

วารสารวิศวกรรม และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology,
Kalasin University

ปีที่ 2 ฉบับที่ 6 (2024)

พฤศจิกายน – ธันวาคม 2567

ISSN 2985 0274 (Print)

ISSN 2985 0282 (Online)



กำหนดการเผยแพร่

วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University

ปีที่ 2 ฉบับที่ 6 (พฤศจิกายน – ธันวาคม 2567)

Vol. 2 No. 6 (November – December 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)
- วิศวกรรมอุตสาหการและวิศวกรรมการผลิต (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

อธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

รองศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ สุตสนธิ์

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิษุทธ จันทะรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพ์ลิขิต แก้วหานาม

ศาสตราจารย์ ดร.ระพีพันธ์ ปิตาคะโส

ดร.วิจิตรา โพธิสาร

รองอธิการบดีมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

บรรณาธิการ

ดร.สรายุทธ จิตะภาส

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยบรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สธิพงศ์ เสี่ยงมศักดิ์

ดร.สวลี อุดรา

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสี่ยงมวิบูล

รองศาสตราจารย์ ดร.อดิศักดิ์ ปัตติยะ

รองศาสตราจารย์ ดร.ชูพงษ์ ทองคำสมุทร

รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร สุทธิปาก

รองศาสตราจารย์ ดร.ธัญญา ประเมษฐานุวัฒน์

รองศาสตราจารย์ ดร.สกุลดล วรรณปะเข

รองศาสตราจารย์ ดร.สัจจากาจ จอมโนนเขวา

รองศาสตราจารย์ ดร.เกียร ดวงอุปมา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญชัย เหลาหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิศานาถ แก้ววินิต

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงดาว วัฒนากลาง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรอนงค์ แสงผ่อง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิศณุ ชัยจิตวินิชกุล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัลยา กิตติเลิศไพศาล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรงค์ วิชาผา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณฑนา ทองสุพล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจฉรา ชุมพล

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไทยทัศน์ สุดสวนสี

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยขอนแก่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ วิทยาเขตปทุมธานี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

วิทยาเขตขอนแก่น

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วรพจน์ สมมูล

มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปิยณัฐ โตอ่อน

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 6 เดือนพฤศจิกายน – เดือนธันวาคม 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	
การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนับบันทึกเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	1-17
นพัสสร เค็มกระโทก เพ็ญนภา ทุมนันเตียะ นิธิ เกิดมงคล และ เอกชัย แซ่จึ้ง	
การพัฒนากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติเพื่อเพิ่มมูลค่า และลดความสูญเสียด้วยการประยุกต์แผนผังสายธารแห่งคุณค่า	18-33
ณัฐนิชา วิชาชัย ธัญญกาญจน์ สุพร สิรินาถ จอมทรัพย์ อาจารย์ แสงเสถียร และ ปิยณัฐ โตอ่อน	
การประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR ในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้	34-49
สมศักดิ์ ทองแก้ว ศักดิ์ชัย หงษ์ทอง ปวีรพรต นาสวาสดี ณัฐภัทร กาญจนเรืองรอง วีระพล ทับทิมดี และ กฤษณะ ช่องศรี	
ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย	50-65
นพดล ยุบลชู ภากร งามแสง และ ไทยทัศน์ สุดสวนสี	

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนับบันทึกเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

นพัสสร เค็มกระโทก¹, เพ็ญญา ทูมสันเทียะ¹, นิธิ เกิดมงคล^{1,*} และ เอกชัย แซ่จิ่ง¹

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: niti.ge@rrmuti.ac.th โทรศัพท์: 061-3582942

(รับบทความ: 14 ตุลาคม 2567; แก้ไขบทความ: 25 พฤศจิกายน 2567; ตอรับบทความ: 4 ธันวาคม 2567)

บทคัดย่อ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานจัดพิธีพระราชทานปริญญาบัตรเป็นประจำทุกปี ฝ่ายสถิติการนับบันทึกมีบทบาทสำคัญในการจัดการข้อมูลและประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามระบบเดิมที่ใช้โปรแกรมตารางคำนวณซึ่งมีข้อจำกัด เช่น ความล่าช้า ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล และไม่รองรับการใช้งานแบบแบบทันที งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับการนับบันทึกที่มีความรวดเร็ว แม่นยำ และรองรับการใช้งานร่วมกันของหลายฝ่ายในเวลาเดียวกัน ระบบถูกพัฒนาด้วย Next.js และ MySQL ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ ออกแบบ และประเมินผลอย่างเป็นระบบ ระบบนับบันทึกที่พัฒนาขึ้นช่วยเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน โดยสามารถเข้าถึงได้ผ่านอินเทอร์เน็ต ลดความยุ่งยากจากการต้องพิมพ์ไฟล์การคำนวณแบบเดิม ส่งผลให้การจัดการข้อมูลมีความรวดเร็วและแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ระบบยังรองรับการใช้งานแบบแบบทันที ทำให้ฝ่ายงานต่าง ๆ สามารถดูข้อมูลสถานะบันทึกได้ทันที โดยไม่ต้องรอการอัปเดตจากฝ่ายใด ผลการประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง 5 คน พบว่า ระบบมีประสิทธิภาพในระดับดีมาก โดยได้คะแนนเฉลี่ย 4.53 จาก 5.00 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ระบบช่วยเพิ่มความถูกต้องและความรวดเร็วในการจัดการข้อมูล รวมถึงรองรับการประสานงานระหว่างหน่วยงานอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: เว็บแอปพลิเคชัน การนับบันทึก ระบบจัดการข้อมูล

การอ้างอิงบทความ: นพัสสร เค็มกระโทก, เพ็ญญา ทูมสันเทียะ, นิธิ เกิดมงคล, และ เอกชัย แซ่จิ่ง, "การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนับบันทึกเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 6, หน้า 1-17, 2567.

บทความวิจัย (Research Article)

Development of a Web Application for Counting Graduates Attending at the Royal Graduation Ceremony Rajamangala University of Technology Isan

Napassorn Kemkrathok¹, Phennapha Thumsanthia¹, Nithi Kerdmongkhon^{1,*} and Ekkachai Jueng¹

¹ Computer Science Program, Faculty of Science and Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Isan

* Corresponding Author: niti.ke@rmuti.ac.th, Tel: 061-3582942

(Received: October 14, 2024; Revised: November 25, 2024; Accepted: December 4, 2024)

Abstract

Rajamangala University of Technology Isan holds its annual graduation ceremony each academic year. The Graduate Statistics Division plays a crucial role in managing data and coordinating with relevant departments. However, the previous system using Excel had limitations such as delays, data recording errors, and lack of real-time functionality. This research aims to develop a web application for graduate counting that is fast, accurate, and supports simultaneous multi-departmental usage. The system was developed using Next.js and MySQL through systematic analysis, design, and evaluation processes. The newly developed graduate counting system enhances user convenience by providing internet accessibility, reducing complications from relying on traditional Excel files, resulting in faster and more accurate data management. Additionally, the system supports real-time operations, allowing various departments to view graduate status information immediately without waiting for updates from any particular department. The evaluation conducted by five experts showed that the system performed excellently, achieving an average score of 4.53 out of 5.00 with a standard deviation of 0.48. The system significantly improves data accuracy and processing speed while effectively supporting inter-departmental coordination. This new implementation demonstrates substantial improvements in data management efficiency, accessibility, and real-time collaboration capabilities across different university departments involved in the graduation ceremony organization.

Keywords: Web Application, Graduate Counting, Data Management System

Please cite this article as: N. Kemkrathok, P. Thumsanthia, N. Kerdmongkhon, and E. Jueng, "Development of a Web Application for Counting Graduates Attending at the Royal Graduation Ceremony Rajamangala University of Technology Isan," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 6, pp. 1-17, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (มทร.อีสาน) เป็นสถาบันอุดมศึกษาที่จัดการศึกษาในระดับอาชีวศึกษาระดับปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา โดยมีพื้นที่จัดการศึกษาครอบคลุม 4 จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ นครราชสีมา ขอนแก่น สกลนคร และสุรินทร์ โดยอ้างอิงสถิติการศึกษา มทร.อีสาน จากเว็บไซต์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มีจำนวนนักศึกษารวมทุกระดับปีการศึกษา 2567 จำนวน 28,522 คน และสถิติผู้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา จากข้อมูลสถิติการศึกษา มทร.อีสาน ในแต่ละปีที่เข้าร่วมพิธีพระราชทานปริญญาบัตรประจำปีในช่วงปีการศึกษา 2563 ถึง 2565 มีจำนวน 3,682 ราย 2,527 ราย และ 2,877 ราย ตามลำดับ การดำเนินการเตรียมงานก่อนและระหว่างพิธีพระราชทานปริญญาบัตรจำเป็นต้องอาศัยการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและภายนอกมหาวิทยาลัย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการจัดการข้อมูลจำนวนบัณฑิตที่เข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลสำคัญ อาทิ จำนวนผู้เข้ารับปริญญาบัตร จำนวนผู้รอเข้ารับ และสัดส่วนของบัณฑิตแต่ละคณะ ทั้งนี้ฝ่ายสถิตินับบัณฑิตของมหาวิทยาลัยมีหน้าที่ในการให้บริการข้อมูลดังกล่าวแบบทันที (Real-time) แก่หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เพื่อสนับสนุนการดำเนินงานให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ปัจจุบันกระบวนการนับจำนวนบัณฑิตที่เข้ารับพระราชทานปริญญาบัตรดำเนินการโดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เพิ่ม - ลดจำนวน 2 ส่วน เป็นระบบแยก

จากกัน ได้แก่ ระบบนับบัณฑิตแบบนับเพิ่มจำนวนแสดงผลผ่านทางหน้าจอโทรทัศน์ฉายในห้องประชุม และระบบนับบัณฑิตแบบนับลดจำนวนแสดงผลผ่านเว็บไซต์ ซึ่งต้องอาศัยบุคลากรหลายท่านในการปฏิบัติงานนับและตรวจสอบการนับซ้ำ ซึ่งมีความผิดพลาดเกิดขึ้นในบางครั้งเนื่องจากปัจจัยต่าง ๆ อาทิ อุปกรณ์นับแบบมือกดเกิดปัญหากะทันหัน รวมถึงปัญหาการบริการข้อมูลแก่ส่วนงานที่เกี่ยวข้องไม่สามารถทำได้ในทันที จากประเด็นปัญหาข้างต้น จึงนำมาสู่แนวคิดในการพัฒนาระบบการนับบัณฑิตรูปแบบใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานลดจำนวนบุคลากรที่ต้องปฏิบัติงาน และเพิ่มความสะดวกรวดเร็วให้แก่ผู้ใช้งาน ทั้งนี้การพัฒนาระบบดังกล่าวมุ่งเน้นการออกแบบที่เอื้อต่อการใช้งานที่ง่าย และสามารถบริการข้อมูลแก่ส่วนงานที่เกี่ยวข้องได้ทันที เพื่อยกระดับกระบวนการนับจำนวนบัณฑิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ระบบการทำงานในปัจจุบัน และพัฒนาระบบนับบัณฑิตเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Next.js เป็นเฟรมเวิร์ก React ที่ใช้ในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันแบบ SSR (Server-Side Rendering) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพด้าน SEO และสามารถพัฒนาได้ทั้ง Static และ Dynamic Site โดยใช้ฟังก์ชัน `getStaticPaths` สำหรับสร้างเส้นทางแบบ Static โดยไม่ต้องเชื่อมต่อกับ Backend นอกจากนี้

บทความวิจัย (Research Article)

ยังสามารถเชื่อมต่อกับ Backend ได้ผ่าน API routes ที่จัดการ Request อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ Next.js เป็นเครื่องมือที่นิยมในปัจจุบันในการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน [1]

Node.js เป็น Runtime Environment แบบ Cross Platform สำหรับฝั่ง Server โดยใช้ JavaScript เหมาะสำหรับแอปพลิเคชันแบบแบบทันที (Real-time) รองรับการจัดการ Package ผ่าน NPM หรือ YARN ช่วยพัฒนาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ทำงานได้ทั้งฝั่ง Frontend และ Backend โดยมีความยืดหยุ่นและปรับขนาดได้ง่าย [2]

MySQL เป็นระบบจัดการฐานข้อมูลเชิงสัมพันธ์ (RDBMS) ที่นิยมใช้ในแอปพลิเคชันเว็บสามารถจัดเก็บและจัดการข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ MySQL รองรับหลายภาษาโปรแกรม มีประสิทธิภาพสูง และมีความปลอดภัย ด้วยการเข้ารหัสข้อมูลและระบบรับรองตัวตน [3]

เทคโนโลยีกับการนับจำนวนมีการศึกษาในงานวิจัย ดังปรากฏในงานวิจัยของกัญญารัตน์ ยอดยิ่ง และคณะ (2562) [4] ได้พัฒนาเครื่องนับจำนวนคนเข้า-ออกแบบทางเดียว โดยใช้เซ็นเซอร์อินฟราเรดกับบอร์ดอาร์ดูโนเพื่อับจำนวนผู้ใช้ห้อง พบว่าผู้ใช้ 200 คน มีความพึงพอใจต่อระบบในระดับมาก โดยได้ค่าเฉลี่ย 4.13 จาก 5.00 แสดงถึงประสิทธิภาพในการใช้งาน

ระบบการนับจำนวนคนโดยอัตโนมัติเป็นกลยุทธ์ในการควบคุมการแพร่ระบาดของ COVID-19 โดย

Julián R. Camargo L และคณะ (2564) [5] ระบบที่นำเสนอสามารถนับจำนวนคนในพื้นที่เฉพาะได้แบบทันที ข้อมูลเหล่านี้สามารถช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวนคนที่สามารถเข้าไปในพื้นที่นั้นได้ ระบบการนับจำนวนคนโดยอัตโนมัติช่วยในการรักษาระยะห่างขั้นต่ำระหว่างบุคคลซึ่งเป็นมาตรการที่หลายรัฐบาลได้นำมาใช้ในการป้องกันการแพร่ระบาดของ COVID-19 การนับจำนวนได้ถูกพัฒนาด้วยการใช้โมดูล ESP8266 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ราคาถูกลงที่มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลได้ดี

เครื่องชั่งน้ำหนักและนับจำนวนอุปกรณ์แสดงผลอัตโนมัติ ดังปรากฏในงานวิจัยของรณชัย มรกตศรีวรรณและคณะ (2566) [6] โครงการนี้ออกแบบและพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักและนับจำนวนอุปกรณ์อัตโนมัติสำหรับวัสดุขนาดเล็ก โดยใช้โหลดเซลล์และ HX711 เพื่อแปลงสัญญาณเป็นดิจิทัล และไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สำหรับควบคุมการแสดงผล ผลการทดสอบพบว่าเครื่องมีความแม่นยำสูงโดยมีความผิดพลาดสูงสุดเพียง 0.2% และสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในการแจ้งเตือนข้อมูล

การพัฒนาระบบวิเคราะห์และนับจำนวนผลมะนาวด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เอกรัตน์ สุขสุนทร์ (2566) [7] บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบวิเคราะห์และนับจำนวนผลมะนาวด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์ เพื่อช่วยเกษตรกรในการประเมินผลผลิตระบบปลูกออกแบบและเทรนด้วยภาพมะนาวอ่อนและมะนาวแก่ จากนั้นทดสอบประสิทธิภาพโดยใช้ผลมะนาวจริงพบว่าระบบสามารถ

บทความวิจัย (Research Article)

วิเคราะห์และนับผลมะนาวอ่อนและแก่ได้อย่างแม่นยำ โดยมีความผิดพลาดในระดับต่ำ

ระบบการนับยานพาหนะแยกตามประเภทสำหรับวิทัศน์จราจรหลายมุมมอง วิชุกร คันธินทร (2565) [8] งานวิจัยนี้พัฒนาระบบนับและแยกยานพาหนะจากวิดีโอจราจรโดยใช้ YOLOX และ Byte Track ซึ่งมีความแม่นยำสูงและจัดการการบดบังได้ดี ความผิดพลาดต่ำสุดที่ 16.67% ช่วยเสริมการบริหารจราจรในระบบขนส่งอัจฉริยะอย่างมีประสิทธิภาพ

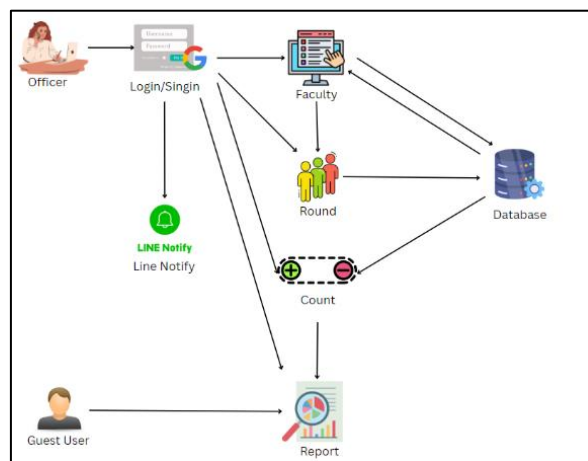
3. วิธีดำเนินงานวิจัย

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนับบันทึกเข้ารับการพระราชทานปริญญาบัตรได้มีการดำเนินการตามหลักการวิเคราะห์และออกแบบระบบอันประกอบไปด้วยขั้นตอนดังนี้

3.1 กรอบแนวคิด

เจ้าหน้าที่ที่สามารถเข้าสู่ระบบด้วยบัญชี Google ของมหาวิทยาลัย จะสามารถเข้าใช้งานในหน้าต่าง ๆ ได้เช่น หน้าจอจัดการข้อมูลคณะ (Faculty) หน้าจอจัดการข้อมูลรอบการรับ (Round) หน้า Send Notify (Line Notify) หน้าจอจัดการข้อมูลการนับบันทึก (Count) และหน้าแสดงรายงานภาพรวม (Report) ในส่วนของหน้าจอจัดการข้อมูลคณะจะมีการรับส่งข้อมูลกันระหว่าง ฐานข้อมูล (Database) สามารถจัดการข้อมูล เพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลคณะได้ หน้าจอจัดการข้อมูลรอบการรับจะมีการรวมข้อมูลจำนวนบันทึกของแต่ละรอบมาแสดงว่าแต่ละรอบมี

จำนวนบันทึกกี่คนและจะบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูลในส่วนของหน้า Send Notify จะเป็นส่วนของการแจ้งเตือนข้อมูลการนับบันทึกผ่าน Line Notify ส่วนของหน้าจอจัดการข้อมูลการนับบันทึกจะมีการดึงจำนวนทั้งหมดของบันทึกทุกรอบมาทำการนับ และแสดงข้อมูลไปยังหน้ารายงานที่ผู้ชมทั่วไปสามารถเข้ามาชมได้ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 กรอบแนวคิด

3.2 วิเคราะห์การทำงาน

3.2.1. ระบบงานเดิม

มีการทำงานนับจำนวนแบบ 2 ส่วนเป็นระบบแยกจากกัน ได้แก่ ระบบนับบันทึกแบบนับเพิ่มจำนวน แสดงผลผ่านทางหน้าจอแบบ 7 Segment ฉายในห้องประชุม และระบบนับบันทึกแบบนับลดจำนวนแสดงผลผ่านเว็บไซต์ การทำงานที่มีอยู่ในปัจจุบันเจ้าหน้าที่สามารถนับบันทึก แสดงข้อมูลตั้งค่าส่วนต่าง ๆ ได้โดยผ่านรูปแบบ Google Sheets และเจ้าหน้าที่อีกฝ่ายมีหน้าที่นับจำนวนคงเหลือว่า ณ

บทความวิจัย (Research Article)

ขณะนี้เหลือบัณฑิตก็คนโดยแสดงผ่าน 7 segment แสดงดังรูปที่ 2 จึงเป็นระบบที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับ เจ้าหน้าที่ ณ ปัจจุบัน แต่ระบบดังกล่าวมีรูปแบบที่ใช้งานยาก ซับซ้อน อุปกรณ์ไม่เสถียร และใช้บุคลากรในการทำงานจำนวนหลายคน จึงต้องมีการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันบัณฑิตเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร เพื่อเป็นตัวช่วยในการนับสถิติบัณฑิตและช่วยลดบุคลากร ลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากการนับสถิติ



รูปที่ 2 หน้าจอแสดงผลแบบ 7 segment

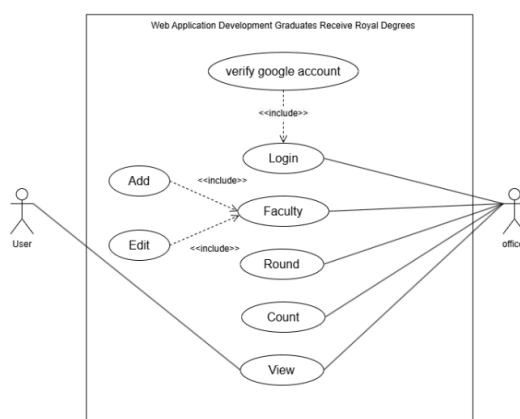
3.2.2. ระบบงานใหม่

ทางผู้พัฒนาได้พัฒนาเว็บแอปพลิเคชันโดยมีตัวอย่างจากแพลตฟอร์มเดิม แต่เปลี่ยนจากการทำงาน เดิมที่ใช้ Google Sheet ให้เป็นเว็บแอปพลิเคชันของหน่วยงานโดยตรง มีฐานข้อมูล และล็อกอินด้วยบัญชี Google ของหน่วยงานมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน

3.3 แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ (Use Case Diagram)

เจ้าหน้าที่สามารถเข้าสู่ระบบด้วย Google โดยใช้บัญชีของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานและ

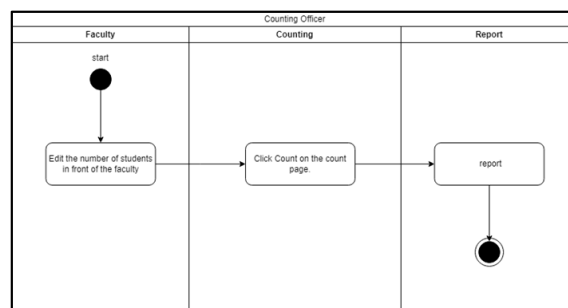
สามารถจัดการข้อมูลใน หน้าจอจัดการข้อมูลคณะ หน้าจอจัดการข้อมูลหน้ารอบเข้ารับและหน้าจอจัดการข้อมูลนับบัณฑิตและสามารถเข้าชมส่วน หน้าแสดงรายงานภาพรวมได้ทั้งเจ้าหน้าที่และผู้ใช้ทั่วไป ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงการทำงานของผู้ใช้ระบบ

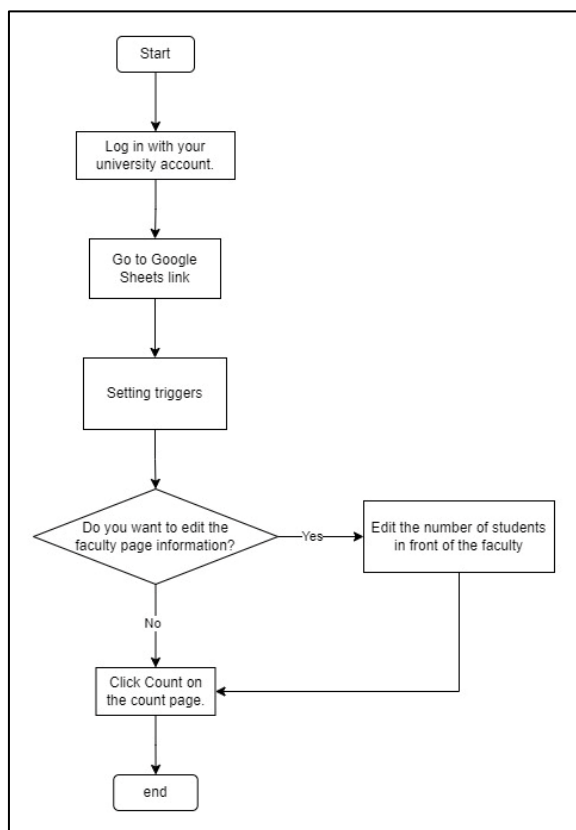
3.4 ขั้นตอนแสดงการทำงานของระบบเดิม

เจ้าหน้าที่จัดการข้อมูลบัณฑิตของแต่ละคณะผ่าน Google Sheet ในหน้าจอจัดการข้อมูลคณะ เมื่อแก้ไขข้อมูลเสร็จสิ้นจะเริ่มการนับจำนวนในหน้าจอจัดการข้อมูลนับบัณฑิต และแสดงผลภาพรวมในหน้าแสดงรายงานภาพรวมดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 ขั้นตอนแสดงการทำงานของระบบเดิม

บทความวิจัย (Research Article)

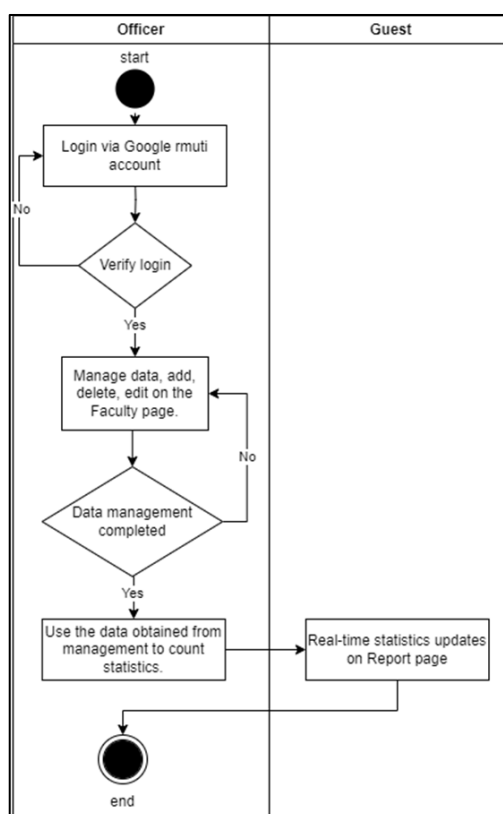


รูปที่ 5 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบเดิม

จากรูปที่ 5 เจ้าหน้าที่จะเข้าสู่ระบบด้วยบัญชีผู้ใช้งานของมหาวิทยาลัย จากนั้นสามารถเข้าถึงไฟล์ Google Sheets ที่ใช้เก็บข้อมูลจำนวนนักศึกษาในแต่ละคณะ ระบบจะตั้งค่า Trigger และเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อให้การทำงานเป็นไปโดยอัตโนมัติ เมื่อระบบตั้งค่าเงื่อนไขทั้งหมดเรียบร้อยแล้ว จะมีการตรวจสอบการแก้ไขข้อมูลในแต่ละคณะ หากข้อมูลได้รับการปรับปรุงเสร็จสิ้น ระบบจะนำเจ้าหน้าที่ไปยังหน้าสำหรับนับจำนวน

