

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
Industrial Technology
Lampang Rajabhat University Journal

ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565
Volume 15 No.2 July - December 2022

ISSN: 1906-5337 (Print) / E-ISSN: 2672-9539 (Online)

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 ถ.ลำปาง-แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100
โทรศัพท์ 0 5423 7352 ต่อ 1339 โทรสาร 0 5424 1079
<http://www.itech.lpru.ac.th>

**คณะกรรมการและกองบรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง**

เจ้าของ ที่ปรึกษา	คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อธิการบดี รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงษ์สวัสดิ์ อำนาคกิตกร รองศาสตราจารย์บุญชาติ เนติศักดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภวุฒิ ผาภา รองศาสตราจารย์ธิดิมา คุณยศยิ่ง
บรรณาธิการผู้ก่อตั้ง บรรณาธิการ ผู้ช่วยบรรณาธิการ	

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก Peer Review)

ศ.เกียรติคุณ เสริมศักดิ์	นาคบัว	มหาวิทยาลัยศิลปากร	รศ.	สมชาย	ชื่นวัฒนาประณีติ	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ศ.ดร. ก้องกิติ	พสุสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	รศ.	สมพงษ์	บุญเลิศ	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ศ.ดร. ตรีทศ	เหล่าศิริพงษ์ทอง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รศ.	สายัณห์	จันทร์วิรัช	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
ศ.ดร. ทนงเกียรติ	เกียรติศิริโรจน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	รศ.	สุมาลี	อุณหวนิชย์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี
ศ.ดร. ธนาภิรักษ์	ธีระมันคง	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์				พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ศ.ดร. ปริญญา	จินดาประเสริฐ	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	รศ.	สุวิษ	บุตรสุวรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ศ.ดร. ผดุงศักดิ์	รัตนเดโช	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	รศ.	อายุวัฒน์	สว่างผล	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ศ.ดร. สุพล	อนันดา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร.	จิรพัฒน์	วณิชวัฒนาโกศล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ศ.ดร. วัฒนวงศ์	รัตนวราห	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี	ผศ.ดร.	นิพนธ์	เกตุจ้อย	มหาวิทยาลัยนเรศวร
ศ.ดร. อภิรัฐ	ศิริธราวัตร	มหาวิทยาลัยขอนแก่น	ผศ.ดร.	นิวัตร	พัฒนะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
รศ.ดร. กวิน	สนธิเพิ่มพูน	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร.	ศศิธร	คนทน	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ.ดร. เกรียงศักดิ์	เชียวมั่ง	มหาวิทยาลัยบูรพา	ผศ.ดร.	ศักดิ์พล	เทียนเสมอ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
รศ.ดร. ชิตชัย	อนันตเศรษฐ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	ผศ.ดร.	สมชาย	มณีวรรณ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. ช่วงโชติ	พันธุ์เวช	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	ผศ.ดร.	สุธี	วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง
รศ.ดร. ดรณี	วัฒนศิริเวช	มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง	ผศ.ดร.	อภิชาติ	แจ้งบำรุง	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ.ดร. ถาวร	สารวิทย์	มหาวิทยาลัยนเรศวร	ผศ.ดร.	ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
รศ.ดร. ธีรศิลป์	ทุมวิภาต	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี				

รศ.ดร.	นภดล	อุทัยภักดี	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รศ.ดร.	นพมณี	โทบุญญานนท์	มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.	นัฐพร	ไชยญาติ	วิทยาลัยพลังงานทดแทน
			มหาวิทยาลัยแม่โจ้
รศ.ดร.	ปฐกศักดิ์	อัมพพ	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
รศ.ดร.	พีระวุฒิ	สุวรรณจันทร์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
			เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร.	พงศ์	หรรดา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
รศ.ดร.	มนตรี	ศิริปรัชญานันท์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
			พระนครเหนือ

กองบรรณาธิการ : (ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน)

รศ.ดร.	กิตติศักดิ์	สมุทธาภิรักษ์
ศ.	จำเนียร	นันทิลล
รศ.ดร.	นันทะ	บุตรน้อย
รศ.ดร.	อนิรุจน์	มะโนธรรม
ผศ.	พงษ์สวัสดิ์	อำนาคกิตกร
Mr.	Richard	Lawrence Mann

ฝ่ายสนับสนุนการดำเนินการจัดทำวารสาร

รศ.ดร.	วัฒนพงศ์	รักษวิเชียร	มหาวิทยาลัยพะเยา	รศ.	ธิดิมา	คุณยศยิ่ง	ฝ่ายประสานงานทั่วไป
รศ.ดร.	วิชัย	แหวนเพชร	มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร	ผศ.ดร.	วศินวิโรตม์	เนติศักดิ์	ฝ่ายออกแบบงานศิลป์
รศ.ดร.	สรา	อาภรณ์	มหาวิทยาลัยมหิดล	นาง	วัชรญาณันท์	เมธีวัชรโยธิน	ฝ่ายธุรการและการเงิน
รศ.ดร.	เอกรัฐ	บุญเชียง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	นางสาว	กมลชนก	ถาแก้ว	ฝ่ายจัดเตรียมต้นฉบับ
รศ.	นิลวัฒน์	พัฒนพงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง				
รศ.	ยีน	ภูววรรณ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์				
รศ.	วิชัย	พฤกษ์ธาราธิกุล	มหาวิทยาลัยขอนแก่น				
รศ.	วิชัย	ฤกษ์ภูริทัต	มหาวิทยาลัยนเรศวร				

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ISSN: 1906-5337 (Print) / E-ISSN: 2672-9539 (Online)

เป็นวารสารระดับชาติที่ทุกบทความได้รับการกลั่นกรองจากคณะกรรมการ และตรวจประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิภายในและภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง อย่างน้อยบทความละ 3 ท่าน

วัตถุประสงค์ : เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัย และบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กำหนดออกวารสาร : ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และ ฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม

เว็บไซต์วารสาร : <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/Itech>

สารจาก อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ด้วยความมุ่งมั่นและความตั้งใจของคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ในการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ซึ่งดำเนินการมาเป็นปีที่ 15 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565 โดยยังคงมุ่งมั่นที่จะเป็นสื่อกลางเพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการ สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และได้รับการรับรองคุณภาพ จากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งแสดงถึงมาตรฐานและคุณภาพของวารสารวิชาการ และเป็นการสนับสนุนการเผยแพร่ผลงานวิชาการ เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่บูรณาการ เข้ากับวิถีภูมิปัญญาท้องถิ่นและการสร้างสรรค์ผลงานใหม่ เพื่อส่งเสริมการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้อง และการใช้ประโยชน์ของบุคคล สังคม ท้องถิ่น เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม อันก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศต่อไป อย่างยั่งยืน

ในโอกาสนี้ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิและกองบรรณาธิการ ที่ร่วมกลั่นกรองและคัดสรรผลงานที่มีคุณภาพ รวมทั้งคณะทำงานทุกท่านที่มีส่วนร่วมการดำเนินการจัดทำวารสารวิชาการนี้ และขออวยพรให้วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ประสบความสำเร็จ พัฒนาวารสารวิชาการให้เข้มแข็งและมีกำลังใจ เพื่อผลิตผลงานคุณภาพเช่นนี้ต่อไป



รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ สมุทธารักษ์
อธิการบดี มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

สารจาก บรรณาธิการ

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ฉบับนี้ ดำเนินการมาเป็นปีที่ 15 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565 โดยยังคงมุ่งมั่นที่จะเป็นสื่อกลางการเผยแพร่บทความวิจัย บทความวิชาการ และประชาสัมพันธ์ผลงานที่เกี่ยวข้องกับบทความวิชาการ บทความวิจัย ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และผลการดำเนินงานของคณะเทคโนโลยี อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง ซึ่งได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่อง จนได้รับการรับรองคุณภาพ จากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างไรก็ตาม คณะทำงานมีความมุ่งมั่น และตั้งใจที่จะพัฒนาคุณภาพวารสารให้ได้มาตรฐานของวารสาร ที่ได้รับการยอมรับในระดับอาเซียนต่อไป

จากผลการดำเนินการของ วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ราชภัฏลำปาง ตลอดระยะเวลา 14 ปี ที่ผ่านมา ที่เป็นสื่อกลางในการตีพิมพ์ เผยแพร่บทความวิจัย และบทความวิชาการ ของนักวิชาการ คณาจารย์ และนักวิจัย ในศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จนเป็นที่รู้จักและยอมรับในวงวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และเพื่อ ส่งเสริมการถ่ายทอดองค์ความรู้แก่ผู้ที่สนใจ การใช้ประโยชน์ของบุคคล สังคม ท้องถิ่น ทำให้คณะทำงานมีกำลังใจในการพัฒนาคุณภาพวารสารวิชาการให้ดียิ่งขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำวันนี้ ขอขอบคุณ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องจากทุกฝ่าย ที่ทำให้วารสารวิชาการ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สามารถดำเนินการมาอย่างต่อเนื่อง และพร้อมที่จะพัฒนาสู่วารสารที่มีคุณภาพยิ่ง ๆ ขึ้นต่อไป



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศุภวุฒิ ผากา
บรรณาธิการ วารสารวิชาการ
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

สารบัญ

สารจากอธิการบดี

สารจากบรรณาธิการ

หน้า

การพัฒนาเครื่องเย็บขวดยาชนิดรุ่น 3 จินตนา อำนางจิตติกร และพงษ์สวัสดิ์ อำนางจิตติกร	1
การลดความแปรปรวนของเวลาในกระบวนการเชื่อมทิกเพื่อการผลิต Ice Bin ASSY โดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีน ซิกส์ซิกมา กรณิศศึกษาแผนกซีทเมทัล เอพิยู บริษัท ซาฟราน เคบิน ลำพูน จำกัด จิรพัฒน์ วาณิชวัฒนะโกศล, ทักษพร มะโนกุล และสุนัตตา หวานชะเอม	17
การใช้ประโยชน์จากยางพาราเพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ ด้านความปลอดภัย ภัทรภรณ์ จุงพันธ์,เกรียงศักดิ์ เขียวมั่ง และมียอง ขอ	30
การสร้างเครื่องเขียนลดทลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า วิชัย เกษอรุณศรี และพิพัฒน์ สมใจ	44
การสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศิริพร ตั้งวิบูลย์พาณิชย์ และวุฒินันต์ ประทุม	55
การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งในการบริหารจัดการสมาร์ตฟาร์ม กรณิศศึกษา โรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา อาคม ทะยือมา, ณัฐพงศ์ สมองคุณ, จารุณี สมองคุณ และแดงเดช แนนเกี้ยง	67
ภาคผนวก ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการ	79

CONTENTS

Letters from the president

Letters from the Editors

Page

Development of Injection Bottle Shaker Version 3

1

Jintana Amnartkitikorn and Pongsawat mnartkitikorn

Time Variation Reduction in TIG Welding for Producing Ice Bin ASSY

17

by Applying Lean Six Sigma Concept: A Case Study of Sheet Metal APU,
Safran Cabin Lamphun Company Limited

Jirapat Wanitwattanakosol, Tulsaporn Manokul and Sunutta Wanchaem

Rubber Utilization for Safe Creative Industrial Product Design

30

Pattharaporn Joongpun, Kriangsak Khiaomang and Miyoung Seo

Creating a Pattern Burner on a Wood Surface Using Heat from Electricity

44

Wichai Kedaroonsri and Piput Somchai

Development of a Forecasting Model of Paddy Price

55

in the Northeastern Region of Thailand

Siriporn Tangwiboonpanich and Wuttinan Pratoom

Internet of Things Application for Smart Farm Management:

67

A Case Study of Nongnumsomwithayakom School,

Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

*Akom Hayeeuma, Nuttapong Sanongkhun, Jarunee Sanongkhun
and Daengdesh Naenkieng*

Appendix

79

Standard requirements for academic journals

การพัฒนาเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 Development of Injection Bottle Shaker Version 3

จินตนา อำนาคิติกอร์^{1*} และพงษ์สวัสดิ์ อำนาคิติกอร์²

Jintana Amnartkitikorn^{1*} and Pongsawat mnartkitikorn²

^{1*,2}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

119 ถ.ลำปาง-แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100 โทร. 08 9759 2752 e-mail amnart.jin@gmail.com

^{1*,2} Faculty of Industrial Technology, Lampang rajabhat University 119 Lamppang-Maetha Road, chomphu Meung, Lampang 52100 Thailand

วันที่รับบทความ 10 กุมภาพันธ์ 2565

วันที่รับแก้ไขบทความ 26 กันยายน 2565

วันที่ตอบรับบทความ 26 ตุลาคม 2565

Received: Feb. 10, 2022

Revised: Sep. 26, 2022

Accepted: Oct. 26, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยการพัฒนาเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 มีวัตถุประสงค์คือ 1) ศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้งานเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่นต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 2) ออกแบบและสร้างเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 ที่สามารถลดปัญหาและข้อบกพร่องของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่นต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 และ 3) ประเมินคุณภาพเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 จากการทดสอบประสิทธิภาพการทำงาน พบว่า เครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 มีอัตราการเขย่าขวดยาฉีดเฉลี่ย 268 และ 305 ครั้งต่อนาที และจากการทดสอบการเขย่าขวดยาฉีด จำนวน 25 ครั้ง พบว่า เครื่องสามารถเขย่าขวดยาฉีดให้ผงตัวยาละลายได้ ในเวลาต่ำสุด 1 นาที คิดเป็นร้อยละ 4 ในเวลา 2 นาที ร้อยละ 50, 3 นาที ร้อยละ 36 และในเวลามากสุด 4 นาที ร้อยละ 12 และมีค่าระดับความดังของเสียงขณะทำงาน 60.17 และ 61.68 dB (A) ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานโดยรวมสูงกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่นต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2

คำสำคัญ: การพัฒนา, เครื่องเขย่า, ยาฉีด

Abstract

The purposes of this research were: 1) to study and analyze the problems that arise from use of the injection shaker prototype and the Injection Bottle Shaker version 2; 2) to design and construct the Injection Bottle Shaker version 3, which can reduce the problems and defects of the injection shaker prototype and the Injection Bottle Shaker version 2; and 3) to evaluate the efficiency of the Injection Bottle Shaker version 3. The results of the efficiency test showed that the Injection Bottle Shaker version 3 had average shaking rates of 268 and 305 times per minute. The results of shaking the injection bottle 25 times showed that the device was able to shake the injection bottle to dissolve the powder in a minimum time of 1 minute (4%), 2 minutes (50%), 3 minutes (36%), and in a maximum time of 4 minutes (12%). It had an operating noise level of 60.17 and 61.68 dBA, which meant the overall performance was higher

compared to the injection shaker prototype and the Injection Bottle Shaker version 2.

Keywords: development, shaker, injection drug

1. บทนำ

Tubtimpadit, J. (2011) พยาบาลวิชาชีพ โรงพยาบาลลำปางให้ข้อมูลไว้ว่า ขั้นตอนการเตรียมยาฉีดชนิดผงผสมน้ำสำหรับผู้ป่วยจำนวนมากแต่ละครั้งต้องใช้เวลาเกินกว่า 30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง เนื่องจากยาบางตัวละลายยาก ผู้เตรียมยาไม่สามารถจะเขย่าอย่างต่อเนื่องได้เพื่อให้ผงยาละลายได้หมดในเวลาเดียวกัน ซึ่งตนเองได้พยายามจัดหาอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการเขย่าขวดยาฉีดแทนการเขย่าด้วยมือ แต่พบว่าไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องมือดังกล่าวจำหน่าย จะมีเพียงเครื่องเขย่าสาร (Shaker) ซึ่งใช้ในการเขย่าสารละลายและไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเขย่ายาฉีดชนิดผงผสมน้ำได้ Amnartkitikorn, J., Yumon, P. and Chaireung, K. (2012) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ สำหรับโรงพยาบาลในจังหวัดลำปาง โดยใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรงขนาด 12 โวลต์เป็นต้นกำลัง สามารถเขย่าขวดยาฉีดต่อครั้งได้ 19 ขวด พบว่า เครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบสามารถช่วยลดเวลาของพยาบาล ในการเตรียมยาได้ แต่จากนำไปใช้งานในสภาพจริงที่มีการเตรียมยาจำนวนมาก และมีการใช้งานเครื่องอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน มักพบปัญหามอเตอร์ต้นกำลังเกิดความร้อนสะสมสูงและเกิดการลัดวงจรของขดลวดมอเตอร์ ทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานของมอเตอร์ลดลงหรือชำรุดจนไม่สามารถใช้งานได้บ่อยครั้ง Amnartkitikorn, J. and Amnartkitikorn, P. (2013) ได้พัฒนาเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 สำหรับโรงพยาบาลในจังหวัดลำปาง โดยเพิ่มขนาดกำลังของมอเตอร์ต้นกำลังมากขึ้น เพื่อลดภาระการทำงานของมอเตอร์และลดค่าความร้อนสะสมที่ขดลวดมอเตอร์ และปรับเปลี่ยนรูปแบบการส่งกำลังในการเขย่าด้วยระบบเพลาคอเหวี่ยงแนวนอนเป็นแนวตั้ง เพื่อลดพื้นที่ในการติดตั้ง และเพื่อลดระดับเสียงการทำงานของเครื่องให้ต่ำลง

เครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ได้นำไปติดตั้งใช้งานทดแทนเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ ณ แผนกอายุรกรรมชาย 2 โรงพยาบาลศูนย์ลำปาง ตั้งแต่ ปี 2556 เป็นต้นมา พบว่า เครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ยังคงสามารถนำมาใช้ในการช่วยให้การจัดเตรียมยาฉีดของพยาบาลได้ และสามารถลดปัญหาด้านความร้อนสะสมที่มอเตอร์ขดลวดลงได้ แต่ก็พบประเด็นที่ควรต้องได้รับการปรับปรุงในหลายประเด็น เช่น น้ำหนักของเครื่องที่ค่อนข้างมาก การบำรุงรักษาชุดเกียร์ที่จำเป็นจะต้องทำอย่างสม่ำเสมอทำได้ลำบาก การถูกใช้งานเป็นเวลานานทำให้ชุดเกียร์เกิดการสึกหรอ ความเร็วในการเขย่าลดลงส่งผลกระทบต่อเวลาในการเตรียมยาฉีดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้นการสึกหรอของกลไกของชุดส่งกำลังส่งผลให้เสียงการทำงานของเครื่องมีความดังมากขึ้น และช่วงเวลาในการซ่อมบำรุงมีความถี่มากขึ้น รวมทั้งวงจรภาคจ่ายไฟชุดวงจรควบคุมต่าง ๆ เป็นวงจรที่ผู้วิจัยเป็นผู้ออกแบบ ไม่มีจำหน่ายทั่วไป

จากประเด็นปัญหาที่กล่าวมา คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 ที่ยังคงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดเตรียมยาฉีดของพยาบาลได้สะดวกและรวดเร็ว แต่มุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีและอุปกรณ์ที่มีความเป็นมาตรฐานมากขึ้น และสามารถจัดหาได้ในท้องตลาดมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสม ลดความซับซ้อนของระบบกลไก ซึ่งช่วยให้การบำรุงรักษา

และซ่อมบำรุงทำได้ง่าย อันจะนำไปสู่การลดต้นทุนในการสร้าง และเพิ่มโอกาสในการต่อยอดไปสู่การผลิตในเชิงพาณิชย์ และการขยายผลในการพัฒนาไปใช้ในส่วนของผู้ป่วยและโรงพยาบาลอื่น ๆ มากขึ้น สอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขันในประเด็นอุตสาหกรรมและบริการแพทย์ครบวงจร ซึ่งครอบคลุมถึงการผลิตเครื่องมือและอุปกรณ์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการให้บริการผู้ป่วยของโรงพยาบาลมากยิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่นต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน

2.2 เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 ที่สามารถลดปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการใช้งานของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่นต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2

2.3 เพื่อประเมินคุณภาพเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3

3. ขอบเขตของการวิจัย

3.1 การศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาของเครื่องเขย่ายาฉีดต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ใช้ข้อมูลที่ได้จากการติดตามการใช้งานในสภาพจริง ณ แผนกอายุรกรรมชาย 2 โรงพยาบาลศูนย์ลำปาง ระหว่างปี พ.ศ.2555 – 2562

3.2 ขอบเขตในการออกแบบและสร้างเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3

1) มอเตอร์ต้นกำลังสำหรับการทำงานของเครื่อง ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ แบบคาปาซิเตอร์มอเตอร์ ที่นิยมใช้ใน พัดลม เครื่องปรับอากาศ และปั๊มต่าง ๆ (ultimatecommercial, 2020)

2) ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ timer delay relay OMRON รุ่น H3CR-A ซึ่งมีหลายโหมดการทำงาน สามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลายพร้อม ตั้งเวลาการทำงานได้ตั้งแต่ 0.5 วินาที ถึง 300 ชั่วโมง (OMRON, 2020)

3) รองรับขวดยาฉีดแบบ Vial ขนาด 7 ml - 100 ml รวมกันไม่น้อยกว่า 12 ขวด

4) ความเร็วในการเขย่าอยู่ในช่วง 200 – 300 ครั้ง/นาที เพื่อมิให้เกิดเสียงดังเกินไปขณะเครื่องทำงาน โดยปรับอัตราความเร็วในการเขย่าได้ไม่น้อย 2 ระดับ

3.2 การประเมินคุณภาพของ เครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3

1) คุณภาพของ เครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 ประเมินจากความสามารถการผสมยาฉีดชนิดผงผสมน้ำให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ซึ่งสัมพันธ์กับความเร็วและเวลาในการเขย่า ความเที่ยงตรงและความแม่นยำในการทำงาน และระดับความดังเสียงที่เกิดขึ้นขณะทำงาน โดยเทียบเคียงกับคุณภาพของเครื่องเขย่ายาฉีดต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2

2) เครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูล

(1) การวัดความคลาดเคลื่อนของเวลาการทำงานของเครื่อง โดยการเปรียบเทียบค่าเวลาที่วัดได้จากนาฬิกาจับแบบดิจิทัล IPHONE XR

(2) เครื่องวัดความเร็วรอบ Tachometer Digital รุ่น DT 2236 A มีค่า Accuracy ที่ $\pm(0.05\% n + 1 d)$ ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความเร็วรอบในการหมุนของมอเตอร์ต้นกำลังและความเร็วในการเขย่า (testinstruments. 2022)

(3) เครื่องวัดระดับความดังของเสียง Digital sound level meter EXTECH 407740 ซึ่งสามารถความดังของเสียงได้ตั้งแต่ 30 ถึง 130 dB Accuracy ± 1.5 dB @ 94dB for a 1kHz sine wave ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดระดับความดังของเสียงเครื่องขณะทำงาน (instrumart. 2022)

(4) เครื่องวัดอุณหภูมิ IR thermometer UNI-T UT-300A มีช่วงอุณหภูมิการวัด $-18^{\circ}\text{C} \sim 280^{\circ}\text{C}$ มีความแม่นยำในการวัด $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ใช้เป็นเครื่องมือในการวัดค่าอุณหภูมิของขดลวดมอเตอร์ (fromfactory. 2022)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาและวิเคราะห์สภาพปัญหาของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่นต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน วิเคราะห์จากข้อมูลปัญหาและการแก้ไขปัญหาในการใช้งานจริง ของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่แผนกอายุรกรรมชาย 2 โรงพยาบาลศูนย์ลำปาง ในช่วง ปี พ.ศ.2554 – 2562 ที่ผู้วิจัยได้บันทึกไว้ ซึ่งสามารถสรุปได้โดยสังเขป เช่น การลัดวงจรของขดลวดมอเตอร์กรณีใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน การเสื่อมสภาพของชุดเกียร์ของมอเตอร์ต้นกำลังและชุดกลไกการส่งกำลัง ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพในการทำงานลดลง และระดับเสียงขณะเครื่องทำงานดังมากขึ้น รวมทั้งกรณีตัวเครื่องมีน้ำหนักค่อนข้างมาก ทำให้การเคลื่อนย้ายและการซ่อมบำรุงทำได้ไม่สะดวกเท่าที่ควร

4.2 การออกแบบเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3

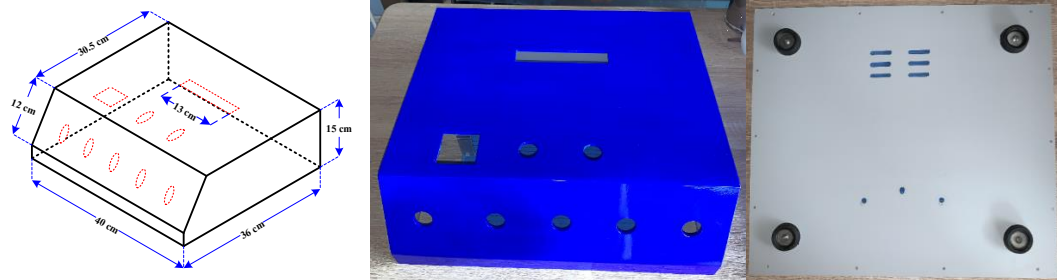
1) กรอบแนวคิดในการออกแบบ ในการออกแบบเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 ผู้วิจัยยังคงมีแนวคิดหลักที่ใช้ในการพัฒนาเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่ผ่านมาคือ มุ่งเน้นการใช้เทคโนโลยีที่ไม่มีความซับซ้อนมากนักแต่สามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด ดังนี้

