [5] ที่ผลการออกแบบหน้าจอประเมินแล้วพบว่า หน้าจอมีความสวยงาม รายละเอียดหน้าจอ มีฟังก์ชันการทำงานภายในที่สะดวกสบาย ตำแหน่งและปุ่มรวมถึงขนาดตัวอักษรมีความเหมาะสม

6. สรุปผลการวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและประเมินคุณภาพของเว็บไซต์โดยใช้ขั้นตอนการพัฒนาแบบ ADDIE Model และใช้หลักการออกแบบ UX/UI (User Experience : UX) / (User Interface : UI) ส่งผลให้ เว็บไซต์ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพในระดับมาก ทั้งในด้านการออกแบบที่มีความสวยงาม ทันสมัย และง่ายต่อการใช้งาน ด้านเนื้อหาที่มีความชัดเจน ถูกต้อง และน่าเชื่อถือ และด้านรูปภาพที่เหมาะสม และสอดคล้องกับเนื้อหา การใช้สีและตัวอักษรที่เหมาะสม รวมถึงการจัดวางเนื้อหาอย่างเป็นระเบียบ

ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

7. ข้อเสนอแนะงานวิจัย

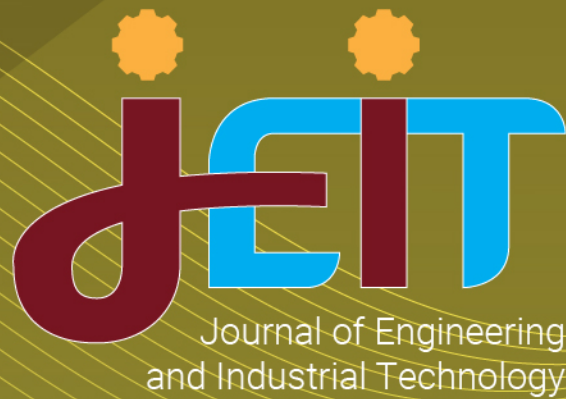
แม้ว่าเว็บไซต์จะได้รับการประเมินในระดับมาก แต่ยังคงมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุง เช่น การเพิ่มเนื้อหาที่มีความลึกซึ้งและครอบคลุมมากขึ้น การปรับปรุงการจัดวางรูปภาพและเนื้อหาให้มีความสมดุล และการเพิ่มฟังก์ชันการใช้งานที่ช่วยให้ผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับเว็บไซต์ได้มากขึ้น การนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ มาปรับใช้กับเว็บไซต์จะช่วยให้เว็บไซต์มีความทันสมัยและตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ได้ดียิ่งขึ้น

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] วิพงษ์ชัย ร้องขันแก้ว, "การพัฒนาเว็บไซต์บนอินเทอร์เน็ตเพื่อการประชาสัมพันธ์แหล่งนันทนาการในจังหวัดนครนายก," *วารสารศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้*, ปีที่ 10, ฉบับที่ 2, หน้า 40-56, 2022.
- [2] ทาไลณี แตรรูปวิไล, "รูปแบบการบริหารการประชาสัมพันธ์ของวิทยาลัยเทคโนโลยีธุรกิจอาหารไทยและนานาชาติ," *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี*, ปีที่ 13, ฉบับที่ 1, หน้า 164-178, 2019.
- [3] เอกสิทธิ์ จันทร์สวด, รัตนกร กิ่งมาลา, จันทรรดา สุขสาม, และ วินิต ยืนยง, "การพัฒนาเว็บไซต์สถานที่ท่องเที่ยวตำบลนางมุด อำเภอกาบเชิง จังหวัดสุรินทร์," *วารสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสร้างสรรค์*, ปี 1, ฉบับที่ 1, หน้า 14-20, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.14456/jcct.2023.3>.
- [4] สุนทรทิพย์ คำจันทร์ และ ประภาพร กุลลัมรัตน์ชัย, "การประยุกต์ใช้ User Interface (UI) และ User Experience (UX) ในการออกแบบแพลตฟอร์ม," *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีส*

บทความวิจัย (Research Article)

- เทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปี 16, ฉบับที่ 2, หน้า 63–77, 2022.
- [5] ปันณทัต ผิวอินทร์, กฤษณะ หุ่มสม, และ พรทิพย์ เหลียวตระกูล, “การออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันสนับสนุนการตัดสินใจเลือกเมนูอาหารเพื่อสุขภาพ,” *วารสารวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, ปี 2, ฉบับที่ 1, หน้า 54–69, 2021.
- [6] ภูมิภัทร อิมสำราญ, “คู่มือเริ่มต้นสู่การเป็น UX/UI Designer รวมทุกแง่มุมของสายอาชีพและทักษะที่สำคัญ,” [ออนไลน์]. Available: <https://blog.skooldio.com/ux-ui-designer-ultimate-guide>. [เข้าถึงเมื่อ: 10 ส.ค. 2023].
- [7] บุญชม ศรีสะอาด. *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น, 2554.
- [8] วีรสิทธิ์ จันทนา และ ชุติมา เกศดาญรัตน์, “ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาด 4Es ที่ส่งผลให้ผู้บริโภคสั่งอาหารประเภทชาบูผ่านโมบายแอปพลิเคชัน Food Delivery,” *วารสารนิเทศศาสตร์ธุรกิจบัณฑิต*, ปี 17, ฉบับที่ 2, หน้า 60-85, 2021.



วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

กองบรรณาธิการวารสาร

"วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์"

"Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University"

คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

62/1 ถนนเกษตรสมบูรณ์ ต.กาฬสินธุ์ อ.เมือง จ.กาฬสินธุ์ 46000

โทร: 088-574-2199 Email: jeit@ksu.ac.th