3.5 ขั้นตอนแสดงการทำงานของระบบใหม่

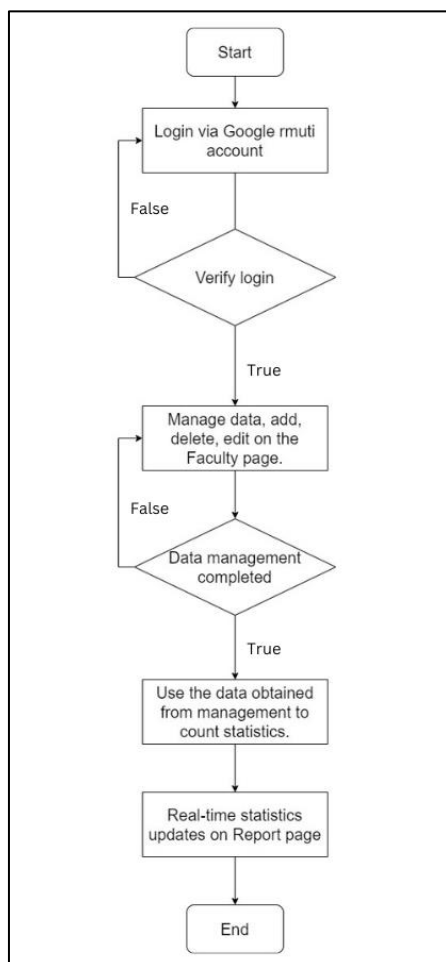
เจ้าหน้าที่ต้องลงชื่อเข้าใช้งานระบบด้วยบัญชีผู้ใช้งานของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 ขั้นตอนแสดงการทำงานของระบบใหม่

เมื่อเข้าสู่ระบบแล้ว เจ้าหน้าที่สามารถจัดการข้อมูลบัณฑิตแต่ละคณะได้ เช่น การเพิ่ม ลบ หรือแก้ไขข้อมูล เมื่อข้อมูลได้รับการตรวจสอบว่าถูกต้อง ระบบจะบันทึกข้อมูลไปยังส่วนการนับบัณฑิตและเริ่มกระบวนการนับ จากนั้นจะแสดงผลในหน้าแสดงรายงานภาพรวมที่ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถเข้าชมได้

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 7 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบใหม่

จากรูปที่ 7 เจ้าหน้าที่ต้องลงชื่อเข้าใช้งานระบบด้วยบัญชีผู้ใช้ของมหาวิทยาลัย และจัดการข้อมูลบัณฑิตในหน้าจอจัดการข้อมูลคณะ โดยมีการตรวจสอบความถูกต้องและครบถ้วนของข้อมูล เมื่อข้อมูลได้รับการตรวจสอบและยืนยัน ระบบจะบันทึกข้อมูลเพื่อเริ่มการนับจำนวนบัณฑิต และแสดงผลข้อมูลแบบทันทีในหน้ารายงาน

3.6 การวัดประสิทธิภาพโดยเปรียบเทียบกับระบบเดิม

การทดลองเปรียบเทียบจะพิจารณาปัจจัยหลัก 3 ด้าน ได้แก่ การทดลองเปรียบเทียบจะพิจารณา ปัจจัยหลัก 3 ด้าน ได้แก่

3.6.1 เวลาในการดำเนินการ

ระบบเดิมใช้เวลา 15-20 นาทีในการป้อนข้อมูลและประมวลผล ระบบใหม่ ลดเวลาเหลือ 5-10 นาที การทดสอบคือจับเวลาในการทำงานในแต่ละขั้นตอนของทั้งสองระบบเพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์

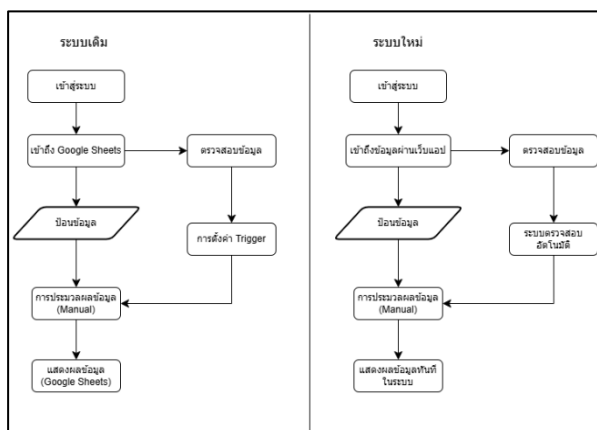
3.6.2 ความผิดพลาดในการบันทึกข้อมูล

ระบบเดิมข้อผิดพลาดประมาณ 4-5% จากการใช้ Google Sheets และการตรวจสอบด้วยตนเอง ระบบใหม่ ข้อผิดพลาดลดลงเหลือ 1-2% เนื่องจากการตรวจสอบอัตโนมัติและการประมวลผลแบบทันที (Real-time) การทดสอบนับข้อผิดพลาดระหว่างการป้อนข้อมูลและแสดงผลและคำนวณอัตราความผิดพลาดในแต่ละระบบ

3.6.3 ความสะดวกในการใช้งาน

ระบบเดิมผู้ใช้งานต้องเข้าถึงข้อมูลผ่าน Google Sheets และต้องอาศัยการตั้งค่า Trigger ที่อาจทำให้เกิดความยุ่งยากระบบใหม่ การเข้าถึงข้อมูลทำได้ทันทีจากหน้าเว็บแอปพลิเคชันที่มีอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่าย การทดสอบ สอบถามผู้ใช้งานเกี่ยวกับความสะดวกในการใช้งาน โดยให้คะแนนจาก 1-5 และวิเคราะห์ผลการตอบแบบสอบถามแสดงการเปรียบเทียบขั้นตอนการทำงานของระบบเดิมและระบบใหม่ ดังรูปที่ 8

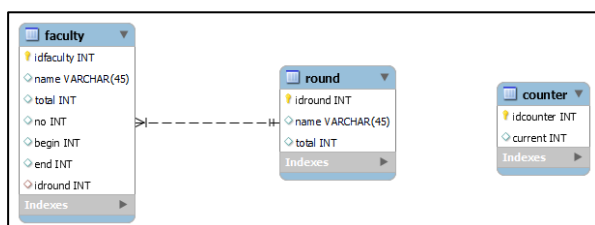
บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 8 แผนภาพแสดงการเปรียบเทียบ

3.7 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ข้อมูล (Entity-Relationship-Diagram: ER)

แผนภาพตามรูปที่ 8 แสดงความสัมพันธ์ของ 3 ตารางหลัก ได้แก่ ตารางข้อมูลคณะ (Faculty) ตารางรอบการเข้ารับ (Round) และตารางนับจำนวน (Counter) โดยตารางข้อมูลคณะ (Faculty) และตารางรอบการเข้ารับ (Round) มีการเชื่อมต่อความสัมพันธ์แบบ One-To-Many ที่หนึ่งรอบการเข้ารับ (Round) สามารถมีหลายคณะ (Faculty) ได้ แต่หนึ่งคณะ (Faculty) จะอยู่ในรอบเดียวเท่านั้น ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ข้อมูล

3.8 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่บุคลากรผู้เชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและบุคลากรในสังกัดมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานที่เกี่ยวข้องกับฝ่ายสถิติการนับบัณฑิตในงานพิธีพระราชทานปริญญาบัตรของมหาวิทยาลัยฯ จำนวน 5 ราย

3.9 การสร้างแบบสอบถาม

ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามและการหาคุณภาพของแบบสอบถาม มีขั้นตอนดังนี้

3.9.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดประสิทธิภาพของระบบที่พัฒนาขึ้นจากบุคลากรที่เกี่ยวข้องก่อนการนำระบบไปใช้งานจริง

3.9.2 การออกแบบแบบสอบถาม

การออกแบบแบบสอบถามตามวัตถุประสงค์และจัดทำรายการคำถามโดยได้แบ่งแบบสอบถามเป็น 3 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล เป็นคำถามแบบรายการเลือกตอบ (List) ประกอบด้วยคำถามเกี่ยวกับเพศ และประเภทผู้ใช้บริการ

ตอนที่ 2 ข้อคำถามเกี่ยวกับการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันนับบัณฑิตเข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร เป็นคำถามแบบระดับความคิดเห็น (Likert Scale) แบ่งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านการทำงานของฟังก์ชัน ด้านการใช้

บทความวิจัย (Research Article)

งาน และด้านความปลอดภัย เช่น ความสามารถในการเข้าสู่ระบบ ความเสถียรในการทำงานของระบบ ความสามารถในการประมวลผลข้อมูล สามารถแสดงผลได้ดีในอุปกรณ์และหน้าจอที่แตกต่างกัน เป็นต้น

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม เป็นคำถามปลายเปิด

3.9.3 การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงของแบบสอบถาม

ด้วยหลักของ IOC (Index of Item-Objective Congruence) โดยได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ราย ใช้เกณฑ์การให้คะแนนตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดย 1 คือสอดคล้อง 0 คือสอดคล้องบางส่วนและ -1 คือไม่สอดคล้อง หากค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 – 1.00 ถือว่าแบบสอบถามมีความเที่ยงตรงเหมาะสมแก่การนำไปใช้งาน ผลการประเมินค่า IOC รายข้ออยู่ระหว่าง 0.70 – 1.00 และค่า IOC เฉลี่ยภาพรวมพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.87 ดังนั้นแบบสอบถามชุดนี้สามารถเหมาะสมแก่การนำไปใช้งานได้

3.10 สถิติการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลใช้หลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยนำเสนอในรูปแบบร้อยละ ค่ากลางของข้อมูล ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบสอบถามตามหัวข้อเพื่อพิจารณาระดับประสิทธิภาพในด้านต่าง ๆ ของระบบที่พัฒนาซึ่งผลลัพธ์จะสามารถแปลความหมายได้ดังนี้

ตารางที่ 1 ตารางเกณฑ์การให้คะแนน

ระดับเกณฑ์การให้คะแนน	ความหมาย
4.51 – 5.00	ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับดีมาก”
3.51 – 4.50	ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับดี”
2.51 – 3.50	ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับปานกลาง”
1.51 – 2.50	ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับน้อย”
1.00 – 1.50	ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับน้อยมาก”

4. ผลการวิจัย

การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันฉบับนี้ได้รับพระราชทานปริญญาบัตร มีผลการดำเนินงานดังนี้

4.1 ผลการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันฉบับนี้ได้รับพระราชทานปริญญาบัตร

4.1.1. การแสดงผลส่วนของผู้ใช้

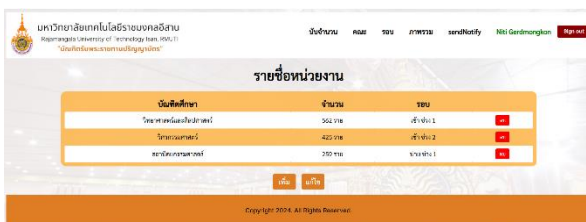
1) หน้าจอเข้าสู่ระบบหน้าแรก โดยระบบจะให้ผู้ใช้งานเข้าสู่ระบบด้วยบัญชี Google ของมหาวิทยาลัย ดังรูปที่ 10

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 10 หน้าจอเข้าสู่ระบบหน้าแรก

2) หน้าจอจัดการข้อมูลคณะ จะแสดงรายชื่อหน่วยงาน จำนวน และรอบเข้ารับ โดยสามารถเพิ่มลบ แก้ไขข้อมูลได้ ดังรูปที่ 11



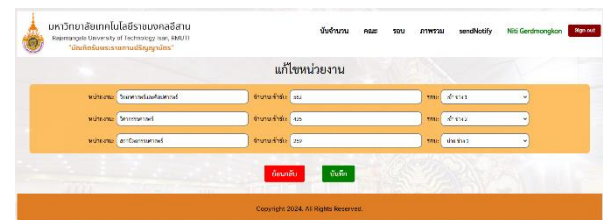
รูปที่ 11 หน้าจอจัดการข้อมูลคณะ

3) หน้าจอเพิ่มหน่วยงาน จะให้ผู้ใช้กรอกข้อมูลชื่อหน่วยงาน จำนวนเข้ารับ และรอบเข้ารับ ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 หน้าจอเพิ่มหน่วยงาน

4) หน้าจอแก้ไขรายชื่อหน่วยงาน จะแสดงข้อมูลหน่วยงาน จำนวนเข้ารับ และรอบเข้ารับ ที่ผู้ใช้งานสามารถแก้ไขได้ ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 หน้าจอแก้ไขรายชื่อหน่วยงาน

5) หน้าจอบันทึกข้อมูลรอบเข้ารับ จะแสดงถึงจำนวนเข้ารับทั้งหมดในแต่ละรอบและบันทึกข้อมูลสำหรับหน้าจอจัดการข้อมูลฉบับบันทึก ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 หน้าจอบันทึกข้อมูลรอบเข้ารับ

6) หน้าจอจัดการข้อมูลฉบับบันทึก จะแสดงข้อมูลจำนวนบันทึกทั้งหมด และแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนของจำนวนบันทึกรอบเข้า และส่วนของจำนวนบันทึกรอบบ่าย สามารถกด เพิ่มจำนวน หรือลดจำนวนได้ ดังรูปที่ 15

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 15 หน้าจอจัดการข้อมูลนับบัณฑิต

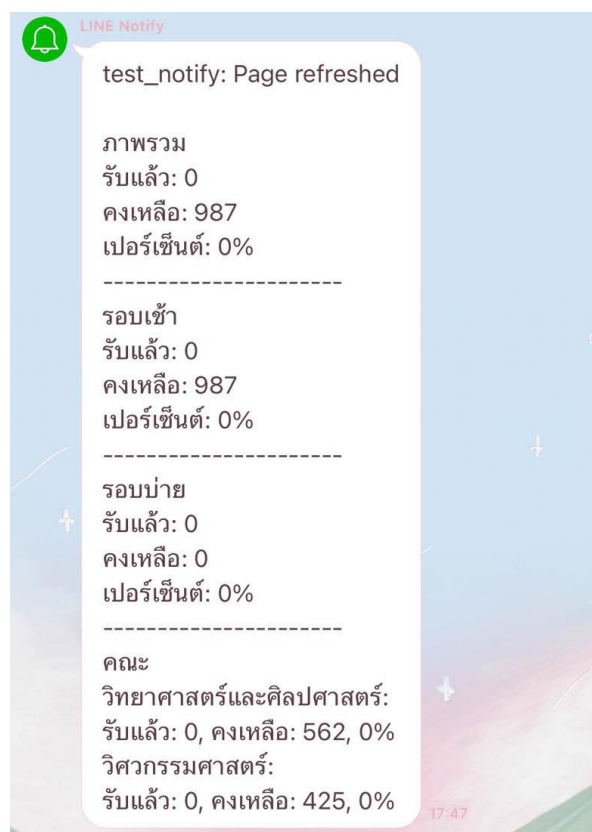
4.1.2. การแสดงผลส่วนของผู้เยี่ยมชม

หน้าแสดงรายงานภาพรวม แสดงข้อมูลสรุปเกี่ยวกับจำนวนบัณฑิตที่ได้รับพระราชทานปริญญาบัตรแล้ว รวมถึงจำนวนบัณฑิตที่ยังคงเหลือที่จะต้องเข้ารับ นอกจากนี้ยังแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับจำนวนบัณฑิตที่เข้ารับในรอบเช้าและรอบบ่าย จำนวนบัณฑิตที่เข้ารับจากแต่ละคณะ และเปอร์เซ็นต์การเข้ารับของบัณฑิตจากแต่ละส่วน ดังรูปที่ 16



รูปที่ 16 หน้าแสดงรายงานภาพรวม

ข้อความอัตโนมัติไปยังบัญชี LINE หรือกลุ่ม LINE ของผู้ใช้งาน ในการนี้ระบบได้นำ Line Notify มาปรับใช้เพื่อส่งข้อมูลภาพรวมการนับบัณฑิต เจ้าหน้าที่สามารถตรวจสอบข้อมูลผ่านกลุ่ม LINE โดยข้อมูลจะถูกอัปเดตทุก 3 นาที เพื่อให้ข้อมูลการนับบัณฑิต เป็นปัจจุบัน ช่วยลดข้อผิดพลาดในการประมวลผล และเพิ่มประสิทธิภาพในการประสานงานระหว่างหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง ดังรูปที่ 17



รูปที่ 17 หน้า Line Notify

4.1.3 การแจ้งเตือนข้อมูลผ่าน Line Notify

การแจ้งเตือนข้อมูลผ่าน Line Notify คือ บริการจากแอปพลิเคชัน LINE ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานได้รับการแจ้งเตือนอย่างสะดวกและรวดเร็ว โดยสามารถส่ง

บทความวิจัย (Research Article)

4.2 เกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมิน

ใช้ทฤษฎี Likert Scale มีลักษณะแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับโดยให้คะแนนในแต่ละระดับ ดังนี้ 5 หมายถึงระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับดีมาก” 4 หมายถึง ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับดี” 3 หมายถึง ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับปานกลาง” 2 หมายถึง ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับน้อย” 1 หมายถึง ระบบสามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ “ระดับน้อยมาก”

4.3 ผลการประเมินประสิทธิภาพ

การประเมินประสิทธิภาพของระบบ ประเมินด้วยกรอบประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศ 5 ด้าน ได้แก่ ด้านการทดสอบตามข้อกำหนดการทำงาน (Functional Requirement Test) ด้านการทดสอบการทำงาน (Functional Test) ด้านการทดสอบการใช้งาน (Usability Test) และด้านการทดสอบความปลอดภัย (Security Test) การประเมินผลได้รับการประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 5 ท่าน มีผลการทดสอบดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางผลการทดสอบระบบด้านการทดสอบตามข้อกำหนดการทำงาน

ด้านที่ประเมิน	ประสิทธิภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.ความสามารถในการเข้าสู่ระบบ	4.80	0.40	ดีมาก
2.ความสามารถในการจัดการข้อมูล	4.60	0.49	ดีมาก
3.ความสามารถในการนับจำนวน	5.00	0.00	ดีมาก
4.ความสามารถในการส่งข้อมูลผ่าน Line Notify	4.80	0.40	ดีมาก
เฉลี่ย	4.80	0.32	ดีมาก

จากตารางที่ 2 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพด้านการทดสอบตามข้อกำหนดการทำงาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.32

ตารางที่ 3 ตารางผลการทดสอบระบบด้าน การทดสอบการทำงาน

ด้านที่ประเมิน	ประเมินประสิทธิภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.ความเสถียรในการทำงานของระบบ	4.60	0.49	ดีมาก
2.ความสามารถในการประมวลผลข้อมูล	4.80	0.40	ดีมาก
3.ความถูกต้องของข้อมูลที่แสดงผล	5.00	0.00	ดีมาก
4.การทำงานของฟังก์ชันต่างๆ ตามที่กำหนดไว้	4.60	0.49	ดีมาก

บทความวิจัย (Research Article)

ด้านที่ประเมิน	ประเมินสถิติภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
5.ความรวดเร็วในการตอบสนองต่อคำสั่ง	4.60	0.49	ดีมาก
เฉลี่ย	4.72	0.37	ดีมาก

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพด้านการทดสอบการทำงาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.72 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.34

ตารางที่ 4 ตารางผลการทดสอบระบบด้านการทดสอบการใช้งาน

ด้านที่ประเมิน	ประเมินสถิติภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	แปลผล
1.ความง่ายในการใช้งานของระบบ	4.40	0.49	ดี
2.ความชัดเจนของอินเทอร์เฟซ	4.60	0.49	ดีมาก
3.ความสะดวกในการเข้าถึงฟังก์ชันต่างๆ	4.80	0.40	ดีมาก
4.การตอบสนองต่อการใช้งานในแง่ของความง่ายในการเข้าใจ	4.20	0.40	ดี
5.สามารถแสดงผลได้ดีในอุปกรณ์และหน้าจอที่แตกต่างกัน	4.40	0.80	ดี
เฉลี่ย	4.48	0.52	ดี

จากตารางที่ 4 พบว่า ผลการประเมินคุณภาพด้านการทดสอบการใช้งาน โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.52

ตารางที่ 5 ตารางผลการทดสอบระบบด้านการทดสอบความปลอดภัย

ด้านที่ประเมิน	ประเมินสถิติภาพ		
	$\bar{x}$	S.D.	$\bar{x}$
1.การป้องกันการเข้าถึงข้อมูลโดยไม่ได้รับอนุญาต	4.20	0.75	ดี
2.การจัดการสิทธิ์ในการเข้าถึงข้อมูล	4.00	0.63	ดี
เฉลี่ย	4.10	0.69	ดี

จากตารางที่ 5 พบว่าผลการประเมินคุณภาพด้านการทดสอบความปลอดภัย โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.1 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.69

4.4 การทดสอบการประมวลผลของ Lighthouse

ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบเว็บแอปพลิเคชัน ทางเราได้ใช้เครื่องมือ Lighthouse ซึ่งพัฒนาโดย Google เพื่อทำการวัดและประเมินคุณภาพของเว็บไซต์ในหลายมิติ ได้แก่ ประสิทธิภาพ (Performance) การเข้าถึง (Accessibility) และแนวปฏิบัติที่ดีที่สุด (Best Practices) ผลการวิเคราะห์จากเครื่องมือ Lighthouse ให้คะแนนในแต่ละหมวด ซึ่งช่วยในการชี้แนะแนวทางในการปรับปรุงเว็บไซต์

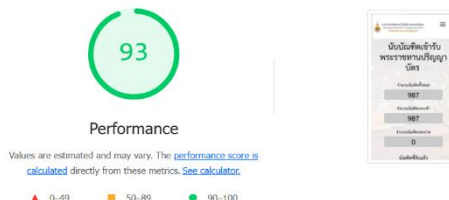
บทความวิจัย (Research Article)

เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยรายละเอียดของการวิเคราะห์มีดังนี้



4.4.1 Performance (ประสิทธิภาพ)

คะแนนที่ได้จากการวัดประสิทธิภาพของเว็บไซต์อยู่ที่ 76 คะแนน จากเกณฑ์ 100 คะแนน ซึ่งคะแนนในระดับนี้ถือว่ามีประสิทธิภาพปานกลาง และยังมีพื้นที่ในการปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้น ประสิทธิภาพของเว็บไซต์ถูกวัดโดยการดูที่ความเร็วในการโหลดและการตอบสนองของหน้าเว็บ



รูปที่ 18 การทดสอบการประมวลผลของ Lighthouse

4.4.2 Accessibility (การเข้าถึง)

คะแนนในหมวดนี้ได้รับคะแนนเต็ม 100 แสดงว่าเว็บไซต์มีการออกแบบที่รองรับการเข้าถึงของผู้ใช้งานได้อย่างครอบคลุม ผู้ที่มีข้อจำกัดในการมองเห็นหรือการเคลื่อนไหวสามารถเข้าถึงและใช้งานได้สะดวก โดยระบบได้ใช้การตั้งค่าที่เหมาะสม เช่น การกำหนด ARIA attributes และการออกแบบที่รองรับการใช้แป้นพิมพ์ในการนำทาง (Keyboard Accessibility)

4.4.3 Best Practices (แนวปฏิบัติที่ดีที่สุด)

คะแนนในหมวดนี้ได้รับคะแนนเต็ม 100 เช่นกัน ซึ่งหมายถึงเว็บไซต์ได้ปฏิบัติตามแนวทางการพัฒนาเว็บที่ดีและปลอดภัย เช่น การใช้ HTTPS อย่างถูกต้อง การป้องกันช่องโหว่จากการโจมตี Cross-Site Scripting (XSS) และการใช้ API อย่างถูกวิธี ดังรูปที่ 18

5. การอภิปรายผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันเพื่อนับจำนวนบัณฑิตที่เข้ารับพระราชทานปริญญาบัตร โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อวิเคราะห์ระบบการทำงานในปัจจุบันและพัฒนาระบบใหม่ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เป้าหมายคือการลดภาระงานและจำนวนบุคลากรที่จำเป็นในการจัดการข้อมูล ทำให้การทำงานสะดวกและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ใช้เทคโนโลยี Next.js สำหรับพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน และใช้ MySQL ในการจัดการฐานข้อมูล ซึ่งช่วยให้การจัดการข้อมูลมีความถูกต้องและลดความผิดพลาดในการปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยพบว่า ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองต่อความต้องการในการใช้งานได้เป็นอย่างดี ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบจากกลุ่มตัวอย่าง 5 คน พบว่า ความคิดเห็นต่อประสิทธิภาพของระบบอยู่ในระดับดีมาก และได้ค่าเฉลี่ย 4.53 จาก

บทความวิจัย (Research Article)

5.00 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.48 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบในการช่วยจัดการข้อมูลการรับพระราชทานปริญญาบัตรอย่างมีประสิทธิภาพ ระบบยังสามารถแสดงข้อมูลแบบทันที และผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงข้อมูลผ่านหน้าจอที่ใช้งานง่าย

ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการนำเทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการพัฒนา เช่น การใช้ Next.js ซึ่งเป็นเฟรมเวิร์กที่รองรับการประมวลผลฝั่งเซิร์ฟเวอร์ และการจัดการข้อมูลด้วย MySQL ทำให้ระบบสามารถตอบสนองได้รวดเร็ว นอกจากนี้ การวิเคราะห์ระบบเดิมที่ใช้ Google Sheets ซึ่งมีข้อจำกัดในการจัดการข้อมูลจำนวนมาก ช่วยให้การพัฒนาระบบใหม่สามารถแก้ไขปัญหที่พบในระบบเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของกัญญารัตน์ ยอดยิ่ง และคณะ(2562) [4] ซึ่งได้พัฒนาระบบนับจำนวนคนเข้า-ออกแบบทางเดียว และพบว่าระบบดังกล่าวสามารถลดภาระงานบุคลากรในการนับจำนวนได้ในทำนองเดียวกัน งานวิจัยนี้ก็แสดงให้เห็นว่าการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยสามารถช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากวิธีการนับแบบเดิมได้ และทำให้การจัดการข้อมูลเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยการพัฒนาเว็บแอปพลิเคชันสำหรับนับบัณฑิตที่เข้ารับพระราชทานปริญญาบัตรมีการดำเนินการบรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ระบบสามารถนับจำนวนบัณฑิตและบริการข้อมูลได้แบบทันทีผ่าน