(1) เน้นการประยุกต์ใช้ เครื่องมือหรืออุปกรณ์ ที่มีใช้งานในระบบงานอุตสาหกรรม และสามารถหาได้ในท้องตลาด ซึ่งช่วยลดต้นทุนจากค่าใช้จ่ายในการออกแบบแผ่นพิมพ์วงจร และการจัดหาอุปกรณ์อะไหล่มาทดแทนส่วนที่ชำรุด ช่วยให้การซ่อมบำรุงสามารถทำได้สะดวกขึ้น โดยการเปลี่ยนอุปกรณ์หรือชิ้นส่วนที่ชำรุด แทนการซ่อมแซม

(2) การลดการซับซ้อนของระบบกลไก ในการส่งกำลังของมอเตอร์ต้นกำลัง เพื่อลดต้นทุนจากค่าใช้จ่ายในการจ้างผลิตกลไกการส่งกำลัง โดยการลดชิ้นส่วนที่ต้องมีการเคลื่อนไหว ซึ่งมักมีการสึกหรอเมื่อใช้งานไปเป็นเวลานาน และก่อให้เกิดเสียงดังมากขึ้นขณะทำงาน

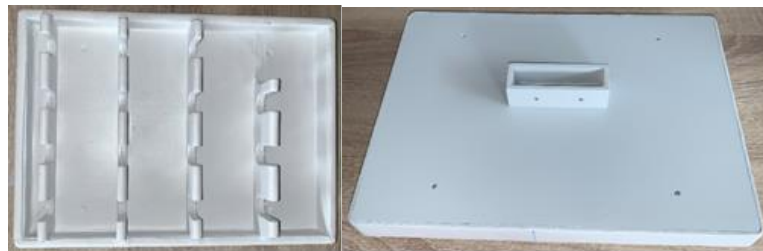
(3) การเลือกใช้มอเตอร์กระแสสลับเป็นมอเตอร์ต้นกำลัง ช่วยให้สามารถลดต้นทุนในส่วนของภาคจ่ายไฟกระแสตรงที่ต้องสามารถจ่ายกระแสได้สูง เพื่อไปขับมอเตอร์ต้นกำลังที่เป็นมอเตอร์กระแสตรง สามารถบำรุงรักษาได้ง่ายมากขึ้น รวมทั้งสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการบำรุงรักษาภาคจ่ายไฟกรณีเกิดความชำรุดเสียหาย

2) การออกแบบโครงสร้างตัวเครื่อง ตัวเครื่องทำจากแผ่นอะคริลิกใสขนาดความหนา 4 มม. เนื่องจากมีน้ำหนักเบา สามารถตัดแต่งขึ้นรูปได้ง่าย มีความคงทนไม่แตกหักง่าย รวมทั้งไม่เป็นตัวสะสมความร้อนและไม่เป็นสื่อไฟฟ้า ซึ่งช่วยลดปัญหาการเกิดอันตรายของผู้ใช้จากกระแสไฟฟ้ารั่วลงสู่ตัวเครื่อง



ภาพที่ 1 ตัวเครื่องเขย่าขวดยาฉีดและแผ่นฐานตัวเครื่องพร้อมช่องอากาศ

3) การออกแบบภาดบรรจุขวดยาฉีด ผู้วิจัยยังคงใช้แบบโครงสร้างเช่นเดียวกับเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 โดยทำจากแผ่นทำจากแผ่นอะครีลิก (Acrylic) หนา 4 มม. หุ้มทับด้วยแผ่นโฟม PE ขนาด 22 x 32 x 2.5 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) แต่มีการเพิ่มช่องสำหรับขวดยาฉีดขนาด 50 – 100 ml. จำนวน 1 ช่อง เพื่อรองรับความต้องการใช้งานของพยาบาลผู้ใช้งาน กรณีที่ต้องการผสมยาฉีดที่มีขนาดมีความจุมากกว่า 50 ml.



ภาพที่ 2 ด้านบนภาดบรรจุขวดยาฉีดและฐานด้านล่างภาดบรรจุขวดยาฉีด

4) การออกแบบชุดต้นกำลัง มอเตอร์ต้นกำลังเป็นแบบคาปาซิเตอร์มอเตอร์ โครงสร้างมอเตอร์เป็นแบบเปิด ปลายแกนมอเตอร์ติดตั้งใบพัดลมเพื่อช่วยระบายความร้อนสะสมของมอเตอร์ขณะทำงาน ขนาดกำลังของมอเตอร์ 45 วัตต์ (0.06 แรงม้า) การปรับความเร็วรอบมอเตอร์ทำได้โดยปรับขนาดขดลวดชั้นของมอเตอร์ โดยมีความเร็วรอบสูงสุดที่ 1450 รอบต่อนาที และความเร็วรอบต่ำสุดที่ 1300 รอบต่อนาที ซึ่งสามารถหาแรงบิดของมอเตอร์ต้นกำลัง (engineeringtoolbox.com, 2020) ได้จาก

$$T = \frac{9.55P}{n_{rpm}} \quad (1)$$

P = power (W)

T = torque or moment (Nm)

n_{rpm} = rotations per minute (rpm, 1/min)

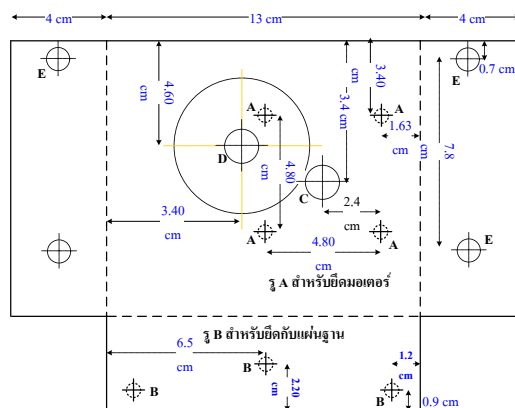
ดังนั้นมอเตอร์ต้นกำลังหมุนด้วยความเร็ว 1450 rpm จะมีค่าแรงบิดที่

$$\text{Torque} = \frac{9.55 \times 45}{1450} \text{ Nm} = 0.30 \text{ Nm} \quad \text{หรือ} = 0.30/9.8 = 0.031 \text{ Kgf-m}$$

และที่มอเตอร์ต้นกำลังหมุนด้วยความเร็ว 1300 rpm จะมีค่าแรงบิดที่

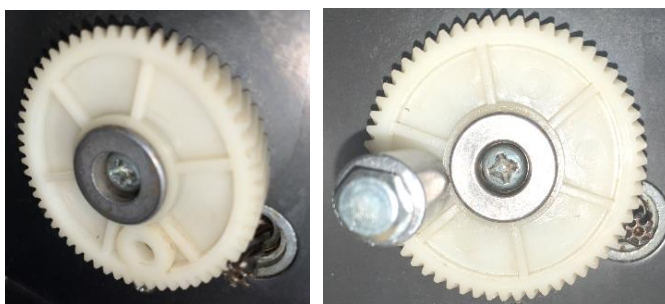
$$\text{Torque} = \frac{9.55 \times 45}{1300} \text{ Nm} = 0.33 \text{ Nm} \quad \text{หรือ} = 0.33/9.8 = 0.033 \text{ Kgf-m}$$

ขายึดมอเตอร์ ทำจากเหล็กแผ่นหนา 2 มม. พับฉากรูปตามรอยเส้นประ เจาะรูในตำแหน่งต่าง ๆ สำหรับยึดตัวมอเตอร์ต้นกำลังติดกับฐานตัวเครื่องและสำหรับยึดแกนเพลลาของเฟืองตามตัวขายึด โดยมีแบบร่างดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แบบร่างขายึดตัวมอเตอร์

5) การออกแบบชุดส่งกำลัง การส่งกำลังจากมอเตอร์ต้นกำลังเพื่อไปขับเคลื่อนเข้าขวดยาฉีดให้เคลื่อนที่ เป็นการส่งกำลังด้วยเฟืองเฉียง (Helical Gear) มีขนาด $D_p = 29$ ระยะ pitch 2 มม. เฟืองตัวขับมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.2 นิ้ว มีจำนวนฟันเฟือง 6 ฟัน และเฟืองตามมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว มีจำนวนฟันเฟือง 58 ฟัน การทดเฟืองเป็นแบบขนานกับแกนเพลลา โดยอัตราทดระหว่างเฟืองขับและเฟืองตามเป็น 10:1 ค่าแรงบิดที่เฟืองตามจะเป็น 0.31 Kgf-m และ 0.31 Kgf-m ที่ความเร็วรอบของเฟืองขับที่ 1450 และ 1300 rpm ตามลำดับ



ภาพที่ 4 การส่งกำลังด้วยเฟืองแบบเฟืองเฉียง (Helical Gear) ด้วยอัตราทด 10 : 1

โดยความเร็วรอบของเฟืองตามจะหาได้จาก (MORO l Manufacture Overhaul Rapid and Optimal, 2020)

$$N_1 Z_1 = N_2 Z_2 \quad (2)$$

N_1 = ความเร็วรอบของเฟืองขับ

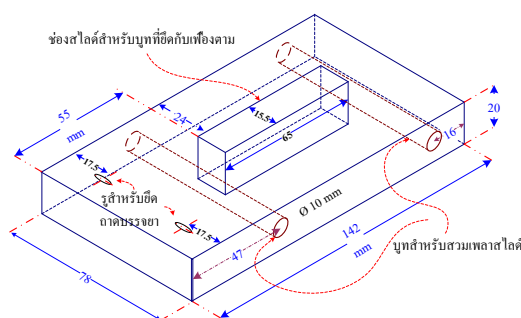
N_2 = ความเร็วรอบของเฟืองตาม

Z_1 = จำนวนฟันของเฟืองขับ

Z_2 = จำนวนฟันของเฟืองขับ

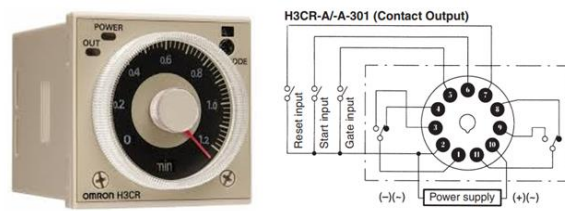
ดังนั้นเมื่อความเร็วรอบของเฟืองขับเท่ากับ 1450 rpm ความเร็วรอบของเฟืองตามจะมีค่าเท่ากับ 150 rpm และเมื่อความเร็วรอบของเฟืองเท่ากับ 1300 ความเร็วรอบของเฟืองตามจะมีค่าเท่ากับ 134.5 rpm โดยการหมุนของเฟืองตามหนึ่งรอบจะทำให้ถาดบรรจุยาเคลื่อนที่ไปและกลับ 1 ครั้ง หรือเท่ากับเขย่าขวดยาสองครั้ง

6) ชุดรางสไลด์ของถาดบรรจุขวดยาฉีด ชุดรางสไลด์ (linear guide) ของถาดบรรจุขวดยาฉีด เป็นส่วนที่ช่วยให้ถาดยาบรรจุยาฉีด สามารถเคลื่อนที่ไปกลับได้แบบเป็นเชิงเส้น (linear motion) โครงสร้างประกอบด้วยเพลาคู์ทำจากเหล็กทรงกลมขัดเงา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. ยาว 150 มม. และชุดบล็อกสไลด์ที่ใช้ติดตั้งถาดบรรจุยา ทำจากพลาสติกซูเปอร์ลีน (Superlene Nylon) ซึ่งมีความแข็งแรง ทนต่อการการเสียดสี ไม่เสียรูปง่าย สามารถทนความร้อนได้ถึง 130 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับขึ้นรูปเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรได้ดี (indyplasticsheet, 2022) รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาดกว้าง 78 มม. ยาว 142 มม.หนา 20 มม. ปลายแต่ละด้านที่ตำแหน่ง 16 มม. และ 47 มม. เจาะรู ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. ตลอดแนวความกว้างเพื่อเป็นบุทของเพลาสไลด์เพื่อให้บล็อกเคลื่อนที่ไปตามแนวเพลาดังภาพที่ 5

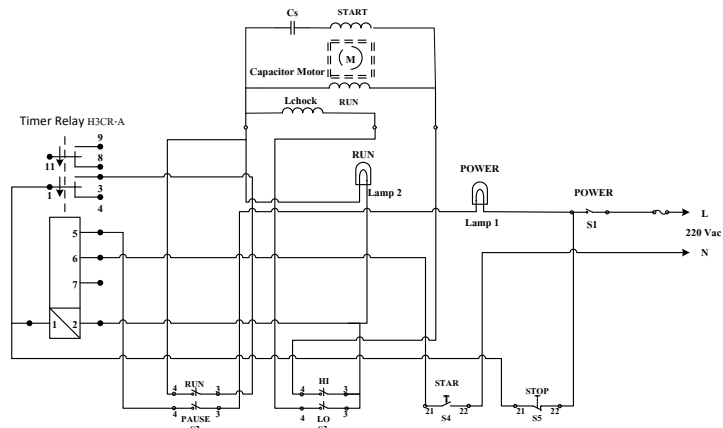


ภาพที่ 5 โครงสร้างบล็อกสไลด์ที่ใช้ติดตั้งถาดบรรจุยาฉีด

4.4 การออกแบบชุดควบคุมการทำงาน ผู้วิจัยมุ่งเน้นการเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมที่มีใช้ในระบบงานอุตสาหกรรมและสามารถหาซื้อได้จากท้องตลาด เพื่อลดต้นทุนในส่วนของวงจรควบคุม ซึ่งเดิมใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบเองโดยผู้วิจัยและไม่มีจำหน่ายในท้องตลาด ดังที่ใช้ในเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 โดยอุปกรณ์หลักที่ใช้ในการควบคุมเวลาการทำงานของเครื่อง เลือกใช้ไทม์เมอร์รีเลย์ Omron รุ่น H3CR-A ซึ่งเป็น Solid-state Multi-functional Timers ซึ่งช่วยให้ง่ายต่อการซ่อมแซมกรณีชุดควบคุมเกิดการเสียหาย รวมทั้งมีต้นทุนถูกกว่าการเปลี่ยนแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ออกแบบเอง โดยไทม์เมอร์รีเลย์ที่ใช้กำหนดให้ทำงานในโหมด D คือ Signal OFF-delay คือเมื่อสั่งให้เครื่องเริ่มทำงาน เครื่องจะทำงานไปอย่างต่อเนื่องจนถึงเวลาที่ตั้งไว้เครื่องก็จะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ โดยการตั้งเวลาจะกำหนดไว้ที่ 1 – 12 นาที



ภาพที่ 6 ไทม์เมอร์รีเลย์ Omron รุ่น H3CR-A

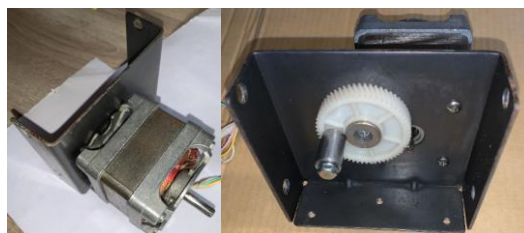


ภาพที่ 7 วงจรเครื่องเขย่าขวดยาชนิด รุ่น 3

จากภาพที่ 7 ไทม์เมอร์รีเลย์เป็นตัวควบคุมกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ต้นกำลังตามระยะเวลาที่กำหนดไว้โดย time setting knob สวิตช์ S_1 เป็นสวิตช์ power เพื่อจ่ายไฟให้กับ S_4 ทำหน้าที่เป็นปุ่มสตาร์ทให้เครื่องเริ่มทำงาน S_3 เป็นสวิตช์สั่งให้เครื่องหยุดทำงานเมื่อต้องการ S_2 ซึ่งเชื่อมต่อกับขา Gate ของไทม์เมอร์รีเลย์ เมื่อปิดสวิตช์มายังตำแหน่ง PAUSE ระบบจะหยุดทำงานชั่วคราว ประโยชน์ก็เพื่อกรณีที่พยาบาลผู้ใช้มีความต้องการหยุดเพื่อตรวจดูการละลายของยาว่าเพียงพอที่จะนำไปให้แก่ผู้ป่วยหรือไม่ และเมื่อต้องการให้เครื่องทำงานต่อก็ให้ปิดสวิตช์มาที่ตำแหน่ง RUN สวิตช์ S_3 เชื่อมต่อขดลวดของมอเตอร์ เมื่อปรับมาที่ HI จะจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าที่ขดรีนของมอเตอร์โดยตรง และให้มอเตอร์หมุนที่ความเร็ว 1,450 rpm หรือมีอัตราความเร็วในการเขย่า 300 ครั้งต่อนาที และเมื่อปรับสวิตช์ไปที่ LO ก็จ่ายกระแสไฟฟ้าผ่าน Lchoke ที่อนุกรมกับขดรีนและทำให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วลดลง ประมาณ 1300 rpm หรือมีอัตราความเร็วในการเขย่า 260 ครั้งต่อนาที

4.5 การสร้างเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรุ่น 3

1) การประกอบชุดต้นกำลัง เป็นการติดตั้งตัวมอเตอร์ต้นกำลังและเฟืองตามกับขายึดมอเตอร์



ภาพที่ 8 การติดตั้งมอเตอร์และเฟืองตามกับขายึดมอเตอร์

2) การประกอบชุดรางสไลด์ของถาดบรรจุขวดยาฉีด เข้ากับเพลาสไลด์ และขายึดมอเตอร์ พร้อมทั้งติดตั้งขายึดมอเตอร์เข้ากับแผ่นฐานเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 ภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การประกอบชุดรางสไลด์กับขายึดมอเตอร์

3) การประกอบชุดควบคุมการทำงาน เป็นการติดตั้งตัวไทม์เมอร์ รีเลย์ และสวิตช์ควบคุมต่าง ๆ เข้ากับโครงสร้างเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 พร้อมทั้งเดินสายไฟฟ้าเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การติดตั้งและเดินสายไฟฟ้าสำหรับควบคุมการทำงาน

4) การประกอบตัวเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 เป็นการประกอบโครงสร้างตัวเครื่องเขย่าขวดยาฉีดเข้ากับแผ่นฐานตัวเครื่อง และการติดตั้งถาดบรรจุขวดยาฉีดเข้ากับบล็อกสไลด์ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การประกอบโครงสร้างเครื่องเขย่าขวดยาฉีด รุ่น 3

4.6 การทดสอบและประเมินคุณภาพเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 3 ว่าสามารถทำงานได้ตามเงื่อนไขที่ออกแบบไว้หรือไม่ ซึ่งประกอบด้วย

1) การทดสอบการทำงานของส่วนควบคุมเครื่องเขย่าขวดยาชนิด เช่น ความแม่นยำของเวลาในการทำงาน อัตราระดับความเร็วในการเขย่า ความร้อนและอุณหภูมิสะสมที่มอเตอร์ ระดับความดังของเสียงขณะทำงาน และอัตราของกำลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้น

2) การทดสอบความสามารถในการผสมเป็นเนื้อเดียวกันของตัวยา จากการเขย่าที่เวลาต่าง ๆ โดยใช้ยา S-mox 125 dry Syrup ขนาด 60 ml และ Coamox 125 dry syrup ซึ่งเป็นยาปฏิชีวนะชนิดผงสำหรับเด็กเป็นตัวอย่างในการทดสอบ การใช้งานต้องนำมาผสมน้ำโดยประมาณ 60 ml และเขย่าจนผงยาละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับน้ำ เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของตัวยาที่ปริมาณ 5 ml เทียบเท่ากับยา Amoxicilin 125 mg ในการทดสอบจะใช้วิธีชั่งน้ำหนักของตัวยาในสัดส่วนที่เหมาะสมแล้วผสมกับน้ำดื่ม บริสุทธ์เพื่อเป็นตัวทำละลาย โดยสัดส่วนที่ใช้เพื่อให้ได้ความเข้มข้นของยา 5 ml เทียบเท่ากับ Amoxicilin 125 mg จะใช้สัดส่วนคือ ผงยา 2.5 g ต่อน้ำดื่มบริสุทธ์ 5 ml โดยปริมาณยาที่ใช้ จะปรับตามความเหมาะสมกับขนาดของขวดยาที่ใช้ทดสอบดังตารางที่ 1 ซึ่งทดสอบกับขวดยาชนิดแบบ vial ขนาด 7 – 50 ml แล้วสังเกตผลของการละลายเพื่อทำการทำการบันทึกผล ครั้งละ 1 นาที ไปเรื่อย ๆ จนกว่าตัวยาจะละลายจนหมด

ตารางที่ 1 สัดส่วนปริมาณผงตัวยาและตัวทำละลายตามขนาดของขวดยาชนิด

ขนาดขวดยา	มวลผงตัวยา (กรัม)	ปริมาตรตัวทำละลาย (มล.)	ความเข้มข้นของสารละลาย %	ความเข้มข้นของยา (mg/5 ml)
7	2.5	5	50	125
10	3.75	7.5	50	125
20	7.5	15	50	125
30	12.5	25	50	125
50	22.5	45	50	125

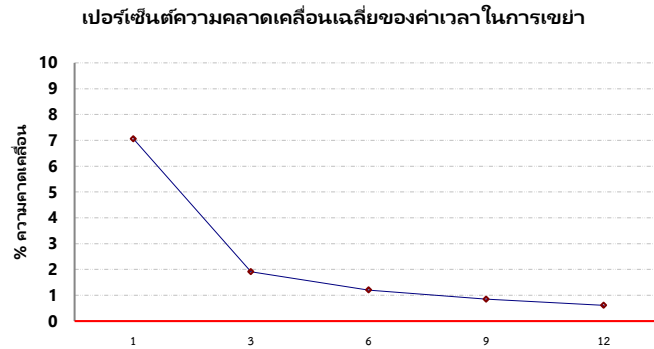


ภาพที่ 12 การทดสอบเครื่องเขย่าขวดยาชนิด รูน 3

5. ผลการวิจัย

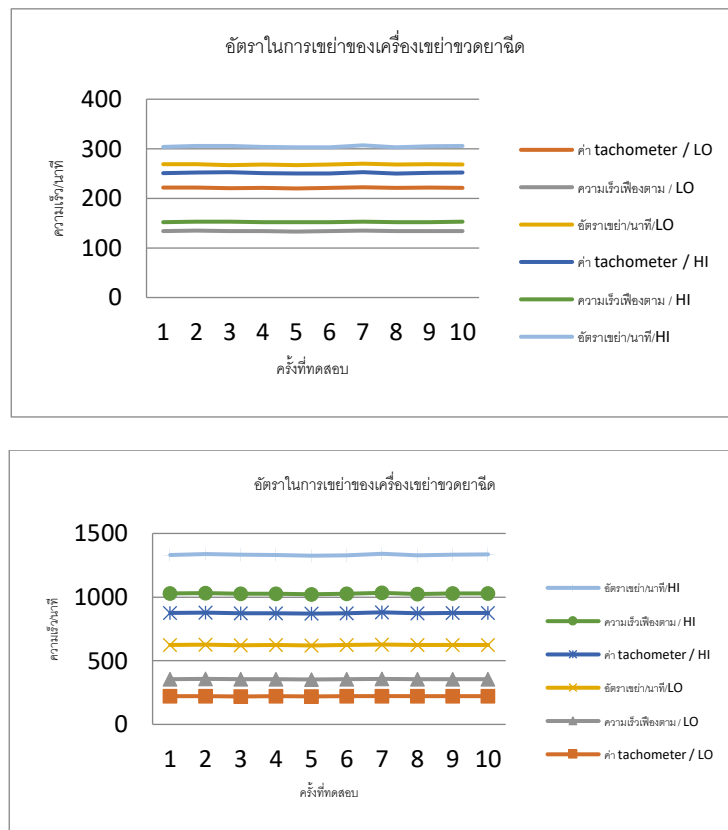
5.1 การทดสอบความแม่นยำของเวลาในการเขย่า จะเป็นการสอบเทียบค่าความแม่นยำของเวลาการเขย่าของเครื่องกับนาฬิกาจับเวลาของเครื่องโทรศัพท์มือถือ iphone XR พบว่า ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของเวลา จะมีค่ามากที่สุดในช่วงเวลา 1 นาที คือ 7.83% (SD = 0.11) และมีค่าลดลงอย่างมีนัยเมื่อตั้งเวลาในการเขย่ามากขึ้น โดยมีค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน เป็น 7.83% (SD = 0.11) 1.91% (SD = 0.04) 1.20% (SD = 0.01) 0.84% (SD = 0.01) และ 0.63% (SD = 0.01) เมื่อตั้งเวลา

ในการเขย่าที่ 3 นาที 6 นาที 9 นาที และ 12 นาที ลำดับ อย่างไรก็ตามค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นนี้มีค่าเป็นวินาที ซึ่งพิจารณาว่ามีค่าน้อยมากและไม่มีผลกระทบต่อการทำงานโดยรวมของเครื่อง และการละลายของผงยาที่ทำการเขย่า



ภาพที่ 13 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของเวลาในการทำงาน

5.2 การทดสอบอัตราความเร็วในการเขย่า จำนวน 10 ครั้ง พบว่า เมื่อตั้งความเร็วในการเขย่าไว้ที่ตำแหน่ง HI อัตราการเขย่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 305 ครั้งต่อนาที และเมื่อตั้งความเร็วในการเขย่าไว้ที่ตำแหน่ง LO อัตราการเขย่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 268 ครั้งต่อนาที



ภาพที่ 14 อัตราในการเขย่าของเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรุ่น 3

5.3 ผลทดสอบระดับความดังของเครื่องขณะเขย่าขวดยาฉีด รุ่น 3 พบว่า ค่าระดับความดังเมื่อตั้งระดับความเร็วของอัตราเขย่าที่ตำแหน่ง LO และ HI มีระดับความดังเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 60.17 เดซิเบลเอ และ 61.68 เดซิเบลเอ ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าค่า Time Weighted Average-TWA ที่กำหนดให้ผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับเสียงเฉลี่ย 12 ชั่วโมง ต้องมีระดับเสียงเฉลี่ย ไม่เกิน 87 (Department of Labor Protection and Welfare, 2019) และมีระดับความดังเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานในโรงพยาบาล เนื่องจากเสียงที่เกิดขึ้นมีแต่มีค่าใกล้เคียงกับผลการศึกษาของ Pornsiri, N., and Nathaphin, K. (2018) พบว่าระดับเสียงของหน่วยบริการผู้ป่วยใน โรงพยาบาลสรรพสิทธิประสงค์ อุบลราชธานี มีระดับเสียงเฉลี่ยช่วงกลางวันและค่าระดับเสียงเฉลี่ยช่วงกลางคืน มีค่าระหว่าง 54.0 - 66.2 และ 52.7 - 65.3 เดซิเบลเอ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลทดสอบระดับความดังของเครื่องขณะเขย่าขวดยาฉีด

ระดับความเร็วที่ตั้ง	ระดับความดังของเครื่องขณะเขย่า (dB A)										ค่าเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
LO	59.7	60.2	58.9	59.9	60.1	59.5	60.6	60.8	61.2	60.8	60.17
HI	60.5	61.4	62.7	60.7	61.9	60.7	63.3	61.7	62.7	61.2	61.68

5.4 การวัดปริมาณทางไฟฟ้า เป็นวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า และกำลังงานไฟฟ้าสูญเสียในขณะเครื่องทำงานในสภาวะต่าง ๆ โดยผลการวัดที่ได้แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวัดปริมาณไฟฟ้าของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่นที่ 3

ปริมาณไฟฟ้า	LO	HI
1. กระแสไฟฟ้าขณะเครื่องทำงาน	210 mA	270 mA
2. กำลังไฟฟ้าขณะทำงาน	42.6 watts	47.1 watts
3. กำลังไฟฟ้าขณะเปิดเครื่องแต่ไม่มีการทำงาน	0.6 watts	0.6 watts
4. กำลังไฟฟ้าขณะอยู่ในโหมด pause	1.1 watts	1.1 watts

จากตารางที่ 3 กำลังงานสูญเสียขณะทำงานเครื่องขณะเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 42.6 – 47.1 วัตต์ ซึ่งเมื่อเทียบกับอัตราค่าไฟฟ้าในปัจจุบันจะมีค่าใช้จ่ายจากค่าไฟฟ้าจากการใช้งาน ชั่วโมงละ 0.12 – 0.24 บาท

5.5 ผลการทดสอบด้านอุณหภูมิ เพื่อดูค่าความร้อนสะสมที่ตัวโครงมอเตอร์ (stator) และที่ขดลวดมอเตอร์ (rotor) ณ อุณหภูมิแวดล้อมที่สูงถึง 36°C จากตารางที่ 4 เมื่อเทียบระยะเวลาการทำงานกับระยะเวลาสูงสุดในการเขย่าที่ทำให้ผงยาละลายเป็นเนื้อเดียวกันที่ 4 นาที พบว่าอุณหภูมิที่ขดลวดมอเตอร์มีค่าเพียง 56.5 และเมื่อทำงานต่อเนื่องที่ 40 นาทีจะมีค่าสูงสุดที่ 67.5 องศาเซลเซียส ซึ่งเมื่อเทียบกับค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ของฉนวนมอเตอร์ ตามมาตรฐาน IEC 85 ในคลาสต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้คือ 105 – 180 องศาเซลเซียส (Ultimate Commercial, 2020) พบว่าจะมีค่าเพียงร้อยละ 31.38 – 53.83 และที่อุณหภูมิสูงสุดจะมีค่าเพียงร้อยละ 37 - 64 ของค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ของฉนวนมอเตอร์ ตามมาตรฐาน IEC 85 เท่านั้น

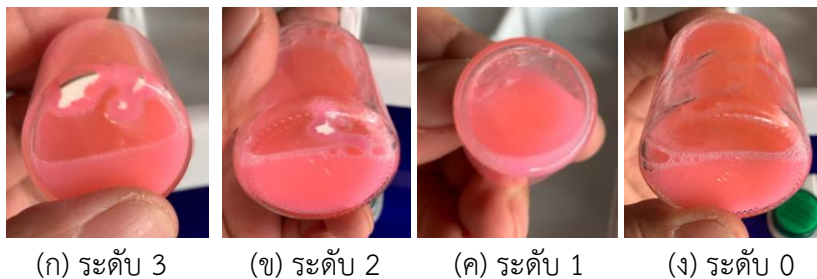
ตารางที่ 4 การวัดอุณหภูมิของมอเตอร์เมื่อตั้งอัตราการเขย่าที่ตำแหน่ง HI ต่อเนื่อง

จุดวัด อุณหภูมิ	เวลาการทำงานต่อ (1 – 40 นาที) ณ อุณหภูมิห้อง 36 องศาเซลเซียส									
	1	3	5	10	15	20	25	30	35	40
ตัว body	40.6	44.3	48.5	49	51	52.3	54.3	54.6	55	56
coil	48.5	52.4	56.5	57	61	63	64.5	65	65	67.5

ตารางที่ 5 การวัดการลดลงของอุณหภูมิมอเตอร์หลังจากใช้งานเครื่องต่อเนื่องเป็นเวลา 40 นาที

จุดวัด อุณหภูมิ	ณ อุณหภูมิห้อง 36 องศาเซลเซียส									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ตัว body	55	54.8	54	53.8	52.7	52	50.7	50.5	49.6	48.5
coil	61.5	59	58.8	56.8	56	55	55	53.5	52.6	50.2

5.6 ผลการทดสอบการเขย่าขวดยาฉีด ประสิทธิภาพของการเขย่าจะพิจารณาจากระดับการละลายเป็นเนื้อเดียวกันของผงตัวยาและตัวทำละลาย ด้วยการสังเกตจากร้อยละโดยประมาณของผงตัวยาที่ตกค้างอยู่เทียบกับปริมาณผงยาตามสัดส่วนที่ใช้ทดสอบ โดยจะแบ่งระดับการละลายของผงตัวยาออกเป็น 4 ระดับคือ ระดับ 3 มีผงยาหรือตะกอนผงยาเหลืออยู่ระหว่าง 3% - 5% ระดับ 2 มีผงยาหรือตะกอนผงยาเหลืออยู่ระหว่าง 1% - 2% ระดับ 1 คือมีผงยาหรือตะกอนผงตัวยาเหลืออยู่น้อยกว่า 1% และระดับ 0 คือไม่มีผงยาหรือตะกอนผงยาเหลืออยู่ ดังภาพที่ 15 เป็นตัวอย่างแนวทางในการวิเคราะห์ ซึ่งร้อยละของการเขย่าที่เวลาต่ำสุดและสูงสุด ที่สามารถเขย่าให้ผงยาละลายจนหมด (ระดับ 0) แสดงไว้ดังตารางที่

**ภาพที่ 15** ตัวอย่างการวิเคราะห์ระดับการละลายของผงตัวยา

จากการทดสอบประสิทธิภาพการเขย่าของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 ซึ่งทดสอบกับขวดยาฉีดแบบ vial จำนวน 5 ขนาด และมีการทำซ้ำจำนวน 5 รอบ พบว่า ระยะเวลาต่ำสุดที่สามารถเขย่าให้ผงตัวยาละลายจนหมด (ระดับ 0) อยู่ที่ 1 นาที โดยเฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 4 และสูงสุดที่ 4 นาที เฉลี่ยอยู่ที่ร้อยละ 12 ในขณะที่ค่าเวลาการทำงานที่สามารถเขย่าให้ผงตัวยาละลายเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลายได้มากที่สุดอยู่ที่ 2 นาที คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 50 และรองลงมาคือที่เวลา 3 นาทีคิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 36 โดยสรุปก็คือ เครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 สามารถใช้ในการเขย่ายาฉีดชนิดผงผสมน้ำให้ผงตัวยาละลายเป็นเนื้อเดียวกันได้ในเวลา 2 – 3 นาที โดยการตั้งระดับอัตราการเขย่าที่ตำแหน่ง Lo หรือ Hi ไม่มีความแตกต่างในเรื่องของระยะเวลาการเขย่ามากนัก

ตารางที่ 6 ร้อยละของเวลาในการเขย่าที่ตัวยาละลายจนเป็นเนื้อเดียวกัน

ขนาด ขวดยา	ระดับ การเขย่า	ร้อยละของการเขย่าที่ตัวยาละลายจนหมด			
		(นาที)			
		1 (นาที)	2 (นาที)	3 (นาที)	4 (นาที)
7 ml	Lo	-	60	40	-
	Hi	20	80	-	-
10 ml	Lo	-	80	20	-
	Hi	-	100	-	-
20 ml	Lo	-	-	60	40
	Hi	-	80	20	-
30 ml	Lo	-	-	100	-
	Hi	-	100	-	-
50 ml	Lo	-	-	20	80
	Hi	-	-	100	-
ค่าเฉลี่ย		4	50	36	12

6. สรุปผลและอภิปรายผล

6.1 สรุปผลการสร้างเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 3 จากข้อมูลการศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาการใช้งานเครื่องเขย่าขวดยาชนิดต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 2 ผู้วิจัยได้นำมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบพัฒนาแก้ปัญหาข้อบกพร่องของเครื่องเขย่าขวดยาชนิดต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 2 ในหลาย ๆ ประเด็น ภาพที่ 16 (ค) แสดงถึงเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 3 ที่สร้างขึ้นเปรียบเทียบกับเครื่องเขย่าขวดยาชนิดต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 2 ดังภาพที่ 16 (ก) และ (ข) ตามลำดับ



(ก) เครื่องเขย่าขวดยาชนิดต้นแบบ (ข) เครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 2 (ค) เครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 3 ภาพที่ 16 ลักษณะของเครื่องเขย่าขวดยาชนิดทั้ง 3 รุ่น

1. โครงสร้างทำจากพลาสติกใสอะคริลิกหนา 4 มิลลิเมตร ขนาด (กว้าง x ลึก x สูง) 40 x 35 x 15 ซม. โดยเมื่อเทียบกับเครื่องเขย่าขวดยาชนิดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาชนิดรูน 2 ซึ่งจะมีขนาด (กว้าง x ลึก x สูง) ที่ 35 x 34 x 15 ซม. และ 35 x 31.5 x 17.5 ซม. ตามลำดับ จะเห็นว่าการขยายขนาดด้านกว้างเพิ่มขึ้น เพื่อไม่ให้ถาดบรรจุขวดยาชนิดยื่นออกไปนอกตัวโครงสร้างขณะทำงาน และอาจเกิดความเสียหายหากกระแทกถูกสิ่งของที่วางอยู่ด้านข้าง

2. ถาดบรรจุขวดยาชนิด ขนาด (กว้าง x ยาว x สูง) 22 x 32 x 2.5 ซม. สามารถรองรับขนาดขวดยาชนิดแบบ vial ได้ ตั้งแต่ 7ml – 100 ml จำนวนสูงสุด 15 ขวดต่อการเขย่าหนึ่งครั้ง

ซึ่งดีกว่าเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ซึ่งสามารถรองรับขนาดขวดยาฉีดแบบ vial ได้สูงสุดคือ 30 ml เท่านั้น

3. สามารถตั้งอัตราความเร็วในการเขย่า 2 ระดับ มีความเร็วเฉลี่ย 268 rpm และ 305 rpm ตามลำดับ โดยมีระยะเขย่า ไป – กลับที่ 7.82 ซม. ซึ่งกว้างกว่าเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่มีระยะเขย่า ไป-กลับ ที่ 4 ซม. ซึ่งจะช่วยให้ผงยาสามารถละลายได้ดียิ่งขึ้น

4. สามารถตั้งเวลาในการเขย่าได้ 0.5 – 12 นาที ซึ่งสามารถตั้งเวลาการเขย่าได้มากกว่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ซึ่งสามารถตั้งเวลาได้สูงสุด 3 นาทีและ 5 นาทีตามลำดับ และหากผู้ใช้ต้องการตั้งเวลาการเขย่าให้นานกว่า 12 นาที ก็สามารถทำได้โดยด้วยตนเองโดยการเขย่าในโหมดที่โหมดเมอร์รี่เลย

5. ระดับความดังของเสียงขณะทำงานของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 60.17 dB (A) และสูงสุด 61.68 dB (A) ซึ่งต่ำกว่าระดับความดังของเสียงขณะทำงานของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 64.34 dB(A) และสูงสุด 80.74 dB(A) ในขณะที่ระดับความดังของเสียงขณะทำงานของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ต่ำสุด 78.54 dB(A) และสูงสุด 80.34 dB(A)

6. ค่ากำลังงานสูญเสียขณะทำงาน ต่ำสุด 42.6 watts และสูงสุด 47.1 watts

7. น้ำหนักสุทธิ 5.93 กิโลกรัม ในขณะที่เครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบและเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 มีน้ำหนักสุทธิ 8 กิโลกรัม และ 14 กิโลกรัม ตามลำดับ

6.2 อภิปรายผล

จากการสร้างและทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่ได้พัฒนามาก่อนหน้านี้ กล่าวได้ว่าเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 สามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการลดภาระด้านเวลาในการเตรียมยาฉีดชนิดผงผสมน้ำที่ต้องจัดเตรียมสำหรับคนไข้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากจากการทดสอบประสิทธิภาพในการเขย่าขวดยาฉีดนั้น ใช้เวลาในการเขย่ายาฉีดให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันนั้นต่ำกว่าเวลาที่พยาบาลใช้ในการจัดเตรียมยาฉีดแต่ละครั้งมากดังที่จรรยา ทับทิมประดิษฐ์ ได้ให้สัมภาษณ์ (2011, as cited in Amnartkitikorn, J., Yumon, P. and Chaireung, K., 2013) ไว้ว่าการเตรียมยาที่มีจำนวนมาก ต้องใช้เวลานานกว่า 30 นาทีถึง 1 ชั่วโมง ในขณะที่การเขย่าด้วยเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 3 สามารถรองรับการเขย่าขวดยาฉีดได้ตั้งแต่ขนาด 7 ml – 100 ml พร้อมกันจำนวนสูงสุด 15 ขวดต่อการเขย่าหนึ่งครั้ง ใช้เวลาเพียง 2 – 3 นาที และสูงสุดไม่เกิน 4 นาที นอกจากนี้ ระดับความดังเฉลี่ยของเสียงขณะทำงานมีค่าอยู่ที่ 60.17 - 61.68 dB (A) ซึ่งต่ำกว่าระดับความดังเฉลี่ยของเสียงขณะทำงานของเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่มีค่า 64.34 - 80.74 dB(A) และ 78.54 - 80.34 dB(A) โดยมีค่ากำลังงานสูญเสียสูงสุด 47.1 watts และมีน้ำหนักสุทธิเพียง 5.9 กิโลกรัม ซึ่งเคลื่อนย้ายได้สะดวกกว่าเครื่องเขย่าขวดยาฉีดต้นแบบ และเครื่องเขย่าขวดยาฉีดรุ่น 2 ที่มีน้ำหนักสุทธิ 8 กิโลกรัมและ 14 กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนกรณีการปัญหาการลัดวงจรของขดลวดมอเตอร์นั้น เห็นได้จากทดสอบการเขย่าขวดยาต่อเนื่องนาน 40 นาทีในสภาวะอุณหภูมิห้องสูงถึง 36 องศาเซลเซียส ความร้อนสะสมที่ขดลวดมอเตอร์ (rotor) สูงสุดมีค่า 67.5 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่าเพียงร้อยละ 37 - 64 ของค่าอุณหภูมิสูงสุดที่ทนได้ของขดลวดมอเตอร์ ตามมาตรฐาน IEC 85 ในคลาสต่าง ๆ ที่ได้กำหนดไว้คือ 105 – 180 องศาเซลเซียส (Ultimate Commercial, 2020)

7. เอกสารอ้างอิง

- Amnartkitikorn, J. and Amnartkitikorn, P. (2013). *Development of Injection Bottle Shaker version.2*. (Research report). Lampang Rajabhat University.
- Amnartkitikorn, J., Yumon, P. and Chaireung, K. (2012). *Development of Injection Bottle Shaker for hospitals in Lampang*. *Journal of Industry Technology Lampang Rajabhat University*, 5(2), 11-27.
- Angular Motion - Power and Torque. (n.d.). *Angular Motion - Power and Torque*. [online], Available: https://www.engineeringtoolbox.com/angular-velocity-acceleration-power-torque-d_1397.html.
- Birgitta, Thomas, and Dietrich H. (n.d.) *GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE*. [online], Available: <https://www.who.int/docstore/peh/noise/Comnoise-1.pdf>
- Engineerknowledge. (2020, February 20). *Type of motor control*. [online], Available: http://engineerknowledge.blogspot.com/2011/02/blog-post_20.html.
- fromfactory. (2022). *Infrared IR Thermometer*. [online], Available: <https://www.fromfactory.net/product/364/เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด-มิเตอร์วัดอุณหภูมิอินฟราเรด-uni-t-ut-300a-non-contact-infrared-ir-thermometer>.
- Indyplasticsheet. (2022). *ซูบเปอร์ลีน พลาสติกสารพัดประโยชน์*. [online], Available: <https://www.indyplasticsheet.com/th/articles/25092-ซูบเปอร์ลีน-พลาสติกสารพัดประโยชน์>.
- instrumart. (2022). *Sound Level Meter*. [online], Available: <http://testinstruments.pk/dt-2236b-lcd-optical-contact-tachometer>.
- MORO l Manufacture Overhaul Rapid and Optimal. (2020) *Gear drive system*. [online], Available: <http://www.moro.co.th/gear drive system/>
- OMRON. (2020). *Solid-state Timer H3CR*. [online], Available: https://www.omron-ap.co.th/data_pdf/cat/h3cr_l084-e1_3_1_csm1013792.pdf?id=193.
- Pornsiri, N., and Nathapindhu, G. (2018). *Noise Level of Inpatient Department Sunpasitthiprasong Hospital Ubon Ratchathani*. *Research Journal Khon Kaen University (Graduate edition)*, 18(1), 62–71.
- Superlenethailand. (2022). *Superlene*. [online], Available: <http://www.superlenethailand.com/16646203/nylon-ซูบเปอร์ลีน-ไนลอน>.
- Testinstruments. (2022). *LCD Optical Contact Tachometer*. [online], Available: <https://www.instrumart.com/products/25212/extech-407740-sound-level-meter>.
- Thaimechanic.com. (2018, August 22). *Finding the ratio of straight gears*. [online], Available: <https://www.thaimechanic.com/article-208-read.html>.
- Tubtimpadit J. (2011). *Interviewer by J. Amnatkitikorn, [Tape recording]*. Lampang Rajabhat University. Lampang.
- Ultimatecommercial. (2020). *Electric Motor Insulation Class*. [online], Available: <http://www.ultimatecommercial.co.th/Insulation Class/>

การลดความแปรปรวนของเวลาในกระบวนการเชื่อมทิกเพื่อการผลิต Ice Bin ASSY

โดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีน ซิกส์ซิกมา

กรณีศึกษาแผนกชีทเมทัล เอพียู บริษัท ซาฟราน เคบิน ลำพูน จำกัด

Time Variation Reduction in TIG Welding for Producing Ice Bin ASSY

by Applying Lean Six Sigma Concept: A Case Study of Sheet

Metal APU, Safran Cabin Lamphun Company Limited

จิรพัฒน์ วาณิชวัฒนะโกศล^{1*}, ทักษพร มะโนกุล² และสุนัตตา หวานชะเอม³

Jirapat Wanitwattanakosol^{1*}, Tulsaporn Manokul² and Sunutta Wanchaem³

^{1*,2,3}การจัดการสมัยใหม่และเทคโนโลยีสารสนเทศ วิทยาลัยศิลปะ สื่อและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

239 ถนนห้วยแก้ว ตำบลสุเทพ อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50200 โทร 0 5392 0299 E-mail: jirapat.w@cmu.ac.th

^{1*,2,3}Modern Management and Information Technology,

College of Arts, Media and Technology, Chiang Mai University

239, Huaykaew Road, Suthep, Chiang Mai, 50200 Tel. +66 5392 0299 E-mail: jirapat.w@cmu.ac.th

วันที่รับบทความ 8 กรกฎาคม 2565

Received: Jul. 8, 2022

วันที่รับแก้ไขบทความ 20 กันยายน 2565

Revised: Sep. 20, 2022

วันที่ตอบรับบทความ 26 ตุลาคม 2565

Accepted: Oct. 26, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดความแปรปรวนของเวลา และลดอัตราของเสียในกระบวนการเชื่อมทิกที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY ซึ่งเป็นภาชนะสำหรับบรรจุน้ำแข็งที่ใช้ในเครื่องบินโดยประยุกต์ใช้แนวคิดลีน ซิกส์ซิกมา งานวิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนซิกส์ ซิกมาประกอบไปด้วย การนิยามปัญหา การวัดสภาพปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การปรับปรุงแก้ไข และการควบคุมและติดตามผล จากการนิยามปัญหาด้วยการสอบถาม และเก็บข้อมูลจากกระบวนการผลิตพบว่ากระบวนการเชื่อมทิกเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความล่าช้า เมื่อวัดสภาพปัญหาด้วยฮีสโตแกรมแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน และแผนภูมิพาเรโต พบสาเหตุหลัก 3 ประการได้แก่ การวัดขนาดเชิงเส้นไม่ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ รอยเชื่อมไม่สมบูรณ์ และผลิตภัณฑ์ไม่ได้รูปทรง จึงใช้ผังก้างปลาเพื่อวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา และใช้การประเมินความเสี่ยงเพื่อจัดลำดับความเสี่ยง ผลจากการวิเคราะห์พบว่าความร้อนจากการเชื่อมทำให้เสียรูปทรง นอกจากนี้ยังไม่มีมาตรฐานในการทำงาน และสูญเสียเวลาในการประกอบเครื่องมือจับยึด ดังนั้นจึงปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS ทำให้เกิดเครื่องมือจับยึดชิ้นงานแบบใหม่ และนำเสนอแผนผังสายธารคุณค่าอนาคต ขั้นตอนสุดท้ายคือการควบคุมและติดตามผลโดยใช้เอกสารมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน

หลังจากการปรับปรุงพบว่า ความแปรปรวนของเวลาการผลิตลดลงร้อยละ 65 และอัตราของเสียลดลงร้อยละ 28

คำสำคัญ: การเชื่อมทิก, ลีน, ซิกส์ ซิกมา

Abstract

The objectives of this research were to reduce the time variation and waste rate of tungsten inert gas (TIG) in the welding processes in the production of Ice bin ASSY, an ice container used in airplanes. This research applied the Lean Six Sigma concept steps of Define, Measure, Analyze, Improve, and Control. Based on the first step, defining with inquiry, and collecting data from the production process, it was found that TIG welding processes were a bottleneck. In the next measurement step, three causes were found using a histogram, a current state value stream mapping, and a Pareto chart, which comprised of linear dimension off-specification, poor welding, and product surface deformation. Then a fishbone diagram and risk assessment were applied to analyze the root causes and rank appearing risks. Based on the analyzation step, it was seen that heat fusion deformed products. Moreover, no working standard and waste of time in assembly of clamping tools appeared in this step. Therefore, with the ECRS principle, a new type of workpiece clamping tool was invented. The future value stream mapping was proposed in the improvement step. The final step was to control and follow up by using work instructions. It was found that time variances were reduced by sixty-five percent and the waste rate decreased by twenty-eight percent.