เว็บแอปพลิเคชันและผ่านโปรแกรม LINE บริการแก่ฝ่ายงานที่เกี่ยวข้องได้ตามการวิเคราะห์ความต้องการระบบได้รับผลการประเมินประสิทธิภาพจากกลุ่มตัวอย่างอยู่ในระดับดีมากมีคะแนน 4.53 จาก 5.00 และมีระดับประสิทธิภาพของระบบผ่านเครื่องมือ Lighthouse ที่ร้อยละ 76

7. ข้อเสนอแนะงานวิจัย

1) การบันทึกและแสดงประวัติการใช้งาน ระบบควรบันทึกการกระทำที่สำคัญของผู้ใช้ เช่น การเพิ่มหรือลบจำนวนบัณฑิต การแก้ไขข้อมูลคณะ ซึ่งจะช่วยให้ผู้ดูแลระบบสามารถตรวจสอบย้อนหลังได้ในกรณีที่เกิดปัญหาหรือข้อผิดพลาดในการนับ

2) การติดตั้งเซ็นเซอร์สำหรับนับบัณฑิต สามารถติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Motion Sensor) หรือเซ็นเซอร์ตรวจจับการเดินผ่าน (Infrared Sensor) บริเวณทางเข้า-ออกในพื้นที่ที่ใช้สำหรับรับพระราชทานปริญญาบัตร เมื่อบัณฑิตเดินผ่านเซ็นเซอร์ ระบบจะนับจำนวนอัตโนมัติและบันทึกข้อมูลลงในฐานข้อมูล

3) LINE Notify คาดว่ามีการสิ้นสุดลงการให้บริการในปี 2568 โดยเครื่องมือที่แนะนำเข้ามาใช้งานแทนคือ Slack Notifications เหมาะสำหรับการแจ้งเตือนภายในองค์กร หรือทีมงาน สามารถส่งการแจ้งเตือนและติดตามข้อมูลในช่องทางที่หลากหลาย และ Slack มีการรองรับ Webhooks และ API ที่สามารถเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันภายนอก

บทความวิจัย (Research Article)

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนาพัฒน์ ลิ้มปัดเทมทรัพย์, "รู้จัก Nextjs," [ออนไลน์]. Available: <https://www.frevation.com/blog/web-development/next-js/>. [เข้าถึงเมื่อ: 13 ธันวาคม 2566].
- [2] Thanatcha Veeravattanayothin, "NodeJS คืออะไร? มาทำความรู้จักตัวช่วยพัฒนาเว็บไซต์ ย่อ ด นิ ย ม," [ออนไลน์]. Available: <https://blog.openlandscape.cloud/nodejs>. [เข้าถึงเมื่อ: 13 ธันวาคม 2566].
- [3] Matt Ahlgren, "MYSQL คืออะไร," [ออนไลน์]. Available: <https://www.websiterating.com/th/web-hosting/glossary/what-is-mysql/>. [เข้าถึงเมื่อ: 13 ธันวาคม 2566].
- [4] กัญญารัตน์ ยอดยิ่ง, ศาตาเทพ ขำบ้านกวย, กรกฏา จงเจริญ, สุวรรณ จงทอง, และณัฐ ชามญ์ ศรีจำเริญรัตน์, "เครื่องนับจำนวนคนเข้า-ออกแบบทางเดียว One-Way People Counter," ใน *งานประชุมวิชาการระดับชาติ, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม, ครั้งที่ 11*, 2562, หน้า 151-158.
- [5] Julián R. Camargo L., César A. Perdomo Ch., และ Oscar D. Flórez-Cediel, "ระบบนับคนอัตโนมัติเป็นกลยุทธ์ในการควบคุมการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19," *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, มหาวิทยาลัยดิสตริทัต ฟรานซิสโก, โคโลมเบีย, ปีที่ 16, หน้า 1701-1706, 2564.
- [6] รณชัย มรกตศรีวรรณ, วชิรปัญญา ปัญญาอ่อน, และสาคร แก้วโนนจั่ว, "เครื่องชั่งน้ำหนักและนับจำนวนอุปกรณ์แสดงผลอัตโนมัติ," *Journal of Industrial Technology and Innovation Sakon Nakhon Rajabhat University*, วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น, ปีที่ 2, ฉบับที่ 2, หน้า 1-11, 2565.
- [7] เอกรัตน์ สุขสุคนธ์, "การพัฒนาระบบวิเคราะห์และนับจำนวนผลมะนาวด้วยเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์วิทัศน์," *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม*, วิทยาลัยเทคนิคขอนแก่น, ฉบับที่ 1, หน้า 1-16, 2566.
- [8] วิชกร คันอินทระ, "ระบบการนับยานพาหนะแยกตามประเภทสำหรับวิดิทัศน์จราจรหลายมุมมอง," *วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 2565.

บทความวิจัย (Research Article)

การพัฒนากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดความสูญเสีย ด้วยการประยุกต์แผนผังสายธารแห่งคุณค่า

ณัฐนิชา วิชาชัย¹, ธัญญภาณุจันท์ สุพร¹, สิรินาถ จอมทรัพย์¹, อาจารย์ แสงเสถียร^{1,*} และ ปิยณัฐ โตอ่อน¹

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และเทคโนโลยีขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: arjaree.sa@ksu.ac.th โทรศัพท์: 094-2628338

(รับบทความ: 19 พฤศจิกายน 2567; แก้ไขบทความ: 25 ธันวาคม 2567; ตอรับบทความ: 27 ธันวาคม 2567)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งเน้นการศึกษากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ (ECO PRINT) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ขั้นตอนการผลิตและพัฒนาแนวทางในการลดความสูญเสียเปล่า รวมถึงการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ การดำเนินการวิจัยประกอบด้วย การเก็บข้อมูลภาคสนาม ณ บ้านดงน้อย หมู่ 5 ตำบลห้วยโพธิ์ อำเภอมือเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ โดยใช้แผนภูมิกระบวนการผลิตและแผนผังสายธารแห่งคุณค่าเป็นเครื่องมือหลักในการวิเคราะห์ข้อมูล กระบวนการผลิตแบ่งออกเป็นสองส่วนสำคัญ ได้แก่ การทอผ้าฝ้าย 7 ขั้นตอน ใช้เวลารวมเฉลี่ย 761 นาทีต่อรอบ และการพิมพ์ลวดลายสีธรรมชาติ 24 ขั้นตอน ใช้เวลารวมเฉลี่ย 405.6 นาทีต่อรอบ การจับเวลาและวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละขั้นตอนดำเนินการผ่านการวิเคราะห์รอบการผลิต 5 รอบ ผลการวิเคราะห์ระบุถึงความสูญเสียหลักที่พบในกระบวนการ ได้แก่ การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น และการรอคอย ซึ่งสามารถปรับปรุงได้โดยการจัดการพื้นที่ทำงาน การใช้เทคโนโลยีสนับสนุน เช่น เครื่องมือจัดเก็บและระบบอัตโนมัติ และการจัดการเวลาในกระบวนการผลิต แนวทางเหล่านี้ช่วยลดเวลาการผลิตได้ถึงร้อยละ 5.2 และลดระยะทางการเคลื่อนไหวลงร้อยละ 40 ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้น ลดความสูญเสียเปล่า และเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ ECO PRINT อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ผ้าทอมือ พิมพ์สีจากธรรมชาติ การวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรม การวิเคราะห์สายธารแห่งคุณค่า การลดความสูญเสียเปล่า

การอ้างอิงบทความ: ณัฐนิชา วิชาชัย, ธัญญภาณุจันท์ สุพร, สิรินาถ จอมทรัพย์, อาจารย์ แสงเสถียร, และ ปิยณัฐ โตอ่อน, "การพัฒนากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดความสูญเสียเปล่าด้วยการประยุกต์แผนผังสายธารแห่งคุณค่า," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 6, หน้า 18-33, 2567.

บทความวิจัย (Research Article)

Improvement of the Production Process for Handwoven Shawls with Nature Dye Printing to Add Value and Reduce Waste by Applying Value Stream Mapping

Natnicha Wichachai¹, Thanyakan Suphon¹, Sirinart Jomthrak¹, Arjaree Saengsathien^{1,*} and Piyanat To-on¹

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

*Corresponding Author: arjaree.sa@ksu.ac.th, Phone: +66942628338

(Received: November 19, 2024; Revised: December 25, 2024; Accepted: December 27, 2024)

Abstract

This research focuses on studying the production process of handwoven shawls with natural dye printing (ECO PRINT) with the objectives of analyzing production steps and developing strategies to reduce waste and enhance product value. The research involved field data collection at Ban Dong Noi, Moo 5, Huai Pho Subdistrict, Mueang District, Kalasin Province, using production process charts and value stream mapping as key analytical tools. The production process is divided into two main parts: cotton weaving, consisting of seven steps with an average duration of 761 minutes per cycle, and natural dye printing, comprising 24 steps with an average duration of 405.6 minutes per cycle. Data collection and time analysis were conducted over five production cycles. The analysis identified key wastes in the process, including unnecessary movements and waiting times, which can be addressed by workspace organization, the use of supporting technologies such as storage tools and automation, and improved time management. These improvements reduced production time by 5.2% and movement distances by 40%, enhancing process efficiency, minimizing waste, and sustainably increasing the value of ECO PRINT products.

Keywords: Hand woven fabric, Natural dye printing, Value-added activity analysis, Value stream mapping, Waste reduction

Please cite this article as: N. Wichachai, T. Suphon, S. Jomthrak, A. Saengsathien, and P. To-on, "Improvement of the Production Process for Handwoven Shawls with Nature Dye Printing to Add Value and Reduce Waste by Applying Value Stream Mapping," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 6, pp. 18-33, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ผ้าทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ (ECO PRINT) เป็นผลิตภัณฑ์ที่สะท้อนภูมิปัญญาท้องถิ่นและอัตลักษณ์วัฒนธรรมของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยได้รับการพัฒนาให้ตอบสนองความต้องการของตลาดปัจจุบัน ทั้งในรูปแบบเครื่องนุ่งห่ม ของฝาก และผลิตภัณฑ์สำหรับการประกวด เช่น โครงการ OTOP [1] ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวไม่เพียงสร้างคุณค่าเชิงวัฒนธรรม แต่ยังเสริมสร้างเศรษฐกิจชุมชนและเป็นที่ยอมรับในตลาดเฉพาะกลุ่มระดับนานาชาติ [2]

ในระดับประเทศ ผ้าพิมพ์ธรรมชาติถือเป็นผลิตภัณฑ์สำคัญในเศรษฐกิจสร้างสรรค์ (Creative Economy) ซึ่งส่งเสริมการสร้างมูลค่าเพิ่มจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการผลิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังตอบโจทย์ตลาดเฉพาะกลุ่ม (Niche Market) ในระดับนานาชาติ โดยเฉพาะในประเทศที่ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่ยั่งยืน เช่น สหภาพยุโรป และสหรัฐอเมริกา [3-4]

อย่างไรก็ตาม กระบวนการผลิตผ้าพิมพ์ธรรมชาติยังประสบปัญหาในด้านประสิทธิภาพ ซึ่งนำไปสู่การสูญเสียทรัพยากรและข้อจำกัดในการเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน การปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อลดความสูญเสียและเพิ่มมูลค่าจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการสร้างความยั่งยืนทั้งในมิติทางเศรษฐกิจและสิ่งแวดล้อม [5]

พื้นที่ศึกษาของงานวิจัยนี้คือชุมชนบ้านดงน้อย หมู่ 5 ตำบลห้วยโพธิ์ อำเภอมือเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นหนึ่งในแหล่งผลิตผ้าทอมือพิมพ์สีธรรมชาติที่มี

ชื่อเสียงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ชุมชนแห่งนี้มีการผลิตผ้าพิมพ์สีที่ยังคงใช้กระบวนการแบบดั้งเดิมเป็นหลัก ทำให้เกิดปัญหาความสูญเสียเปล่าในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การสูญเสียเวลาในขั้นตอนการผลิต การจัดการวัสดุที่ไม่เหมาะสม และข้อจำกัดด้านการจัดการกระบวนการผลิต [6]

ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษากระบวนการไหล (Flow Process) ของการผลิตในชุมชนบ้านดงน้อย เนื่องจากกระบวนการผลิตในปัจจุบันยังไม่ได้มีการจัดการอย่างเป็นระบบ การใช้เครื่องมือวิเคราะห์กระบวนการ เช่น แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping) จะช่วยให้สามารถมองเห็นภาพรวมของกระบวนการผลิต ระบุจุดที่ก่อให้เกิดความสูญเสียเปล่า และวางแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการเพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น [7]

งานวิจัยนี้มีความสำคัญในการสร้างต้นแบบสำหรับการปรับปรุงกระบวนการผลิตผ้าพิมพ์ธรรมชาติในชุมชนท้องถิ่น เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาดระดับประเทศและนานาชาติ ตลอดจนสนับสนุนการอนุรักษ์ภูมิปัญญาพื้นบ้านและการพัฒนาที่ยั่งยืนในอุตสาหกรรมหัตถกรรม โดยมีเป้าหมายในการลดความสูญเสียเปล่า เพิ่มประสิทธิภาพการผลิต และเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน [8]

2. วัตถุประสงค์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ

- 1) ศึกษาขั้นตอนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT

บทความวิจัย (Research Article)

2) วิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรมเพื่อหาแนวทางในการลดความสูญเปล่าและเพิ่มมูลค่าในการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1.1 การศึกษางาน (Work Study)

การศึกษางาน เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดความสูญเปล่า และพัฒนาประสิทธิผลของการผลิตในองค์กร โดยการศึกษางานสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วนหลัก คือ

- การศึกษากระบวนการทำงาน (Method Study) : มุ่งเน้นการปรับปรุงวิธีการทำงานที่มีอยู่เพื่อให้เกิดความง่ายและรวดเร็วขึ้น
- การวัดผลการทำงาน (Work Measurement) : ใช้สำหรับกำหนดเวลามาตรฐานที่เหมาะสมในการทำงานแต่ละขั้นตอน

ในบริบทของการผลิตผ้าพิมพ์ธรรมชาติ การศึกษางานจะช่วยระบุขั้นตอนที่ไม่จำเป็นหรือก่อให้เกิดความสูญเปล่าในกระบวนการผลิต เพื่อออกแบบวิธีการที่เหมาะสมมากขึ้น [9]

3.1.2 แผนภูมิกระบวนการไหล (Flow Process Chart)

แผนภูมิกระบวนการไหล เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการบันทึกและวิเคราะห์กระบวนการผลิตหรือบริการใน

รูปแบบของแผนภาพ โดยแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนที่เกี่ยวข้องทั้งหมด รวมถึง

- การเคลื่อนย้าย (Transportation)
- การรอคอย (Delay)
- การตรวจสอบ (Inspection)
- การดำเนินงาน (Operation)
- การเก็บรักษา (Storage)

แผนภูมิช่วยให้ผู้วิเคราะห์สามารถระบุขั้นตอนที่ซ้ำซ้อนหรือไม่จำเป็น และเสนอแนวทางปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ [10]

3.1.3 แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (Value Stream Mapping; VSM)

แผนผังสายธารแห่งคุณค่า (VSM) เป็นเครื่องมือในแนวคิดการผลิตแบบลีน (Lean Manufacturing) ที่มุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตโดยการวิเคราะห์สายธารแห่งคุณค่า (Value Stream) ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของกระบวนการจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป VSM มีจุดเด่นในการ

- ระบุความสูญเปล่า (Waste) ในกระบวนการ เช่น การผลิตเกิน (Overproduction) หรือการรอคอย (Waiting)
- มองเห็นภาพรวมของกระบวนการ (Big Picture) ซึ่งช่วยให้การตัดสินใจปรับปรุงมีความแม่นยำ
- วางแผนกระบวนการในอนาคต (Future State) เพื่อเพิ่มคุณค่าให้แก่ผลิตภัณฑ์และลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น

บทความวิจัย (Research Article)

การประยุกต์ VSM ในการผลิตผ้าพิมพ์ธรรมชาติ จะช่วยวิเคราะห์กระบวนการทั้งหมด ตั้งแต่การเตรียม วัสดุจนถึงผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เพื่อเสนอแนวทางลด ความสูญเสียและเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์ [11]

3.1.4 การประยุกต์ในงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือทั้งสาม ได้แก่ การศึกษางาน แผนภูมิกระบวนการไหล แผนผัง สายธารแห่งคุณค่า เพื่อวิเคราะห์กระบวนการผลิตผ้า พิมพ์ธรรมชาติ โดยมุ่งเน้นการระบุขั้นตอนที่ไม่สร้าง คุณค่า ลดความสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพของ กระบวนการผลิต

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นถึงความพยายามใน การพัฒนากระบวนการผลิตผ้าทอมือและการย้อมสี ธรรมชาติในหลายมิติ งานวิจัยแรกที่เกี่ยวข้องได้ศึกษา การพิมพ์สีธรรมชาติจากใบเพกาด้วยเทคนิคการถ่าย โอนสี พบว่าปัจจัยที่สำคัญ เช่น อุณหภูมิ เวลา และ ชนิดของวัตถุดิบ มีผลต่อคุณภาพการพิมพ์สี [12] แต่การวิจัยนี้มุ่งเน้นเฉพาะกระบวนการพิมพ์สีใน ขั้นตอนเดียว โดยไม่ได้วิเคราะห์กระบวนการผลิตใน ภาพรวม นอกจากนี้ งานวิจัยที่ใช้แผนผังสายธารแห่ง คุณค่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของธุรกิจ พลาสติกฟิล์ม พบว่า VSM สามารถลดเวลาใน กระบวนการผลิตและปรับปรุงการจัดการวัสดุได้อย่าง มีประสิทธิภาพ [13] อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ VSM ในงานวิจัยนี้ยังจำกัดอยู่ในบริบทของ อุตสาหกรรมพลาสติกซึ่งแตกต่างจากงานหัตถกรรมผ้า

ในด้านการผลิตผ้าทอมือ โครงการเกี่ยวกับการ พัฒนากระบวนการผลิตผ้าทอมือและเส้นใยย้อมสี ธรรมชาติในกลุ่มแม่บ้านทอผ้าบ้านหนองสังข์ มุ่งเน้น การพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ย้อมสีธรรมชาติให้ ตอบสนองความต้องการของตลาด [14] แต่ยังคงขาด การวิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยรวมเพื่อเพิ่ม ประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกัน งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ การจัดการสายธารแห่งคุณค่าและการจัดสมดุล สายการผลิตในอุตสาหกรรมยานยนต์ได้แสดงให้เห็น ว่า VSM และการจัดสมดุลสายการผลิตช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพได้อย่างชัดเจน [15] แต่บริบทของ อุตสาหกรรมยานยนต์แตกต่างจากงานหัตถกรรมผ้า ทอมืออย่างสิ้นเชิง

นอกจากนี้ งานวิจัยที่ศึกษาการจัดการโซ่อุปทาน การผลิตผ้าทอ พบว่าการจัดการวัสดุและการจัดหา วัตถุดิบสามารถลดต้นทุนได้อย่างมีประสิทธิภาพ [16] แต่ขาดการวิเคราะห์เชิงลึกในกระบวนการผลิตภายใน โรงงาน อีกทั้งยังมียงานวิจัยใหม่ที่ศึกษาเกี่ยวกับ กระบวนการผลิตผ้าฝ้ายมัดย้อมสีธรรมชาติจากลูก จาก ซึ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อ สิ่งแวดล้อม [17] และงานวิจัยที่มุ่งพัฒนากระบวนการ ย้อมสีครามด้วยพืชชนิดต่าง ๆ โดยใช้วัตถุดิบใน ท้องถิ่น [18] รวมถึงการต่อยอดภูมิปัญญาสู่เศรษฐกิจ สร้างสรรค์ด้วยผ้าฝ้ายมัดหมี่ทอมือย้อมสีธรรมชาติ [19] งานเหล่านี้ล้วนชี้ให้เห็นถึงความพยายามในการ พัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์และการเพิ่มมูลค่า แต่ยัง ขาดการใช้เครื่องมือวิเคราะห์กระบวนการ เช่น VSM หรือ Work Study เพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตใน ภาพรวม

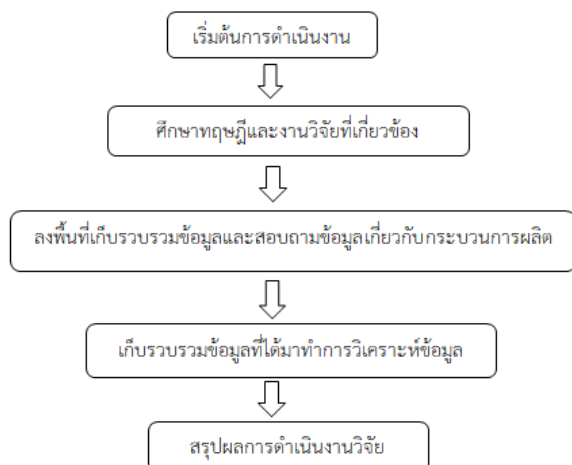
บทความวิจัย (Research Article)

จากการทบทวนวรรณกรรม พบว่า แม้จะมีความพยายามในการปรับปรุงกระบวนการผลิตและพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ผ้าทอมือและการย้อมสีธรรมชาติในหลายมิติ แต่งานวิจัยเหล่านี้ยังขาดการประยุกต์ใช้เครื่องมือวิเคราะห์กระบวนการ เช่น VSM และ Work Study ในบริบทของการผลิตผ้าทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ ที่มีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพลดความสูญเสีย และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลิตภัณฑ์

4. วิธีการดำเนินงาน

4.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ลงพื้นที่เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการดำเนินงานวิจัย แสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับการศึกษารวบรวมข้อมูลกระบวนการผลิตผ้าทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้คัดเลือกสถานที่ในการวิจัยโดยมุ่งเน้นกลุ่มเป้าหมายที่มีการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ ECO PRINT เพื่อเป็นทางเลือกในการติดต่อประสานงานและสะดวกต่อการเดินทางเข้าศึกษาเก็บข้อมูล จากนั้นทางคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อไปสังเกตกระบวนการผลิตและเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตเบื้องต้น ที่บ้านดงน้อย หมู่ 5 ตำบลห้วยโพธิ์ อำเภอมือเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์

4.3 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

- 1) นาฬิกาจับเวลา ใช้บันทึกระยะเวลาการทำงานแต่ละขั้นตอน
- 2) โทรศัพท์มือถือ ใช้สำหรับบันทึกรูปภาพกระบวนการผลิต
- 3) สมุดและปากกา ใช้สำหรับจดบันทึกรายละเอียดกระบวนการ

4.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

หลังจากการเก็บข้อมูลกระบวนการผลิตแล้ว คณะผู้วิจัยแบ่งลักษณะงานและจับเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนโดยการจับเวลา 5 รอบ และคำนวณค่าเฉลี่ยของเวลาการทำงานโดยใช้เครื่องมือดังนี้:

- 1) ตารางสำหรับบันทึกข้อมูลเวลา สำหรับจัดการข้อมูลเวลา

บทความวิจัย (Research Article)

2) แผนภูมิกระบวนการไหล แสดงลำดับขั้นตอนในกระบวนการผลิต

3) แผนผังสายธารแห่งคุณค่า ใช้สำหรับระบุความสูญเสียในกระบวนการ โดยจำแนกกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่:

- กิจกรรมที่สร้างคุณค่า (Value-Added; VA) เป็นกิจกรรมที่เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น การพิมพ์ลวดลาย การอบสี
- กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-Value Added; NVA) เป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่า เช่น การรอคอย การเคลื่อนย้ายที่ไม่จำเป็น
- กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าแต่จำเป็นต้องทำ (Necessary Non-Value Added; NNVA) เป็นกิจกรรมที่ไม่เพิ่มมูลค่า แต่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เช่น การตรวจสอบคุณภาพ

4.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก

- 1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกระบวนการผลิต โดยศึกษากระบวนการผลิตในบ้านดงน้อย หมู่ 5 เพื่อทำความเข้าใจลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์
- 2) วิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการไหลและแผนผังสายธารแห่งคุณค่า โดยมุ่งเน้นการระบุจุดที่สามารถปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการผลิตและลดความสูญเสีย

4.6 การตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เพื่อความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่เก็บรวบรวม ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

- 1) การสุ่มตัวอย่าง ดำเนินการเก็บข้อมูลเวลาจากกระบวนการผลิตในรอบเวลาที่แตกต่างกันอย่างน้อย 5 รอบ เพื่อให้ครอบคลุมความผันแปรในกระบวนการ
- 2) การตรวจสอบความเที่ยงตรง ดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลเวลาที่ได้จากการจับเวลาโดยผู้วิจัยกับข้อมูลเวลาที่ได้รับการยืนยันจากผู้ปฏิบัติงานในพื้นที่
- 3) การตรวจสอบซ้ำ ดำเนินการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกไว้ผ่านการสังเกตและวิเคราะห์ซ้ำเพื่อความสอดคล้องและความถูกต้อง

5. ผลการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT กรณีศึกษาน้อย หมู่ 5 ตำบลห้วยโพธิ์ อำเภอมือ จังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งกระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT สามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

5.1 การศึกษาขั้นตอนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำงานวิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อทำการศึกษากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT อย่างละเอียด ดังรูปที่ 2

บทความวิจัย (Research Article)

ชื่อ : กระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ ECO PRINT		สรุปผล							
		สัญลักษณ์		ปัจจุบัน					
กรรมวิธี : การทอผ้าฝ้าย		การปฏิบัติงาน	○	7					
		การตรวจสอบ	□	0					
		การเคลื่อนย้าย	⇌	0					
ผู้บันทึก : นางสาวณัฐนิชา วิชาชัย นางสาววิญญูกาญจน์ สุทร นางสาวสิรินดา จอมทรัพย์		การรอคอย	▷	0					
		การเก็บรักษา	▽	0					
		ระยะทาง (เมตร)	0						
		เวลา (นาฬิกา)	761						
ขั้นตอนที่	รายการ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาฬิกา)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
				○	□	⇌	▷	▽	
1	ยกผ้าใส่หลอด		86.4	●	□	⇌	▷	▽	
2	โวนผ้าเพื่อไม่ให้มีความยาวตามต้องการ		52.4	●	□	⇌	▷	▽	
3	นำผ้าที่โวนได้เข้าตูม		46.4	●	□	⇌	▷	▽	
4	โวนผ้าเข้าตะกอกและพันหัว		73.8	●	□	⇌	▷	▽	
5	ใส่ผ้าในหลอดเล็ก		6.6	●	□	⇌	▷	▽	
6	ใส่ผ้าในหลอดเล็กในกระสวยให้ทอ		3	●	□	⇌	▷	▽	
7	เริ่มทำการทอผ้าฝ้ายตามขนาด		492.4	●	□	⇌	▷	▽	
รวม			761	7	0	0	0	0	