Keywords: Tig Welding, Lean, Six Sigma

1. บทนำ

อุตสาหกรรมการบินและโลจิสติกส์เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมอนาคตที่มีบทบาทสำคัญในประเทศไทย งานวิจัยนี้เป็นกรณีศึกษา แผนกซีทเมทัล เอพียูของ บริษัท ซาฟราน เคบิน ลำพูน จำกัด ที่ผลิตชิ้นส่วนและอุปกรณ์ภายในเครื่องบินให้แก่กลุ่มลูกค้าหน่วยธุรกิจต่าง ๆ โดยแผนกซีทเมทัล เอพียู มีหน้าที่วางแผนจัดการผลิตชิ้นงานประกอบ วัตถุดิบหลักคือแผ่นอะลูมิเนียมและแผ่นสแตนเลส ผ่านกระบวนการต่าง ๆ เริ่มจากกระบวนการตัด (Cutting Part) การขัด และลบคม (Deburring and Brake Sharp) การพับ (Folding) การเชื่อม (Welding) มี 2 รูปแบบ คือการเชื่อมทิก

(TIG Welding) และการเชื่อมจุด (Spot Welding) การเคลือบผิวด้วยสารเคมี (Chemical Coating) การประกอบชิ้นงาน (Assembly) และการพิมพ์ด้วยหมึก (Ink Stamp) จากการศึกษาพบว่า กระบวนการเชื่อมทิกเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความล่าช้าหรือเป็นคอขวด เพราะใช้ระยะเวลาทำงานค่อนข้างมาก ชิ้นงานถูกปรับปรุงแก้ไขบ่อยครั้ง กระบวนการเชื่อมทิกใช้เวลาเฉลี่ย 3,739 นาที และอัตราของเสียที่เกิดจากการเชื่อมทิกร้อยละ 78 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตต่ำ จึงต้องหาวิธีการลดปริมาณอัตราของเสีย และความแปรปรวนของเวลา

ลีน ซิกส์ซิกมา (Lean Six Sigma: LSS) เป็นแนวคิดที่ได้รับความนิยม และปรับใช้กับภาคธุรกิจหลากหลายรูปแบบ ความแตกต่างระหว่างซิกส์ซิกมา และลีน คือ ซิกส์ ซิกมาเป็นวิธีการทางสถิติที่เป็นระบบ (Systematic) เพื่อลดความผันแปร (Variation) ในกระบวนการผลิต (Process) และผลิตภัณฑ์ (Product) DMAIC ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ 1. การนิยามปัญหา (Define) 2. การวัดสภาพปัญหา (Measure) 3. การวิเคราะห์ปัญหา (Analyze) 4. การปรับปรุงแก้ไข (Improve) 5. การควบคุมและติดตามผล (Control) (Stamatis, 2019) โดยมุ่งหวังคุณภาพที่เป็นเลิศ ลดต้นทุนและเพิ่มผลกำไร โดยต้นทุนที่ให้ความสนใจคือ ต้นทุนคุณภาพ แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญเรื่องการไหลของกระบวนการ (George et al., 2004) ส่วนลีนมุ่งเน้นไปที่การไหลของการผลิตให้เป็นไปอย่างต่อเนื่องกัน ขจัดความสูญเปล่าในทุกพื้นที่ของสายการผลิต (Waste elimination) เน้นเรื่องคุณค่าของกิจกรรมที่กระทำ (Value-added) และระบุจำแนกความสูญเปล่าที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ซึ่งความสูญเปล่าอาจรวมถึงกิจกรรม ขั้นตอน หรือกระบวนการที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มให้กับลูกค้า (Non-value-added) (Antony et al., 2017; Singh and Rathi, 2019)

งานวิจัยนี้ได้นำแนวคิดลีน ซิกส์ซิกมา (LSS) มาประยุกต์ใช้ในการดำเนินการปรับปรุงแก้ไข เพื่อลดความแปรปรวนของเวลาในการผลิต และลดอัตราของเสียในกระบวนการเชื่อมทิกของผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY ที่เกิดขึ้นกับแผนกซีทเมทัล เอพียู

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดความแปรปรวนของเวลาในการผลิตอย่างน้อยร้อยละ 50 และลดอัตราของเสียในกระบวนการเชื่อมทิกของผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดลีน ซิกส์ซิกมา แนวคิดลีน และเครื่องมือต่าง ๆ เข้ามาประยุกต์ รวมทั้งใช้ซอฟต์แวร์ด้านสถิติคือ Minitab ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

3.1 การนิยามปัญหา เริ่มจากศึกษาข้อมูลของแผนกซีทเมทัล เอพียู โดยสอบถามจากพนักงานวางแผนการผลิต และฝ่ายบัญชีในการหาข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนคำสั่งซื้อ

และต้นทุนสูง โดยใช้รูปแบบการสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) จากนั้นศึกษากระบวนการผลิต สอบถามกระบวนการจากพนักงาน อัตคลิปีวิดีโอ ศึกษาจากใบงาน และเขียนผังงาน (Flow Chart) กระบวนการผลิต Ice bin ASSY

3.2 การวัดสภาพปัญหา การหาตัวชี้วัดกระบวนการโดยใช้ฮิสโตแกรม (Histogram) เปรียบเทียบการกระจายตัวของข้อมูลที่ใช้ในการวัดประสิทธิภาพกับข้อมูลอ้างอิง จากนั้นสร้างแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน (Current State Value Stream Mapping) เพื่อมองภาพรวมกระบวนการทำงานปัจจุบัน ในส่วนของการเก็บข้อมูลประกอบด้วย ปริมาณชิ้นงานที่จัดส่งต่อเดือนและต่อวัน ตารางการจัดส่งวัสดุของผู้จัดส่งวัตถุดิบ เวลาในการผลิตที่มี (Lead Time) รอบเวลาในการผลิต (Cycle Time) เวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร (Change Over Time) จำนวนพนักงาน จำนวนกะ สถานที่จัดเก็บ ปริมาณสินค้าคงคลัง และเวลาระหว่างกระบวนการ ความเร็วในการผลิต (Takt Time) มีสูตรที่ใช้คำนวณดังนี้

$$T = \frac{T_a}{D} \quad (1)$$

โดยที่ T คือความเร็วในการผลิต T_a คือเวลาทั้งหมดที่มีพร้อมทำงาน และ D คืออุปสงค์ของลูกค้าระหว่างช่วงเวลานั้น

หลังจากนั้นจึงใช้แผนภูมิพาเรโต (Pareto Chart) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างสาเหตุของความบกพร่องในด้านคุณภาพกับปริมาณความสูญเสียที่เกิดขึ้น เพื่อหาสาเหตุสำคัญในการปฏิเสธ (Reject) ชิ้นงาน ซึ่งได้มาจากแผนการประกันคุณภาพ (Quality Assurance: QA) โดยรวบรวมข้อมูลชิ้นงานเสียที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY โดยการคำนวณหาอัตราร้อยละจำนวนของเสียและความถี่สะสม เพื่อผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น และนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่แท้จริง

3.3 การวิเคราะห์ปัญหา การวิเคราะห์สาเหตุความเสี่ยงโดยใช้ผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคุณลักษณะทางคุณภาพกับปัจจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เจาะลึกถึงรากเหง้าปัญหาที่แท้จริง ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์สาเหตุกับพนักงานที่เกี่ยวข้องของกรณีศึกษา โดยรวบรวมข้อมูลจากปัญหาที่พบจากพนักงานจริง และสอบถามพนักงานฝ่ายผลิต เพื่อนำมาวิเคราะห์ตามหลักการและใช้การประเมินความเสี่ยง วิเคราะห์แนวทางในการขจัดลดค่าความเสี่ยง หรือโอกาสที่จะเกิดปัญหาให้น้อยลง โดยประเมินค่าความเสี่ยงจากค่าผลลัพธ์ของความรุนแรง และโอกาสในการเกิด เพื่อใช้ในการจัดลำดับความสำคัญในการแก้ไขปัญหา ซึ่งได้จากการระดมสมองในที่ทีมเพื่อกำหนดเกณฑ์ มีสูตรการคำนวณค่าดังนี้

$$\text{Risk Assessment} = S \times O \quad (2)$$

โดยที่ S คือความรุนแรงผลกระทบที่เกิดความล้มเหลว และ O คือโอกาสที่จะเกิดขึ้น

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

3.4 การปรับปรุงแก้ไข การปรับปรุงกระบวนการด้วยแนวคิดสั้น ด้วยการประยุกต์ใช้หลักการ การกำจัด (Eliminate) การรวมกัน (Combine) การจัดใหม่ (Rearrange) และการทำให้ง่าย (Simplify) หรือ ECRS (Suhardi et al., 2019) เพื่อลดความสูญเปล่าในกระบวนการ (Waste) แก้ไขสาเหตุหลักของการเชื่อมทิกให้ความแปรปรวนของเวลา และอัตราของเสียลดลง โดยวาดแผนผังสายธารคุณค่าอนาคต (Future State Value Stream Mapping) เพื่อสะท้อนให้เห็นกระบวนการหลังจากปรับปรุงแล้ว

การคำนวณความแปรปรวนเพื่อเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง มีสมการดังนี้

$$VB = \frac{\sum BT^2}{N_1 - 1} \quad (3)$$

$$VA = \frac{\sum AT^2}{N_2 - 1} \quad (4)$$

โดยที่ **VB** คือความแปรปรวนในการผลิตก่อนปรับปรุง **VA** คือความแปรปรวนในการผลิตหลังปรับปรุง **BT** คือ ผลต่างเวลามาตรฐาน และเวลาจริงในการผลิตก่อนปรับปรุง **AT** คือผลต่างเวลามาตรฐาน และเวลาจริงในการผลิตหลังปรับปรุง N_1 คือจำนวนนับของการผลิตก่อนปรับปรุง และ N_2 คือจำนวนนับของการผลิตหลังปรับปรุง

3.5 การควบคุมและติดตามผล กำหนดวิธีปฏิบัติงานที่ถูกต้องให้พนักงานปฏิบัติตาม เพื่อควบคุมคุณภาพงานเชื่อมทิกให้เป็นไปในทิศทางที่ดีขึ้น และสามารถเข้าไปตรวจสอบ ติดตามผล และแก้ไขปัญหาได้ โดยได้จัดทำเอกสารมาตรฐานวิธีการปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI)

ขอบเขตด้านเนื้อหา: ศึกษาและดำเนินการปรับปรุงกระบวนการผลิต โดยประยุกต์ใช้แนวทางสั้น ชิกรัสชิกมา

ขอบเขตด้านพื้นที่: ศึกษาและดำเนินการปรับปรุงเฉพาะกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY ของแผนกซีทเมทัล เอพียู

ขอบเขตด้านเวลา: การวิจัยครั้งนี้เก็บข้อมูลในช่วงระหว่างเดือนมิถุนายน พ.ศ.2563 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ.2564

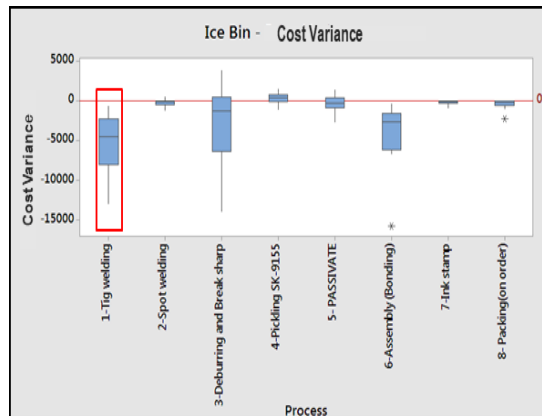
4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการนิยามปัญหา จากการศึกษาข้อมูลของแผนกซีทเมทัล เอพียู โดยใช้ผลต่างด้านต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงกับต้นทุนประมาณ พบว่าผลิตภัณฑ์ที่ควรนำมาปรับปรุงกระบวนการผลิตเป็นอันดับที่ 1 ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY (ภาพที่ 1) จากนั้นนำข้อมูลต้นทุนกระบวนการผลิตในแต่ละขั้นตอนมาเปรียบเทียบ พบว่ากระบวนการเชื่อมทิกมีความแปรปรวนต้นทุนสูงที่สุดและมีแนวโน้มที่จะเป็นสาเหตุของความแปรปรวนต้นทุนที่เกิดขึ้นกับขั้นตอนอื่น ๆ ดังภาพที่ 2

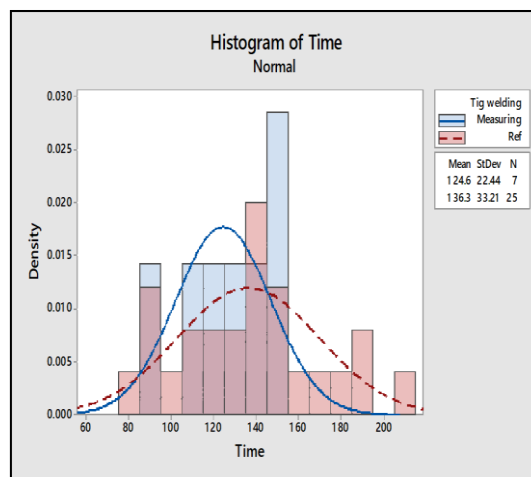
4.2 ผลการวัดสภาพปัญหา การวัดสภาพปัญหาต้องมีข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และมีการกระจายตัวของข้อมูลที่น้อย จากการเปรียบเทียบข้อมูลภายใต้ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้ข้อมูลเวลาการเชื่อมอั้งอิง 25 ชุด กับข้อมูลที่ใช้วัด 7 ชุด ปรากฏว่าข้อมูลมีการกระจายตัวอยู่ในกลุ่มเดียวกัน แสดงว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือที่จะนำมาวัดผล ดังภาพที่ 3 และ 4 โดยข้อมูลที่ใช้วัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 124.6 นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 22.44 นาที ข้อมูลที่ใช้อั้งอิงมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 136.3 นาที และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 33.21 นาที หลังจากนั้นจึงสร้างแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน (ดังภาพที่ 5 และตารางที่ 1) ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่กิจกรรมการสั่งซื้อจากลูกค้าจนถึงการส่งมอบสินค้าให้แก่ลูกค้า พบว่ากระบวนการเชื่อมทิกใช้เวลาทั้งหมด 3,739 นาที



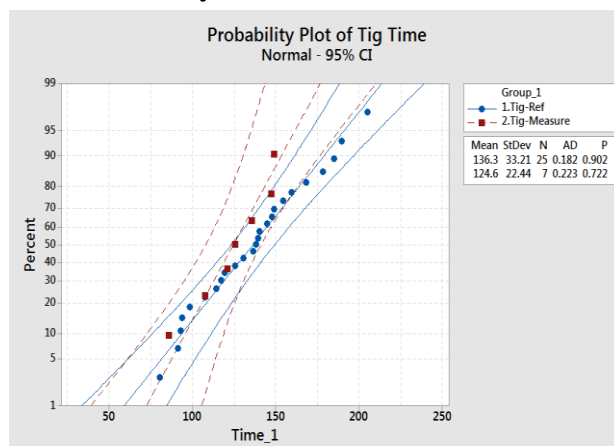
ภาพที่ 1 ผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY



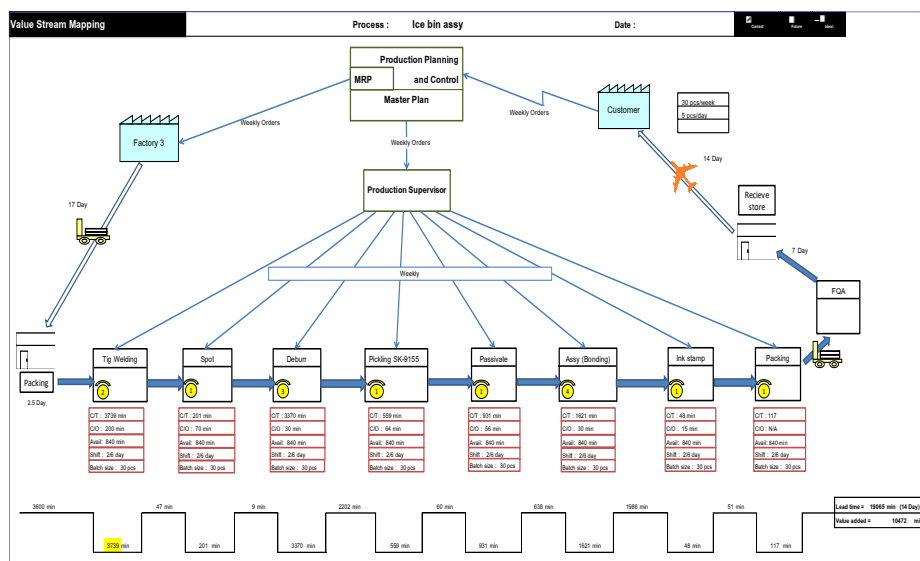
ภาพที่ 2 ความแปรปรวนด้านต้นทุนกระบวนการผลิต



ภาพที่ 3 แผนภาพความผันแปรของข้อมูล



ภาพที่ 4 การกระจายตัวของข้อมูลที่ใช้วัดและอ้างอิง



ภาพที่ 5 แผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบันของกระบวนการผลิต Ice bin ASSY

ตารางที่ 1 รายละเอียดแผนผังสายธารคุณค่าปัจจุบัน (หน่วยเวลา: นาที)

กระบวนการ	เวลาในการทำงาน	ทรัพยากร (คน)	เวลาทั้งหมดในการทำงานต่อวัน	เวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร	เวลาระหว่างกระบวนการ
Tig Welding	3,739	2	840	200	3,600
Spot	201	1	840	70	47
Deburr	3,370	3	840	30	9
Pickling SK-9155	559	1	840	64	2,202
Passivate	931	1	840	56	60
Assy (Bonding)	1,621	4	840	30	638
Ink stamp	48	1	840	15	1,986
Packing	117	1	840	N/A	51

ความเร็วในการผลิตของผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY ได้จากการใช้สมการที่ (1) ซึ่งพบว่าเวลาทั้งหมดที่มีพร้อมทำงานเท่ากับ 840 นาที และอุปสงค์ของลูกค้าเท่ากับ 5 ชิ้นต่อวัน ดังนั้นความเร็วในการผลิตเท่ากับ 168 นาทีต่อชิ้น

จากขั้นตอนการตรวจสอบ Final QA พบว่าปัญหาที่มีสัดส่วนอัตราของเสียมากที่สุด โดยเรียงลำดับสามอันดับแรก ได้แก่ 1) การวัดขนาดเชิงเส้นไม่ได้ตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์ 2) คุณภาพการเชื่อมแย่ 3) ผลิตภัณฑ์ไม่ได้รูปทรง

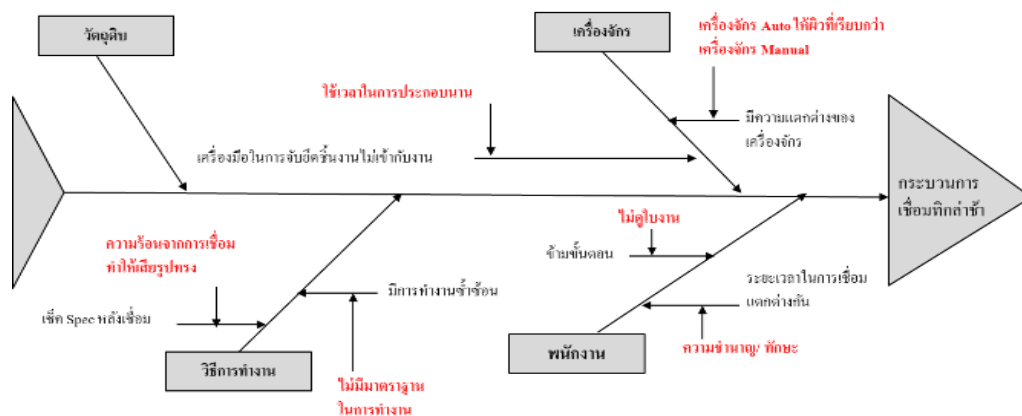
4.3 ผลการวิเคราะห์ปัญหา จากการวัดสภาพของปัญหาเพื่อนำมาวิเคราะห์ต้นเหตุของปัญหาโดยใช้ผังก้างปลา มีสาเหตุหลักสี่ด้าน ประกอบด้วย เครื่องจักร วัตถุดิบ พนักงาน และวิธีการทำงาน ดังภาพที่ 6 จากนั้นจึงประเมินความเสี่ยง (ตารางที่ 2) ซึ่งมีการจัดลำดับความสำคัญ

ของสาเหตุที่เกิดจากปัญหาการเชื่อมทิก มีเกณฑ์การตัดสินใจ (ตารางที่ 3) ที่มาจากค่าผลลัพธ์ของความรุนแรง (S) และโอกาสในการเกิดปัญหา (O) โดยใช้จากสมการ (2)

ผลการวิเคราะห์ปัญหาสามารถจัดอันดับในการปรับปรุงได้ดังนี้ ความร้อนจากการเชื่อมทำให้เสียรูปทรง ไม่มีมาตรฐานการทำงาน และสูญเสียเวลาในการประกอบเครื่องมือจับยึด ดังนั้นจึงระดมสมองกับพนักงานแผนก QA พบว่าควรปรับปรุงเครื่องมือจับยึดชิ้นงานในการเชื่อมซึ่งเป็นสาเหตุหลักของปัญหาข้างต้น

ตารางที่ 2 การจัดลำดับความสำคัญของสาเหตุที่เกิดจากปัญหาการเชื่อมทิก

รูปแบบ	สาเหตุหลัก	สาเหตุย่อย	S	O	คะแนน	ลำดับ
เครื่องจักร วิธีการทำงาน	เครื่องมือในการจับยึดชิ้นงาน	ใช้เวลาในการประกอบนาน	3	3	9	3
	มีการทำงานซ้ำซ้อน	ไม่มีมาตรฐานการทำงาน	4	3	12	2
	เช็ค Spec หลังเชื่อม	ความร้อนทำให้เสียรูปทรง	4	4	16	1



ภาพที่ 6 แผนผังก้างปลาของกระบวนการเชื่อมทิก

ตารางที่ 3 เกณฑ์ค่าผลลัพธ์ของความรุนแรง (S) และโอกาสในการเกิดปัญหา (O)

Level	Severity (S) ความรุนแรง	Occurrence (O) การเกิดปัญหา
1	ทำงานช้า < 25% หรือไม่เกิดผลกระทบ	เกิดความผิดพลาดได้น้อย
2	ทำงานช้า $\geq 25\%$	เกิดความผิดพลาดที่ต้องแก้ไขหน้างาน
3	ทำงานช้า $\geq 50\%$	เกิดความผิดพลาดที่จะถูก QC ส่งกลับ
4	ทำงานช้า $\geq 75\%$	เกิดความผิดพลาดที่จะถูก QA ส่งกลับ
5	งานต้องผลิตซ้ำ (ทำใหม่)	เกิดความผิดพลาดที่จะถูกลูกค้าส่งกลับ

4.4 ผลการปรับปรุงแก้ไข จากผลการวิเคราะห์เพื่อลดขั้นตอนการทำงานที่ซ้ำซ้อนและเกิดความสูญเปล่าในการทำงานของการเชื่อมทิกแบบเดิม ด้วยการใช้หลักการกำจัด (E) กระบวนการที่ไม่จำเป็น และการทำให้ง่าย (S) เพื่อลดเวลาในการประกอบชิ้นงานเข้ากับเครื่องมือจับยึด ดังนั้นเครื่องมือจับยึดชิ้นงานแบบใหม่ ซึ่งมีตัวประกอบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานน้อยลง จึงได้ถูกออกแบบ (ภาพที่ 7) และนำมาทดสอบ เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

ผลจากการปรับปรุง แสดงผลโดยใช้แผนผังสายธารคุณค่าอนาคต ดังภาพที่ 8 และมีรายละเอียดดังตารางที่ 4 พบว่าเวลาในกระบวนการเชื่อมทิกเฉลี่ยลดลงเหลือ 2,178 นาที จากเดิมที่ใช้เวลาเฉลี่ย 3,739 นาที ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประกอบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานแบบใหม่และแบบเก่า โดยลดเวลาในการประกอบได้ 5 นาที ต่อครั้งทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการประกอบเครื่องมือจับยึดชิ้นงานน้อยลง รวมทั้งคุณภาพชิ้นงานหลังการเชื่อมทิกดีขึ้น

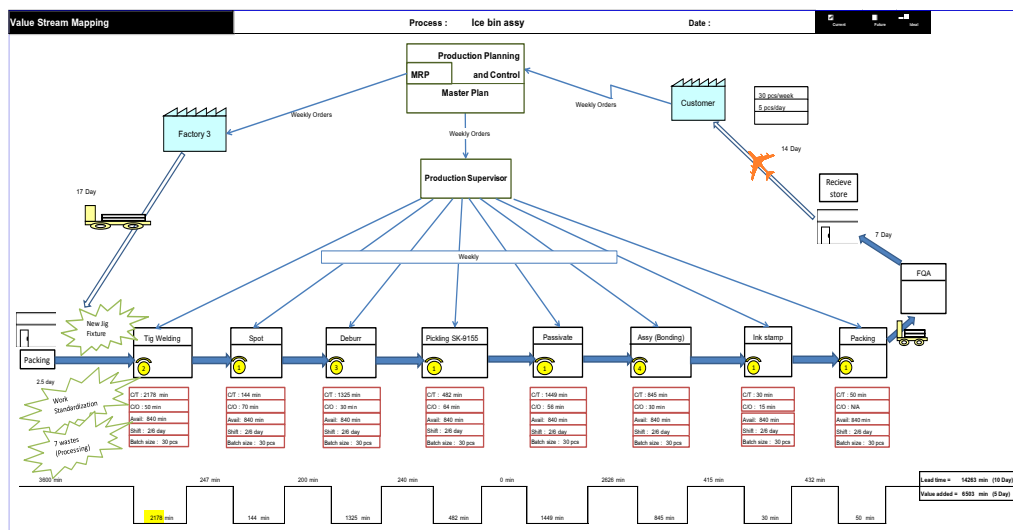


(ก)



(ข)

ภาพที่ 7 เครื่องมือจับยึดชิ้นงานแบบเก่า (ก) และแบบใหม่ (ข) ที่ใช้ในการเชื่อมทิก



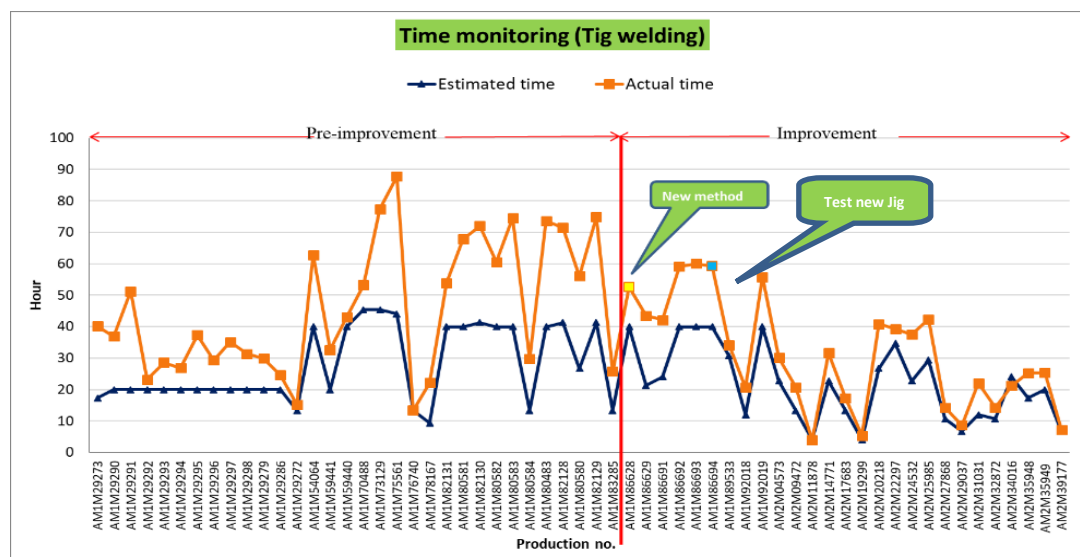
ภาพที่ 8 แผนผังสายธารคุณค่าอนาคตของกระบวนการผลิต Ice bin ASSY

ตารางที่ 4 รายละเอียดแผนผังสายธารคุณค่าอนาคต (หน่วยเวลา: นาที)

กระบวนการ	เวลาในการทำงาน	ทรัพยากร (คน)	เวลาทั้งหมดในการทำงานต่อวัน	เวลาที่ใช้ในการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร	เวลาระหว่างกระบวนการ
Tig Welding	2,178	2	840	50	3,600
Spot	144	1	840	70	47
Deburr	1,325	3	840	30	9
Pickling SK-9155	482	1	840	64	2,202
Passivate	1,449	1	840	56	60
Assy (Bonding)	845	4	840	30	638
Ink stamp	30	1	840	15	1,986
Packing	50	1	840	N/A	51

ความแปรปรวนในการผลิตก่อนปรับปรุง (สมการที่ (3)) พบว่าผลต่างเวลามาตรฐาน และเวลาจริงในการผลิตก่อนปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 26.24 ชั่วโมง โดยวัดจากชิ้นงาน 39 ชิ้นทำให้เกิดความแปรปรวนเท่ากับ 18.12 ส่วนความแปรปรวนในการผลิตหลังปรับปรุง (สมการที่ (4)) พบว่าผลต่างเวลามาตรฐาน และเวลาจริงในการผลิตหลังปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 11.56 ชั่วโมง โดยวัดจากชิ้นงาน 22 ชิ้นทำให้เกิดความแปรปรวนเท่ากับ 6.37 ซึ่งสามารถลดความแปรปรวนของเวลาในการผลิตลงได้ร้อยละ 65 ส่งผลให้อัตราของเสียที่เกิดจากการเชื่อมตึงลดลงเหลือร้อยละ 28 จากร้อยละ 78 นอกจากนี้กระบวนการเชื่อมตึงในการผลิต Ice bin ASSY ก่อนและหลังการปรับปรุงเมื่อเทียบกับเวลามาตรฐาน (ภาพที่ 9) เห็นได้ว่าหลังปรับปรุงสามารถทำเวลาได้ใกล้เคียงกับเวลามาตรฐาน

4.5 ผลการควบคุม และติดตามผล หลังจากปรับปรุงวิธีการเชื่อมตึงพบว่าผลเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด คือ ลดความแปรปรวน และลดอัตราของเสียลงได้ จึงจัดทำเอกสารมาตรฐานวิธีปฏิบัติงาน (Work Instruction: WI) ที่ถูกต้องให้พนักงานปฏิบัติตามเพื่อควบคุมคุณภาพงานเชื่อม



ภาพที่ 9 เวลา ก่อนและหลังการปรับปรุงเมื่อเทียบกับเวลามาตรฐาน

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

ซิกส์ซิกมา เป็นวิธีการทางสถิติที่เป็นระบบ เพื่อลดความผันแปรในกระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ ส่วนแนวคิดแบบลีน และการประยุกต์ใช้หลักการ ECRS นำมาใช้เพื่อขจัดความสูญเปล่าในกระบวนการเชื่อมทิก งานวิจัยนี้ประยุกต์ใช้แผนผังสายธารคุณค่ากับขั้นตอนการวัดสภาพปัญหา และการปรับปรุงแก้ไข ส่วนหลักการกำจัด และการทำให้ง่ายการกับขั้นตอนปรับปรุงแก้ไข ดังนั้นจากการประยุกต์ใช้ ลีน ซิกส์ซิกมา ทำให้ความแปรปรวนของเวลาในกระบวนการเชื่อมทิกของผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY ลดลงร้อยละ 65 ซึ่งลดความแปรปรวนของเวลาในการผลิตได้สูงกว่าร้อยละ 50 ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ และอัตราของเสียในกระบวนการเชื่อมทิกของผลิตภัณฑ์ Ice bin ASSY ลดเหลือร้อยละ 28 ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ทำให้ลดจุดที่เป็นคอขวดของการผลิตได้ ส่งผลให้ระยะเวลาในการผลิตใกล้เคียงกับเวลามาตรฐานที่กำหนด

การประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน และหลักการ ECRS พบว่าได้รับการนำไปใช้เพื่อลดสิ่งสูญเปล่าที่เกิดขึ้นจากกระบวนการทำงานในภาคอุตสาหกรรม เช่น ซเรอมวย เขา และคณะ, 2564 (Sao, S. et al, 2021) ได้ลดรอบเวลาการติดฉลากบนฮาร์ดดิสก์ไดรฟ์ ซึ่งส่งผลให้ผลิตภาพสูงขึ้น ลีน ซิกส์ซิกมา ถูกนำไปประยุกต์ใช้กับภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมสุขภาพ และอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อยกระดับศักยภาพในการดำเนินงาน ดังที่ Shokri (2017) ได้นำเสนอบทความบทความวรรณกรรมระหว่างปี ค.ศ.1992 ถึง ปี ค.ศ.2013

งานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้เป็นแหล่งอ้างอิง หรือแนวปฏิบัติของภาคอุตสาหกรรมการผลิตขนาดกลาง และขนาดย่อม รวมทั้งอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ที่สนใจนำ ลีน ซิกส์ซิกมา ไปประยุกต์ เพื่อเพิ่มศักยภาพกระบวนการทำงาน อย่างไรก็ดี การเลือกใช้เครื่องมือต่าง ๆ ตามแนวคิดลีน

ซิกส์ซิกมา มีความสำคัญมาก เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือในแต่ละขั้นตอนจะส่งผลถึงเป้าหมาย หรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ นอกจากนี้แผนผังสายธารคุณค่าอนาคตเป็นเพียงแนวทางที่ได้ออกแบบไว้ หากจะใช้ดำเนินการจริง อาจจะถูกปรับแก้ให้เหมาะสมกับสถานการณ์

6. เอกสารอ้างอิง

Antony, J., Snee, R., and Hoerl, R. (2017). Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 34(7), 1073-1093.

George, M.L., Maxey, J., Rowlands, D.T., and Upton, M. (2004). *Lean six sigma pocket toolbox*. McGraw-Hill Professional Publishing.

Sao, S., Chanwiang, W., Dondee, S., and Budsareechai, S. (2021). Reduction of bubble defect and production leveling: Case study of a hard disk drive company, *Industry Technology Lampang Rajabhat University*, 14(2), 12-24. (in Thai)

Shokri, A. (2017). Quantitative analysis of Six Sigma, Lean and Lean Six Sigma research publications in last two decades. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 34(5), 598-625.

Singh, M., and Rath, R. (2019). A structured review of Lean Six Sigma in various industrial sectors. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(2), 622-664.

Stamatis, D.H. (2019). *Six Sigma fundamentals: A complete introduction to the system, methods, and tools*. New York: CRC Press.

Suhardi, B., Anisa, N., and Laksono, P. W. (2019). Minimizing waste using lean manufacturing and ECRS principle in Indonesian furniture industry. *Cogent Engineering*, 6(1).

<https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1567019>.

การใช้ประโยชน์จากยางพาราเพื่อการออกแบบ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัย Rubber Utilization for Safe Creative Industrial Product Design

ภัทรภรณ์ จุงพันธ์^{1*}, เกียรติศักดิ์ เขียวมั่ง² และมียอง ซอ³

Pattharaporn Joongpun^{1*}, Kriangsak Khiaomang² and Miyoung Seo³

^{1*,2,3}คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

169 ถนน ลงหาดบางแสน ตำบลแสนสุข อำเภอเมืองชลบุรี ชลบุรี 20131

^{1*,2,3}Faculty of Fine and Applied Art Burapha University

169 Long Hard-Bangsaen Road Tambon Saensuk Amphoe Muang Chonburi 20131

E-mail: pattharaporn19333@gmail.com

วันที่รับบทความ 29 กันยายน 2565

Received: Sep. 29, 2022

วันที่รับแก้ไขบทความ 15 ธันวาคม 2565

Revised: Dec. 15, 2022

วันที่ตอบรับบทความ 16 ธันวาคม 2565

Accepted: Dec. 16, 2022

บทคัดย่อ

งานวิจัยการใช้ประโยชน์จากยางพารา เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัยเป็นกระบวนการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์ ได้แก่ 1) เพื่อปรับปรุงและพัฒนาวัตถุดิบจากน้ำยางพาราที่มีความเหมาะสมสำหรับการแปรรูป โดยทำการปรับปรุงสมบัติน้ำยางพาราสดเพื่อให้ได้เป็นน้ำยางข้นที่เหมาะสมสำหรับการนำไปแปรรูป พัฒนาสมบัติด้านความแข็งแรงด้วยการผสมเส้นใยธรรมชาติ 2) เพื่อทดสอบสมบัติของวัตถุดิบยางพารา เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยการทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง การทดสอบความแข็งแรงเพื่อหาสูตรที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้งานในอนาคต 3) เพื่อประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัยโดยการวิเคราะห์ค่าน้ำหนักความสำคัญ ผ่านการตัดสินใจด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process, AHP) เพื่อใช้ในการคัดเลือกประเภทของผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัย

ผลการวิจัยพบว่า สำหรับการปรับปรุงสมบัติของน้ำยางพาราสดด้วยวิธีการคริมมิง น้ำยางข้นที่ได้จากสูตร POCMC มีปริมาณเนื้อยางแห้งอยู่ที่ร้อยละ 61.70 และมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นจากการผสมด้วยเส้นใยธรรมชาติ โดยเส้นใยที่เหมาะสมจากการคัดเลือก ได้แก่ เส้นใยฝ้าย นุ่น และกล้วย และสูตรที่เหมาะสมในการนำไปใช้งานโดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงได้จากสูตร CKB4 ที่มีค่าความแข็งแรงมากที่สุดที่ 73.93 ± 3.80 สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัย ผลการวิเคราะห์สถิติผ่านกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น พบว่าผลิตภัณฑ์ความปลอดภัยด้านสิ่งแวดล้อมมีค่าน้ำหนักความสำคัญที่มีความเหมาะสมมากที่สุด (0.465) โดยนำไปออกแบบเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับแรงบันดาลใจมาจากรูปทรงของผลจากต้นยางพาราและพื้นผิวยางพาราผสมเส้นใย จำนวน 4 ต้นแบบ และจำลองการสร้างต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์สามมิติ พร้อมทั้งแนวทางการนำไปใช้งานบริเวณชายฝั่งเพื่อลดและป้องกันการกัดเซาะจากคลื่นทะเล

คำสำคัญ: ยางพารา, เส้นใยธรรมชาติ, ผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัย, กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น

Abstract

This study focused on the evolution of rubber utilization in an experimental research process. The steps were divided into sections based on the objectives: 1) to improve and develop raw materials derived from para rubber that are suitable to produce rubber products- to enhance the properties of fresh rubber latex to make it suitable for latex processing, and increase strength by incorporating natural fibers; 2) to investigate the properties of rubber materials for product design by testing the amount of dry rubber content and hardness to determine the suitable formulation for future applications; and 3) to apply the design of products to the creative industries. Analysis of statistical values via the hierarchical decision-making process of the Analytic Hierarchy Process (AHP) was used in the selection of safety products.

The results showed that the creaming method was successful in improving the properties of rubber latex. The dry rubber content of the concentrated latex obtained from the POCMC formulation was 61.7%, and the hardness properties were increased by blending with natural fibers. The suitable fibers from the selection were cotton, kapok, and banana fibers, and the hardness value determined the appropriate formula for use from the CKB4, with the highest hardness at 73.93 ± 3.80 . For the design of safety products, statistical analysis results via a hierarchical decision-making process for safety products indicated that the environmental safety product had the highest suitability value (0.465). Four prototypes were replicated with a 3D printer using a creation inspired by the shape of a rubber fruit and a fiber composite surface, along with instructions for reducing and preventing coastal erosion.

Keywords: Rubber, Natural fibers, Safety products, Analytic Hierarchy Process (AHP)

1. บทนำ

จากสภาพปัญหาราคายางพาราโลกที่มีการผันผวน เกษตรกรชาวสวนยางในประเทศไทย จึงมีแนวโน้มที่จะได้รับผลกระทบ อีกทั้งยังมีเรื่องของผลผลิตยางพาราไทยล้นตลาดในประเทศ ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่ามาจากการการเพาะปลูกยางพาราเพิ่มมากขึ้น จากเดิมที่มีการเพาะปลูกเพียงภาคใต้ แต่ในปัจจุบันพบการเพาะปลูกกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาค ศูนย์วิเคราะห์เศรษฐกิจทีเอ็มบี ได้กล่าวถึงว่าราคายางพารามีความเสี่ยงที่จะเกิดเหตุการณ์ที่ราคาจะผันผวนและตกลงได้เสมอ จึงได้แนะนำผู้ประกอบการปรับตัว เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับวัตถุดิบโดยผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ เนื่องจากราคาผลิตภัณฑ์นั้น ไม่ผันผวนตามราคาวัตถุดิบยางพารา โดยเน้นการส่งเสริมและสนับสนุนให้เกิดผู้ผลิตปลายน้ำมากขึ้น (TMB Economic Analysis Center, 2019)

จากปัญหาพบว่าการนำน้ำยางพารามาใช้ประโยชน์ ไม่เพียงแต่เป็นการลดความผันผวนของราคายางพาราแต่ยังกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ และมีทางเลือกในการจัดการกับวัตถุดิบที่ตนมีอยู่ มุ่งเน้นการนำไปสู่การสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรชาวสวนยางขนาดเล็ก ส่งเสริมให้เกิดการนำมาพัฒนา

และแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ โดยการนำวัตถุดิบน้ำยางพาราที่มีอยู่ในท้องถิ่นสู่การสร้างรายได้ จากเดิมที่เป็นการจำหน่ายน้ำยางพาราสดจากหน้าสวนของเกษตรกร โดยจะมีเปอร์เซ็นต์เนื้อยาง อยู่ในปริมาณร้อยละ 20 - 30 เป็นการผลิตน้ำยางพาราชั้นที่มีปริมาณเนื้อยางร้อยละ 60 ทำให้สร้าง รายได้สูงขึ้นมากกว่า 3 เท่า (ราคาน้ำยางพารา อ้างอิง ณ เดือนตุลาคม - พฤศจิกายน 2565 อยู่ที่ 43.60 - 47.00 บาทต่อกิโลกรัม (Thailand rubber price, 2022) การทำน้ำยางชั้นดังกล่าว ผ่านกระบวนการพื้นฐานในการใช้ต้นทุนทางวัตถุดิบ ร่วมกับการคิดสร้างสรรค์ (Creativity) นวัตกรรม (Innovation) หรือเทคโนโลยีเพื่อนำมาสู่การสังเคราะห์เพื่อสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ โดยใช้การเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่มีความเกี่ยวข้อง ทั้งทางตรงหรือทางอ้อมและนำมาผสมผสาน เพื่อการต่อยอดสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์จากยางพาราที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มในเชิงพาณิชย์ (Commercialization) หรือการเพิ่มคุณค่าของวัตถุดิบที่มีในท้องถิ่นในรูปแบบอุตสาหกรรม สร้างสรรค์ (Thaothong, 2019) และในการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของยางพาราได้มีการนำสารตัวเติม มาใช้ในการปรับปรุงอย่างแพร่หลาย แนวทางหนึ่งคือการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ ซึ่งเส้นใยธรรมชาติ ถือเป็นวัสดุชีวมวล ข้อดีคือไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม โดยเส้นใยธรรมชาติมีทั้งจากพืช ที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืชและเส้นใยจากสัตว์ที่ได้จากโปรตีนจากขนสัตว์ และเส้นใยที่ห่อหุ้มรัง ของตัวอ่อน

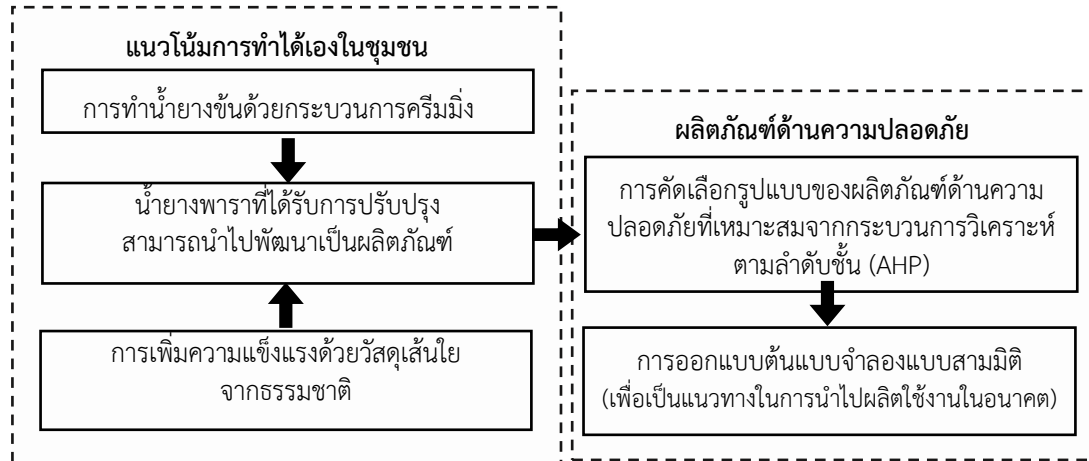
งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในเรื่องของการพัฒนาการใช้ประโยชน์จากยางพารา ที่สามารถทำได้ ในท้องถิ่นเน้นการนำวัตถุดิบที่มีในชุมชนมาใช้ให้เกิดประโยชน์ และสามารถแปรรูปน้ำยางพารา ขึ้นพื้นฐานควบคู่กับการปรับปรุงสมบัติที่สำคัญ อันได้แก่ สมบัติทางกายภาพ สมบัติพื้นผิว สมบัติเชิงกลและอื่น ๆ ด้วยการนำเอาวัตถุดิบจากธรรมชาติ ได้แก่ เส้นใยจากธรรมชาติ (Ayar et.al., 2021; Roy et.al, 2021; Sivasubramanian et.al, 2020 and Zhao et.al, 2022.) มาประกอบกัน และศึกษาความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ และทำการคัดเลือกรูปแบบการนำไปใช้งาน ด้านปลอดภัยที่เหมาะสมโดยประยุกต์ใช้กระบวนการตัดสินใจ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process, AHP) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาที่ซับซ้อน โดยทำให้ง่าย ต่อความเข้าใจ เพราะเป็นการเลียนแบบวิธีคิดและการใช้เหตุผลของมนุษย์ในการแยกปัญหา ออกเป็นลำดับชั้น สำหรับในการคัดเลือกประเภทของผลิตภัณฑ์ ท้ายสุดทำการออกแบบผลิตภัณฑ์ ด้านความปลอดภัยและสร้างต้นแบบที่มีความเป็นไปได้ พร้อมทั้งจำลองการนำไปใช้งานต่อไป ในอนาคต

2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อปรับปรุงและพัฒนาวัตถุดิบจากน้ำยางพาราที่มีความเหมาะสมสำหรับการแปรรูป
- 2.2 เพื่อทดสอบสมบัติของวัตถุดิบยางพารา เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์
- 2.3 เพื่อประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัย

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นกระบวนการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment research) โดยมีกรอบแนวคิดแสดงดังภาพที่ 1 วิธีการดำเนินงานวิจัยประกอบด้วย การกำหนดขอบเขตการวิจัย และการดำเนินงานวิจัยตามวัตถุประสงค์ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

3.1 การกำหนดขอบเขตการวิจัย

1) ขอบเขต ด้านเนื้อหาเป็นการศึกษาการพัฒนาวัตถุดิบน้ำยางพาราเพื่อนำไปแปรรูปและประยุกต์ใช้งาน เพื่อการหาวิธีการทำน้ำยางชั้นที่ง่ายและไม่ซับซ้อนสามารถพัฒนาและทำเองได้ในชุมชนรวมถึงการพัฒนาสมบัติของแผ่นยางพาราโดยใช้เส้นใยธรรมชาติ โดยมีขอบเขตด้านพื้นที่คือ พื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

2) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านวัสดุ จำนวน 3 ท่านและผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทางการออกแบบผลิตภัณฑ์ จำนวน 3 ท่าน

3) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบสัมภาษณ์ แบบสอบถามความเห็นจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ เครื่องมือในการวัดและทดสอบปริมาณของแข็ง (TSC) (มาตรฐานการทดสอบ ISO 124:2014) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) (มาตรฐานการทดสอบ ISO 126:2005) การทดสอบความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็ง (Shore A Durometer)

4) การเก็บรวบรวมข้อมูล จากการสังเกตและบันทึกลงในตารางเก็บข้อมูล

5) การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์สูตรที่เหมาะสมในกระบวนการครีมีมิ่งจากการทดสอบปริมาณเนื้อยางแห้ง การวิเคราะห์สูตรที่เหมาะสมที่ทำให้ให้ยางพารามีประสิทธิภาพในเชิงสมบัติเชิงกลด้านความแข็งแรง และการวิเคราะห์การหาค่าน้ำหนักโดยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น เพื่อเลือกความเหมาะสมในการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัย

3.2 การปรับปรุงและพัฒนาวัตถุดิบจากน้ำยางพาราที่มีความเหมาะสมสำหรับการแปรรูป

1) ศึกษาแนวทางการพัฒนาวัตถุดิบน้ำยางพาราและสูตรน้ำยางพาราในการนำไปแปรรูปโดยการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการปรับปรุงสมบัติของวัสดุ จำนวน 3 ท่าน รวมทั้งการนำผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยเกี่ยวของมาสรุปและกำหนดเป็นแนวทางในการพัฒนา จากนั้นทำการศึกษา

และทดลองในขั้นตอนพัฒนากระบวนการทำน้ำยาฟาราชันโดยกระบวนการครีมีนึ่ง ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกษตรกรสามารถทำได้ในชุมชน โดยทำการทดลองสูตรในการทำน้ำยาฟาราชันในเงื่อนไขและสัดส่วนของสารเคมีตามที่แสดงดังตารางที่ 1 โดยผลของการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพเนื่อยาที่ได้เทียบกับกระบวนการปั่นเหวี่ยงที่ใช้ในอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1 สูตรยาฟารา

สารเคมี	ปริมาณ(phr)					
	สูตรที่ 1 AOHPMC	สูตรที่ 2 AOCMC	สูตรที่ 3 AOHEC	สูตรที่ 4 POHPMC	สูตรที่ 5 POCMC	สูตรที่ 6 POHEC
น้ำยาฟาราสด	100	100	100	100	100	100
Ammonia	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Hydroxypropyl methyl cellulose (HPMC)	0.4	-	-	0.4	-	-
Carboxymethyl cellulose (CMC)	-	0.4	-	-	0.4	-
Hydroxyethyl Cellulose (HEC)	-	-	0.4	-	-	0.4
Ammonium oleate	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5	0.5