รูปที่ 2 แผนภูมิกระบวนการผลิต ขั้นตอนการทอผ้า

คณะผู้วิจัยได้ทำการแบ่งงานออกเป็นกิจกรรมของแต่ละขั้นตอน จากนั้นจับเวลาในการทำงาน จับเวลา 5 รอบ หาค่าเฉลี่ยของการทำงาน และ นำข้อมูลจากตารางมาทำการวิเคราะห์เวลาและระยะทาง จากการวิเคราะห์แผนภูมิกระบวนการผลิตของ ขั้นตอนการทอผ้าฝ่ายพบว่า มีทั้งหมด 7 ขั้นตอน รวมระยะเวลาเป็น 761 นาทีต่อหนึ่งรอบการทำงาน (รูปที่ 2)

ชื่อ : กระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ ECO PRINT		สรุปผล							
		สัญลักษณ์		ปัจจุบัน					
กรรมวิธี : การพิมพ์ลวดลายสีธรรมชาติ	การปฏิบัติงาน	○	13						
	การตรวจสอบ	□	2						
	การเคลื่อนย้าย	⇌	7						
ผู้บันทึก : นางสาวณัฐนิชา วิชาชัย นางสาววิญญูกาญจน์ สุทร นางสาวสิรินดา จอมทรัพย์	การรอคอย	▷	1						
	การเก็บรักษา	▽	1						
	ระยะทาง (เมตร)	28							
		เวลา (นาทึ)	405.6						
ขั้นตอนที่	รายการ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาทึ)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
				○	□	⇌	▷	▽	
1	ตรวจสอบผ้า		2.2	○	■	⇌	▷	▽	
2	เดินไปท้ขึ้นคอนแทกผ้า	5	1.6	○	□	⇌	▷	▽	
3	แช่ผ้าในน้ำสีย้อมหรือ น้ำสีย้อม		60	●	□	⇌	▷	▽	
4	ตรวจสอบใบไม้ที่ทำการจัดเตรียมไว้		19.4	○	■	⇌	▷	▽	
5	แช่ใบไม้ในน้ำสีย้อม		60	●	□	⇌	▷	▽	
6	กางแผ่นพลาสติกออกโรยผ้า		2.4	●	□	⇌	▷	▽	
7	หยิบผ้าที่แช่ไว้ขึ้นมาบิดน้ำออกจนหมด		3.8	●	□	⇌	▷	▽	
8	กางผ้าบนแผ่นพลาสติก		2.4	●	□	⇌	▷	▽	
9	จัดเรียงใบไม้ที่แช่ไว้มาวางลงบนผ้าตามแบบลวดลายที่ต้องการ		5.6	●	□	⇌	▷	▽	
10	ปิดแผ่นพลาสติกบนผ้า		2.8	●	□	⇌	▷	▽	
11	เดินไปหยิบไม้ไฟ	1	1.2	○	□	⇌	▷	▽	
12	ใช้ท่อนไม้ไฟรมผ้าให้แห้ง		4.6	●	□	⇌	▷	▽	

รูปที่ 3 แผนภูมิกระบวนการผลิต ขั้นตอนการพิมพ์สีธรรมชาติ

จากรูปที่ 3 และ 4 แสดงแผนภูมิกระบวนการผลิตของขั้นตอนการพิมพ์ลวดลายสีธรรมชาติ แสดงให้เห็นถึงการทำงานกระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT ขั้นตอนการพิมพ์ลวดลายสีธรรมชาติ จะมีทั้งหมด 24 ขั้นตอน มีระยะเวลาคือ 405.6 นาทีต่อหนึ่งรอบการทำงาน ใช้ระยะทางรวมทั้งหมด 28 เมตร

บทความวิจัย (Research Article)

ชื่อ : กระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ ECO PRINT		สรุปผล							
		สัญลักษณ์				ปัจจุบัน			
กรรมวิธี : การพิมพ์สไลด์ลายสีธรรมชาติ		การปฏิบัติงาน	○	13					
		การตรวจสอบ	□	2					
		การเคลื่อนย้าย	⇄	7					
ผู้บันทึก : นางสาวณัฐนิชา วิชาชัย นางสาวอัญญาชญ์ สุพร นางสาวสิรินดา จอมทรัพย์		การรอคอย	▷	1					
		การเก็บรักษา	▽	1					
		ระยะทาง (เมตร)	28						
		เวลา (นาฬิกา)	405.6						
ขั้นตอนที่	รายการ	ระยะทาง (เมตร)	เวลา (นาฬิกา)	สัญลักษณ์					หมายเหตุ
				○	□	⇄	▷	▽	
13	เดินไปหยิบเชือก	1	1.4	○	□	⇄	▷	▽	
14	จัดเชือกให้แน่นเพื่อไม่ให้ผ้าหลุด		2.8	●	□	⇄	▷	▽	
15	เดินนำผ้าไปนั่ง	6	1.6	○	□	⇄	▷	▽	
16	นั่งผ้า		120	●	□	⇄	▷	▽	
17	เดินไปเอาผ้าที่นั่งเสร็จมาแกะ	6	3	○	□	⇄	▷	▽	
18	พักไว้ให้เย็น		24	○	□	⇄	▷	●	▽
19	เดินไปสถานที่ที่จัดเตรียมไว้เพื่อตากผ้า	2	1	○	□	⇄	▷	▽	
20	ตากผ้าไว้จนแห้ง		75	●	□	⇄	▷	▽	
21	รีดผ้า พับผ้า		5.6	●	□	⇄	▷	▽	
22	แพ็คผ้า		2.4	●	□	⇄	▷	▽	
23	เดินนำผ้าไปจัดเก็บในคลังสินค้า	7	2.8	○	□	⇄	▷	▽	
24	เตรียมจัดส่งให้ลูกค้า		-	○	□	⇄	▷	▽	
รวม		28	405.6	13	2	7	1	1	

ค้นหาขั้นตอนการทำงานที่สามารถปรับปรุงหรือเพิ่มประสิทธิภาพได้ เพื่อหาแนวทางในการลดความสูญเสียและเพิ่มมูลค่าในการผลิต แสดงดังรูปที่ 5 และ 6

งานหลัก	งานย่อย	เวลางานย่อย (วินาที)	เวลางานหลัก (นาฬิกา)	คุณค่ากิจกรรม	ประเภทความสูญเสีย
ทอดผ้า	1. กรอด้วยไม้ทอด	5,184	761	VA	
	2. ใช้น้ำยาล้างเพื่อไม่ให้มีความยาวความต้องการ	3,144		VA	
	3. นำด้วยไม้ให้เข้ารูป	2,784		VA	
	4. ใช้น้ำยาล้างเพื่อไม่ให้มีความยาวความต้องการ	4,428		VA	
	5. ใช้น้ำยาล้างเพื่อไม่ให้มีความยาวความต้องการ	396		VA	
	6. ใช้น้ำยาล้างเพื่อไม่ให้มีความยาวความต้องการ	180		VA	
	7. เริ่มทำการทอดผ้าด้วยตนเอง	29,544		VA	
พิมพ์สี	1. ตรวจสอบผ้า	132	761	VA	
	2. เดินไปทิ้งชิ้นงานผ้า	96		NNVA	การเคลื่อนไหว
	3. แขนงในน้ำสารสีหรือน้ำสีย้อม	3,600		VA	
	4. ตรวจสอบใบไม้ที่ทำการจัดเตรียมไว้	1,164		NNVA	การดำเนินการ
	5. แขนงในน้ำสารสีหรือน้ำสีย้อม	3,600		VA	
	6. การผสมสีสีก่อนการย้อม	144		VA	
	7. หยิบผ้าเพื่อไปตากบนคานตาก	228		NNVA	การดำเนินการ
	8. การซักบนคานตาก	144		VA	

รูปที่ 5 การวิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรม

รูปที่ 4 แผนภูมิกระบวนการผลิต ขั้นตอนการพิมพ์สีธรรมชาติ (ต่อ)

5.2 วิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรมเพื่อหาแนวทางในการลดความสูญเสียและเพิ่มมูลค่าในการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT

จากการศึกษาขั้นตอนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT คณะผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์โดยใช้หลักการแผนผังสายธารแห่งคุณค่า ซึ่งการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมเป็นกระบวนการที่สำคัญในการตรวจสอบและประเมินกิจกรรมที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในการวิเคราะห์ครั้งนี้จะทำให้สามารถระบุและจำแนกกิจกรรมต่างๆ

งานหลัก	งานย่อย	เวลางานย่อย (วินาที)	เวลางานหลัก (นาฬิกา)	คุณค่ากิจกรรม	ประเภทความสูญเสีย
	9. จัดเรียงใบไม้ที่แห้งไว้มาวางลงกับผ้าตามแบบสวดลายที่ต้องการ	336	405.6	VA	
	10. ปิดแผ่นพลาสติกบนผ้า	168		VA	
	11. เดินไปหยิบใบไม้	72		NVA	การเคลื่อนไหว
	12. ใช้ฟองน้ำให้ผ้าแห้งที่แน่น	276		VA	
	13. เดินไปหยิบเชือก	84		NVA	การเคลื่อนไหว
	14. จัดเชือกให้แน่นเพื่อไม่ให้ผ้าหลุด	168		VA	
	15. เดินนำผ้าไปนั่ง	96		NNVA	การเคลื่อนไหว
	16. นั่งผ้า	7,200		VA	
	17. เดินไปเอาผ้าที่นั่งเสร็จมาแกะ	180		NNVA	การเคลื่อนไหว
	18. พักไว้ให้เย็น	1,440		NNVA	การรอคอย
	19. เดินไปสถานที่ที่จัดเตรียมไว้เพื่อตากผ้า	60		NNVA	การเคลื่อนไหว
	20. ตากผ้าไว้จนแห้ง	4,500		NNVA	การรอคอย
	21. รีดผ้า พับผ้า	336		VA	
	22. แพ็คผ้า	144		VA	
	23. เดินนำผ้าไปจัดเก็บในคลังสินค้า	168		VA	
	24. เตรียมจัดส่งให้ลูกค้า	-		VA	
รวม		69,996	1,166.6		

รูปที่ 6 การวิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรม (ต่อ)

ณัฐนิชา วิชาชัย และคณะ, การพัฒนากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดความสูญเสียด้วยการประยุกต์แผนผังสายธารแห่งคุณค่า

บทความวิจัย (Research Article)

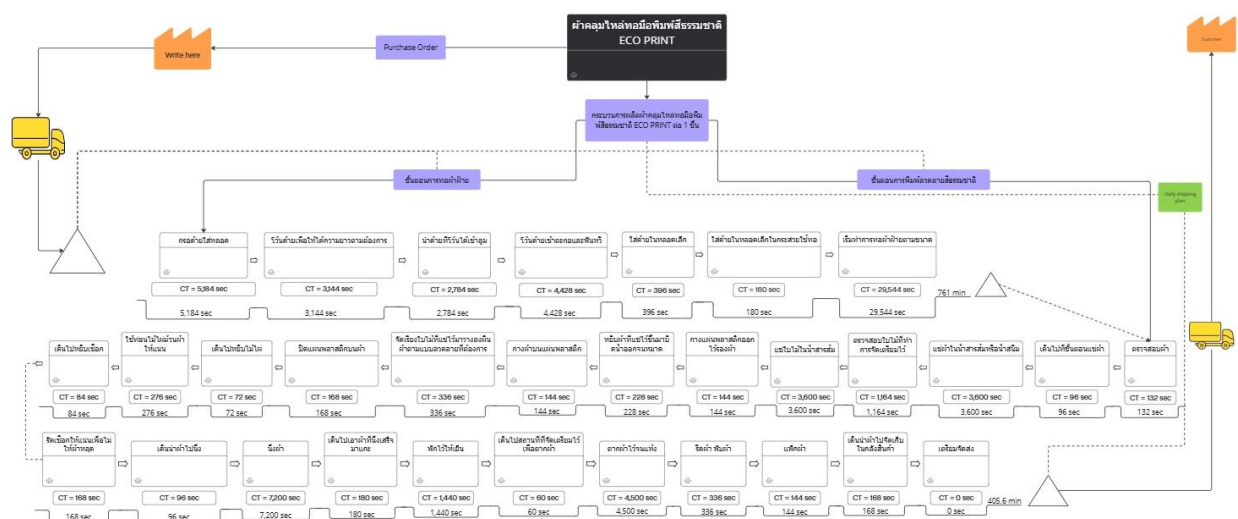
จากการวิเคราะห์คุณค่าของกิจกรรมเพื่อหาแนวทางในการลดความสูญเปล่าและเพิ่มมูลค่า พบว่า กิจกรรมหลักมี 2 กิจกรรม กิจกรรมย่อย 31 กิจกรรม เมื่อวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมและประเภทความสูญเปล่า โดยกิจกรรมที่สร้างคุณค่า (VA) ขั้นตอนการทำงาน เมื่อทำแล้วก่อให้เกิดมูลค่า กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าหรือเป็นความสูญเปล่า (NVA) ขจัดตัดทิ้งจึงนำมาสู่การลดความสูญเปล่า และกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าแต่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (NNVA) หาวิธีการใหม่ให้ได้จุดมุ่งหมายเดิม สามารถสรุปได้ดังรูปที่ 7

กิจกรรมคุณค่า	จำนวนกิจกรรม	ร้อยละกิจกรรม	รวมเวลา (วินาที)	ร้อยละเวลา
VA	21	67.74	62,076	88.69
NVA	2	6.45	156	0.22
NNVA	8	25.81	7,764	11.09
รวม	31	100	69,996	100

สรุปการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรมฯ พบว่า กิจกรรมที่สร้างคุณค่า (VA) 21 กิจกรรม ร้อยละ 67.74 เวลา รวมได้ 62,076 วินาที ร้อยละ 88.69 กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าหรือเป็นความสูญเปล่า (NVA) 2 กิจกรรม ร้อยละ 6.45 เวลา รวม 156 วินาที ร้อยละ 0.22 และกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าแต่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (NNVA) 8 กิจกรรม ร้อยละ 25.81 เวลา รวมได้ 7,764 วินาที ร้อยละ 11.09

จากนั้นทำการสร้างแผนภูมิสายธารแห่งคุณค่าในสถานการณ์ปัจจุบัน เพื่อแสดงถึงกระบวนการผลิตทั้งหมด ทำให้เห็นความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น จากกิจกรรมต่าง ๆ ในขั้นตอนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT แสดงดังรูปที่ 8 และ 9

รูปที่ 7 สรุปการวิเคราะห์คุณค่ากิจกรรม

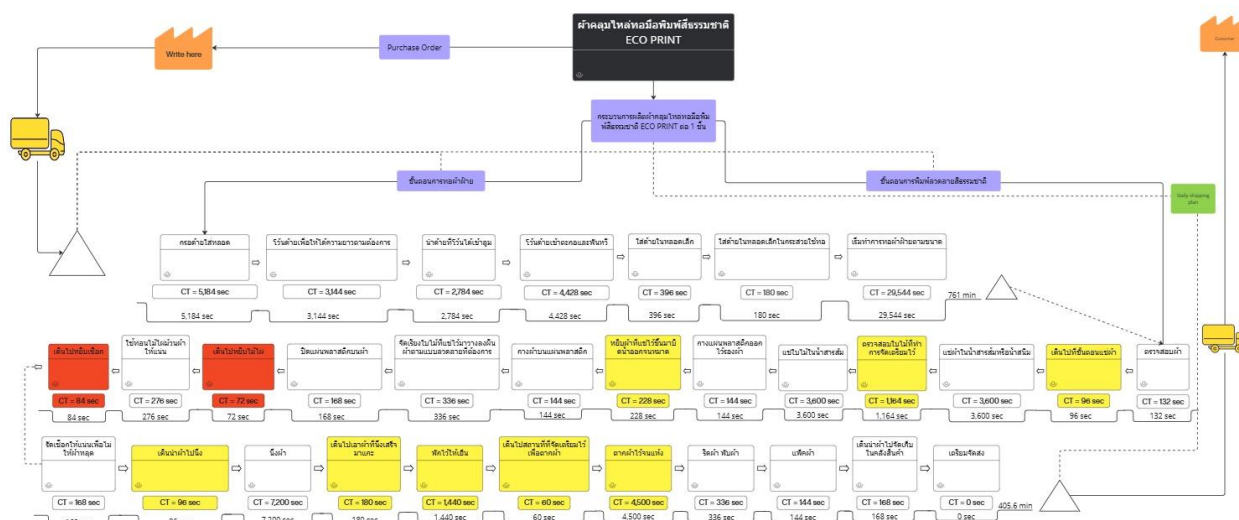


รูปที่ 8 แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่าของกระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์

สีจากธรรมชาติ ECO PRINT ณ ปัจจุบัน

ณัฐนิชา วิชาชัย และคณะ, การพัฒนาระบบการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติเพื่อเพิ่มมูลค่าและลดความสูญเปล่าด้วยการประยุกต์แผนผังสายธารแห่งคุณค่า

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 9 ขั้นตอนที่ต้องปรับปรุงหรือแก้ไขเพื่อลดความสูญเปล่าในการผลิต

จากการสร้างแผนภูมิสายธารแห่งคุณค่าใน
สถานการณ์ปัจจุบัน ทำให้เห็นความสูญเปล่าที่เกิดขึ้น
และสามารถระบุขั้นตอนที่สามารถปรับแก้ไขและ
กำจัดออกได้เพื่อลดความสูญเปล่าในขั้นตอนการผลิต
ผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ ECO PRINT
รายละเอียดแสดงได้ดังต่อไปนี้

1) กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าหรือเป็นความสูญเปล่า (NVA) ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ การเดินไปหยิบไม้ไฟ และการเดินไปหยิบเชือก ซึ่งคณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ว่าเป็นขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่าในกระบวนการผลิต และเป็นความสูญเปล่าในด้านการเคลื่อนไหว โดยสาเหตุของความสูญเปล่าในกิจกรรมดังกล่าว ได้แก่

1.1) การจัดวางพื้นที่ทำงานที่ไม่เหมาะสม โดย
อุปกรณ์สำคัญ เช่น ไมล์และเชือก ถูกจัดเก็บไว้ใน

ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากพื้นที่ปฏิบัติงานหลัก ทำให้
ผู้ปฏิบัติงานต้องเดินทางไปหยิบทุกครั้งที่ต้องการใช้งาน

1.2) การขาดแคลนระบบการจัดเก็บที่เป็นระเบียบ
ไม่มีการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนสำหรับวัสดุและ
อุปกรณ์ ทำให้เกิดการเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นในการ
ค้นหาและหยิบจับ

1.3) การขาดการวางแผนการผลิตไม่มีการเตรียมอุปกรณ์หรือวัสดุให้พร้อมก่อนเริ่มกระบวนการผลิต ทำให้ผู้ปฏิบัติงานต้องหยุดการทำงานเพื่อไปหยิบวัสดุเพิ่มเติม

โดยมีแนวทางการปรับปรุงดังนี้

(1) ปรับปรุงการจัดวางพื้นที่ทำงาน ย้ายตำแหน่ง เก้าอี้โต๊ะและเชือกให้อยู่ในพื้นที่ที่ใกล้กับจุดปฏิบัติงานหลัก เพื่อลดระยะทางการเคลื่อนไหว

บทความวิจัย (Research Article)

(2) ออกแบบระบบการจัดเก็บที่เป็นระเบียบ โดยใช้ระบบ 5 S (Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain) เพื่อกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนสำหรับอุปกรณ์และวัสดุ

(3) เตรียมวัสดุและอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับกระบวนการผลิตในแต่ละรอบให้พร้อมล่วงหน้า เพื่อลดความสูญเปล่าจากการหยุดงาน

ทั้งนี้ การลดกิจกรรมทั้งสองจะช่วยลดเวลาในกระบวนการผลิตได้ 156 วินาที คิดเป็นร้อยละ 0.22 ของเวลารวมทั้งหมด ส่งผลให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพมากขึ้นและลดความสูญเปล่าในระยะยาว

2) กิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่าแต่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (NNVA) 8 กิจกรรม ได้แก่ เดินไปที่ขั้นตอนแช่ผ้า ตรวจสอบใบไม้ที่ทำการจัดเตรียมไว้ หยิบผ้าที่แช่ไว้ขึ้นมาบิดน้ำออกจนหมด เดินนำผ้าไปนึ่ง เดินไปเอาผ้าที่นึ่งเสร็จมาแกะ พักไว้ให้เย็น เดินไปสถานที่ที่จัดเตรียมไว้เพื่อตากผ้า และตากผ้าไว้จนแห้ง คณะผู้วิจัยได้วิเคราะห์ให้เป็นขั้นตอนที่ไม่สร้างคุณค่าในกระบวนการผลิตแต่ไม่สามารถกำจัดหรือลดขั้นตอนในการผลิตได้ แต่อาจทำการปรับปรุงแก้ไขกระบวนการให้สามารถลดความสูญเปล่าลงได้ โดยคณะผู้วิจัยได้มีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขในกิจกรรมดังต่อไปนี้

- เดินไปที่ขั้นตอนแช่ผ้า อาจปรับปรุงโดยการลดระยะทางด้วยการจัดวางสถานที่ที่เหมาะสมมากขึ้น เช่น จัดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่จำเป็นให้อยู่ใกล้จุด

ทำงานเพื่อให้การเดินย่นระยะลง หรือใช้ระบบขนส่งอัตโนมัติ

- ตรวจสอบใบไม้ที่ทำการจัดเตรียมไว้ อาจปรับปรุงกระบวนการให้มีความคล่องตัว เช่น การจัดเตรียมและตรวจสอบใบไม้ล่วงหน้า หรือใช้เครื่องจักรช่วยตรวจสอบเพื่อเพิ่มความรวดเร็ว

- หยิบผ้าที่แช่ไว้ขึ้นมาบิดน้ำออกจนหมด อาจปรับปรุงโดยใช้เครื่องบีบน้ำหรือเครื่องปั่นผ้าที่มีประสิทธิภาพในการลดแรงงานและประหยัดเวลา

- เดินนำผ้าไปนึ่ง อาจปรับปรุงโดยลดความซับซ้อนในการเคลื่อนย้ายด้วยการใช้รถเข็นหรือสายพานลำเลียง หรือจัดวางพื้นที่สำหรับการนึ่งให้ใกล้จุดบิดน้ำเพื่อลดระยะเวลาในการเคลื่อนที่

- เดินไปเอาผ้าที่นึ่งเสร็จมาแกะ อาจใช้ระบบลำเลียงอัตโนมัติหรือจัดวางสถานที่ที่เหมาะสมเพื่อลดระยะการเดินและประหยัดเวลา

- พักไว้ให้เย็น อาจปรับเปลี่ยนพื้นที่พักผ้าที่มีการควบคุมอุณหภูมิให้ผ้าเย็นเร็วขึ้น หรือพัฒนาอุปกรณ์ที่ช่วยเร่งการลดอุณหภูมิ เดินไปสถานที่ที่จัดเตรียมไว้เพื่อตากผ้า อาจปรับปรุงโดยการลดระยะทางด้วยการจัดพื้นที่ตากผ้าให้ใกล้ขึ้น หรือใช้เครื่องช่วยขนย้ายเพื่อประหยัดแรงงาน

- ตากผ้าไว้จนแห้ง อาจปรับปรุงโดยใช้เทคโนโลยีที่ทำให้ผ้าแห้งเร็วขึ้น เช่น ระบบตากผ้าแบบประหยัดพลังงานหรือระบบที่ควบคุมความชื้นในอากาศ

บทความวิจัย (Research Article)

การปรับปรุงในกระบวนการแช่ผ้า บิดน้ำ และตากผ้า โดยใช้เครื่องมือหรือเทคโนโลยีช่วย คาดการณ์ว่าจะลดเวลารวมได้ประมาณร้อยละ 15 ในกระบวนการพิมพ์ลวดลายสีธรรมชาติ ($405.6 \times 0.15 = 60.84$ นาที)

การปรับปรุงการจัดวางพื้นที่ให้เหมาะสม เช่น ย้ายวัสดุและเครื่องมือใกล้จุดใช้งาน คาดการณ์ลดระยะทางได้ประมาณร้อยละ 40 ทำให้ระยะทางรวมหลังปรับปรุงเหลือ 16.8 เมตรต่อรอบ

6. สรุปผลและอภิปรายผล

6.1 สรุปผล

การศึกษากระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีจากธรรมชาติ แบบ ECO PRINT ในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลักในการศึกษารายละเอียดของกระบวนการผลิตและวิเคราะห์เพื่อหาแนวทางในการลดความสูญเสียและเพิ่มมูลค่าในการผลิต โดยข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสังเกตและสัมภาษณ์ผู้ผลิตในชุมชนบ้านดงน้อย จังหวัดกาฬสินธุ์ มีขั้นตอนการผลิตแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ การทอผ้าฝ้ายและการพิมพ์ลวดลายสีธรรมชาติ โดยกระบวนการทอผ้าฝ้ายประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ได้แก่ กรอดายใส่หลอด โวนดาย เข้าลุมดาย ร้อยดายเข้าตะกอกและพันหวี ใส่ดายในหลอดเล็ก ใส่ดายหลอดเล็กในกระสวย และทอผ้าตามขนาดที่กำหนด โดยใช้เวลารวมประมาณ 761 นาทีต่อหนึ่งรอบการทำงาน และกระบวนการพิมพ์ลวดลายสีธรรมชาติ ประกอบด้วย 24 ขั้นตอน เช่น การตรวจสอบผ้า แช่ผ้าในน้ำสารส้มหรือน้ำสนิม

การจัดเรียงไปไม้ การนั่งผ้า การตากผ้าให้แห้ง และอื่นๆ โดยใช้เวลารวมประมาณ 405.6 นาทีต่อหนึ่งรอบการทำงาน และระยะทางรวมที่ต้องเคลื่อนย้ายผ้า คือ 28 เมตร

จากการวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานโดยใช้หลักการแผนผังสายธารแห่งคุณค่า พบว่ามีกิจกรรมที่สร้างคุณค่า และกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า รวมถึงการระบุขั้นตอนที่มีความสูญเสียเปล่าในรูปแบบต่างๆ เช่น การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็นและการดำเนินการซ้ำซ้อน

6.2 อภิปรายผล

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติแบบ ECO PRINT โดยใช้แผนผังสายธารแห่งคุณค่า พบว่ามีทั้ง กิจกรรมที่สร้างคุณค่า (Value-Added Activities - VA) และกิจกรรมที่ไม่สร้างคุณค่า (Non-Value Added Activities - NVA) โดยรวมระยะเวลาทั้งสิ้นของการผลิตพบว่ามีหลายขั้นตอนที่สามารถลดเวลาและความสูญเสียเปล่าได้ โดยสามารถระบุความสูญเสียเปล่า (Waste) ได้ดังต่อไปนี้

- การเคลื่อนไหวที่ไม่จำเป็น (Motion Waste) พบว่าผู้ผลิตต้องเดินหรือเคลื่อนย้ายผ้าไปมาระหว่างขั้นตอนต่างๆ โดยเฉพาะในกระบวนการพิมพ์ลวดลาย ซึ่งการจัดพื้นที่ให้เหมาะสมอาจช่วยลดการเคลื่อนไหวและประหยัดเวลาได้

- การรอคอย (Waiting Waste) พบว่าการนั่งผ้าซึ่งต้องใช้เวลาราว 120 นาทีและการตากผ้าซึ่งใช้เวลา 60 นาทีทำให้เกิดช่วงเวลาที่ไม่มีการทำงานอื่นที่สร้างคุณค่า ควรพิจารณาการวางแผนให้มีงานอื่นทำ

บทความวิจัย (Research Article)

ระหว่างการรอคอย เช่น การเตรียมวัสดุสำหรับการผลิตครั้งถัดไป

- กระบวนการที่ซับซ้อนเกินไป (Over Processing Waste) พบว่าบางขั้นตอน เช่น การจัดเรียงใบไม้หรือการตรวจสอบผ้า มีความซ้ำซ้อนในบางกรณี อาจพิจารณาปรับปรุงหรือรวมขั้นตอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ

- ซึ่งจากข้อมูลทั้งหมดสามารถที่จะเปรียบเทียบกระบวนการผลิตผ้าคลุมไหล่ทอมือพิมพ์สีธรรมชาติ (ECO PRINT) ก่อนและหลังการปรับปรุงได้ตามนี้

- เวลาในกระบวนการผลิตรวม ลดลงจาก 1,166.6 นาที เป็น 1,105.76 นาทีต่อรอบ (ลดลงร้อยละ 5.2 หรือ 60.84 นาทีต่อรอบ)

- ระยะทางการเคลื่อนไหวรวม ลดลงจาก 28 เมตร เป็น 16.8 เมตร (ลดลงร้อยละ 40)

การวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Womack และ Jones [10] ซึ่งชี้ว่า การลดความสูญเปล่าด้านการเคลื่อนไหวและการรอคอยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาการผลิตในกระบวนการ Lean Manufacturing ได้อย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ งานวิจัยของ Naik และ Kodali [11] ยังระบุว่า การจัดการกระบวนการผลิตที่ซับซ้อนเกินไปด้วยการใช้ Value Stream Mapping เป็นเครื่องมือหลัก สามารถช่วยลดความสูญเปล่าในระดับกระบวนการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อย่างไรก็ตาม ความแตกต่างที่พบคือ ในบริบทของการผลิตหัตถกรรม เช่น ECO PRINT การจัดการพื้นที่และการวางแผนการใช้เวลาอย่างเหมาะสมยังต้อง

พิจารณาความยืดหยุ่นและความสอดคล้องกับความสามารถของช่างฝีมือในท้องถิ่น ซึ่งแตกต่างจากการผลิตเชิงอุตสาหกรรมที่เน้นมาตรฐานที่ชัดเจน การอภิปรายนี้จึงชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของการปรับใช้เทคนิค Lean ให้เหมาะสมกับบริบทเฉพาะเพื่อลดความสูญเปล่าและเพิ่มประสิทธิภาพในระดับชุมชน

6.3 ข้อเสนอแนะ

- 1) การจัดพื้นที่ทำงาน (Workspace Layout) การจัดพื้นที่ผลิตให้มีความเหมาะสม ลดการเดินทางระหว่างขั้นตอน และวางเครื่องมือหรือวัสดุให้อยู่ในจุดที่สะดวก อาจช่วยลดเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนไหว โดยในอนาคตสามารถนำแนวทางนี้ไปพัฒนาเป็นระบบอัตโนมัติหรือใช้เทคโนโลยีจัดวางวัสดุที่ปรับเปลี่ยนได้ อัตโนมัติเพื่อสนับสนุนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม

- 2) การจัดการเวลา (Time Management) ควรวางแผนให้ทีมงานสำรองทำในช่วงที่ต้องรอคอย เช่น การเตรียมวัสดุสำหรับการพิมพ์ครั้งถัดไป หรือการทำความสะอาดพื้นที่ทำงาน โดยสามารถนำแนวคิดนี้ไปต่อยอดสู่การใช้ซอฟต์แวร์บริหารเวลาในกระบวนการผลิตที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในอนาคต

- 3) การใช้เทคโนโลยี หรือ อุปกรณ์ เสริม (Technology and Tools) การใช้เครื่องมือที่ช่วยลดเวลาในการทำงาน เช่น การพัฒนาระบบนึ่งผ้าที่รวดเร็วยิ่งขึ้น หรือการใช้เครื่องมือที่ช่วยจัดเรียงใบไม้ให้ง่ายขึ้น จะช่วยลดเวลาในแต่ละขั้นตอนได้ และสามารถพัฒนาเทคโนโลยีให้รองรับการผลิตจำนวนมาก เพื่อรองรับการขยายตัวในระดับอุตสาหกรรม

บทความวิจัย (Research Article)

4) การฝึกอบรมและพัฒนาทักษะ (Training and Skill Development) การฝึกอบรมผู้ผลิตให้มีความชำนาญในแต่ละขั้นตอนจะช่วยลดข้อผิดพลาดและเพิ่มความรวดเร็วในการทำงาน โดยในอนาคตสามารถเพิ่มโปรแกรมการฝึกอบรมด้านเทคโนโลยีการผลิตและการใช้เครื่องมือสมัยใหม่ เพื่อยกระดับศักยภาพของผู้ปฏิบัติงานให้สอดคล้องกับระบบการผลิตที่ใช้เทคโนโลยีขั้นสูง

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Ministry of Commerce, Thailand, *OTOP strategic development plan 2022–2026*. Ministry of Commerce, 2022.
- [2] UNESCO, *Creative economy report: Cultural times*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, 2021.
- [3] European Commission, *Green economy and the role of circularity in crafts and design*. European Union, 2021.
- [4] K. Fletcher, *Sustainable fashion and textiles: Design journeys*. Earthscan, 2008.
- [5] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster, 1996.
- [6] สำนักงานเศรษฐกิจการคลัง, *รายงานภาวะเศรษฐกิจเศรษฐกิจฐานรากและการส่งเสริมภูมิปัญญาท้องถิ่น*, กระทรวงการคลัง, 2564.
- [7] Institute of Industrial Engineers, *Lean tools for process improvement: Value stream mapping and beyond*. Industrial Engineering Press, 2010.
- [8] United Nations, *Sustainable development goals: A decade of action*. United Nations, 2020.
- [9] Institute of Industrial Engineers, *Lean tools for process improvement: Value stream mapping and beyond*. Industrial Engineering Press, 2010.
- [10] J. P. Womack and D. T. Jones, *Lean thinking: Banish waste and create wealth in your corporation*. Simon & Schuster, 1996.
- [11] S. G. Naik and R. Kodali, "Value stream mapping: A recent literature review," *Benchmarking: An International Journal*, vol. 17, no. 4, pp. 536–559, 2010.
- [12] วีระศักดิ์ ศรีลารัตน์, สุจาริณี สังข์วรรณะ, ภัทรกร พุ่มพันธ์, ธิติรัตน์ วงษ์กาฬสินธุ์, ณรัช พรนิธิบุญ และ ธนัง ชาญกิจชัยบุญ, "การพิมพ์สีธรรมชาติจากใบเพกาด้วยเทคนิคการถ่ายโอนสีสู่ผ้าฝ้าย," *วารสารวิจัยวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์*, ปีที่ 1, ฉบับที่ 1, หน้า 45–55, 2565.
- [13] รมิตา มุสิกพงศ์, "การประยุกต์ใช้แผนภูมิสายธารแห่งคุณค่าในการปรับปรุงกระบวนการผลิตของธุรกิจพลาสติกฟิล์ม: กรณีศึกษาบริษัท TPK," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท*, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2558.

บทความวิจัย (Research Article)

- [14] โสรญา รอดประเสริฐ, "การพัฒนากระบวนการผลิตผ้าทอมือและเส้นใยย้อมสีธรรมชาติ (กลุ่มแม่บ้านทอผ้าบ้านหนองสังข์)," *กรมวิทยาศาสตร์บริการ*, 2566.
- [15] วรดา พรหมหนู, "การจัดการสายธารแห่งคุณค่า และการจัดสมดุลสายการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทางการผลิต: กรณีศึกษากระบวนการผลิต 4Q00 บริษัท AUTOMOTIVE จำกัด," *วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยบูรพา*, 2559.
- [16] ธนาภรณ์ สุทธิโพธิ์, ชฎาพร อินหลี, อีราภรณ์ ลักขณาอำไพ และ สุธิดา ทับทิมศรี, "การจัดการซัพพลายเชนการผลิตผ้าทอ: กรณีศึกษาผ้าทอจอมป่า ตำบลแม่จัน อำเภออุ้มผาง จังหวัดตาก," *รายงานการประชุมวิชาการระดับชาติ สำหรับนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ครั้งที่ 1*, 22 กุมภาพันธ์ 2564, หน้า 651–658.
- [17] P. Srithiphan, "Study of process cotton fabric tie-dye with natural dyes from nipa palm: A case study of cotton fabric tie-dye with natural dyes group Wat Prasittaram School," *ResearchGate*, 2020.
- [18] ชัยวัฒน์ แก้วคล้ายขจรศิริ, "การศึกษากระบวนการฝ้าย้อมครามและพืชชนิดอื่น เพื่อพัฒนาผ้าทอมือจากสีธรรมชาติ," *วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 2555.
- [19] กาสัก เต๊ะขันหมาก, พนิตสุภา ธรรมประมวง และ กานดา เต๊ะขันหมาก, "การพัฒนาผ้าฝ้ายมัดหมี่ทอมือย้อมสีธรรมชาติต่อยอดภูมิปัญญาสู่เศรษฐกิจสร้างสรรค์ ตำบลโคกเจริญ อำเภอโคก
- เจริญ จังหวัดลพบุรี," *วารสารการวิจัยเพื่อพัฒนาชุมชน (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์)*, 2564, หน้า 84–99.

บทความวิจัย (Research Article)

การประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR ในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผ้า

สมศักดิ์ ทองแก้ว¹, ศักดิ์ชัย หงษ์ทอง², ปรีวรรต นาสวาสดี^{3,*}, ณัฐภัทร กาญจนเรืองรอง⁴,
วีระพล ทับทิมดี⁵ และ กฤษณะ ช่องศรี⁶

¹ สาขาวิชาทัศนศิลป์และมัลติมีเดียอาร์ต คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมเพื่อการพัฒนา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

³ สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และกระบวนการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

⁴ สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

⁵ สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตอัตโนมัติ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

⁶ สาขาวิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์

*ผู้ประสานงานบทความฉบับ: pariwat@techno.rru.ac.th โทรศัพท์: 088-3693123

(รับบทความ: 18 ธันวาคม 2567; แก้ไขบทความ: 24 ธันวาคม 2567; ตอรับบทความ: 27 ธันวาคม 2567)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR เป็นเทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ เพื่อการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผ้าที่เหมาะสมที่สุด โดยเริ่มจากการกำหนดเกณฑ์ตัดสินใจจำนวน 5 เกณฑ์ ได้แก่ ต้นทุนการผลิต (C1) การตลาด (C2) การสนับสนุนจากภาครัฐวิจัยและนวัตกรรม (C3) ความร่วมมือระหว่างชุมชนและผู้ประกอบการ (C4) และความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อม (C5) กำหนดทางเลือก 8 ทางเลือก ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน (A1) เฟอร์นิเจอร์และของตกแต่ง (A2) เครื่องมือและอุปกรณ์ (A3) งานหัตถกรรมและของที่ระลึก (A4) ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (A5) ผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้าง (A6) ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม (A7) และผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม (A8) การประเมินใช้ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่า ทางเลือก (A5) เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดมีค่า $S_i = 0.00$, $R_i = 0.00$ และ $Q_i = 0.00$ ต่ำที่สุด ทางเลือก (A8) มีค่า $S_i = 0.97$, $R_i = 1.34$ และ $Q_i = 0.36$ และ ทางเลือก (A7) มีค่า $S_i = 0.81$, $R_i = 1.66$ และ $Q_i = 0.45$ ตามลำดับ ส่วนทางเลือกที่เหมาะสมน้อยที่สุดคือ (A6) มีค่า $S_i = 0.97$, $R_i = 3.79$ และ $Q_i = 1.00$ ผลงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า สามารถประยุกต์ใช้ในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผ้ามีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: Fuzzy VIKOR การตัดสินใจหลายเกณฑ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผ้า

การอ้างอิงบทความ: สมศักดิ์ ทองแก้ว, ศักดิ์ชัย หงษ์ทอง, ปรีวรรต นาสวาสดี, ณัฐภัทร กาญจนเรืองรอง, วีระพล ทับทิมดี และ กฤษณะ ช่องศรี, "การประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR ในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากผ้า," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 6, หน้า 34-49, 2567.

บทความวิจัย (Research Article)

Application of the Fuzzy VIKOR Method for Decision-Making in Bamboo Product Development

Somsak Thongkaew¹, Sakchai Hongthong², Pariwat Nasawat^{3,*}, Nattapat Kanchanaruangrong⁴
Weerapol Taptimdee⁵ and Krisana Chongsri⁶

¹ Department of Visual and Media Arts, Faculty of Humanities and Social Sciences, Rajabhat Rajanagarindra University

² Department of Science and Innovation for Development, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

³ Department of Logistics and Process Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

⁴ Department of Industrial Management Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

⁵ Department of Automated Manufacturing Engineering, Faculty of Industrial Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

⁶ Department of Applied Physics, Faculty of Science and Technology, Rajabhat Rajanagarindra University

* Corresponding Author: pariwat@techno.ru.ac.th, Tel: 088-3693123

(Received: December 18, 2024; Revised: December 24, 2024; Accepted: December 27, 2024)

Abstract

This research presents the application of the Fuzzy VIKOR method as a multi-criteria decision-making (MCDM) technique to determine the most suitable approach for developing bamboo-based products. The study began by defining five decision criteria: production cost (C1) marketing (C2) government support research and innovation (C3) collaboration between communities and entrepreneurs (C4) and environmental sustainability (C5). Eight alternatives were considered, including household products (A1), furniture and decorative items (A2), tools and equipment (A3) handicrafts and souvenirs (A4) eco-friendly products (A5) construction products (A6) health and beauty products (A7) and food and beverage products (A8). The evaluation was based on input from five experts. The results revealed that Alternative (A5) was the best option, with $S_i = 0.00$, $R_i = 0.00$, and $Q_i = 0.00$, indicating the closest proximity to the ideal solution. Alternative (A8) had values of $S_i = 0.97$, $R_i = 1.34$, and $Q_i = 0.36$, while Alternative (A7) had values of $S_i = 0.81$, $R_i = 1.66$, and $Q_i = 0.45$, respectively. The least suitable alternative was Alternative A6 had values of $S_i = 0.97$, $R_i = 3.79$, and $Q_i = 1.00$ the highest values observed. This research demonstrates its effective application in decision-making when selecting complex approaches to bamboo product development.

Keywords: Fuzzy VIKOR, Multi-Criteria Decision Making, Bamboo Product Development

Please cite this article as: S. Thongkaew, S. Hongthong, P. Nasawat, N. Kanchanaruangrong, W. Taptimdee and K. Chongsri, "Application of the Fuzzy VIKOR Method for Decision-Making in Bamboo Product Development," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 6, pp. 34-49, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ผลิตภัณฑ์จากไม้เป็นหนึ่งในทรัพยากรธรรมชาติที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาชุมชนและเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในประเทศที่มีทรัพยากรไม้อุดมสมบูรณ์ เช่น ประเทศไทย ซึ่งไม้ถือเป็นวัตถุดิบที่หลากหลายในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องใช้ในครัวเรือน เฟอร์นิเจอร์และของตกแต่ง เครื่องมือและอุปกรณ์งานหัตถกรรมและของที่ระลึกผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้าง ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม และผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม [1] ซึ่งเป็นปัญหาในการผลิตผลิตภัณฑ์จากไม้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ปลูกไม้ อำเภอนาทะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา มีเกษตรกรผู้ปลูกไม้จำนวน 108 ราย มีพื้นที่เพาะปลูกจำนวน 602 ไร่ เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ที่ตอบโจทย์ความต้องการของตลาดและสอดคล้องกับความยั่งยืนจึงมีบทบาทสำคัญในยุคปัจจุบัน [2]

อย่างไรก็ตาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้มีความจำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นคุณสมบัติของวัสดุ กระบวนการผลิต ความต้องการของตลาด และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม การตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จึงมีความซับซ้อนเนื่องจากเกี่ยวข้องกับหลายเกณฑ์และปัจจัยที่ต้องพิจารณาพร้อมกัน [3] การจัดการตัดสินใจในปัญหาที่ซับซ้อนนี้จึงจำเป็นต้องอาศัยวิธีการที่มีประสิทธิภาพ

วิธี Fuzzy VIKOR เป็นหนึ่งในเทคนิคการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ที่เหมาะสมกับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอน เทคนิคนี้ช่วยในการประเมินและจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกโดยคำนึงถึงความใกล้เคียงกับคำตอบในอุดมคติ ด้วยการ

ประยุกต์ใช้ Fuzzy Logic และหลักการของ VIKOR ทำให้สามารถวิเคราะห์และตัดสินใจได้อย่างเป็นระบบ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การประเมินและเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้โดยใช้วิธี Fuzzy VIKOR เพื่อช่วยให้การตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและตอบสนองต่อความต้องการทั้งในด้านเศรษฐกิจและความยั่งยืน การศึกษานี้จะช่วยสร้างกรอบแนวคิดที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้กับผลิตภัณฑ์หรืออุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ต้องการแนวทางการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพในสภาพแวดล้อมที่ซับซ้อนและมีความไม่แน่นอน

2. ทบทวนวรรณกรรม

การตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัยสามารถดำเนินการได้ด้วยวิธีการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) โดยวิธี Fuzzy VIKOR เป็นหนึ่งในเทคนิคที่เหมาะสมเนื่องจากสามารถจัดการกับข้อมูลที่มีความไม่แน่นอนไม่สมบูรณ์ [4] การใช้ Fuzzy Logic ช่วยจัดการกับความคลุมเครือของข้อมูล ขณะที่ VIKOR ช่วยจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกโดยพิจารณาจากความใกล้เคียงกับอุดมคติ (Positive Ideal Solution: PIS) และความห่างจากคำตอบเชิงลบ (Negative Ideal Solution: NIS)

งานวิจัยเกี่ยวกับ Fuzzy VIKOR มีการนำไปใช้ในหลากหลายบริบท เช่น การเลือกซัพพลายเออร์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การจัดการทรัพยากรในอุตสาหกรรม [5] และการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เน้น

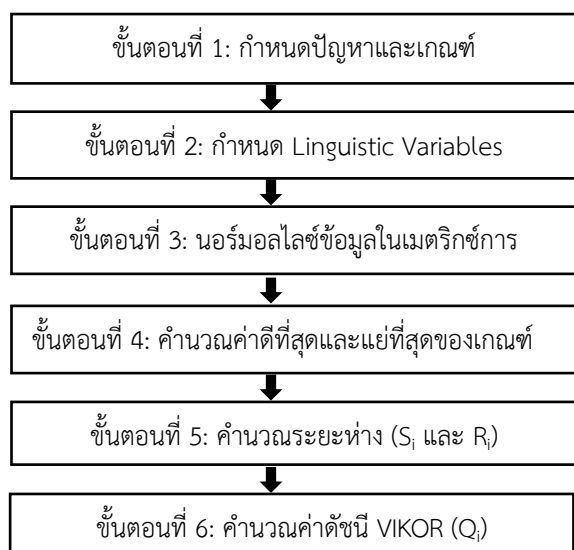
บทความวิจัย (Research Article)

ความยั่งยืน [6] ตัวอย่างเช่น การศึกษาการประยุกต์ใช้ Fuzzy VIKOR เพื่อประเมินทางเลือกในระบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานสีเขียวในอุตสาหกรรมเกษตร ซึ่งพบว่าช่วยเพิ่มความแม่นยำในการประเมินและลดผลกระทบจากข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์

ดังนั้น การประยุกต์ใช้ Fuzzy VIKOR ในการประเมินและเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไผ่จึงมีความเหมาะสมสำหรับการจัดลำดับความสำคัญของปัจจัยและแนวทางที่สอดคล้องกับความยั่งยืนและความต้องการของตลาด

3. วิธีการวิจัย

การประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR ในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไผ่รายละเอียดของแต่ละวิธีจะแสดงได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR

[8 - 23]

คำนวณโดยใช้ MCDMaker-software [7] เป็นซอฟต์แวร์ออนไลน์ ที่ช่วยแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) โดยรองรับวิธีการต่าง ๆ รวมถึง Fuzzy VIKOR ซึ่งเป็นเทคนิคสำหรับจัดลำดับทางเลือกในสภาพแวดล้อมที่มีความไม่แน่นอนและข้อมูลเชิงภาษาศาสตร์ (Linguistic Variables)

3.1 กำหนดปัญหาและเกณฑ์

- 1) ปัญหา (Problem Definition) ระบุปัญหาการตัดสินใจ
- 2) เกณฑ์ (Criteria) ระบุเกณฑ์ที่ใช้เป็นตัวชี้วัดในการตัดสินใจ
- 3) ทางเลือก (Alternatives) ระบุตัวเลือกที่ต้องการเปรียบเทียบ
- 4) ผู้เชี่ยวชาญ (Expert) เลือกผู้เชี่ยวชาญในการให้คะแนน

3.2 กำหนด Linguistic Variables

- 1) น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ (Importance Weights) ใช้ Linguistic Variables ในการประเมินน้ำหนัก
- 2) คะแนนของตัวเลือก (Ratings) ให้คะแนนทางเลือกในแต่ละเกณฑ์โดยใช้ Linguistic Variables

3.3 นอร์มอลไลซ์ข้อมูลในเมตริกซ์การตัดสินใจ

การนอร์มอลไลซ์เป็นการปรับค่าคะแนนในเมตริกซ์ให้อยู่ในช่วง 0-1 ขึ้นอยู่กับประเภทเกณฑ์

บทความวิจัย (Research Article)

1) Benefit Criteria (ค่ายิ่งมากยิ่งดี) แสดงในสมการที่ 1

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j}, \frac{m_{ij}}{u_j}, \frac{u_{ij}}{u_j} \right) \quad (1)$$

เมื่อ

$\tilde{r}_{ij}$ คือ ค่าที่ Normalize แล้วของทางเลือก i ภายใต้เกณฑ์ j
 l_{ij}, m_{ij}, u_{ij} คือ Triangular Fuzzy Numbers (TNF₅) สำหรับทางเลือก i
 u_j คือ ค่าสูงสุดของเกณฑ์ j

2) Cost Criteria (ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี) แสดงในสมการที่ 2

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j}{u_{ij}}, \frac{l_j}{m_{ij}}, \frac{l_j}{l_{ij}} \right) \quad (2)$$

เมื่อ

$\tilde{r}_{ij}$ คือ ค่าที่ Normalize แล้วของทางเลือก i ภายใต้เกณฑ์ j
 u_{ij}, m_{ij}, l_{ij} คือ Triangular Fuzzy Numbers (TNF₅) สำหรับทางเลือก i
 l_j คือ ค่าต่ำสุดของเกณฑ์ j

3.4 คำนวณค่าที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดของเกณฑ์

1) การคำนวณค่าที่ดีที่สุด (Positive Ideal Solution: F_j^*) แสดงในสมการที่ 3

$$F_j^* = (\max l_{ij}, \max m_{ij}, \max u_{ij}) \quad (3)$$

เมื่อ

F_j^* คือ ค่าที่ดีที่สุดของเกณฑ์ j

2) การคำนวณค่าที่แย่ที่สุด (Negative Ideal Solution: F_j^-) แสดงในสมการที่ 4

$$F_j^- = (\min l_{ij}, \min m_{ij}, \min u_{ij}) \quad (4)$$

เมื่อ

F_j^- คือ ค่าที่แย่ที่สุดของเกณฑ์ j

3.5 คำนวณระยะห่าง (S_i และ R_i)

1) การคำนวณระยะห่างรวมจากค่าที่ดีที่สุด (s_i) แสดงในสมการที่ 5

$$s_i = \left(\sum_{j=1}^n w_j \cdot d(\tilde{r}_{ij}, F_j^*) \right) \quad (5)$$

เมื่อ

s_i คือ ระยะห่างรวมจากค่าที่ดีที่สุดของทางเลือก i
 w_j คือ น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ j
 $d(\tilde{r}_{ij}, F_j^*)$ คือ ระยะห่างระหว่าง $\tilde{r}_{ij}$ และ F_j^*

2) การคำนวณระยะห่างสูงสุดจากค่าที่ดีที่สุด (R_i) แสดงในสมการที่ 6

$$R_i = \max_j \{w_j \cdot d(\tilde{r}_{ij}, F_j^*)\} \quad (6)$$

บทความวิจัย (Research Article)

เมื่อ

R_i คือ ระยะห่างสูงสุดจากค่าที่ดีที่สุด
ของทางเลือก i

w_j คือ น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ j

$d(\tilde{r}_{ij}, F_j^*)$ คือ ระยะห่างระหว่างค่าที่
Normalize แล้ว $(\tilde{r}_{ij})$ และค่าที่ดีที่สุด
(F_j^*) สำหรับเกณฑ์ j

$\max_j$ คือ เลือกค่าสูงสุดจากทุกเกณฑ์ j

$$Q_i(A_2) - (A_1) \geq \frac{1}{m-1} \quad (8)$$

หากไม่ผ่านเงื่อนไขนี้ ทางเลือกอันดับ 1 และ 2
อาจต้องพิจารณาร่วมกัน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการกำหนดปัญหาและเกณฑ์

4.1.1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไข่

เกณฑ์ (Criteria) ที่จะใช้ในการตัดสินใจ มีดังนี้
ต้นทุนการผลิต (C1) การตลาด (C2) การสนับสนุน
จากภาครัฐ วิจัยและนวัตกรรม (C3) ความร่วมมือ
ระหว่างชุมชนและผู้ประกอบการ (C4) ความยั่งยืน
และสิ่งแวดล้อม (C5) มีทางเลือก (Alternatives) ดังนี้
ผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน (A1) เฟอร์นิเจอร์และของ
ตกแต่ง (A2) เครื่องมือและอุปกรณ์ (A3) งาน
หัตถกรรมและของที่ระลึก (A4) ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตร
ต่อสิ่งแวดล้อม (A5) ผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้าง (A6)
ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม (A7) และ
ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม (A8) และใช้
ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ด้านวิชาการ 3 คน ด้าน
อุตสาหกรรม 1 คน และพัฒนาผลิตภัณฑ์ 1 คน [3]