2) ศึกษาการพัฒนาสมบัติของการผสมวัสดุเส้นใยจากธรรมชาติ เพื่อเสริมความแข็งแรงสำหรับงานวิจัยนี้ได้นำเส้นใยธรรมชาติที่มีโครงสร้างประกอบไปด้วย เส้นใยจากใบ (Hard Fibers) เส้นใยที่หุ้มเมล็ด (Surface Fibers) เส้นใยจากเปลือกไม้ (Soft Fibers) และเส้นใยจากสัตว์ ซึ่งเป็นสารประเภทโปรตีน ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้เป็นวัตถุดิบที่หาได้ในประเทศไทย จึงมีความน่าสนใจอย่างยิ่งที่จะนำเพิ่มความแข็งแรงให้กับยาฟารา โดยเส้นใยที่ผู้วิจัยได้นำมาทดลองมีทั้งหมด 11 ชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เส้นใยที่ใช้ในการผสมน้ำยาฟารา

เส้นใยจากใบ	เส้นใยที่หุ้มเมล็ด	เส้นใยจากเปลือกไม้	เส้นใยจากสัตว์
สับปะรด	ฝ้าย	ไผ่	ไหม
ป่านครนารายณ์	นุ่น	กล้วย	
อากาเว่	มะพร้าว	กล้วย	
ลาน			

3.3 การทดสอบสมบัติของวัตถุดิบยาฟารา เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

1) การทดสอบหาปริมาณของแข็ง (TSC) และปริมาณเนื่ออย่างแห้ง (DRC) โดยการทดสอบปริมาณของแข็ง (TSC) ตามมาตรฐานการทดสอบ ISO 124:2014 และปริมาณเนื่ออย่างแห้ง (DRC) (มาตรฐานการทดสอบ ISO 126:2005)

2) การทดสอบความแข็งแรงของแผ่นยาฟาราที่ได้จากการขึ้นรูป โดยขั้นตอนการขึ้นรูปเพื่อทำการทดสอบจะทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการเทหล่อแบบแผ่นยาฟารา ความกว้าง 9 เซนติเมตร และความยาว 14 เซนติเมตร โดยใช้เนื่อยาทั้งหมดปริมาณ 25 มิลลิลิตร ขึ้นต้นเทเนื่อยาปริมาณ

5 มิลลิลิตร จากนั้นนำเส้นใยผสมลงไปใต้น้ำอย่างกดยให้เรียบและเทน้ำบางส่วนที่เหลือผสมลงไป ผึ่งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำแผ่นยางพาราเข้าเตาอบลมร้อนด้วยอุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ท้ายสุดผึ่งทิ้งไว้เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ขั้นตอนการเตรียมแผ่นยางพาราผสมเส้นใย แสดงดังภาพที่ 2 ขั้นตอนการวัดโดย Shore A Durometer โดยทำการวัดทั้งหมด 50 ตำแหน่ง นำค่าที่ได้มาเฉลี่ยและแสดงผลการเปรียบเทียบ



1) เตรียมน้ำยาง 2) ผสมเส้นใย 3) ทิ้งไว้ให้แห้ง 4) นำเข้าเตาอบ 5) แผ่นยางพารา
ภาพที่ 2 ขั้นตอนการผสมเส้นใยและการขึ้นรูปยางพารา

3.4 การประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัย

1) การคัดเลือกรูปแบบของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัย โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น โดยแบ่งกลุ่มได้ 3 ประเภท ดังนี้
1) ผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม 2) ผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัยทางถนน
3) ผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัยต่อร่างกาย โดยผู้วิจัยได้ตั้งเกณฑ์ในการตัดสินใจ เป็นไปในลักษณะพัฒนาและสร้างสรรค์ (Saributr, 2006) โดยการนำเอาเกณฑ์การออกแบบมาใช้ในการสร้างสรรค์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ ทั้งหมด 5 ด้าน (Deboonmee, 2007) ได้แก่ สมบัติของวัสดุ กระบวนการผลิต ประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม และความคงทน โดยขั้นตอนกระบวนการออกแบบ และดำเนินการ วิเคราะห์ตามขั้นตอนดังนี้

(1) สร้างแผนภูมิโครงสร้างลำดับชั้นในขั้นตอนการตัดสินใจ สำหรับการคัดเลือก ประเภทผลิตภัณฑ์ยางพาราผสมเส้นใยธรรมชาติ

(2) สร้างตารางเมตริกซ์ที่ใช้แสดงการเปรียบเทียบที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดอันดับ ที่ส่งผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกประเภทผลิตภัณฑ์ยางพาราผสมเส้นใยธรรมชาติ เริ่มจากการเปรียบเทียบ รายคู่ โดยเกณฑ์การให้คะแนนความสำคัญ เป็นเกณฑ์ระดับคะแนน 1 - 9 และคำนวณค่าน้ำหนัก แต่ละเกณฑ์ (สมบัติของวัสดุ กระบวนการผลิต ประโยชน์ใช้สอย ความสวยงาม และความคงทน) นำค่าน้ำหนักที่ได้ไปคำนวณในเมตริกซ์ (เพื่อหาค่า Eigenvector) ทำการเปรียบเทียบรายคู่ในกรณี เกณฑ์ทางเลือก (ผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัยในต่อสิ่งแวดล้อม, ผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัย ทางถนน และผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัยต่อร่างกาย) สร้างเมตริกซ์และหาค่าปัจจัยน้ำหนักร่วมกับ Eigenvector ของเกณฑ์หลักเพื่อได้ค่าน้ำหนักที่มีนัยสำคัญในการเลือกท้ายสุด



ภาพที่ 3 แผนภูมิโครงสร้างลำดับขั้นตอนการตัดสินใจ

2) การออกแบบต้นแบบอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัยต่อการนำไปใช้ประโยชน์ โดยนำเอารูปร่างรูปทรงที่มีความเป็นเอกลักษณ์ของส่วนประกอบจากต้นยางพารา และพื้นผิวที่มีลักษณะเฉพาะของยางพาราผสมเส้นใยธรรมชาติ มาใช้ในการออกแบบผลิตภัณฑ์จำนวน 4 รูปแบบ และนำไปสร้างเป็นต้นแบบและต้นแบบของการจำลองการนำไปใช้งาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการปรับปรุงและพัฒนาวัตถุดิบจากน้ำยางพาราที่มีความเหมาะสมสำหรับการแปรรูป

1) ผลการศึกษาแนวทางการพัฒนาวัตถุดิบน้ำยางพารา และสูตรน้ำยางพาราในการนำไปแปรรูป จากการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิด้านการปรับปรุงสมบัติของวัสดุ พบว่าการนำเส้นใยจากธรรมชาติสามารถนำมาปรับปรุงสมบัติความแข็งแรงให้กับยางพาราได้ โดยสามารถนำไปผสมเข้ากับน้ำยางพาราเพื่อให้สมบัติด้านต่าง ๆ มีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่ สมบัติเชิงกล สมบัติทางความร้อน สมบัติทางพื้นผิว เป็นต้น และยังสามารถนำยางพาราที่ได้รับการปรับปรุงสมบัติไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ได้ อย่างเป็นรูปธรรม สำหรับการพัฒนาสูตรน้ำยางแต่ละสูตรด้วยวิธีการครีมีมิ่ง ให้ผลการแยกชั้นของเนื้อยาง โดยพบข้อสังเกตในเรื่องสมบัติเชิงกลโดยน้ำยางพาราที่ได้จะมีความเหนียวสูงกว่าน้ำยางชั้นจากการปั่นเหวี่ยง ในการเพิ่มความแข็งแรงของน้ำยางทำได้โดยการปรับปรุงด้วยการผสมสารเคมีเพื่อพัฒนาสมบัติให้มีความแข็งแรง ทนทานต่อการเสื่อมสภาพ และเพิ่มให้น้ำยางมีความเสถียรมากขึ้นดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สูตรทางเคมีสำหรับการเพิ่มสมบัติของน้ำยางข้น

น้ำยางและสารเคมี	น้ำหนัก(กรัม)	สัดส่วนน้ำหนัก(%)
60% น้ำยางข้น	100	93.72
10% โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	0.2	0.19
50% กำมะถัน	2.5	2.34
50% แซตดีอีซี	1.5	1.41
50% วิงสเตย์แอล	1.0	0.94
50% นาโนซิงค์ออกไซด์	1.5	1.41
น้ำหนักรวม	106.7	100

2) ผลการศึกษาการพัฒนาสมบัติของการผสมวัสดุเส้นใยจากธรรมชาติ เพื่อเสริมความแข็งแรง ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ เพื่อนำไปสู่ความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ และได้ทำการคัดเลือกเส้นใยธรรมชาติ จากการสังเกตเบื้องต้นจากเส้นใยทั้งหมด 11 ชนิด ผู้วิจัยได้คัดเลือกใช้เส้นใยฝ้าย นุ่น และกล้วย โดยแต่ละเส้นใยนั้นมีลักษณะและสมบัติเฉพาะตัวในการผสมกับน้ำยางพารา มีข้อสังเกตพบว่า

- เส้นใยฝ้ายมีลักษณะเป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็กและเกาะกันเป็นกลุ่ม สมบัติในการดูดซับน้ำยางพาราได้ดี กระจายตัวในน้ำยางพาราได้ไม่สม่ำเสมอ แผ่นยางพารามีลักษณะไม่คงรูป แต่พบว่าการยืดหยุ่นที่ดี เมื่อทิ้งไว้แผ่นยางพาราไว้เป็นเวลา 30 วัน เกิดเชื้อราขึ้นบนแผ่นยาง

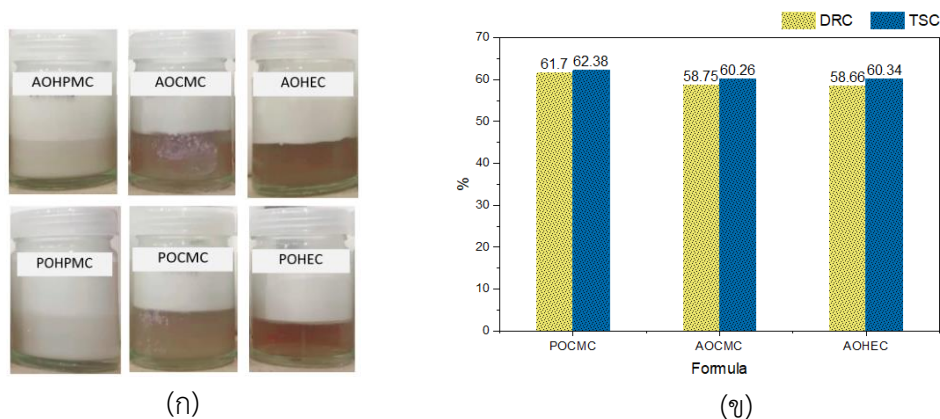
- เส้นใยนุ่น เป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็กและสั้น ดูดซับน้ำยางพาราได้ดีมาก เส้นใยสามารถกระจายตัวได้ดีในน้ำยาง มีลักษณะคงรูปแต่ขาดความยืดหยุ่น เมื่อทิ้งไว้แผ่นยางพาราเป็นเวลา 30 วัน เกิดเชื้อราขึ้น

- เส้นใยกล้วย เป็นเส้นใยที่มีไม่สม่ำเสมอ เส้นใยกระจายตัวได้ดี ยางพารามีลักษณะคงรูปแต่ขาดความยืดหยุ่น เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 30 วัน แผ่นยางพาราไม่เกิดเชื้อรา

4.2 ผลการทดสอบสมบัติของวัตถุดิบยางพารา เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์

1) การทดสอบเพื่อหาปริมาณของแข็งทั้งหมด(TSC) และปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC)

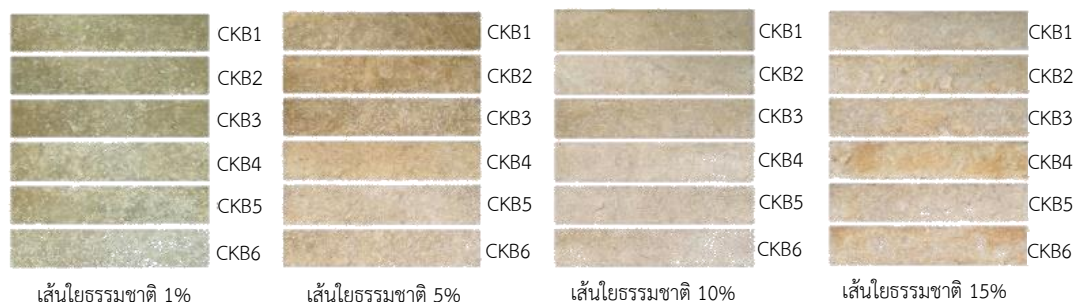
จากน้ำยางข้นด้วยวิธีการครีมีนึ่งจากการทดลองทั้งหมด 6 สูตร พบการแยกชั้นเมื่อเวลาผ่านไป 7 วัน โดยที่น้ำยาง 3 สูตรที่มีการแยกชั้นที่ดีที่สุดคือสูตร AOCMC, AOHEC และ POCMC แสดงดังภาพที่ 4(ก) จากนั้นนำสูตรที่มีความเหมาะสม 3 อันดับมาทำการทดลองซ้ำและทำการเก็บข้อมูลภายในระยะเวลา 7 วัน 15 วัน และ 30 วัน ภายในอุณหภูมิห้อง หลังจากผ่านไป 30 วัน พบว่าสูตร POCMC มีปริมาณเนื้อยางแห้งอยู่ที่ 61.70 และปริมาณของแข็งทั้งหมด 62.38 ร้อยละโดยน้ำหนัก มีคุณภาพของปริมาณเนื้อยางแห้งที่ใกล้เคียงกับน้ำยางข้นที่ได้จากการปั่นเหวี่ยงจากอุตสาหกรรม เกษตรกรเจ้าของสวนยางและชุมชนสามารถนำกระบวนการครีมีนึ่งใช้ในการแปรรูปน้ำยางพาราแทนกระบวนการปั่นเหวี่ยงเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับน้ำยางเบื้องต้นได้ โดยมูลค่าของขึ้นกับปริมาณสัดส่วนของเนื้อยางในน้ำยางดิบ



ภาพที่ 4 (ก) ลักษณะการแยกชั้นของน้ำยางพารา (ข) ปริมาณเนื้อยางแห้ง (DRC) และปริมาณของแข็งทั้งหมด (TSC)

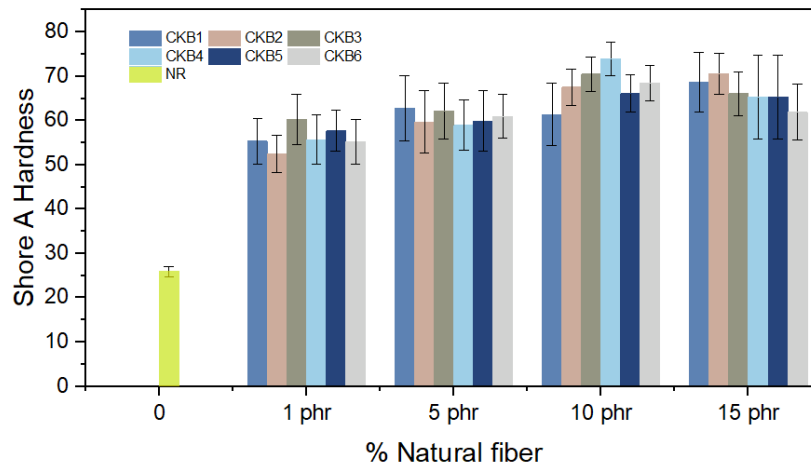
2) ผลการทดสอบความแข็งของแผ่นยางพาราที่ได้จากการขึ้นรูป

จากการผสมเส้นใยในทั้งสามส่วนตามอัตราส่วน (เส้นใยฝ้าย: เส้นใยนุ่น: เส้นใยกล้วย, Cotton: Kapok: Banana) จำนวน 6 สูตร ได้แก่ 1) 60:20:20 (CKB1) 2) 40:20:40 (CKB2) 3) 40:40:20 (CKB3) 4) 20:20:60 (CKB4) 5) 20:40:40 (CKB5) และ 6) 20:60:20 (CKB6) จากการคำนวณอัตราส่วนผสม ของน้ำยางพาราจากทฤษฎีเชิงเส้น (Lind Blend) ในการกำหนดสัดส่วนของเส้นใยธรรมชาติในน้ำยางพารา จำนวน 4 สูตร ได้แก่ 1, 5, 10 และ 15 ร้อยละโดยน้ำหนัก รวมทั้งสิ้น 24 สูตร



ภาพที่ 5 น้ำยางพาราผสมเส้นใยธรรมชาติ 24 สูตร

ลักษณะแผ่นยางจากการขึ้นรูปแสดงดังภาพที่ 5 จากการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของแผ่นยางแต่ละสูตร ในเรื่องความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ประโยชน์ กล่าวคือส่วนประกอบของทั้งสามเส้นใยผสมในน้ำยางพาราและสามารถขึ้นรูปได้ และมีความคงรูปเมื่อระยะเวลาผ่านไปมากกว่า 30 วัน เมื่อทำการทดสอบความแข็งแสดงดังภาพที่ 6 เปรียบเทียบระหว่างแผ่นยางพาราปกติและแผ่นยางพาราที่ผสมเส้นใย แสดงให้เห็นถึงการเพิ่มขึ้นของความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ โดยเส้นใยผสมสามารถเพิ่มสมบัติด้านความแข็ง (Shore A hardness) ให้กับแผ่นยางพาราโดยมีค่ามากกว่า 50 ในทุกสูตร เมื่อเทียบกับแผ่นยางพาราปกติที่มีความแข็ง 25.94 ± 1.13 โดยสูตรที่มีความแข็งสูงที่สุดคือสูตร CKB4 (20:20:60) ที่สัดส่วนการผสมในยางพาราร้อยละ 10 โดยน้ำหนักมีค่าความแข็งเท่ากับ 73.93 ± 3.80



ภาพที่ 6 ผลการทดสอบสมบัติความแข็งของแผ่นยางพารา

จากสมบัติการคงรูปและความแข็งที่ถูกปรับปรุงดังกล่าว สามารถประยุกต์ใช้งานกรณีใช้เป็นชิ้นงานและแผ่นเคลือบบนผิวซีเมนต์ คอนกรีต เป็นต้น และเมื่อคำนวณเป็นมูลค่ากรณีแผ่นยางพาราผสมเส้นใยในปริมาณน้ำยางพารา 1 ลิตร สามารถผลิตเป็นแผ่นยางพาราผสมเส้นใยได้พื้นที่ 1.4 ตารางเมตร คิดเป็นต้นทุนการผลิตโดยประมาณน้อยกว่า 70 บาท (คำนวณได้จากราคา น้ำยาง, เส้นใย, สารเคมี) ซึ่งในกรณีเป็นเกษตรกรเจ้าของสวนยางต้นทุนลดลงได้น้อยกว่า 40 บาท

4.3 ผลการประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัย

1) ผลการคัดเลือกรูปแบบของการออกแบบ และพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัย โดยใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น

การเปรียบเทียบในแต่ละปัจจัยจากการสร้างเมตริกซ์ จะทำการเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบความปลอดภัยด้านต่าง ๆ แยกตามปัจจัยด้านต่าง ๆ จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่สอดคล้อง จากการวิเคราะห์การประเมินเกณฑ์หลักค่าเฉลี่ยน้ำหนักที่มีนัยสำคัญของเกณฑ์ในการจัดอันดับที่ส่งผลต่อการตัดสินใจคัดเลือกประเภทผลิตภัณฑ์ความปลอดภัย เพื่อหาค่าเฉลี่ยน้ำหนักเกณฑ์ทั้ง 5 ด้าน พบว่า ปัจจัยความสำคัญในการออกแบบโดยเรียงตามอันดับสามอันดับแรก ได้แก่ 1) สมบัติของวัสดุ 2) กระบวนการผลิต 3) ประโยชน์ใช้สอย ตามลำดับ สำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ด้านความปลอดภัยทั้งสามด้านที่นำมาเปรียบเทียบรายประเด็นโดยมีการให้น้ำหนัก 5 ด้านจากผลของตารางที่ 4 ค่าที่ได้แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์น้ำหนักของปัจจัยหลักในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์จากยางพาราผสมเส้นใย

เกณฑ์	สมบัติของวัสดุ	กระบวนการผลิต	ประโยชน์ใช้สอย	ความสวยงาม	ความคงทน	ผลรวมคะแนน	ค่าเฉลี่ยน้ำหนัก
สมบัติของวัสดุ	0.480	0.672	0.462	0.250	0.296	2.160	0.432
กระบวนการผลิต	0.120	0.168	0.308	0.313	0.296	1.205	0.241
ประโยชน์ใช้สอย	0.160	0.084	0.154	0.250	0.296	0.944	0.189
ความสวยงาม	0.120	0.034	0.038	0.063	0.037	0.292	0.058
ความคงทน	0.120	0.042	0.038	0.125	0.074	0.400	0.080
ผลรวมเฉลี่ย	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	5.000	1.000

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์การจัดลำดับทางเลือกในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์

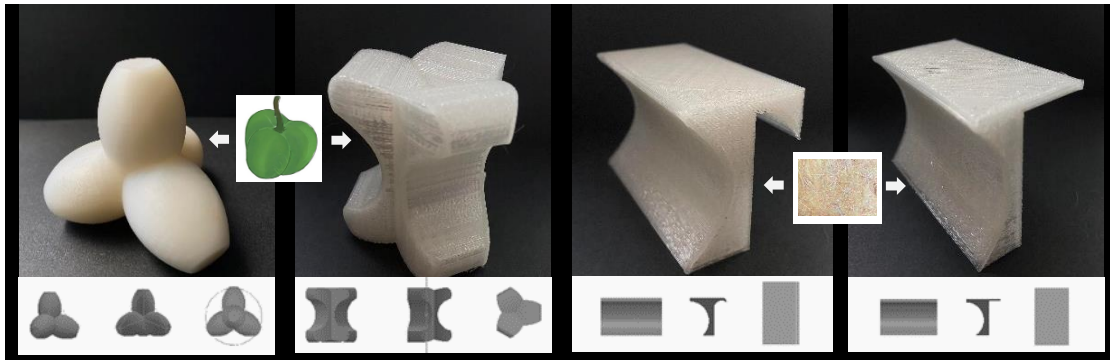
เกณฑ์	สมบัติ ของวัสดุ	กระบวนการ การผลิต	ประโยชน์ ใช้สอย	ความ สวยงาม	ความ คงทน	ค่าเฉลี่ย น้ำหนัก
ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม	0.180	0.107	0.117	0.014	0.048	0.465
ความปลอดภัยต่อการจราจร	0.198	0.093	0.042	0.032	0.010	0.376
ความปลอดภัยต่อร่างกาย	0.055	0.041	0.029	0.012	0.022	0.159
ผลรวมค่าเฉลี่ยน้ำหนัก						<u>1.000</u>

ผลการทดสอบค่าสถิติผ่านกระบวนการตัดสินใจ ด้วยกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น จากค่าที่ได้ พบว่า อันดับ 1 คือ ผลิตภัณฑ์ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักมากที่สุด (0.465) อันดับ 2 คือ ผลิตภัณฑ์ความปลอดภัยต่อการจราจร (0.376) และอันดับ 3 คือ ผลิตภัณฑ์ความปลอดภัยต่อร่างกาย (0.159) จากกระบวนการตัดสินใจที่ได้จึงมีความเหมาะสมในการนำไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม

2) ผลการการออกแบบต้นแบบอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ ด้านความปลอดภัยต่อการนำไปใช้ประโยชน์

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม โดยมุ่งเน้นที่ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลของประเทศไทยส่งผลกระทบต่อชุมชน สังคม และวิถีชีวิต ในการทำกิจกรรมของมนุษย์ โดยแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์มุ่งเน้นในช่วยชะลอพลังงานคลื่น ลดผลกระทบที่เกิดจากคลื่นทะเล โดยทำการออกแบบโดยคำนึงถึงเกณฑ์ทั้ง 5 ด้าน เรียงตามลำดับ ได้แก่ สมบัติของวัสดุ กระบวนการผลิต ประโยชน์ใช้สอย ความคงทน และความสวยงาม อีกทั้งสมบัติของยางพาราที่ได้จากการศึกษาในขั้นต้น โดยยางพาราเมื่อเทียบกับหุ่นคอนกรีตสามารถช่วยซับแรงกระแทก ลดพลังงานจลน์ และกระจายพลังงาน (Energy dissipation) ที่เกิดจากคลื่นน้ำ (Suwannarat et al, 2020) ลดปัจจัยเสี่ยงในการเกิดความไม่ปลอดภัยเช่น การลุดและป้องกันการกัดเซาะจากคลื่นทะเล

ผู้วิจัยจึงได้นำเอารูปทรงของผลลูกยางมาใช้ในการออกแบบในครั้งนี้ จำนวน 2 รูปแบบ เพื่อการใช้งานริมฝั่งใต้ผิวน้ำตามแนวคิด การออกแบบให้มีการรับแรงหรือดูดซับพลังงานจลน์ที่เกิดจากคลื่น มีส่วนโค้งเว้าแบบหลายด้าน และการออกแบบเป็นแผ่นป้องกันชายฝั่งเหนือผิวน้ำ 2 รูปแบบ โดยมีแนวคิดการแสดงออกถึงลักษณะความสวยงามเฉพาะของพื้นผิวที่มีเส้นใยเป็นส่วนประกอบโดยการนำไปใช้งานจริงในอนาคต อาจทำได้โดยเป็นแผ่นเคลือบบนผนังกันของชายฝั่งและวัสดุผิวปิดของสภาพแวดล้อมบริเวณชายฝั่ง จากนั้นทำการสร้างต้นแบบ 3 มิติ ผลการออกแบบแสดงดังภาพที่ 7 และการจำลองการเคลือบบนผิวซีเมนต์และตัวอย่างการจำลองการนำไปใช้งานแสดงดังภาพที่ 8