4.1.2. เลือกประเภทของเกณฑ์

Benefit คือ ค่ายิ่งมากยิ่งดี คือ การตลาด (C2)
การสนับสนุนจากภาครัฐ วิจัยและนวัตกรรม (C3)
ความร่วมมือระหว่างชุมชนและผู้ประกอบการ (C4)
ความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อม (C5)

Cost คือ ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี คือ ต้นทุนการผลิต (C1)

3.6 คำนวณค่าดัชนี VIKOR (Q_i)

การคำนวณค่าดัชนี VIKOR แสดงในสมการที่ 7

$$Q_i = v \cdot \frac{s_i - s^*}{s^- - s^*} + (1-v) \cdot \frac{R_i - R^*}{R^- - R^*} \quad (7)$$

เมื่อ

Q_i คือ ค่าดัชนี VIKOR ทางเลือก i

s^*, s^- คือ ค่าดีที่สุดและแย่ที่สุดของ s_i

R^*, R^- คือ ค่าดีที่สุดและแย่ที่สุดของ R_i

v คือ พารามิเตอร์ความ
ประนีประนอม
(ค่าเริ่มต้น $v = 0.5$)

3.7 การวิเคราะห์ผลลัพธ์

จัดลำดับทางเลือกโดยใช้ค่า Q_i ทางเลือกที่มีค่า
 Q_i ต่ำที่สุดจะถูกพิจารณาว่าเหมาะสมที่สุดข้อ
ได้เปรียบที่ยอมรับได้ (Acceptable Advantage)
แสดงในสมการที่ 8

บทความวิจัย (Research Article)

4.2 กำหนด Linguistic Variables

4.2.1 น้ำหนักความสำคัญของเกณฑ์ (Importance Weights) และคะแนนของทางเลือก (Ratings) แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การกำหนดน้ำหนักความสำคัญ

Linguistic Term	ความสำคัญของเกณฑ์	Triangular Fuzzy Number (TFN)
Very Low (VL)	มีความสำคัญน้อยมาก	(0, 0, 0.1)
Low (L)	มีความสำคัญน้อย	(0, 0.1, 0.3)
Medium Low (ML)	มีความสำคัญปานกลางค่อนข้างต่ำ	(0.1, 0.3, 0.5)
Medium (M)	มีความสำคัญปานกลาง	(0.3, 0.5, 0.7)
Medium High (MH)	มีความสำคัญปานกลางค่อนข้างสูง	(0.5, 0.7, 0.9)
High (H)	มีความสำคัญสูง	(0.7, 0.9, 1)
Very High (VH)	มีความสำคัญสูงมาก	(0.9, 1, 1)

4.3 นอร์มอลไลซ์ข้อมูลในเมทริกซ์การตัดสินใจ

การคำนวณน้ำหนักของเกณฑ์ โดยใช้ MCDMaker-software แสดงในตารางที่ 2 - 5

ตารางที่ 2 น้ำหนักของเกณฑ์

Weights of criteria	C1	C2	C3	C4	C5
D1	0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1
D2	0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1
D3	0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1
D4	0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1
D5	0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 3 คะแนนผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ป้อนเข้าใน MCDMaker-software

Decision maker	Alternatives /Criteria	C1	C2	C3	C4	C5
D1	A1	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.3, 0.5, 0.7	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7
	A2	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.7, 0.9, 1	0.1, 0.3, 0.5
	A3	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5
	A4	0, 0.1, 0.3	0, 0.1, 0.3	0, 0.1, 0.3	0.3, 0.5, 0.7	0, 0.1, 0.3
	A5	0, 0, 0.1	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.9, 1, 1	0.3, 0.5, 0.7
	A6	0, 0.1, 0.3	0, 0, 0.1	0, 0, 0.1	0.1, 0.3, 0.5	0, 0, 0.1
	A7	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.7, 0.9, 1	0.3, 0.5, 0.7
	A8	0.7, 0.9, 1	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.9, 1, 1	0.5, 0.7, 0.9
D2	A1	0.7, 0.9, 1	0.3, 0.5, 0.7	0.3, 0.5, 0.7	0.5, 0.7, 0.9	0.1, 0.3, 0.5
	A2	0.7, 0.9, 1	0, 0.1, 0.3	0.5, 0.7, 0.9	0.7, 0.9, 1	0.1, 0.3, 0.5
	A3	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.3, 0.5, 0.7	0, 0.1, 0.3
	A4	0, 0.1, 0.3	0, 0, 0.1	0, 0.1, 0.3	0.3, 0.5, 0.7	0, 0, 0.1
	A5	0, 0, 0.1	0.7, 0.9, 1	0.7, 0.9, 1	0.9, 1, 1	0.5, 0.7, 0.9
	A6	0.1, 0.3, 0.5	0, 0, 0.1	0, 0.1, 0.3	0.1, 0.3, 0.5	0, 0, 0.1
	A7	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.3, 0.5, 0.7	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9
	A8	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.5, 0.7, 0.9	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9
D3	A1	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0.5, 0.7, 0.9	0.1, 0.3, 0.5
	A2	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.3, 0.5, 0.7	0, 0.1, 0.3
	A3	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5
	A4	0, 0.1, 0.3	0, 0.1, 0.3	0.1, 0.3, 0.5	0.3, 0.5, 0.7	0, 0, 0.1
	A5	0, 0, 0.1	0.5, 0.7, 0.9	0.5, 0.7, 0.9	0.7, 0.9, 1	0.7, 0.9, 1
	A6	0.1, 0.3, 0.5	0, 0.1, 0.3	0, 0.1, 0.3	0.1, 0.3, 0.5	0, 0, 0.1
	A7	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.5, 0.7, 0.9	0.7, 0.9, 1	0.3, 0.5, 0.7
	A8	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.5, 0.7, 0.9	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 3 คะแนนผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน ป้อนเข้าใน MCDMaker-software (ต่อ)

Decision maker	Alternatives /Criteria	C1	C2	C3	C4	C5
D4	A1	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0.5, 0.7, 0.9	0, 0.1, 0.3
	A2	0.3, 0.5, 0.7	0, 0.1, 0.3	0.1, 0.3, 0.5	0.5, 0.7, 0.9	0, 0.1, 0.3
	A3	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5
	A4	0, 0.1, 0.3	0, 0.1, 0.3	0, 0.1, 0.3	0.3, 0.5, 0.7	0, 0.1, 0.3
	A5	0, 0, 0.1	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.9, 1, 1	0.7, 0.9, 1
	A6	0, 0.1, 0.3	0, 0, 0.1	0, 0, 0.1	0.1, 0.3, 0.5	0, 0, 0.1
	A7	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.5, 0.7, 0.9	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9
	A8	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.5, 0.7, 0.9	0.7, 0.9, 1	0.7, 0.9, 1
D5	A1	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0.7, 0.9, 1	0.1, 0.3, 0.5
	A2	0.1, 0.3, 0.5	0, 0.1, 0.3	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5	0.1, 0.3, 0.5
	A3	0.3, 0.5, 0.7	0.1, 0.3, 0.5	0, 0.1, 0.3	0.3, 0.5, 0.7	0, 0.1, 0.3
	A4	0, 0, 0.1	0, 0.1, 0.3	0, 0.1, 0.3	0.3, 0.5, 0.7	0, 0.1, 0.3
	A5	0, 0, 0.1	0.7, 0.9, 1	0.7, 0.9, 1	0.9, 1, 1	0.5, 0.7, 0.9
	A6	0, 0.1, 0.3	0, 0, 0.1	0, 0, 0.1	0, 0.1, 0.3	0, 0, 0.1
	A7	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.3, 0.5, 0.7	0.7, 0.9, 1	0.3, 0.5, 0.7
	A8	0.7, 0.9, 1	0.5, 0.7, 0.9	0.3, 0.5, 0.7	0.7, 0.9, 1	0.3, 0.5, 0.7

ตารางที่ 4 รวมนำหนักเมตริกซ์การตัดสินใจ

C1	C2	C3	C4	C5
0.90,1.00,1.00	0.70,0.90,1.00	0.70,0.90,1.00	0.90,1.00,1.00	0.70,0.90,1.00
0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1
0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1
0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1
0.9,1,1	0.7,0.9,1	0.7,0.9,1	0.9,1,1	0.7,0.9,1

สมศักดิ์ ทองแก้ว และคณะ, การประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR ในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 5 รวมเมตริกซ์การตัดสินใจกลุ่ม

Alternatives/Criteria	C1	C2	C3	C4	C5
A1	0.54,0.74,0.92	0.30,0.50,0.70	0.18,0.38,0.58	0.54,0.74,0.92	0.12,0.30,0.50
A2	0.30,0.50,0.68	0.04,0.18,0.38	0.18,0.38,0.58	0.46,0.66,0.82	0.06,0.22,0.42
A3	0.26,0.46,0.66	0.10,0.30,0.50	0.08,0.26,0.46	0.30,0.50,0.70	0.06,0.22,0.42
A4	0.00,0.08,0.26	0.00,0.08,0.26	0.02,0.14,0.34	0.30,0.50,0.70	0.00,0.06,0.22
A5	0.00,0.00,0.10	0.66,0.86,0.98	0.58,0.78,0.94	0.86,0.98,1.00	0.54,0.74,0.90
A6	0.04,0.18,0.38	0.00,0.02,0.14	0.00,0.04,0.18	0.08,0.26,0.46	0.00,0.00,0.10
A7	0.54,0.74,0.92	0.34,0.54,0.74	0.38,0.58,0.78	0.70,0.90,1.00	0.38,0.58,0.78
A8	0.70,0.90,1.00	0.54,0.74,0.92	0.46,0.66,0.86	0.74,0.92,1.00	0.50,0.70,0.88

4.4 ผลการคำนวณค่าที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดของเกณฑ์

ผลการคำนวณค่าที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดของเกณฑ์ แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดของเกณฑ์

Best/ Worst	C1	C2	C3	C4	C5
F ⁺	0.00,0.00,0.10	0.66,0.86,0.98	0.58,0.78,0.94	0.86,0.98,1.00	0.54,0.74,0.90
F ⁻	0.70,0.90,1.00	0.00,0.02,0.14	0.00,0.04,0.18	0.08,0.26,0.46	0.00,0.00,0.10

4.5 ผลการคำนวณระยะห่าง (S และ R)

ผลการระยะห่างรวม และระยะห่างสูงสุด แสดงในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ระยะห่างรวม และระยะห่างสูงสุด

S and R values	S	R
A1	2.47, 2.56, 2.37	0.69, 0.82, 0.91
A2	2.61, 2.85, 2.77	0.66, 0.73, 0.71
A3	2.80, 3.04, 2.98	0.65, 0.67, 0.63
A4	2.72, 3.20, 3.23	0.70, 0.84, 0.86

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 7 ระยะห่างรวม และระยะห่างสูงสุด (ต่อ)

<i>S and R values</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
A5	0.00, 0.00, 0.00	0.00, 0.00, 0.00
A6	3.05, 3.90, 4.31	0.90, 1.00, 1.00
A7	1.67, 1.71, 1.56	0.69, 0.82, 0.91
A8	1.36, 1.41, 1.20	0.90, 1.00, 1.00

ตารางที่ 8 ผลการคำนวณ S^* , S^- , R^* และ R^-

S^*	S^-	R^*	R^-
0.00,0.00,0.00	3.05,3.90,4.31	0.00,0.00,0.00	3.05,3.90,4.31

ตารางที่ 9 ผลการคำนวณค่าดัชนี

Alternatives	<i>Q</i>
A1	0.81, 0.66, 0.55
A2	0.86, 0.73, 0.64
A3	0.92, 0.78 ,0.69
A4	0.89, 0.82, 0.75
A5	0.00, 0.00, 0.00
A6	1.00, 1.00, 1.00
A7	0.55, 0.44, 0.36
A8	0.45, 0.36, 0.28

อย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาความใกล้เคียงกับคำตอบในอุดมคติ (Ideal Solution) ผ่านดัชนี Q ทางเลือกที่เหมาะสมที่สุดจากตารางพบว่า ผลลัพธ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (A5) มีค่า $Q = 0.00, 0.00, 0.00$ ซึ่งเป็นค่าต่ำที่สุด แสดงให้เห็นว่า (A5) เป็นทางเลือกที่ใกล้เคียงกับคำตอบในอุดมคติมากที่สุด และควรถูกเลือกเป็นแนวทางหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ ทางเลือกอันดับรอง (A8) ผลลัพธ์อาหารและเครื่องดื่ม ได้ค่า $Q = 0.45, 0.36, 0.28$ ซึ่งเป็นค่าต่ำรองลงมา แสดงว่า A8 มีความเหมาะสมเป็นอันดับที่ 2 และทางเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม (A7) ได้ค่า $Q = 0.55, 0.44, 0.36$ อันดับที่ 3 ตามลำดับ

จากตารางที่ 9 การประยุกต์ใช้ Fuzzy VIKOR ในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ ช่วยให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกได้

บทความวิจัย (Research Article)

ตารางที่ 10 การเปรียบเทียบการจัดลำดับความสำคัญ

Alternatives	S_i	Ranking	R_i	Ranking	Q_i	Ranking
A1	0.81	5	2.49	4	0.67	4
A2	0.71	3	2.77	5	0.74	5
A3	0.65	2	2.97	6	0.79	6
A4	0.81	4	3.09	7	0.82	7
A5	0.00	1	0.00	1	0.00	1
A6	0.97	7	3.79	8	1.00	8
A7	0.81	5	1.66	3	0.45	3
A8	0.97	7	1.34	2	0.36	2

จากตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Fuzzy VIKOR พบว่า ทางเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (A5) เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดเนื่องจากมีค่า S_i , R_i และ Q_i ต่ำที่สุด



รูปที่ 2 ผลการวิเคราะห์การประยุกต์ใช้วิธี Fuzzy VIKOR

จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นว่าทางเลือกนี้ใกล้เคียงกับคำตอบในอุดมคติมากที่สุด ควรถูกพิจารณาเป็นแนวทางหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ ทางเลือกอื่น ทางเลือกผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม (A8) และทางเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม (A7) ควรถูกพิจารณาเป็นทางเลือกสำรองในกรณีที่เกิดข้อจำกัดในการดำเนินการทางเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (A5)

5. อภิปรายและสรุปผล

งานวิจัยนี้นำเสนอเทคนิค MCDM แบบผสมผสานในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ โดยเริ่มต้นจากการกำหนดเกณฑ์ที่สำคัญตามความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ปลูกไม้ 5 เกณฑ์ตัดสินใจที่ระบุในงานวิจัยนี้คือ ต้นทุนการผลิต (C1) การตลาด (C2) การสนับสนุนจากภาครัฐ วิจัย และนวัตกรรม (C3) ความร่วมมือระหว่างชุมชนและ

บทความวิจัย (Research Article)

ผู้ประกอบการ (C4) ความยั่งยืนและสิ่งแวดล้อม (C5) มีทางเลือก (Alternatives) 8 ทางเลือก คือ ผลิตภัณฑ์ในครัวเรือน (A1) เฟอร์นิเจอร์และของตกแต่ง (A2) เครื่องมือและอุปกรณ์ (A3) งานหัตถกรรมและของที่ระลึก (A4) ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (A5) ผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้าง (A6) ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม (A7) และ ผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม (A8) และใช้ผู้เชี่ยวชาญประกอบด้วย ด้านวิชาการ 3 คน ด้านอุตสาหกรรม 1 คน และพัฒนาผลิตภัณฑ์ 1 คน

จากนั้นป้อนข้อมูลในคำนวณโดยใช้ MCDMaker-software เป็นซอฟต์แวร์ออนไลน์ที่ช่วยแก้ปัญหาการตัดสินใจแบบหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making: MCDM) ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี Fuzzy VIKOR พบว่า ทางเลือกผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (A5) เป็นทางเลือกที่ดีที่สุดเนื่องจากมีค่า $S_i = 0.00$, $R_i = 0.00$ และ $Q_i = 0.00$ ต่ำที่สุด ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทางเลือกนี้ใกล้เคียงกับคำตอบในอุดมคติมากที่สุด ควรถูกพิจารณาเป็นแนวทางหลักในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ และทางเลือกผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม (A8) มีค่า $S_i = 0.97$, $R_i = 1.34$ และ $Q_i = 0.36$ และทางเลือกผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงาม (A7) มีค่า $S_i = 0.81$, $R_i = 1.66$ และ $Q_i = 0.45$ ตามลำดับ ส่วนทางเลือกที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดคือ ผลิตภัณฑ์ในงานก่อสร้าง (A6) มีค่า $S_i = 0.97$, $R_i = 3.79$ และ $Q_i = 1.00$ สูงที่สุด ข้อดีของเทคนิคการจัดการข้อมูลที่มีความคลุมเครือที่นำเสนอสามารถช่วยในการตัดสินใจเลือกแนวทางการพัฒนาผลิตภัณฑ์จากไม้ การใช้วิธี Fuzzy VIKOR ทำให้สามารถจัดลำดับความสำคัญของทางเลือกได้อย่าง

ชัดเจน และการจัดการกับความไม่แน่นอนและความคลุมเครือช่วยในการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนหลายเกณฑ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับงานวิจัยในอนาคตผู้วิจัยแนะนำเทคนิค MCDM เช่น TOPSIS, MOORA, WASPAS, EDAS, CODAS, MARCOS และ COBRA สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในปัญหาการเลือกผลิตภัณฑ์ที่ซับซ้อนอื่น ๆ ทั้งยังสามารถเพิ่มเกณฑ์การตัดสินใจและทางเลือกได้

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนกลุ่มผู้ปลูกไผ่อำเภอลำทะเกียบ ตำบลท่าตะเกียบ อำเภอลำทะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ และทุนวิจัยจากงบประมาณเพื่อสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund; FF) จัดสรรงบประมาณจากกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สทสว.)

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] S. Seuring and M. Müller, "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management," *Journal of Cleaner Production*, vol. 16, no. 15, pp. 1699–1710, 2008.
- [2] รักพงษ์ วงศ์รอด, "ความต้องการการส่งเสริมการผลิตไม้ตงของเกษตรกรในอำเภอลำทะเกียบ จังหวัดฉะเชิงเทรา," วิทยานิพนธ์ปริญญาเกษตร

บทความวิจัย (Research Article)

- ศาสตรมหาบัณฑิต ,
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2562.
- [3] R. Shankar and K. Ghosh, "A systematic review on supply chain management in prefabricated house-building research," *Buildings*, vol. 12, no. 1, p. 40, 2022.
- [4] S. Opricovic and G. H. Tzeng, "Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS," *European Journal of Operational Research*, vol. 156, no. 2, pp. 445–455, 2004.
- [5] R. Rostamzadeh, K. Govindan, A. Esmaili, and M. Sabaghi, "Application of fuzzy VIKOR for evaluation of green supply chain management practices," *Ecological Indicators*, vol. 49, pp. 188–203, 2015.
- [6] R. M. Zulqarnain, H. L. Dai, W. X. Ma, I. Siddique, S. Askar, and H. Naveed, "Supplier selection in green supply chain management using correlation-based TOPSIS in a q-rung orthopair fuzzy soft environment," *Heliyon*, vol. 10, no. 1, e20924, 2024.
- [7] MCDM Software - Fuzzy VIKOR Tool. [Online]. Available: <https://mcdmaker-software.web.app/app.html>. [Accessed: Dec. 14, 2024].
- [8] J. Liang and P. Liu, "Shared manufacturing service evaluation based on intuitionistic fuzzy VIKOR," *Heliyon*, vol. 10, no. 8, e22024, 2024.
- [9] A. Shemshadi, H. Shirazi, M. Toreihi, and M. J. Tarokh, "A fuzzy VIKOR method for supplier selection based on entropy measure for objective weighting," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, no. 10, pp. 12160–12167, 2011.
- [10] M. Gul, E. Celik, N. Aydin, A. T. Gumus, and A. F. Guneri, "A state of the art literature review of VIKOR and its fuzzy extensions on applications," *Applied Soft Computing*, vol. 46, pp. 60–89, 2016.
- [11] A. K. Sahu, S. Datta, and S. S. Mahapatra, "Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment: Exploration of fuzzy-VIKOR," *Benchmarking: An International Journal*, vol. 23, no. 3, pp. 651–673, 2016.
- [12] A. Mardani, E. K. Zavadskas, K. Govindan, A. Amat Senin, and A. Jusoh, "VIKOR technique: A systematic review of the state of the art literature on methodologies and applications," *Sustainability*, vol. 8, no. 1, p. 37, 2016.
- [13] M. Akram, C. Kahraman, and K. Zahid, "Group decision-making based on complex spherical fuzzy VIKOR approach," *Knowledge-Based Systems*, vol. 216, p. 106793, 2021.

บทความวิจัย (Research Article)

- [14] A. Sain, A. Gaur, P. Somani, J. S. Khichad, and G. Balotiya, "Characterization and evaluation of bamboo species for construction applications incorporating TOPSIS, AHP and VIKOR," *Arabian Journal for Science and Engineering*, pp. 1–17, 2024.
- [15] A. Syidanova, H. Gokcekus, and D. Uzun Ozsahin, "Superior types of bamboo as a construction material with MCDM methods," in *Application of Multi-Criteria Decision Analysis in Environmental and Civil Engineering*, pp. 65–86, 2021.
- [16] Y. A. Solangi, S. A. A. Shah, H. Zameer, M. Ikram, and B. O. Saracoglu, "Assessing the solar PV power project site selection in Pakistan: based on AHP-fuzzy VIKOR approach," *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 26, pp. 30286–30302, 2019.
- [17] P. Nasawat, S. Talangkun, S. Arunyanart, and N. Wichapa, "Selection of suitable rice weevil disinfestation method using hybrid FAHP-FTOPSIS," *Pathumwan Academic Journal*, vol. 10, no. 29, pp. 65–80, 2020.
- [18] N. Wichapa, A. Choopol, and T. Sudsuansee, "Using the hybrid DEA-TOPSIS technique for selecting the suitable biomass materials for processing into fuel briquettes," *The Journal of Industrial Technology*, vol. 15, no. 1, pp. 63–80, 2019.
- [19] B. Wang, J. Song, J. Ren, K. Li, and H. Duan, "Selecting sustainable energy conversion technologies for agricultural residues: A fuzzy AHP-VIKOR based prioritization from life cycle perspective," *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 142, pp. 78–87, 2019.
- [20] C.-N. Wu, H.-P. Fan, H.-P. Ho, V. T. Nguyen, and A. S. Ansari, "A model for selecting a biomass furnace supplier based on qualitative and quantitative factors," *Computers, Materials & Continua*, vol. 69, no. 2, pp. 2097–2115, 2021.
- [21] Mojaver, S. Khalilarya, and A. Chitsaz, "Multi-objective optimization and decision analysis of a system based on biomass fueled SOFC using couple method of entropy/VIKOR," *Energy Conversion and Management*, vol. 203, p. 112260, 2020.
- [22] Priyanka and Rajneesh, "A fuzzy VIKOR model for selection of optimal biomass usage in India," in *2016 IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, Jul. 2016, pp. 1–6.
- [23] N. Wichapa, P. Nasawat, N. Kanchanaruangrong, and A. Choopol, "A

บทความวิจัย (Research Article)

combined DEAV-BWM approach for effective evaluation and ranking of biomass materials in charcoal briquette production," *MethodsX*, p. 103075, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย

นพดล ยุบลชู¹, ภากร งามแสง¹ และ ไทยทัศน์ สุดสวนสี^{1,*}

¹ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์

*ผู้ประสานงานบทความต้นฉบับ: thaithat.su@ksu.ac.th

(รับบทความ: 11 ธันวาคม 2567; แก้ไขบทความ: 29 ธันวาคม 2567; ตอรับบทความ: 30 ธันวาคม 2567)

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย โดยดำเนินการทดลองด้วยอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังต่อน้ำเสีย 5 แบบ ได้แก่ 1:1, 2:1, 3:1, 1:2 และ 1:3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA แสดงให้เห็นว่าสัดส่วนดังกล่าวมีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้น โดยพบว่าอัตราส่วน 1:3 ให้ผลผลิตก๊าซสูงสุด โดยมีปริมาณการผลิตเฉลี่ย 8.81 ลิตรในวันที่ 13 ในขณะที่อัตราส่วน 1:2 มีปริมาณการผลิต 6.17 ลิตร ส่วนอัตราส่วน 1:1, 2:1 และ 3:1 มีปริมาณการผลิตต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ได้ทำการทดลองเพิ่มเติมในถังหมักขนาด 80 ลิตร ด้วยการใช้สัดส่วน 1:3 โดยศึกษาผลกระทบของความเร็วรอบการกวน 45 และ 110 รอบต่อนาที พบว่าความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาทีช่วยเพิ่มการกระจายตัวของจุลินทรีย์และสารอาหารในถังหมัก ทำให้จุลินทรีย์สามารถเข้าถึงสารอาหารได้อย่างทั่วถึง และลดการสะสมของสารยับยั้ง เช่น กรดไขมันที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก ส่งผลให้การผลิตก๊าซเริ่มต้นในวันที่ 5 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 13 โดยมีปริมาณสะสมสูงสุด 45.14 ลิตร ขณะที่ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาทีเริ่มผลิตก๊าซในวันที่ 7 และมีปริมาณสะสมสูงสุดเพียง 21.58 ลิตร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าอัตราส่วน 1:3 และความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาทีเหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย ผลการวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในอนาคต

คำสำคัญ: การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ก๊าซชีวภาพ กากมันสำปะหลัง น้ำเสีย สัดส่วนที่เหมาะสม

การอ้างอิงบทความ: นพดล ยุบลชู, ภากร งามแสง และ ไทยทัศน์ สุดสวนสี, "ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย," วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, ปีที่ 2, ฉบับที่ 6, หน้า 50-65, 2567.

บทความวิจัย (Research Article)

Factors Affecting Anaerobic Biogas Digestion from Cassava Pulp and Wastewater

Noppadon Yubonchu¹, Phakorn Ngamsaeng¹ and Thaithat Sudsuansee^{1,*}

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

* Corresponding Author: thaithat.su@ksu.ac.th

(Received: December 11, 2024; Revised: December 29, 2024; Accepted: December 30, 2024)

Abstract

This study aims to investigate the factors affecting biogas production from cassava pulp and wastewater. Experiments were conducted using five ratios of cassava pulp to wastewater: 1:1, 2:1, 3:1, 1:2, and 1:3. ANOVA analysis revealed that the ratios significantly influenced biogas production, with the 1:3 ratio yielding the highest gas output of 8.81 liters on day 13. In comparison, the 1:2 ratio produced 6.17 liters, while the other ratios (1:1, 2:1, and 3:1) resulted in significantly lower outputs. Further experiments using an 80-liter fermenter at the 1:3 ratio examined stirring speeds of 45 and 110 rpm. The results showed that 110 rpm improved microorganism and nutrient distribution in the fermenter, reducing the accumulation of inhibitory substances such as fatty acids. This led to biogas production starting on day 5 and increasing steadily to a maximum of 45.14 liters on day 13. In contrast, the 45 rpm stirring speed began biogas production on day 7, with a peak output of only 21.58 liters. These findings confirm that the 1:3 ratio and a stirring speed of 110 rpm are optimal for biogas production from cassava pulp and wastewater. This research can be applied to enhance biogas production efficiency in industrial settings.

Keywords: Anaerobic digestion, Biogas, Cassava pulp, Wastewater, Optimal ratio

Please cite this article as: N. Yubonchu, P. Ngamsaeng and T. Sudsuansee, "Factors Affecting Anaerobic Biogas Digestion from Cassava Pulp and Wastewater," *The Journal of Engineering and Industrial Technology, Kalasin University*, vol. 2, no. 6, pp. 50-65, 2024.

บทความวิจัย (Research Article)

1. บทนำ

ในปัจจุบัน กากมันสำปะหลังและน้ำเสียจากอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ เนื่องจากการกำจัดของเสียดังกล่าวด้วยวิธีดั้งเดิม เช่น การฝังกลบหรือการปล่อยน้ำเสียลงแหล่งน้ำ มักก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำและอากาศ การผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสียจึงเป็นทางเลือกที่ช่วยลดปัญหาดังกล่าว ไม่เพียงแต่ช่วยลดปริมาณของเสีย แต่ยังเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือทิ้ง โดยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนสามารถเปลี่ยนสารอินทรีย์ให้เป็นพลังงานสะอาดในรูปแบบของก๊าซชีวภาพ ซึ่งเป็นพลังงานทางเลือกที่ยั่งยืนและมีประสิทธิภาพสูง

กระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ได้รับความสนใจอย่างมาก เนื่องจากสามารถย่อยสลายสารอินทรีย์จากกากมันสำปะหลังและน้ำเสียเพื่อผลิตก๊าซมีเทน (CH_4) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) กระบวนการนี้ยังช่วยลดปัญหามลพิษทางอากาศและกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากของเสีย ทั้งยังสามารถลดต้นทุนในการบำบัดน้ำเสียและช่วยเสริมสร้างเศรษฐกิจหมุนเวียนในภาคอุตสาหกรรม

จากความท้าทายของการจัดการกากมันสำปะหลังและน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรมแป้งมัน การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นค้นหาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน รวมถึงการหาสัดส่วนและเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพ นอกจากนี้ ยังเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกากมันสำปะหลังในรูปแบบต่างๆ และศึกษาผลกระทบของความเร็วรอบของการกวนต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลลัพธ์จากการวิจัยนี้จะเป็น

พื้นฐานสำคัญสำหรับการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพและการจัดการของเสียในอุตสาหกรรมอย่างยั่งยืน

การศึกษานี้คาดว่าจะนำไปสู่การปรับปรุงกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพในภาคอุตสาหกรรม ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเพิ่มศักยภาพในการใช้พลังงานทดแทนในระดับชุมชนและประเทศ โดยมีเป้าหมายเพื่อสร้างแนวทางที่ยั่งยืนสำหรับการจัดการทรัพยากรและพลังงานในอนาคต

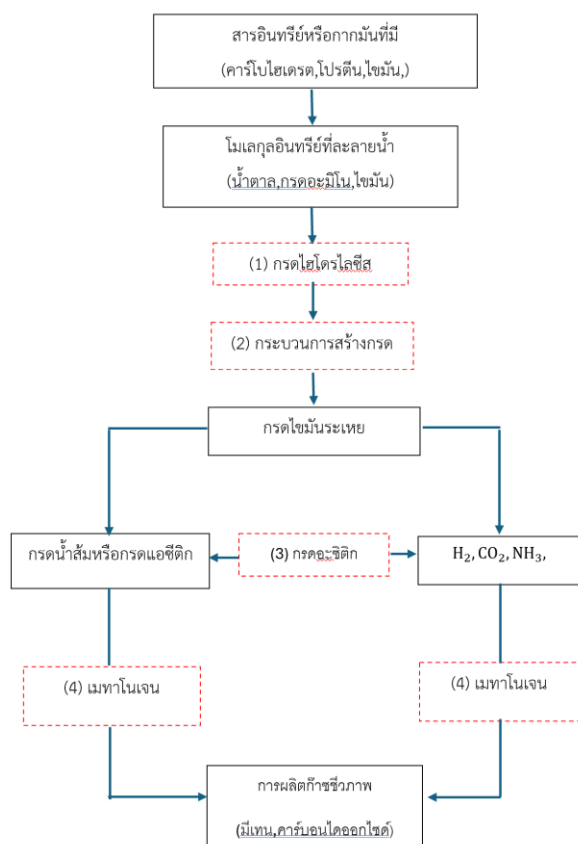
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสียเป็นกระบวนการที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ในด้านพลังงานทดแทนและการจัดการของเสียในอุตสาหกรรม กระบวนการนี้ใช้การหมักแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ซึ่งจุลินทรีย์ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพที่ประกอบด้วยมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ โดยก๊าซชีวภาพเหล่านี้สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานสะอาดและยั่งยืน ในบริบทของงานวิจัยที่นำเสนอนี้ การศึกษามุ่งเน้นไปที่การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย ด้วยการปรับปรุงสัดส่วนและเงื่อนไขการหมัก เพื่อสนับสนุนเป้าหมายด้านพลังงานทดแทนในภาคอุตสาหกรรมและชุมชน

กากมันสำปะหลังซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตแป้งมันสำปะหลัง มีองค์ประกอบทางเคมีที่เหมาะสมสำหรับการหมักแบบไร้ออกซิเจน เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และเส้นใยที่สามารถถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานในรูปของก๊าซชีวภาพ น้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตยังมีค่าซีโอดีสูง ทำให้เป็นแหล่ง

บทความวิจัย (Research Article)

พลังงานที่มีศักยภาพในการหมักร่วมกับกากมันสำปะหลัง งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น การศึกษาโดย Santos et al. [1] ได้แสดงให้เห็นว่า การใช้ของเสียเหล่านี้สามารถส่งเสริมเศรษฐกิจหมุนเวียนและลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในประเทศกำลังพัฒนา



รูปที่ 1 กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาพไม่ใช้ออกซิเจน

กระบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้ออกซิเจนจากรูปที่ 1 ซึ่งเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์เปลี่ยนสารอินทรีย์ให้กลายเป็นก๊าซชีวภาพ กระบวนการเริ่มต้นจากสารอินทรีย์ที่ได้จากวัตถุดิบ เช่น กากมันสำปะหลัง ที่มีองค์ประกอบหลักเป็น

คาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน สารอินทรีย์เหล่านี้จะถูกเปลี่ยนเป็นโมเลกุลที่เล็กลงและละลายน้ำได้ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และไขมัน ผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส โดยจุลินทรีย์จะผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยสลายโมเลกุลขนาดใหญ่ให้เล็กลง

ในขั้นตอนถัดไป กระบวนการสร้างกรดจะเปลี่ยนสารที่เกิดจากไฮโดรไลซิสให้กลายเป็นกรดไขมันระเหยง่าย เช่น กรดอะซิติก รวมถึงผลิตสารประกอบอื่น เช่น ไฮโดรเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ จากนั้นกรดไขมันระเหยง่ายเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นกรดอะซิติกและสารตั้งต้นอื่น ๆ ผ่านกระบวนการสร้างกรดอะซิติก ซึ่งเตรียมพร้อมสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพในขั้นตอนสุดท้าย

ในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการ จุลินทรีย์ในกลุ่มสร้างมีเทนจะเปลี่ยนกรดอะซิติก ไฮโดรเจน และคาร์บอนไดออกไซด์ให้กลายเป็นก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์หลักของก๊าซชีวภาพ กระบวนการทั้งหมดนี้ต้องดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่ปราศจากออกซิเจนและมีการควบคุมสภาวะที่เหมาะสม เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง และอุณหภูมิที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

กระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจนมีขั้นตอนสำคัญที่ต้องพิจารณา ได้แก่ การไฮโดรไลซิส การเกิดกรดอินทรีย์ระเหยง่าย การสร้างกรดอะซิติก และการสร้างก๊าซมีเทน ซึ่งแต่ละขั้นตอนต้องดำเนินการในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม เช่น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 6.6–7.4 และอุณหภูมิที่เหมาะสมในช่วง 30–37 องศาเซลเซียส งานวิจัยโดย Kohmuean et al. [2] ระบุว่า สัดส่วน 1:1 ระหว่างกากมันสำปะหลังกับน้ำเสียให้ผลผลิตมีเทนสูงสุดในเวลาเพียง 6 วัน ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายของ

บทความวิจัย (Research Article)

งานวิจัยในครั้งนี้ที่ต้องการค้นหาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ในบริบทของงานวิจัยนี้ นอกจากจะศึกษาสัดส่วนที่เหมาะสมแล้ว ยังมีการเปรียบเทียบระหว่างการใช้อากามันสำปะหลังชนิดแห้งและเปียก เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างในประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพ การทดลองยังเน้นการศึกษาลักษณะของความเร็วรอบการกวนในถังหมักต่อผลผลิตก๊าซ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของสารตั้งต้นและการทำงานของจุลินทรีย์ นอกจากนี้งานวิจัยของ Cruz et al. [3] พบว่าการเติมสารปรับสภาพ เช่น แคลเซียมจากเปลือกไข่ สามารถเพิ่มผลผลิตก๊าซได้ถึง 338% ข้อมูลนี้ก็ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการหมักได้เช่นกัน

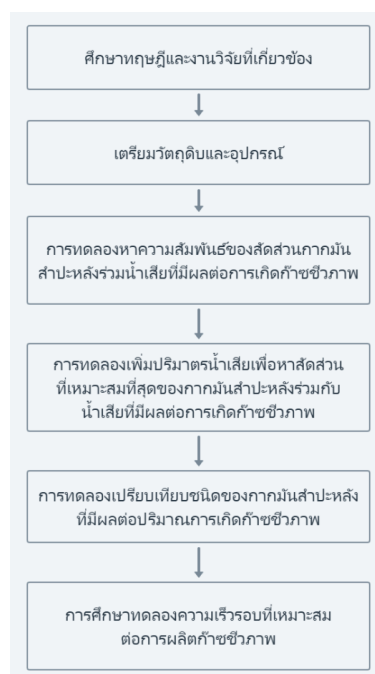
ในการศึกษาครั้งนี้ได้เน้นถึงความสำคัญของสภาวะการหมักร่วม โดยการนำกากมันสำปะหลังมาหมักร่วมกับน้ำเสียอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง และปรับปรุงเงื่อนไขการหมัก เช่น ความเร็วรอบการกวนและระยะเวลาในถังหมัก การศึกษาของ Sawyerr et al. [4] ชี้ให้เห็นว่าการหมักร่วมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการและเพิ่มผลผลิตก๊าซชีวภาพอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาของงานวิจัยนี้ที่ต้องการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนในอุตสาหกรรมอย่างมีประสิทธิภาพ

3. วิธีการดำเนินการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาการหมักก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสียในสภาวะไร้ออกซิเจน กากมันสำปะหลังและน้ำเสียได้มาจากโรงงานแปรรูปแป้งมันสำปะหลังในพื้นที่อำเภอสมเด็จ จังหวัดกาฬสินธุ์ ก่อนกระบวนการหมัก กากมันสำปะหลังได้

ถูกเตรียมโดยการกำจัดสิ่งสกปรกและปรับระดับความชื้นเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ น้ำเสียได้ถูกปรับสภาพล่วงหน้าเพื่อปรับสมดุลค่า pH และกำจัดอนุภาคขนาดใหญ่ที่อาจขัดขวางกระบวนการหมัก

ในการดำเนินการวิจัยสามารถแบ่งการดำเนินงานวิจัยเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 แผนภูมิขั้นตอนการดำเนินการ



รูปที่ 3 กากมันสำปะหลังจากโรงแป้งมัน

นพดล ยุบลชู และคณะ, ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน จากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 4 น้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตกากมัน

3.1 การทดลองหาความสัมพันธ์ของสัดส่วนกากมัน สำหรับหลังร่วมน้ำเสียที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสัดส่วนกากมันสำหรับหลังและน้ำเสียต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยใช้อัตราส่วนของกากมันสำหรับหลังต่อน้ำเสียที่แตกต่างกัน ได้แก่ 1:1, 2:1, 3:1, 1:2 และ 1:3 แนวทางการกำหนดอัตราส่วนนี้ได้แรงบันดาลใจจากงานวิจัยของ Kohmuean และคณะ ซึ่งใช้อัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ในการทดลองหมักและได้ผลลัพธ์ที่ดี ในการทดลองครั้งนี้ วัตถุดิบที่ใช้คือกากมันสำหรับหลังและน้ำเสียจากโรงงานแปรงมันสำหรับหลังในพื้นที่ ก่อนการทดลองวัตถุดิบได้รับการเตรียมโดยการกำจัดสิ่งสกปรกและปรับสมดุลค่า pH เพื่อให้เหมาะสมสำหรับกระบวนการหมัก

การทดลองดำเนินการในถังหมักขนาด 19 ลิตร จำนวน 5 ถัง โดยแต่ละถังได้รับการเติมหัวเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณ 2 กิโลกรัม เพื่อช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาการหมัก หลังจากนั้นใส่กากมันสำหรับหลังและน้ำเสียในอัตราส่วนที่กำหนดไว้สำหรับแต่ละถัง ถังหมักได้รับการปิดผนึกเพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากอากาศภายนอก การทดลองดำเนินไปเป็นระยะเวลา

10-20 วัน โดยในแต่ละวันมีการบันทึกปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละถัง

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองถูกนำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบผลของสัดส่วนต่าง ๆ ต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยวิธีการนี้ช่วยระบุว่าสัดส่วนใดมีผลต่อการผลิตก๊าซอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวิเคราะห์ยังช่วยให้สามารถกำหนดสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างแม่นยำ

3.2 การทดลองเพิ่มปริมาณน้ำเสียเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุดของกากมันสำหรับหลังร่วมน้ำเสียที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

การทดลองนี้เน้นการเพิ่มปริมาณน้ำเสียโดยใช้อัตราส่วนกากมันสำหรับหลังต่อน้ำเสีย ได้แก่ 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:5 เพื่อศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำเสียต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ การทดลองใช้หัวเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณเท่ากับหัวข้อ 3.1 และดำเนินการในถังหมักขนาด 19 ลิตร เช่นเดียวกัน โดยทำการวัดปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นในแต่ละวันและเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพในแต่ละอัตราส่วนเพื่อหาสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด การทดลองหาผลของอัตราส่วนกากมันสำหรับหลังและน้ำเสียใช้กากมันสำหรับหลังจากโรงงานแปรงมันและน้ำเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตแปรงมันหัวเชื้อจุลินทรีย์จากบ่อหมักก๊าซชีวภาพถูกเติมลงในถังทดลองขนาด 19 ลิตร จำนวน 5 ถัง และผสมกากมันสำหรับหลังและน้ำเสียในสัดส่วนที่กำหนด ทำการทดลองเป็นเวลาประมาณ 10-20 วัน โดยเก็บผลการทดลองและวัดปริมาณการเกิดก๊าซชีวภาพในแต่ละวัน

บทความวิจัย (Research Article)

3.3 การทดลองการเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพของการกวนผสมกากมันสำปะหลังกับน้ำเสีย ในถังหมักขนาด 80 ลิตร

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของความเร็วรอบในการกวนต่อการผลิตก๊าซชีวภาพโดยใช้อัตราส่วนกากมันสำปะหลังและน้ำเสียที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองก่อนหน้า นำมาทดลองในถังหมักไร้ออกซิเจนขนาด 80 ลิตร ซึ่งติดตั้งใบพัดกวนผสมและควบคุมความเร็วรอบด้วยอินเวอร์เตอร์ การทดลองดำเนินการที่ความเร็วรอบ 45 และ 110 รอบต่อนาที เพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของความเร็วรอบที่แตกต่างกันต่อการกระจายตัวของจุลินทรีย์และการเข้าถึงสารอาหารในถังหมัก โดยทำการทดลองในระยะเวลา 10-20 วัน และเก็บข้อมูลคุณภาพก๊าซชีวภาพทุกวัน

แนวทางการกำหนดความเร็วรอบในการทดลองนี้ได้รับแรงบันดาลใจจากงานวิจัยของ Aznury และคณะ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการควบคุมความเร็วรอบที่เหมาะสมช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตก๊าซชีวภาพได้อย่างมีนัยสำคัญ โดยในการทดลองก่อนหน้านี้ของ Aznury พบว่าความเร็วรอบ 102 รอบต่อนาทีให้ผลผลิตก๊าซมีเทนสูงสุด ซึ่งสะท้อนถึงความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างความเร็วรอบและปริมาณการผลิตก๊าซ การศึกษานี้จึงใช้ความเร็วรอบใกล้เคียงและขยายช่วงเพื่อสำรวจความเหมาะสมของความเร็วรอบในบริบทของวัตถุดิบที่ใช้

ชุดการทดลองหาอัตราความเร็วรอบ แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ถังหมักไร้ออกซิเจนแบบมีใบพัดกวนติดตั้งอยู่ในถังประกอบด้วยถังสเตนเลสขนาด 80 ลิตร ติดตั้งเครื่องอินเวอร์เตอร์โดยมีใบพัดกวนอยู่ด้านในตัวถัง ส่วนที่ 2 ประกอบด้วยถังพลาสติกขนาด 100 ลิตร

และถังขนาด 80 ลิตร ต่อท่อ PVC เพื่อนำก๊าซชีวภาพที่เกิดจากถังหมักฯ นำก๊าซชีวภาพเข้าถังหมักขนาด 80 ลิตร ที่คว่ำอยู่ในถังหมักขนาด 100 ลิตร และเปิดเครื่องอินเวอร์เตอร์กวนผสมและหาความเร็วรอบและวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน โดยเปรียบเทียบค่าความเร็วรอบที่มีผลต่อการเกิดปริมาณก๊าซชีวภาพสูงสุด ซึ่งดำเนินการหมักโดยตามขั้นตอนดังนี้

- 1) นำอัตราส่วนกากมันสำปะหลังและน้ำเสียที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองก่อนหน้า
- 2) เปิดเครื่องอินเวอร์เตอร์ ปรับความเร็วรอบที่กำหนด
- 3) นำอัตราส่วนกากมันสำปะและน้ำเสียที่พักไว้ 1 วันเติมลงถังหมักหลังไร้ออกซิเจนแบบมีใบพัดกวนติดตั้งอยู่ในถัง
- 4) วัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันโดยทำการตรวจวัดระดับความสูงของถังเก็บก๊าซชีวภาพและแปลงผลเป็นปริมาตรของก๊าซ จากนั้นทำการบันทึกผลในตารางบันทึกผลของแต่ละวัน

4. ผลการทดลอง และอภิปรายผล

ผู้ทำวิจัยได้ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของการเกิดก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังและน้ำเสียด้วยการทดลองผสมในอัตราส่วนต่างๆ ทางผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ว่าการทดลองนี้จะช่วยในการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเกิดก๊าซชีวภาพได้ โดยหลังจากได้อัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้อัตราส่วนที่เหมาะสมในถังกวนขนาด 80 ลิตร 2 ถังโดยแต่ละถังมีการปรับความเร็วรอบต่างกันเพื่อทำการทดสอบหาความเร็วรอบที่

บทความวิจัย (Research Article)

เหมาะสมที่ทำให้เกิดก๊าซชีวภาพได้สูงสุด ซึ่งการกวนของส่วนผสมทั้งสองนี้ทางผู้วิจัยตั้งสมมติฐานไว้ว่าจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพได้ โดยหลังจากการหมักหมักแล้ว ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดระดับถังเก็บก๊าซเพื่อชี้วัดถึงปริมาตรก๊าซที่เกิดขึ้นพร้อมบันทึกผลการทดลอง

4.1. ผลของสัดส่วนของกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสียที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

งานวิจัยของ Kohmuean และคณะ [2] ได้ทำการทดลองหมักก๊าซชีวภาพโดยใช้กากมันสำปะหลังและผสมกับน้ำเสียโดยใช้อัตราส่วน 1:1, 1:2, และ 2:1 ซึ่งสามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้ผลลัพธ์ที่ดี ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงนำแนวทางของงานวิจัยนี้มาใช้ในการศึกษาโดยการศึกษาค้นคว้าผู้ดำเนินโครงการทำการทดลองในถังหมักจำนวน 5 ชุด ดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 ถังหมักก๊าซชีวภาพจำนวน 5 ชุด

โดยแต่ละถังมีอัตราส่วนระหว่างกากมันสำปะหลังต่อน้ำเสียที่ 1:1, 2:1, 3:1, 1:2 และ 1:3 ตามลำดับ โดยในการทดลองครั้งนี้ผู้ดำเนินโครงการได้ใช้ถังหมักขนาด 19 ลิตร โดยทำการนำหัวเชื้อจำนวน 2

กิโลกรัมมาช่วยทำให้เกิดปฏิกิริยาของการหมักเร็วขึ้น โดยจะใส่ลงไปในทุกถังหลังจากนั้นจะทำการใส่กากมันสำปะหลังและน้ำเสียในอัตราส่วนที่กำหนดไว้ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณและอัตราส่วน ระหว่างกากมันสำปะหลังกับน้ำเสีย

ถังทดลอง	อัตราส่วน	กากมัน สำปะหลัง (กิโลกรัม)	น้ำเสีย (ลิตร)
1	1:1	7.00	7.00
2	2:1	9.33	4.57
3	3:1	10.50	3.50
4	1:2	4.67	9.33
5	1:3	3.50	10.50

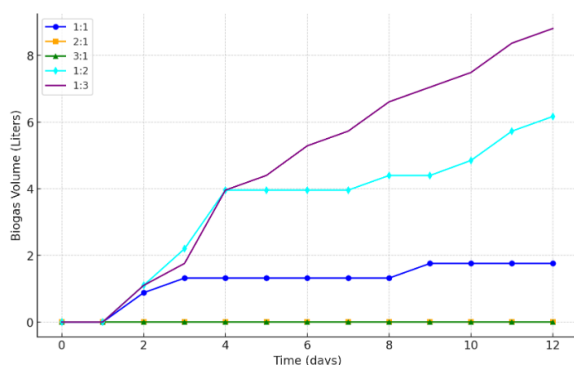
ผลการทดลองวัดปริมาณของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละถังสามารถแสดงในตารางที่ 2 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณของก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการหมักทั้ง 5 ชุดการทดลอง

วัน	ปริมาตรก๊าซชีวภาพ (ลิตร)				
	1:1	2:1	3:1	1:2	1:3
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0.88	0	0	1.10	1.10
4	1.32	0	0	2.20	1.76
5	1.32	0	0	3.96	3.96
6	1.32	0	0	3.96	4.40
7	1.32	0	0	3.96	5.29
8	1.32	0	0	3.96	5.73
9	1.32	0	0	4.40	6.61
10	1.76	0	0	4.40	7.05
11	1.76	0	0	4.85	7.49
12	1.76	0	0	5.73	8.37
13	1.76	0	0	6.17	8.81

นพดล ยุบลชู และคณะ, ปัจจัยที่มีผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจน จากกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย

บทความวิจัย (Research Article)



รูปที่ 6 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการหมักตามอัตราส่วน 1:1, 2:1, 3:1, 1:2 และ 1:3

จากตารางที่ 2 และรูปที่ 6 แสดงให้เห็นถึงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันสำหรับถังหมักที่มีอัตราส่วนกากมันสำปะหลังต่อน้ำเสียต่างๆ ได้แก่ 1:1, 2:1, 3:1, 1:2 และ 1:3 โดยข้อมูลบ่งบอกถึงความสามารถในการผลิตก๊าซชีวภาพที่แตกต่างกันในแต่ละอัตราส่วน

จากตารางพบว่าถังที่มีอัตราส่วน 1:3 สามารถผลิตก๊าซชีวภาพได้มากที่สุด โดยเริ่มมีการผลิตก๊าซตั้งแต่วันที่ 3 ซึ่งในวันนั้นปริมาณก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 1.10 ลิตร และการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ วัน จนถึงวันที่ 13 มีปริมาณก๊าซสูงสุดที่ 8.81 ลิตร การที่ถังหมักนี้มีการผลิตก๊าซอย่างต่อเนื่องและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แสดงให้เห็นว่าการจัดการอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังต่อน้ำในอัตราส่วน 1:3 เป็นสถานะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการหมักก๊าซชีวภาพ จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากปริมาณน้ำที่มากพอช่วยเจือจางกรดไขมันที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมัก ทำให้จุลินทรีย์ทำงานได้ดีขึ้น และไม่เกิดการสะสมของสารยับยั้งที่อาจยับยั้งการหมัก

ในอัตราส่วน 1:2 มีการผลิตก๊าซชีวภาพในลักษณะที่ใกล้เคียงกับถังที่มีอัตราส่วน 1:3 เริ่มมีการผลิตก๊าซตั้งแต่วันที่ 3 และปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงวันที่ 13 ซึ่งปริมาณก๊าซชีวภาพรวมอยู่ที่ 6.17 ลิตร แม้จะน้อยกว่าถัง 1:3 แต่ก็ยังแสดงให้เห็นถึงสถานะการหมักที่เหมาะสม การที่น้ำมีปริมาณมากพอในถังนี้ก็ช่วยให้จุลินทรีย์สามารถดำเนินกระบวนการหมักได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่นกัน

ในอัตราส่วน 1:1 การผลิตก๊าซชีวภาพตั้งแต่วันที่ 3 และมีปริมาณก๊าซที่คงที่อยู่ที่ประมาณ 1.32-1.76 ลิตรหลังจากวันที่ 4 การที่ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยและมีแนวโน้มคงที่อาจแสดงถึงสถานะที่มีน้ำไม่เพียงพอที่จะส่งเสริมกระบวนการหมักให้ต่อเนื่อง หรือมีประสิทธิภาพเท่ากับอัตราส่วน 1:2 และ 1:3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าปริมาณของแข็งที่มากขึ้นอาจเป็นปัจจัยที่ส่งผลให้กระบวนการหมักไม่สมบูรณ์