ภาพที่ 7 ต้นแบบ 3 มิติ



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 8 (ก) การทดลองเคลือบยางพาราผสมเส้นใยบนวัสดุซีเมนต์ (ข, ค) การจำลองการนำไปใช้

5. สรุปและการอภิปรายผล

จากแนวคิดในการวิจัยเชิงทดลอง โดยบูรณาการองค์ความรู้และนวัตกรรมเพื่อปรับปรุงวัสดุใหม่เพื่อเพิ่มมูลค่า โดยเน้นให้ผู้สนใจสามารถนำเอากระบวนการทดลองที่ได้มาปรับใช้ ร่วมกับการนำแนวคิดด้านการออกแบบและใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมมาสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ นำไปสู่การต่อยอดผลิตภัณฑ์จากยางพาราในรูปแบบอื่น ๆ ที่มีหลากหลายมากขึ้น สรุปผลการวิจัย ดังนี้

1) การปรับปรุงและพัฒนาวัตถุดิบจากน้ำยางพาราที่มีความเหมาะสมสำหรับการแปรรูปจากการศึกษาการนำน้ำยางพาราสด ผ่านกระบวนการปรับปรุงสมบัติของน้ำยางพาราสด ด้วยวิธีการทำน้ำยางชั้นแบบครีมมิ่ง ซึ่งสามารถทำได้ด้วยกระบวนการไม่ซับซ้อน เกษตรกรและชุมชนสามารถนำกระบวนการดังกล่าวไปใช้งานได้ และจากการคัดเลือกเส้นใยจากหลายเส้นใย เส้นใยฝ้าย นุ่น และกล้วยมีความเหมาะสมในการผสมและปรับปรุงสมบัติของยางพารา

2) การทดสอบสมบัติของวัตถุดิบยางพารา เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ น้ำยางชั้นแบบครีมมิ่งจากสูตร POCMC น้ำยางชั้นที่ได้มีปริมาณเนื้อยางอยู่ที่ร้อยละ 61.70 และในกระบวนการเพิ่มความแข็งแรงด้วย เส้นใยฝ้าย เส้นใยนุ่น และเส้นใยกล้วย พบว่าสามารถขึ้นรูปเป็นชิ้นงานมีความคงรูป โดยการผสมเส้นใยถือเป็นปัจจัยในการเพิ่มความแข็งแรงให้กับยางพารา ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Ayar et.al, 2021; Roy et.al, 2021; Sivasubramanian et.al, 2020 and Zhao et.al, 2022. สูตรที่เหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานได้แก่สูตร CKB4 ในสัดส่วนการผสม 10 phr โดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงมากที่สุดที่ 73.93 ± 3.80 จากผลดังกล่าวสามารถนำไปประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ในหลากหลายรูปแบบ

3) การประยุกต์สู่การออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมสร้างสรรค์ด้านความปลอดภัย กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มีความเหมาะสมกับยางพารา โดยผลิตภัณฑ์ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อม มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักอย่างมีนัยสำคัญมากที่สุด (0.465) จึงได้ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เน้นไปที่สิ่งแวดล้อมทางทะเล โดยอาศัยสมบัติการดูดซับพลังงานของยางพาราเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้หุ่นคอนกรีตแบบเดิม โดยวัสดุยางพาราสามารถลดพลังงานของคลื่นทะเลได้ เปรียบเทียบได้จากค่าการกระจายพลังงาน (Energy dissipation, $\Delta E\%$) ดังผลการศึกษาของ Suwannarat et al, 2020 สำหรับในขั้นตอนการออกแบบสามารถออกแบบได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ใช้งานใต้ผิวน้ำ 2 รูปแบบ จากแรงดันดาลใจของเอกลักษณ์รูปทรงของผลยางพารา และส่วนที่ใช้งานเหนือผิวน้ำ 2 รูปแบบ โดยการแสดงออกถึงพื้นผิวของแผ่นยางพาราที่แสดงลักษณะของเส้นใยผสมที่โดดเด่น ท้ายสุดพิมพ์ต้นแบบสามมิติ และแสดงลักษณะการใช้งานที่สามารถประยุกต์สู่ภาคอุตสาหกรรมในการผลิตจริงในอนาคต เพื่อผู้ใช้งานด้านวิศวกรรมโยธา ชายฝั่ง และสิ่งแวดล้อม

จากผลการวิจัยในครั้งนี้พบว่า และการใช้ประโยชน์จากน้ำยางพารานั้น ต้องมีการเพิ่มสมบัติให้กับยางพารา เนื่องจากน้ำยางพาราสดนั้นไม่สามารถที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที การพัฒนาสมบัติของน้ำยางพารานั้นถือเป็นจุดเริ่มต้นของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบใหม่ นอกจากนี้การพัฒนาสมบัติด้วยเส้นใยธรรมชาติเป็นการเพิ่มความแข็งแรงให้กับยางพารา ส่งผลต่อการลดการใช้วัสดุสังเคราะห์ที่ก่อให้เกิดมลพิษให้กับสิ่งแวดล้อม โดยสามารถประยุกต์ใช้เป็นวัสดุในการผลิตที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบผลิตภัณฑ์ตามความต้องการได้อย่างหลากหลาย หากมีการนำไปพัฒนาในเชิงพาณิชย์จะเป็นการเพิ่มช่องทางการสร้างรายได้ให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องต่อไป

6. เอกสารอ้างอิง

- Ayar, M., Dalkiran, A., Kale, U., Nagy, A., & Karakoc, T. H. (2021). Investigation of the substitutability of rubber compounds with environmentally friendly materials. *Sustainability*, 13(9), 5251.
- Deboonmee, S (2007). *The study of industrial product design*. Bangkok: Odeon Store.
- Roy, K., Debnath, S. C., Pongwisuthiruchte, A., & Potiyaraj, P. (2021). Recent advances of natural fibers based green rubber composites: Properties, current status, and future perspectives. *Journal of Applied Polymer Science*, 138(35), 50866. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/app.50866>.
- Saributr, S. (2006). *Industrial Product Technology*. Bangkok: O.S. Printing House. (in Thai)
- Sivasubramanian, P., Mayandi, K., Santulli, C., Alavudeen, A., & Rajini, N. (2020). Effect of Fiber Length on Curing and Mechanical Behavior of Pineapple Leaf Fiber (PALF) Reinforced Natural Rubber Composites, *Journal of Natural Fibers*, 19(11), 4326-4337, DOI: 10.1080/15440478.2020.1856281.

- Suwannarat, W., Kositgittiwong, D., Ekkawatpanit, C., Sukjan, R. (2020). "A study of the energy reduction of flow through concrete and natural rubber tetrapods." The 25th National Convention on Civil Engineering 25, WRE05-1-WRE05-8.
- Thailand rubber price. (2022, November 4). *Thailand rubber price*. [online], Available: <https://www.raot.co.th/rubber2012/menu5.php>.
- Thaothong, S. (2019). *Advanced design thinking in art*. Chonburi: Bangsaen printing. (in Thai)
- TMB Economic Analysis Center. (2019). *Export situation in 2019*. [online], Available: <https://www.tmbbank.com/analytics>. Access on June 12, 2020. (in Thai)
- Zhao, X., Copenhaver, K., Wang, L., Korey, M., Gardner, D. J., Li, K., Lamm, M. E., Kishore, V., Bhagia, S., Tajvidi, M., Tekinalp, H., Oyediji, O., Wasti, S., Webb, E., Ragauskas, A. J., Zhu, H., Peter, W. H., & Ozcan, S. (2022). Recycling of natural fiber composites: Challenges and opportunities. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105962. DOI: /10.1016/j.resconrec. 2021.105962.

การสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

Creating a Pattern Burner on a Wood Surface Using Heat from Electricity

วิชัย เกษอรุณศรี^{1*} และพิพัฒน์ สมใจ²

Wichai Kedaroonsri^{1*} and Piput Somchai²

^{1,2}สาขาวิชาศิลปะและการออกแบบ และสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
439 ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000

E-mail: Civic_nck@hotmail.com, piput91@gmail.com โทร 08 1660 1299

^{1,2}Art and Design Division and Electrical Engineering Technology Division Faculty of Industrial Technology
Buriram Rajabhat University 439 Nai Muaeng Sub-District Muaeng District Buriram Province 31000

E-mail: Civic_nck@hotmail.com, piput91@gmail.com Tel. +668 1660 1299

วันที่รับบทความ 2 มิถุนายน 2565

Received: Jun. 2, 2022

วันที่รับแก้ไขบทความ 30 กันยายน 2565

Revised: Sep. 30, 2022

วันที่ตอบรับบทความ 26 ตุลาคม 2565

Accepted: Oct. 26, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า 2) ทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากการเปลี่ยนกระแสไฟฟ้าเป็นความร้อนด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ แบบประเมินความพึงพอใจ

ผลการวิจัยพบว่าเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าสามารถเขียนลวดลายได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 103 - 130 องศาเซลเซียสขึ้นไป เขียนลงบนไม้ไผ่และไม้เนื้ออ่อนได้เป็นอย่างดี การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องมือจำนวน 5 ท่าน เพื่อหาค่าคุณภาพของชิ้นงาน มีค่า $\bar{X}=4.02$ และค่า S.D. = 0.34 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

คำสำคัญ: เครื่องเขียนลวดลาย, บนผิวไม้, ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

Abstract

The objectives of this research were: 1) to design and build a pattern burner on a wood surface using electric heat; and 2) to test the efficiency of the pattern burner on a wood surface using electric heat. The instrument used to research patterns on wood surfaces using heat from electricity was a satisfaction assessment form.

วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ปีที่ 15 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

The results showed that the pattern burner on a wood surface using electric heat can write patterns well on bamboo and softwood at temperatures of 103 - 130 degrees Celsius. Assessment by 5 experts on the tool to determine the quality of the workpiece was 4.02 with S.D. 0.34. The evaluation results from the experts showed that the tool created by the researcher had a good performance.

Keywords: Pattern Writing Machine, On a Wood Surface, Heat from Electric Current

1. บทนำ

การเขียนลวดลายลงบนพื้นผิวที่เป็นไม้ด้วยความร้อนนั้น มีความเป็นมาที่ยาวนาน ในอดีตเทคนิคการเขียนลวดลายลงบนผิวไม้ด้วยความร้อนนั้น ต้องอาศัยความร้อนจากโลหะปลายแหลมเผาไฟมาช่วยในการเจาะหรือสร้างลวดลายจากรอยไหม้ ชาวบ้านภาคอีสานในอดีตเรียกวิธีการนี้ว่าการซี หรือการใช้เหล็กซี ซึ่งมีความหมายว่า การเจาะให้ทะลุ วัสดุต่าง ๆ รวมถึงไม้และไม้ไผ่ด้วย เนื่องจากสมัยก่อนยังไม่มีสว่านไฟฟ้าใช้ (Kedaroonsri, W., 2011) การสร้างลวดลายบนผิวไม้ได้มีการกระทำการร่วมกับการสร้างงานหัตถกรรมงานไม้มาช้านานแล้ว เหตุผลของการสร้างลวดลายบนผิวไม้นั้นก็อาจทำเพื่อให้เกิดความสวยงาม มีความแปลกใหม่ อีกทั้งสร้างความน่าเชื่อถือ ศรัทธาให้เกิดขึ้นบนงานหัตถกรรมงานไม้ ซึ่งปัจจุบันเทคนิคการซีเจาะรูและการทำลวดลายบนไม้ โดยอิงจากปัญหาของการใช้โลหะปลายแหลมเผาไฟ คือการคงค่าความร้อนที่ได้จะไม่สม่ำเสมอ มีการใช้วัสดุพื้นเพื่อสร้างพลังงานความร้อนที่สูง และไม่สะดวกในการใช้งานในพื้นที่แคบ เพราะจะทำให้เกิดมลพิษ (Somnukton, P. and Wansuk., 2019) เทคนิคการเขียนลวดลายบนผิวไม้ด้วยความร้อนได้ถูกปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงไป โดยมีการนำเอาหัวแร้งบัดกรีไฟฟ้าและความร้อนที่เกิดขึ้นจากปลายของหัวแร้งมาทำการขีดเขียนเพื่อให้เกิดลวดลายขึ้น ซึ่งก็สามารถใช้ได้ดีในระดับหนึ่งเนื่องจากมีความสะดวกกว่าการนำโลหะปลายแหลมเผาไฟ ตรงที่โลหะจะร้อนสม่ำเสมออยู่ตลอดเวลาเพราะใช้ไฟฟ้า แต่ความร้อนที่ได้ยังไม่สูงมากและความร้อนในการเขียนไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้การเขียนจะได้ลวดลายที่ไม่คมชัด และไม่สามารถที่จะเขียนบนพื้นผิวไม้ที่มีความแข็งได้ (Jellmeister, 2019 and Che-ngo, H., 2014)

ผู้วิจัยเล็งเห็นปัญหาที่เกิดขึ้นในการเขียนลวดลายบนผิวไม้แบบเดิม ความร้อนที่ได้จะไม่สม่ำเสมอและคงการใช้ได้นาน มีการใช้พลังงานจากฟืนเชื้อเพลิงที่สูง (Somnukton, P. and Wansuk, 2019) ทั้งไม่สะดวกในการใช้งานในพื้นที่ขนาดเล็กแคบ แบบลักษณะของการเขียนโดยใช้โลหะปลายแหลมเผาไฟ ทางผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า โดยวิเคราะห์จากขีดจำกัดและข้อดี ข้อเสียของทั้งสองเทคนิคเพื่อนำมาสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 2.1 เพื่อออกแบบสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า
- 2.2 เพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย

การสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า มีรายละเอียดและขั้นตอนการดำเนินการวิจัยประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ในปัจจุบันโดยศึกษาหลักการทำงานการใช้งานโครงสร้างและการออกแบบ ปัญหาจากการใช้งาน โดยค้นคว้าจากเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

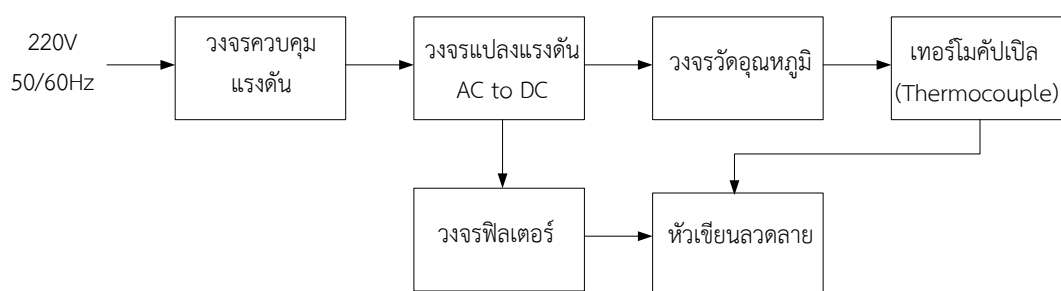
3.2 วิเคราะห์ปัญหาจากเทคนิค เครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนแบบเดิม และเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยการใช้ความร้อนในปัจจุบัน

3.3 ทำการสร้างตัวเครื่องอุปกรณ์ภายในและวงจรต่าง ๆ ตามกรอบแนวคิดในการทำงาน และขั้นตอนของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

3.4 ทำการทดลองหาประสิทธิภาพของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

3.5 นำเครื่องมือเขียนลวดลายให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

3.6 นำผลมาวิเคราะห์ผล สรุป

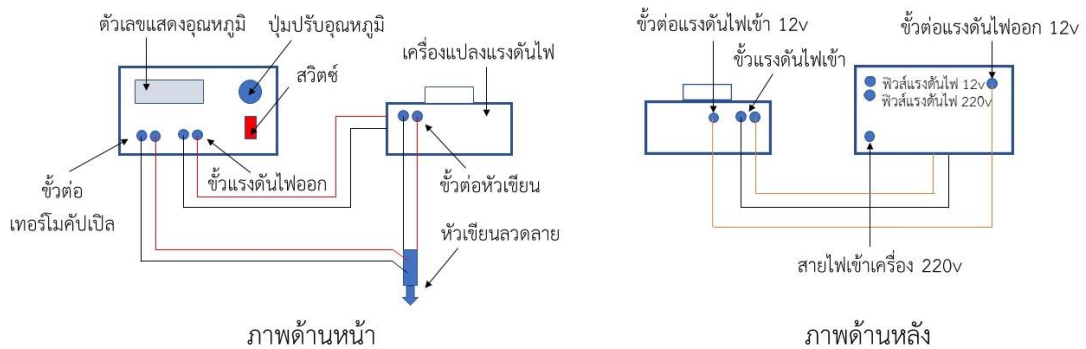


ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการทำงาน

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

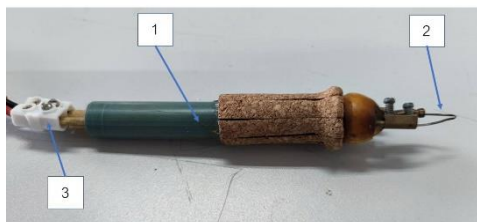
ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ที่มีลักษณะดังภาพที่ 3 และหัวเขียนลวดลายในภาพที่ 4



ภาพที่ 2 ภาพร่างและการเชื่อมต่อของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 3 เครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า



ภาพที่ 4 หัวเขียนลวดลาย

องค์ประกอบของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยที่ใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ประกอบไปด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนของตัวเครื่องและส่วนของหัวเขียน ในส่วนของตัวเครื่องมีดังนี้ จากภาพที่ 3 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่อง มีดังนี้ หมายเลข 1) เครื่องแปลงแรงดันไฟฟ้า (AC to DC) หมายเลข 2) ขั้วต่อหัวเขียน หมายเลข 3) ตัวเลขแสดงอุณหภูมิ หมายเลข 4) ตัวเครื่องควบคุมแรงดัน หมายเลข 5) ขั้วต่อเทอร์โมคัปเปิล หมายเลข 6) ขั้วแรงดันไฟออก หมายเลข 7) สวิตช์เปิดปิดเครื่อง หมายเลข 8) ปุ่มปรับอุณหภูมิ

ในส่วนของหัวเขียนมีดังนี้ จากภาพที่ 4 หมายเลข 1) ด้ามจับ หมายเลข 2) ปลายหัวเขียน หมายเลข 3) ขั้วต่อไฟเข้าหัวเขียน



ก)



ข)

ภาพที่ 5 ภาพโครงสร้างภายในเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

ภาพที่ 5 แสดงโครงสร้างภายในเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ก) แสดงในส่วนของวงจรควบคุมแรงดัน วงจรแปลงแรงดัน วงจรวัดอุณหภูมิ ข) แสดงในส่วนวงจรฟิลเตอร์

4.2 ผลการทดสอบสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

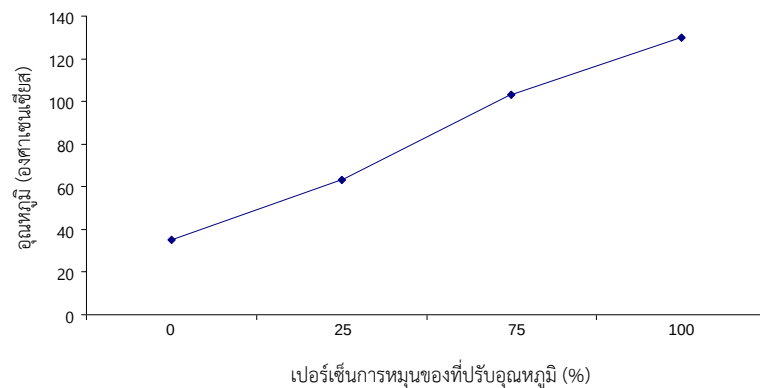
ผู้วิจัยดำเนินการทดสอบเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ที่สร้างขึ้น โดยทำการทดลองวัดความร้อนที่เกิดขึ้นที่หัวเขียนได้อุณหภูมิตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองวัดความร้อนที่เกิดขึ้นที่หัวเขียน

เปอร์เซ็นต์การหมุนของที่ปรับอุณหภูมิ (%)	อุณหภูมิที่เกิดขึ้น ($^{\circ}\text{C}$)	เวลาที่เกิดขึ้นของอุณหภูมิ (นาท)
0	28	-
25	35	1.13
50	63	1.19
75	103	1.26
100	130	2.42

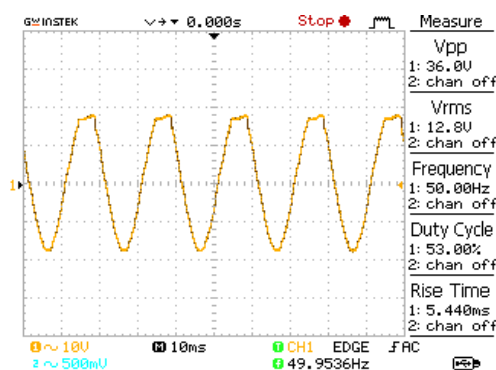
หมายเหตุ ที่เปอร์เซ็นต์การหมุนของที่ปรับอุณหภูมิ 0% อุณหภูมิที่เกิดขึ้นเป็นอุณหภูมิห้อง

จากตารางที่ 1 ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าที่เปอร์เซ็นต์การหมุน 0% ไม่มีอุณหภูมิที่หัวเขียน
เปอร์เซ็นต์การหมุน 25% อุณหภูมิที่หัวเขียน 35°C เวลาที่เกิดขึ้นของอุณหภูมิ 1.13 นาที
เปอร์เซ็นต์การหมุน 50% อุณหภูมิที่หัวเขียน 63°C เวลาที่เกิดขึ้นของอุณหภูมิ 1.19 นาที
เปอร์เซ็นต์การหมุน 75% อุณหภูมิที่หัวเขียน 103°C เวลาที่เกิดขึ้นของอุณหภูมิ 1.26 นาที
และที่เปอร์เซ็นต์การหมุน 100% อุณหภูมิที่หัวเขียน 130°C เวลาที่เกิดขึ้นของอุณหภูมิ 2.42 นาที

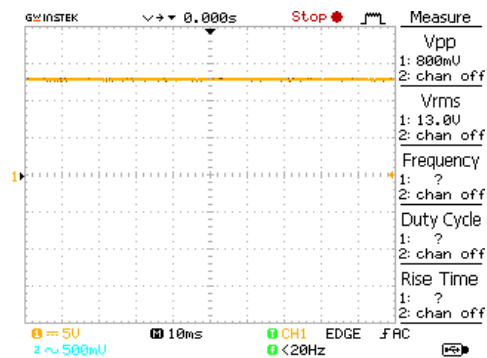


ภาพที่ 6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของการหมุนของที่ปรับอุณหภูมิเทียบกับอุณหภูมิที่เกิดขึ้น

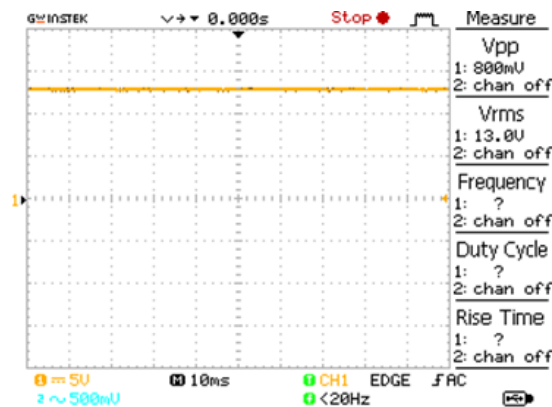
ทำการวัดตามจุดต่าง ๆ ของวงจรที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดในการทำงานในภาพที่ 1 แสดงได้ดังภาพที่ 7 ถึง ภาพที่ 11



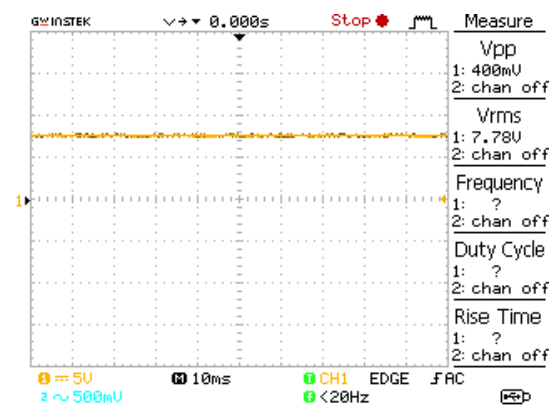
ภาพที่ 7 แรงดัน output ที่วงจรควบคุมแรงดัน