สำหรับถังที่มีอัตราส่วน 3:1 และ 2:1 นั้นมีการผลิตก๊าซน้อยมาก หรือในบางถังไม่มีการผลิตก๊าซเลย การที่ถังหมักเหล่านี้นี้ไม่สามารถผลิตก๊าซได้อย่างมีประสิทธิภาพอาจเกิดจากการที่มีปริมาณของแข็งมากเกินไป ทำให้จุลินทรีย์ไม่สามารถเข้าถึงสารอินทรีย์ได้อย่างทั่วถึง หรืออาจเกิดการสะสมของสารยับยั้งในกระบวนการหมัก ซึ่งยับยั้งการทำงานของจุลินทรีย์ นอกจากนี้ปริมาณน้ำที่น้อยเกินไปในถังเหล่านี้อาจทำให้เกิดการขาดความชื้นที่เพียงพอในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่มีส่วนสำคัญต่อการหมัก

จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าอัตราส่วนของน้ำต่อกากมันสำปะหลังที่สูง เช่น 1:3 และ 1:2 ส่งผลให้การผลิตก๊าซชีวภาพมีประสิทธิภาพมากกว่าอัตราส่วนที่มี

บทความวิจัย (Research Article)

ปริมาณของแข็งสูง (3:1, 2:1) หรืออัตราส่วนที่น้ำและของแข็งใกล้เคียงกัน (1:1)

การวิเคราะห์ ANOVA เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในการผลิตก๊าซชีวภาพจากอัตราส่วนกากมันสำปะหลังต่อน้ำเสียได้ การใช้ค่า F และค่า p-value ในการสรุปผลค่า F (F-statistic) ที่ได้จากการทดสอบเท่ากับ 8.49 ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนของความแปรปรวนระหว่างกลุ่มกับความแปรปรวนภายในกลุ่มที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ค่า F ที่สูงนี้แสดงให้เห็นว่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นในการผลิตก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 3 ตารางการวิเคราะห์ ANOVA

Source of Variation	Sum of Squares (SS)	Degrees of Freedom (df)	Mean Square (MS)	F-Statistic	p-value
Between Groups	79.1255	2	39.5627	8.4911	0.00095
Within Groups	167.7333	36	4.6593		
Total	246.8588	38			

4.2 ผลการทดลองเพิ่มปริมาตรน้ำเสียเพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสียที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

การหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างวัตถุดิบทั้งสอง เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมัก เนื่องจากอัตราส่วนที่ไม่เหมาะสมอาจทำให้เกิดการสะสมของสารยับยั้งหรือขาดสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ซึ่งจะลดการผลิตก๊าซชีวภาพ ในการทดลองนี้จึงมีการทดสอบอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังและน้ำเสียในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:5 เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยผลลัพธ์จากการทดลองจะช่วยชี้ให้เห็นถึงสถานะที่ส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในการหมักอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

มีสาเหตุจากความแตกต่างระหว่างอัตราส่วนการผสมกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสียในแต่ละกลุ่ม ส่วนค่า p-value ที่คำนวณได้เท่ากับ 0.00095 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 (5%) อย่างมาก หมายความว่าความแตกต่างที่พบในการทดลองนี้มีนัยสำคัญทางสถิติ โอกาสที่ความแตกต่างจะเกิดจากความบังเอิญมีเพียง 0.095% หรือมีความน่าจะเป็นต่ำมาก กล่าวคือ สามารถมั่นใจได้ว่าอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสียที่แตกต่างกันมีผลต่อปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นจริง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 4 แสดงข้อมูลปริมาณและอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสียในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, และ 1:5

ถังทดลอง	อัตราส่วน	กากมัน สำปะหลัง (กิโลกรัม)	น้ำเสีย (ลิตร)
1	1:1	7.50	7.50
2	1:2	5.00	10.00
3	1:3	3.75	11.25
4	1:4	3.00	12.00
5	1:5	2.50	12.50

จากตารางที่ 4 แสดงข้อมูลปริมาณและอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังต่อน้ำเสียในการทดลองผลิตก๊าซชีวภาพ โดยมีการแบ่งถังทดลองออกเป็น 5 ชุดตามอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังและน้ำเสียที่

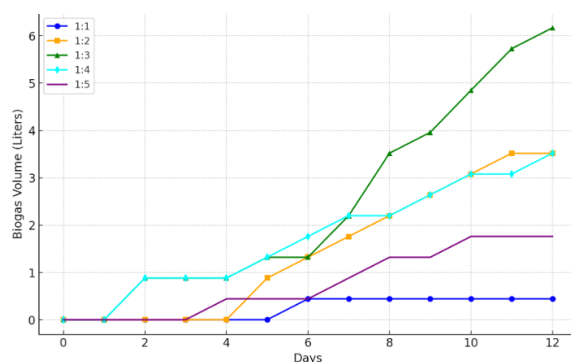
บทความวิจัย (Research Article)

แตกต่างกัน ได้แก่ 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:5 ข้อมูลในตารางประกอบไปด้วยจำนวนหัวเชื้อที่ใช้ (1 กิโลกรัมต่อทุกถัง) ปริมาณกากมันสำปะหลัง (หน่วยเป็นกิโลกรัม) และปริมาณน้ำเสีย (หน่วยเป็นลิตร) ในแต่ละอัตราส่วน ตัวอย่างเช่น ถังที่มีอัตราส่วน 1:1 จะใช้กากมันสำปะหลัง 7.5 กิโลกรัมและน้ำเสีย 7.5 ลิตร ในขณะที่ถังที่มีสัดส่วน 1:5 จะใช้กากมันสำปะหลัง 2.5 กิโลกรัมและน้ำเสีย 12.5 ลิตร การจัดสัดส่วนที่แตกต่างกันนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่าสัดส่วนใดจะให้ผลการผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุด ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญในการหาค่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการหมัก

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นของการทดลองหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสีย ที่มีผลต่อการเกิดก๊าซชีวภาพ

วันที่	อัตราส่วน				
	1:1	1:2	1:3	1:4	1:5
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0.88	0.88	0
5	0	0	0.88	0.88	0
6	0	0.88	1.32	1.32	0.44
7	0.44	1.32	1.32	1.76	0.44
8	0.44	1.76	2.20	2.20	0.88
9	0.44	2.20	3.52	2.20	1.32
10	0.44	2.64	3.96	2.64	1.32
11	0.44	3.08	4.85	3.08	1.76
12	0.44	3.52	5.73	3.08	1.76
13	0.44	3.52	6.17	3.08	1.76

จากตารางที่ 5 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการหมักกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสียในอัตราส่วนต่าง ๆ (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, และ 1:5) โดยข้อมูลแบ่งตามวันที่ตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 13 ในช่วงสามวันแรก วันที่ 1-3 ทุกอัตราส่วนยังไม่มีการผลิตก๊าซชีวภาพ แต่เริ่มมีการผลิตในวันที่ 4 โดยอัตราส่วน 1:3 และ 1:4 เริ่มผลิตได้ปริมาณ 0.88 ลิตร ขณะที่อัตราส่วนอื่น ๆ ยังคงไม่มีการผลิตต่อมาในวันที่ 6 อัตราส่วน 1:2 เริ่มผลิตก๊าซชีวภาพในปริมาณน้อยกว่าการผลิตของอัตราส่วน 1:3 ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นเป็น 1.32 ลิตร และมีแนวโน้มการผลิตเพิ่มขึ้นในทุกอัตราส่วน ยกเว้นอัตราส่วน 1:1 ที่เริ่มผลิตเพียงเล็กน้อยในวันที่ 7 โดยคงที่อยู่ที่ 0.44 ลิตรต่อเนื่องจนถึงวันที่ 13 ในช่วงวันที่ 7 ถึง 13 อัตราส่วน 1:3 มีการผลิตก๊าซมากที่สุด และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 6.17 ลิตร ในวันที่ 13 ส่วนอัตราส่วน 1:5 และ 1:4 มีการผลิตในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน โดย 1:4 มีปริมาณคงที่อยู่ที่ประมาณ 3.08 ลิตรตั้งแต่วันที่ 11 เป็นต้นไป ขณะที่ 1:5 มีปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นอยู่ที่ 1.76 ลิตร



รูปที่ 7 แสดงการเกิดก๊าซชีวภาพของก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสียในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 1:3, 1:4, และ 1:5

บทความวิจัย (Research Article)

จากกราฟในรูปที่ 7 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจากการหมักกากมันสำปะหลังและน้ำเสียในอัตราต่าง ๆ ได้แก่ 1:1, 1:2, 1:3, 1:4 และ 1:5 โดยมีการทดลองนาน 13 วัน อัตราส่วน 1:3 มีการผลิตก๊าซชีวภาพมากที่สุด เริ่มตั้งแต่วันที่ 4 และเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงวันที่ 13 ซึ่งมีปริมาณสูงสุดที่ 6.17 ลิตร อัตราส่วน 1:2 เริ่มผลิตตั้งแต่วันที่ 6 และคงที่ที่ 3.52 ลิตร อัตราส่วน 1:5 เริ่มผลิตในวันที่ 6 และคงที่ที่ 1.76 ลิตร จนจบการทดลอง สำหรับอัตราส่วน 1:4 มีการผลิตก๊าซเพิ่มขึ้นจนถึงวันที่ 11 และคงที่ที่ 3.08 ลิตร ในวันที่เหลือ อัตราส่วน 1:1 มีการผลิตก๊าซต่ำสุด เริ่มในวันที่ 7 ที่ปริมาณ 0.44 ลิตร และคงที่ไปตลอดการทดลอง

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4 และกราฟในรูปที่ 7 สามารถวิเคราะห์ได้ว่าอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังต่อน้ำเสีย มีผลอย่างมากต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ โดยอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตก๊าซชีวภาพคืออัตราส่วน 1:3 ซึ่งสามารถผลิตก๊าซได้สูงสุดที่ 6.17 ลิตร ในวันที่ 13 จากการสังเกตพบว่าอัตราส่วนนี้ มีการผลิตก๊าซชีวภาพตั้งแต่วันที่ 4 และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงสิ้นสุดการทดลอง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการผสมในอัตราส่วนนี้ มีความสมดุลระหว่างสารอาหารและสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับจุลินทรีย์ในการหมัก จุลินทรีย์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพในสถานะที่มีน้ำเพียงพอสำหรับการเจริญงอกงามที่ยั่งยืนที่เกิดขึ้นจากการหมัก เช่น กรดไขมันอินทรีย์

อัตราส่วน 1:4 แม้ว่าจะมีการผลิตก๊าซอย่างต่อเนื่อง แต่ปริมาณการผลิตค่อนข้างน้อยกว่าอัตราส่วน 1:3 โดยคงอยู่ที่ 3.08 ลิตร ตั้งแต่วันที่ 11 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง อาจเป็นเพราะปริมาณกาก

มันสำปะหลังที่น้อยเกินไปในอัตราส่วนนี้ ทำให้สารอาหารไม่เพียงพอสำหรับจุลินทรีย์ จึงทำให้การผลิตก๊าซชะลอตัวลงหลังจากช่วงเวลาหนึ่ง

อัตราส่วน 1:2 แม้ว่าจะเริ่มผลิตก๊าซในวันที่ 5 แต่การผลิตก๊าซชีวภาพอยู่ที่ 3.52 ลิตร ตลอดช่วงเวลาทดลอง ไม่เพิ่มขึ้นเท่ากับอัตราส่วน 1:3 การผลิตที่น้อยนี้แสดงให้เห็นว่าในสถานะที่มีปริมาณกากมันสำปะหลังมากกว่า ปริมาณน้ำเสียที่มีอาจไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนการเจริญเติบโตและการทำงานของจุลินทรีย์ได้เต็มที่ ทำให้การผลิตก๊าซไม่เพิ่มขึ้นต่อเนื่อง

ในขณะที่อัตราส่วน 1:1 และ 1:5 มีการผลิตก๊าซน้อยที่สุด โดยผลิตได้เพียง 0.44 และ 1.76 ลิตร และไม่เพิ่มขึ้นอีกจนถึงสิ้นสุดการทดลอง การผลิตก๊าซที่น้อยนี้ น่าจะเกิดจากการที่ปริมาณน้ำเสียไม่เพียงพอในการเจริญงอกงามที่ยั่งยืนในอัตราส่วน 1:1 หรือในกรณีของอัตราส่วน 1:5 มีปริมาณน้ำมากเกินไป ทำให้สารอาหารเจือจางจนไม่สามารถสนับสนุนการทำงานของจุลินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น สรุปได้ว่าอัตราส่วน 1:3 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพในการทดลอง เนื่องจากอัตราส่วนของน้ำเสียและกากมันสำปะหลังมีความสมดุลที่ช่วยสนับสนุนการทำงานของจุลินทรีย์ในการหมักอย่างเต็มที่ ขณะที่อัตราส่วนอื่น ๆ ไม่แสดงประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซได้มากเท่ากับอัตราส่วนนี้

4.3 การเปรียบเทียบปริมาณก๊าซชีวภาพของการกวนผสม กากมันสำปะหลังกับน้ำเสีย ในถังหมักขนาด 80 ลิตร

ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของความเร็วยกในการกวนต่อการผลิตก๊าซชีวภาพเป็น

บทความวิจัย (Research Article)

สิ่งสำคัญ เนื่องจากความเร็วรอบมีผลโดยตรงต่อการกระจายตัวของจุลินทรีย์และการเข้าถึงสารอาหารในถังหมัก



รูปที่ 8 ถังหมักขนาด 80 ลิตร ทั้ง 2 ถัง

งานวิจัยของ Aznury [5] และคณะแสดงให้เห็นว่าการควบคุมความเร็วรอบที่เหมาะสมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซมีเทนได้อย่างมาก โดยในการทดลองใช้ความเร็วรอบ 102 รอบต่อนาที ให้ผลผลิตก๊าซชีวภาพสูงสุดที่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างความเร็วรอบกับปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพ

ดังนั้น การทดลองในหัวข้อนี้จึงออกแบบมาเพื่อเปรียบเทียบผลกระทบของการใช้ความเร็วรอบต่ำ (45 รอบต่อนาที) และความเร็วรอบสูง (110 รอบต่อนาที) ต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพในถังหมักขนาด 80 ลิตร ดังรูปที่ 8 ซึ่งการบันทึกปริมาณก๊าซจะถูกบันทึกทุกวันเป็นระยะเวลา 13 วัน ผลการทดลองจะแสดงในตารางที่ 5 เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพระหว่างถังที่ใช้ความเร็วรอบต่างกัน การทดลองนี้ใช้ถังหมัก 2 ถัง โดยแต่ละถังหมักถูกตั้งให้มี

ความเร็วรอบต่างกันตามที่กล่าวไว้ การวัดปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจะถูกบันทึกทุกวันเป็นระยะเวลา 13 วัน ผลการทดลองจะแสดงดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการหมักระหว่างถังหมักที่ใช้ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที กับถังหมักที่ใช้ความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที

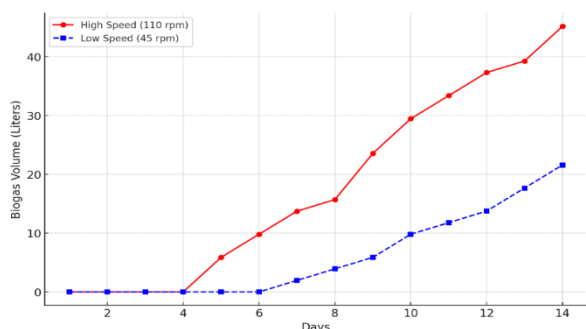
วันที่	ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที (ลิตร)	ความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที (ลิตร)
1	0	0
2	0	0
3	0	0
4	0	0
5	0	5.88
6	0	9.81
7	1.96	13.73
8	3.92	15.7
9	5.88	23.55
10	9.81	29.44
11	11.77	33.36
12	13.75	37.29
12	17.66	39.25
13	21.58	45.14

จากตารางที่ 6 แสดงผลการทดลองที่เปรียบเทียบความเร็วรอบในการกวน ส่วนผสมกากมันสำปะหลังและน้ำเสียต่อปริมาณการผลิตก๊าซชีวภาพในถังหมักขนาด 80 ลิตร โดยใช้ความเร็วรอบต่ำ 45 รอบต่อนาทีและความเร็วรอบสูง 110 รอบต่อนาที ในถังที่ใช้ความเร็วรอบสูง เริ่มมีการผลิตก๊าซชีวภาพในวันที่ 5 โดยผลิตได้ 5.88 ลิตร และปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงวันที่ 13 ซึ่งมีปริมาณก๊าซสูงสุดที่ 45.14

บทความวิจัย (Research Article)

ลิตร ในขณะที่ถังที่ใช้ความเร็วรอบต่ำเริ่มผลิตก๊าซในวันที่ 7 โดยปริมาณการผลิตเพียง 1.96 ลิตร และเพิ่มขึ้นช้ากว่า โดยในวันที่ 13 มีปริมาณก๊าซสูงสุดเพียง 21.58 ลิตร

รูปที่ 9 แสดงกราฟการเปรียบเทียบระหว่างถังหมักทั้งสอง แสดงให้เห็นว่าความเร็วรอบสูงช่วยให้ปริมาณก๊าซเพิ่มขึ้นรวดเร็วกว่าความเร็วรอบต่ำ การกวนที่เร็วขึ้นช่วยให้จุลินทรีย์และสารอาหารกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ทำให้กระบวนการหมักเกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 9 กราฟแสดงปริมาณก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการหมักระหว่างถังหมักที่ใช้ความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที กับถังหมักที่ใช้ความเร็วรอบ 110 รอบต่อนาที

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความเร็วรอบในการกวนส่วนผสมของกากมันสำปะหลังและน้ำเสียมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ การใช้ความเร็วรอบสูง (110 รอบต่อนาที) ในถังหมักแสดงให้เห็นว่ามีการผลิตก๊าซที่เริ่มต้นเร็วกว่าและปริมาณการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องตลอดการทดลอง ซึ่งปริมาณสูงสุดที่ได้จากการใช้ความเร็วรอบสูงคือ 45.14 ลิตรในวันที่ 13 ในทางตรงกันข้าม ถังหมักที่ใช้ความเร็วรอบต่ำ (45

รอบต่อนาที) แสดงผลลัพธ์ที่ช้ากว่า โดยเริ่มผลิตก๊าซในวันที่ 7 และปริมาณก๊าซสูงสุดในวันที่ 13 เพียง 21.58 ลิตร ซึ่งน้อยกว่าถังที่ใช้ความเร็วรอบสูงถึงเกือบครึ่งหนึ่ง

การกวนที่ความเร็วรอบสูงส่งผลให้จุลินทรีย์ในถังหมักสามารถเข้าถึงสารอาหารได้ดีกว่า เนื่องจากการกระจายตัวของส่วนผสมมีความสม่ำเสมอมากขึ้น ส่งผลให้การหมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพมากกว่า ในกระบวนการหมัก การกระจายตัวที่ดีของสารอาหารและจุลินทรีย์มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสำหรับการทำปฏิกิริยา และทำให้สารอาหารที่มีอยู่สามารถถูกจุลินทรีย์ใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ การเพิ่มความเร็วรอบในการกวนช่วยลดปัญหาการตกตะกอนของกากมันสำปะหลัง และป้องกันไม่ให้เกิดการหมักที่ไม่สมบูรณ์ในส่วนต่าง ๆ ของถัง

นอกจากนี้ การกวนด้วยความเร็วสูงยังช่วยเพิ่มการถ่ายเทออกซิเจนในช่วงต้นของการหมัก ซึ่งอาจช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในระยะแรกของการผลิตก๊าซ และส่งผลให้การหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจนเกิดขึ้นได้เร็วขึ้นหลังจากหมักออกซิเจน การทดลองนี้แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความเร็วรอบสูงในการกวนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลดีต่อกระบวนการหมักเพื่อผลิตก๊าซชีวภาพ

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าการใช้ความเร็วรอบสูง (110 รอบต่อนาที) มีประสิทธิภาพในการผลิตก๊าซชีวภาพจากกากมันสำปะหลังมากกว่าการใช้ความเร็วรอบต่ำ (45 รอบต่อนาที) อย่างชัดเจน ซึ่งนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญที่ควรพิจารณาในการออกแบบและควบคุมการทำงานของถังหมักในกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพ

บทความวิจัย (Research Article)

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อการหมักก๊าซชีวภาพแบบไร้ออกซิเจนจากกากมันสำปะหลังร่วมกับน้ำเสีย โดยมุ่งเน้นการค้นหาอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดของวัตถุดิบ และผลกระทบของชนิดกากมันสำปะหลังและความเร็วรอบในการกวนที่มีต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ ผลการศึกษาพบว่า อัตราส่วน 1:3 ระหว่างกากมันสำปะหลังและน้ำเสีย เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตก๊าซชีวภาพ ซึ่งมีปริมาณการผลิตสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับอัตราส่วนอื่น นอกจากนี้ ความเร็วรอบการกวนที่ 110 รอบต่อนาที ส่งผลให้การผลิตก๊าซเริ่มต้นเร็วขึ้นและมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่อเปรียบเทียบกับความเร็วรอบ 45 รอบต่อนาที โดยมีปริมาณ 45.14 ลิตร และ 21.58 ลิตร ตามลำดับ

จากผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าการควบคุมอัตราส่วนวัตถุดิบ ชนิดของกากมันสำปะหลัง และความเร็วรอบในการกวนเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพของกระบวนการหมักแบบไร้ออกซิเจน ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานทางเลือกจากก๊าซชีวภาพ

การทดลองเพิ่มเติมในอนาคตควรพิจารณาอัตราส่วนของกากมันสำปะหลังและน้ำเสียที่หลากหลายมากขึ้น เช่น อัตราส่วนที่ต่ำกว่า 1:3 หรือสูงกว่า 1:5 เพื่อค้นหาอัตราส่วนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด การศึกษาควรวิเคราะห์ปัจจัยอื่นที่อาจมีผลต่อการผลิตก๊าซชีวภาพ เช่น อุณหภูมิ ค่า pH และชนิดของจุลินทรีย์ที่ใช้ นอกจากนี้ การทดลองกับแหล่งน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ที่มีคุณสมบัติทางเคมีที่แตกต่างกันจะช่วยให้ทราบถึงศักยภาพของแหล่งน้ำเสียอื่นๆ

ในการผลิตก๊าซชีวภาพ การศึกษาระยะเวลาการหมักที่เหมาะสมควรถูกพิจารณาเพิ่มเติม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดเวลาในการหมัก การวิเคราะห์ความเร็วรอบการกวนในระดับที่มากกว่านี้ เช่น 75 รอบต่อนาที อาจช่วยให้ทราบถึงความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างความเร็วรอบและปริมาณก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ เพื่อความยั่งยืน การศึกษาควรหาวัตถุดิบที่มีราคาถูกหรือสามารถจัดหาได้ในปริมาณมากเพื่อลดต้นทุนการผลิต และควรพัฒนารูปแบบการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมและชุมชนอย่างมีประสิทธิภาพ

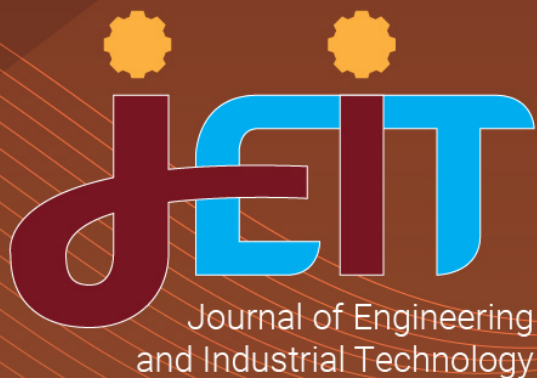
การศึกษานี้มีข้อจำกัดด้านสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิและความชื้น ซึ่งอาจส่งผลต่อความแม่นยำของผลการทดลอง นอกจากนี้ ระยะเวลาการทดลองที่จำกัดอาจส่งผลให้การหาปัจจัยที่เหมาะสมทำได้ไม่ครอบคลุมทุกตัวแปร และชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ในงานวิจัยอาจไม่สามารถสรุปผลไปยังวัตถุดิบจากแหล่งอื่นที่มีคุณสมบัติต่างกันได้โดยตรง การพัฒนาการทดลองในอนาคตควรมุ่งเน้นการควบคุมปัจจัยแวดล้อมและการขยายขอบเขตของชนิดวัตถุดิบที่ศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและแม่นยำยิ่งขึ้น

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] A. M. P. Santos, A. L. S. Castro, K. R. Salomon, T. S. O. Souza, and D. Vich, "Global research trends on anaerobic digestion and biogas production from cassava wastewater: A bibliometric analysis," J. Chem. Technol. Biotechnol., vol. 96, no. 11, pp. 3035–3050, Nov. 2021, doi: 10.1002/jctb.6976.

บทความวิจัย (Research Article)

- [2] P. Kohmuean, N. Boonrod, and A. Wongkoblap, "Biogas production from cassava waste: effect of concentration," in *Proc. Int. Conf. Mater. Sci. Eng.*, vol. 778, May 2020, pp. 1–9, doi: 10.1088/1757-899X/778/1/012115.
- [3] I. A. Cruz, L. R. S. Andrade, A. A. Jesus, B. Vasconcelos, R. Bharagava, M. Bilal, R. T. Figueiredo, and R. L. Souza, "Potential of eggshell waste derived calcium for sustainable production of biogas from cassava wastewater," *SSRN Electron. J.*, Aug. 2022, doi: 10.2139/ssrn.4163678.
- [4] N. Sawyerr, C. Trois, and T. Workneh, "Optimization of biogas yield through co-digestion of cassava biomass and vegetable & fruits waste at mesophilic temperatures," *Int. J. Renew. Energy Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 915–926, Jun. 2019, doi: 10.20508/ijrer.v9i2.9151.g7665.
- [5] E. M. Aznury, M. T. Endang, and I. Yudanto, "The influence of stirring speed on biogas production from cow dung using an anaerobic batch digester," *MATEC Web of Conferences*, vol. 268, p. 06001, 2019, doi: 10.1051/mateconf/201926806001.
- [6] Y. S. Ahou, J. B. B. Angeli, S. Awad, L. Baba-Moussa, and Y. Andrés, "Lab-scale anaerobic digestion of cassava peels: The first step of energy recovery from cassava waste and water hyacinth," *Environ. Technol.*, vol. 41, no. 22, pp. 2916–2926, Oct. 2019, doi: 10.1080/09593330.2019.1670266.
- [7] C. G. Achi, A. Hassanein, and S. Lansing, "Enhanced biogas production of cassava wastewater using zeolite and biochar additives and manure co-digestion," *Energies*, vol. 13, no. 2, pp. 491–508, Jan. 2020, doi: 10.3390/en13020491.



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