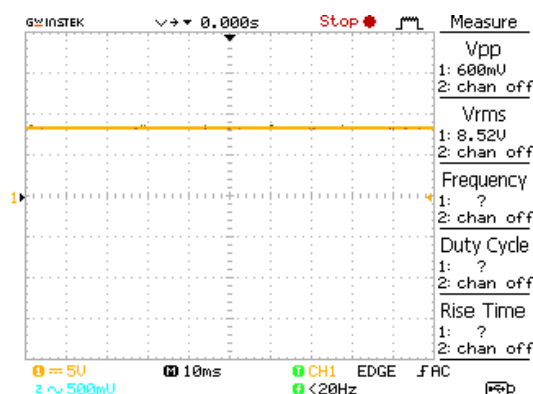
ภาพที่ 8 แรงดัน output ของวงจรฟิลเตอร์



ภาพที่ 9 แรงดันที่จุดหัวเขียนลวดลาย



ภาพที่ 10 แรงดัน output ของวงจรวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 11 แรงดัน output ของเทอร์โมคัปเปิล

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบเขียนลวดลายด้วยเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

อุณหภูมิที่หัวเขียน ($^{\circ}\text{C}$)	เวลาที่ใช้เขียน (วินาที)	ความหนาของเส้น (ม.ม.)
28	5	-
35	5	-
63	5	-
103	5	0.5
130	5	1

ผลการทดสอบเขียนที่อุณหภูมิ 28°C , 35°C , 63°C เวลาที่ใช้ในการเขียนที่ 5 วินาที ที่อุณหภูมิดังกล่าวไม่สามารถเขียนให้ปรากฏเป็นลวดลายได้ ที่อุณหภูมิ 103°C สามารถเขียนเป็นลวดลายได้โดยมีความหนาของเส้น 0.5 ม.ม. และที่อุณหภูมิ 130 สามารถเขียนเป็นลวดลายได้โดยมีความหนาของเส้น 1 ม.ม. ดังภาพที่ 12 ถึง ภาพที่ 14



ภาพที่ 12 ภาพลักษณะการเขียนเส้นลวดลายที่อุณหภูมิ 103°C



ภาพที่ 13 ภาพลักษณะการเขียนเส้นลวดลายที่อุณหภูมิ 130 °C



ภาพที่ 14 ผลงานลวดลายที่ใช้เครื่องเขียนลวดลายบนผ้าไหม โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าที่สร้างขึ้น

4.3 ประเมินความพึงพอใจในการออกแบบและสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผ้าไหม โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า

ผลการประเมินเพื่อตรวจสอบคุณภาพในด้านต่าง ๆ ด้วยวิธีใช้แบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านได้ผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ค่าผลแปร
ภาพรวมของเครื่อง			
1. มีความสะดวกต่อการใช้งาน	4.4	0.37	ดี
2. ความเหมาะสมในการจัดตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์	4	0	ดี
3. ความปลอดภัยขณะการใช้งาน	4	0.47	ดี
4. รูปร่าง ขนาดมีความเหมาะสม	3.6	0.37	ดี
5. การใช้งานที่ไม่ยุ่งยาก	4.4	0.55	ดี

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจ (ต่อ)

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ค่าผลแปร
6. สะดวกในการบำรุงรักษา	3.6	0.37	ดี
7. มีความแข็งแรงทนทาน	3.8	0.56	ดี
8. ความยากง่ายในการประกอบเครื่อง	3.6	0.37	ดี
9. การจัดวางปุ่มต่างๆที่เหมาะสม	5	0	ดีมาก
10. อุปกรณ์และเซนเซอร์ทำงานได้ถูกต้อง	3.8	0.29	ดี
ค่าเฉลี่ยในภาพรวม	4.02	0.34	ดี

5. สรุปผลและการอภิปรายผลการวิจัย

เครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าที่ได้ทำการออกแบบสร้างหาประสิทธิภาพ และแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อเครื่องมืออภิปรายผลได้ 4 ประเด็นดังนี้

5.1 เครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าที่ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นมามีความแตกต่างตามท้องตลาด โดยเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้าสามารถปรับอุณหภูมิที่หัวเขียนให้เหมาะสมกับงาน ที่สำคัญอุณหภูมิที่หัวเขียนมีความสม่ำเสมอตลอดในการเขียนลวดลาย และความร้อนสะสมที่หัวเขียนจะไม่ร้อนเกินไปจนเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ ซึ่งสามารถที่จะพัฒนาต่อยอดให้เครื่องนี้มีประสิทธิภาพ และมีฟังก์ชันการทำงานที่หลากหลายได้ในอนาคต

5.2 ผลการหาประสิทธิภาพของเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า ผลการดำเนินงานที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้โดยใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า สามารถสร้างอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเขียนลวดลายที่อุณหภูมิ 103 - 130 °C สามารถเขียนลวดลายได้คมชัดสวยงาม

5.3 ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีค่า $\bar{X}=4.02$ และค่า S.D.=0.34 ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแสดงให้เห็นว่า เครื่องมือที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

5.4 เครื่องมือเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า สามารถที่จะใช้งานได้อย่างต่อเนื่องนานกว่าเครื่องมือที่มีอยู่ในท้องตลาด มีจอแสดงอุณหภูมิที่ใช้งาน สามารถปรับอุณหภูมิได้ตามต้องการและมีอุณหภูมิที่สม่ำเสมอ

6. ข้อเสนอแนะ

6.1 งานวิจัยเรื่อง การสร้างเครื่องเขียนลวดลายบนผิวไม้ โดยการใช้ความร้อนจากกระแสไฟฟ้า เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการเรียนการสอน ผู้ประกอบการงานหัตถกรรม และสามารถที่จะต่อยอดคุณภาพของชิ้นงานให้มีมูลค่าเพิ่มจากเดิมได้

6.2 ในการพัฒนาครั้งต่อไปชุดเครื่องมือและหัวเขียน ควรมีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายใช้งานได้ง่ายมากขึ้น

7. เอกสารอ้างอิง

- Che-ngo, H. (2014). *Basic Electrical and Electronics Work*. Yala: Electronics, Yala Polytechnic College.
- Jellmeister. (2019). *Pyrography Coasters Using a Soldering Iron*. [online], <https://www.instructables.com/Pyrography-Coasters-Using-a-Soldering-Iron/>. Access on June 1, 2022.
- Kedaroonsri, W. (2011). *Development of the Tool for Making Patterns on Bamboo Products by Using Heat*. Published honours thesis. Ubon Rajathanee University. Thailand.
- Rodjanakorn, A., Sodpiban, P. and Saributr, U. (2015). Study and Design Equipment for Create Pattern on The Surface of The Wood by Using Thermal Printing Technique. Case Study: Application of Vernacular Isan Patterns. *Art and Architecture Journal Naresuan University*. 6(1), 89-98. (in Thai).
- Somnukton, P. and Wansuk, (2019). *Product Pattern Design using Marbling Art Technique*. published Project. Buriram Rajabhat University. Thailand.

การสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Development of a Forecasting Model of Paddy Price in the Northeastern Region of Thailand

ศิริพร ตั้งวิบูลย์พาณิชย์^{1*} และวุฒินันต์ ประทุม²

Siriporn Tangwiboonpanich^{1*} and Wuttinan Pratoom²

^{1,2}คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร 680 ถนนนิตโย อำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

โทร 09 5653 4949 E-mail: ajarn.siriporn@gmail.com

^{1,2} Industrial Technology Faculty, Sakon Nakhon Rajabhat University, 680 Nittayo Road, Mueang District, Sakon Nakhon, Thailand, 47000 Tel. +669 5653 4949 E-mail: ajarn.siriporn@gmail.com

วันที่รับบทความ 23 มิถุนายน 2565
Received: Jun. 23, 2022

วันที่รับแก้ไขบทความ 19 กันยายน 2565
Revised: Sep. 19, 2022

วันที่ตอบรับบทความ 26 ตุลาคม 2565
Accepted: Oct. 26, 2022

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและพยากรณ์แนวโน้มราคาข้าวเปลือกล่วงหน้า 1 ปี โดยใช้ข้อมูลราคาข้าวเปลือกรายเดือนจากฐานข้อมูลราคาสินค้าเกษตรสำคัญ ที่เกษตรกรขายได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของเว็บไซต์ธนาคารแห่งประเทศไทย ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ.2548 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2564 รวม 204 เดือนในการสร้างตัวแบบพยากรณ์วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เปรียบเทียบกับตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล และใช้เกณฑ์รากที่สองของค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนกำลังสองในการพิจารณาเลือกตัวแบบที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่าตัวแบบพยากรณ์วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์ เหมาะกับการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น ได้แก่ RIMA(0,1,1)(1,0,1)[12] และ ARIMA(0,1,0)(1,0,1)[12] ตามลำดับ ในขณะที่ตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของวินเตอร์ เหมาะกับการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว โดยค่าพยากรณ์ล่วงหน้า 1 ปี คาดว่าราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ และราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้นมีแนวโน้มคงที่ ในขณะที่ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จนถึงเดือนสิงหาคม และเริ่มลดลงหลังจากนั้น

คำสำคัญ: การพยากรณ์, ราคาข้าวเปลือก, วิธีบ็อกซ์-เจนกินส์, วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล

Abstract

The purposes of this paper were: 1) to generate a forecasting model of paddy price in the northeastern region of Thailand; and 2) to forecast the one-year trend in advance of the paddy price. The data used in this study were the monthly prices of the paddy in the northeastern area from January 2005 to December 2021 (204 months). The data was obtained from the database on the Bank of Thailand website of prices of important agricultural products sold in the northeastern region. The Box-Jenkins method and the exponential smoothing method were generated using the root mean square error as the criteria for choosing the appropriate model. The results showed

that the Box-Jenkins method was appropriate for forecasting the Jasmine paddy price and the short-grain glutinous grain price which were ARIMA(0,1,1)(1,0,1)[12] and ARIMA(0,1,0)(1,0,1)[12] respectively, while the exponential smoothing method was suitable for forecasting the long-grain glutinous grain price. The one-year ahead forecasting trend of the Jasmine paddy price and the short-grain glutinous grain price would be steady while the price of long-grain glutinous grain would increase until August and decrease after that.

Keywords: Forecast, Paddy Price, Box-Jenkins Method, Exponential Smoothing Method

1. บทนำ

ข้าวเป็นหนึ่งในพืชอาหาร (Food crops) ที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2564 ประเทศไทยมีเนื้อที่เพาะปลูกข้าวรวมทั้งประเทศประมาณ 70.942 ล้านไร่ และมีผลผลิตรวมทั้งประเทศประมาณ 31.330 ล้านตัน โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่เพาะปลูก 40.441 ล้านไร่ และมีผลผลิต 13.986 ล้านตัน แบ่งเป็นพื้นที่ปลูกข้าวเจ้า (ข้าวเจ้าหอมมะลิในพื้นที่ ข้าวเจ้าปทุมธานี 1 ข้าวเจ้าอื่น ๆ) รวม 26.107 ล้านไร่ มีผลผลิต 9.021 ล้านตัน และพื้นที่ปลูกข้าวเหนียวรวม 14.334 ล้านไร่ มีผลผลิต 4.965 ล้านตัน (Office of Agricultural Economics, 2021)

รายได้ของเกษตรกรส่วนหนึ่งมาจากการขายข้าว ในระหว่างปี 2560 – 2564 ราคาขายข้าวเปลือกที่เกษตรกรขายได้มีแนวโน้มลดลง โดยข้าวเปลือกหอมมะลิมีราคาขายลดลงจาก 11,433 บาท/ตัน เหลือ 9,600 บาท/ตัน (ลดลงร้อยละ 6.58 ต่อปี) และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาวมีราคาลดลงจาก 9,156 บาท/ตัน เหลือ 7,600 บาท/ตัน (ลดลงร้อยละ 2.89 ต่อปี) (Bureau of Agricultural Economic Research, 2022) ผลจากราคาขายข้าวที่ลดลงทำให้หน่วยงานภาครัฐต้องกำหนดมาตรการช่วยเหลือเกษตรกรผู้ปลูกข้าว เช่น โครงการประกันรายได้ โครงการสินเชื่อชะลอการขายข้าวเปลือกนาปี โครงการสนับสนุนค่าบริหารจัดการและพัฒนาคุณภาพผลผลิต เป็นต้น หากหน่วยงานภาครัฐทราบราคาขายข้าวล่วงหน้า จะช่วยให้หน่วยงานภาครัฐสามารถวางแผนและกำหนดมาตรการรองรับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้อย่างเหมาะสม

การสร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกส่วนใหญ่ อาศัยวิธีทางสถิติในการพยากรณ์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา (Time series data) ในช่วงหลายปีที่ผ่านมาการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือก จะใช้ข้อมูลของราคาข้าวเปลือกในอดีตเพียงอย่างเดียวในการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือก แม้ว่าราคาข้าวเปลือกจะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปริมาณผลผลิตข้าว ราคาปุ๋ยราคาน้ำมัน อัตราดอกเบี้ย อัตราเงินเฟ้อ เป็นต้น (Buddhasiri, 2017; Praibung 2018) การพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกอาศัยวิธีทางสถิติในการวิเคราะห์ และพยากรณ์ข้อมูลแบบอนุกรมเวลา โดยวิธีที่ได้รับการนิยมนำมาสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือก คือ วิธีการของบ็อกซ์-เจนกินส์ (Box-Jenkins method) โดยประเทศไทยมีการใช้ตัวแบบพยากรณ์นี้ เพื่อพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ ข้าวเปลือกเจ้าความชื้นร้อยละ 15 และข้าวเปลือกเหนียว (Kodsueb & Boonlha, 2016; Riansut, 2016; Riansut, 2018) เช่นเดียวกันกับในต่างประเทศที่มีการใช้ตัวแบบพยากรณ์ของบ็อกซ์-เจนกินส์

ในการพยากรณ์ราคาข้าวเช่นกัน เช่น ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA ถูกใช้พยากรณ์ราคาข้าวคุณภาพปานกลางในประเทศอินโดนีเซีย เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนชดเชยราคาข้าวที่ผันผวนภายในประเทศ (Ohyver & Pudjihastuti, 2018) หรือตัวแบบพยากรณ์ ARIMA และ SARIMA ถูกใช้ในการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกในประเทศอินเดีย เป็นต้น (Kathayat & Dixit, 2021; Suha et al., 2020) วิธีทางสถิติอีกวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือก คือ วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential smoothing) ตัวแบบพยากรณ์แบบนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกหอมมะลิ และข้าวเปลือกเจ้าความชื้นร้อยละ 15 (Kodsueb & Boonlha, 2016; Luangprasert et al., 2019; Riansut, 2016) ซึ่งตัวแบบพยากรณ์วิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลถูกใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์ เพื่อพยากรณ์ราคาสินค้าเกษตรอื่น ๆ เช่นกัน ตัวอย่างเช่น การพยากรณ์ราคามันฝรั่งในประเทศตุรกี (Sahinli, 2020) การพยากรณ์ราคาหัวหอมใหญ่ในประเทศอินเดีย (Areef et al., 2020) และการพยากรณ์ราคาข้าวในประเทศแทนซาเนีย (Mgale et al., 2021) เป็นต้น

ความถูกต้องและแม่นยำของการพยากรณ์ราคารับซื้อข้าวเปลือก จะช่วยลดความเสี่ยงในการขาดทุนของเกษตรกรผู้ผลิตข้าวได้ ตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกที่เหมาะสมอาจช่วยพยากรณ์ราคารับซื้อข้าวเปลือกล่วงหน้าได้ใกล้เคียงกับราคารับซื้อจริงในอนาคต ทำให้เกษตรกรสามารถวางแผนการผลิตข้าวประเภทต่าง ๆ ได้ นอกจากนี้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องยังสามารถวางแผนและกำหนดมาตรการต่าง ๆ เพื่อรองรับปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับเกษตรกรผู้ปลูกข้าวได้ล่วงหน้าอีกด้วย แต่จากข้อมูลที่ได้จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น คณะผู้วิจัยพบว่าตัวแบบพยากรณ์ที่ใช้ในอดีตสร้างขึ้น จากข้อมูลราคาขายข้าวเปลือกที่เป็นราคาขายภาพรวมของทั้งประเทศ หากนำค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์ในอดีตมาใช้ ในการพยากรณ์ราคารับซื้อข้าวล่วงหน้าในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ย่อมทำให้เกิดความแตกต่างของราคาจากการพยากรณ์ และราคารับซื้อจริง อีกทั้งตัวแบบพยากรณ์ในอดีต ไม่ครอบคลุมประเภทของข้าวเปลือกที่มีการปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและสร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกที่มีความเหมาะสมสำหรับพยากรณ์ราคารับซื้อข้าวเปลือกเจ้า และข้าวเปลือกเหนียวในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยคาดหวังว่าตัวแบบพยากรณ์ที่สร้างขึ้นจะสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์ราคารับซื้อข้าวเปลือกในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ที่มีผลการพยากรณ์ใกล้เคียงราคารับซื้อจริง ซึ่งจะส่งผลให้สามารถใช้ราคาที่พยากรณ์ เป็นข้อมูลสำหรับการวางแผนการผลิตข้าวของเกษตรกรในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้ถูกต้องและเหมาะสมกว่า

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าและข้าวเปลือกเหนียวในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และใช้เป็นแนวทางในการวางแผนส่งเสริมการผลิตข้าวประเภทต่าง ๆ ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและสร้างตัวแบบพยากรณ์ สำหรับพยากรณ์ราคาข้าวเปลือก ในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 กำหนดขอบเขตของงานวิจัย คือ ศึกษาเปรียบเทียบตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม ระหว่างวิธีบอกซ์-เจนกินส์ และวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล สำหรับพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกสามประเภทที่มีการรับซื้อในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างตัวแบบพยากรณ์ ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและสร้างตัวแบบพยากรณ์ คณะผู้วิจัยเลือกใช้โปรแกรมภาษา R ซึ่งเป็นโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติประเภทเปิดเผยรหัสคำสั่ง (Open source) ที่มี forecast package สำหรับใช้สร้างตัวแบบพยากรณ์วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล

3.3 รวบรวมข้อมูลราคารับซื้อข้าวเปลือกในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากฐานข้อมูลราคาสินค้าเกษตรสำคัญที่เกษตรกรขายได้ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของเว็บไซต์ธนาคารแห่งประเทศไทย เพื่อให้สามารถสร้างตัวแบบพยากรณ์แบบฤดูกาลได้ คณะผู้วิจัยจึงใช้ข้อมูลราคข้าวเปลือกระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ.2548 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2564 จำนวน 204 เดือน เป็นข้อมูลชุดที่หนึ่ง ในการสร้างตัวแบบพยากรณ์สำหรับการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกล่วงหน้าในปี พ.ศ.2565 และใช้ข้อมูลราคข้าวเปลือกระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ.2565 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2565 เป็นข้อมูลชุดที่สอง เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการตรวจสอบค่าที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์กับราคารับซื้อข้าวเปลือกจริง

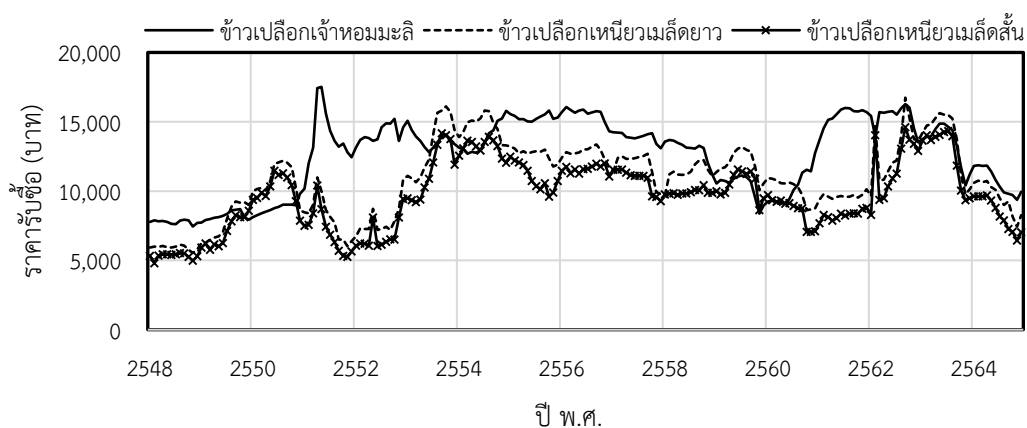
3.4 สร้างตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือก และคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม นำข้อมูลราคข้าวเปลือกรายเดือนที่รวบรวมได้มาสร้างตัวแบบพยากรณ์วิธีบอกซ์-เจนกินส์ และตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียล ทั้งนี้การสร้างตัวแบบพยากรณ์วิธีบอกซ์-เจนกินส์จะต้องมีการตรวจสอบข้อมูลที่ใช้ว่ามีความนิ่งหรือไม่ หากข้อมูลไม่มีความนิ่ง จะต้องทำการแปลงข้อมูลให้มีความนิ่งก่อนโดยการหาค่าผลต่าง (Differencing) ของข้อมูล เมื่อได้ตัวแบบพยากรณ์จากทั้งสองวิธีแล้ว จะพิจารณาคัดเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมจากเกณฑ์รากที่สองของค่าเฉลี่ยคลาดเคลื่อนกำลังสอง (Root mean square error : RMSE) โดยเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่มีค่า RMSE ต่ำที่สุด

3.5 เปรียบเทียบแนวโน้มราคาข้าวเปลือกจริงกับผลการพยากรณ์ที่ได้ นำตัวแบบพยากรณ์ที่ได้รับการคัดเลือกมาพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกทั้งสามชนิด และทำการเปรียบเทียบแนวโน้มราคาจริงกับค่าพยากรณ์

4. ผลการวิจัย

ราคาข้าวเปลือกรายเดือนในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ระหว่างเดือนมกราคม พ.ศ.2548 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2564 แสดงในรูปของกราฟอนุกรมเวลาได้ดังภาพที่ 1 โดยพบว่าข้อมูลอนุกรมเวลาของราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทมีแนวโน้มและการผันแปรตามฤดูกาลที่ไม่ชัดเจน และข้อมูลอนุกรมเวลาของราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทไม่มีความนิ่ง จึงต้องทำการแปลงข้อมูลให้มีความนิ่ง

ด้วยการหาค่าผลต่าง (Differencing) อันดับ 1 โดยค่าทดสอบความนิ่งด้วยวิธี Augmented Dickey-Fuller (ADF) ของราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทก่อนและหลังหาค่าผลต่างได้แสดงในตารางที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟอนุกรมเวลาของราคาข้าวเปลือกในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

ตารางที่ 1 ค่าสถิติ Augmented Dickey-Fuller (ADF) ของราคาข้าวเปลือก

ประเภทข้าวเปลือก	ADF ข้อมูลต้นฉบับ		ADF ข้อมูลผลต่างอันดับที่ 1	
	t-value	p-value	t-value	p-value
ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ	-1.977	0.586	-6.102	0.01
ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว	-2.003	0.575	-6.897	0.01
ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น	-2.077	0.544	-6.053	0.01

เมื่อพิจารณาตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าข้อมูลราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทก่อนถูกแปลงค่า ยังไม่มีความนิ่งโดยดูได้จากค่า p-value จากค่าสถิติ Augmented Dickey-Fuller ของข้อมูลราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทยังไม่มีความนิ่ง เมื่อข้อมูลถูกแปลงค่าโดยการหาค่าผลต่างอันดับ 1 แล้วจะเห็นได้ว่าข้อมูลมีความนิ่งโดยดูได้จากค่า p-value ที่มีความสำคัญ เมื่อได้ข้อมูลที่มีความนิ่งแล้ว นำข้อมูลที่ได้ไปกำหนดตัวแบบ ARIMA ในโปรแกรม R โดยเลือกใช้คำสั่ง auto.arima เพื่อให้โปรแกรม R ช่วยหาตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสม ผลการรันโปรแกรม R พบว่าตัวแบบ ARIMA ที่เหมาะสมสำหรับข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น คือ ตัวแบบ ARIMA(0,1,1)(1,0,1)[12] ตัวแบบ ARIMA(0,1,7) และตัวแบบ ARIMA(0,1,0)(1,0,1)[12] ตามลำดับ โดยข้อมูลค่าประมาณของพารามิเตอร์ของตัวแบบพยากรณ์ ARIMA ของราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าประมาณของพารามิเตอร์ของตัวแบบพยากรณ์ ARIMA ของราคาข้าวเปลือก

พารามิเตอร์		ตัวแบบพยากรณ์		
		ARIMA(0,1,1) (1,0,1)[12]	ARIMA(0,1,7)	ARIMA(0,1,0) (1,0,1)[12]
MA(1)	ค่าประมาณ / S.E. t-value / p-value	0.3156 / 0.0608 5.192 / <0.001		
MA(7)	ค่าประมาณ / S.E. t-value / p-value		0.4157 / 0.1080 3.851 / <0.001	
S.AR(1)	ค่าประมาณ / S.E. t-value / p-value	0.9869 / 0.0527 18.694 / <0.001		-0.7888 / 0.3110 -2.536 / 0.011
S.MA(1)	ค่าประมาณ / S.E. t-value / p-value	-0.9425 / 0.1273 -7.403 / <0.001		0.8778 / 0.2811 3.123 / 0.002
RMSE		547.922	767.791	818.001
Ljung-Box	Q-value / p-value	22.594 / 0.366	31.422 / 0.018	24.386 / 0.327
	องศาอิสระ	21	17	22

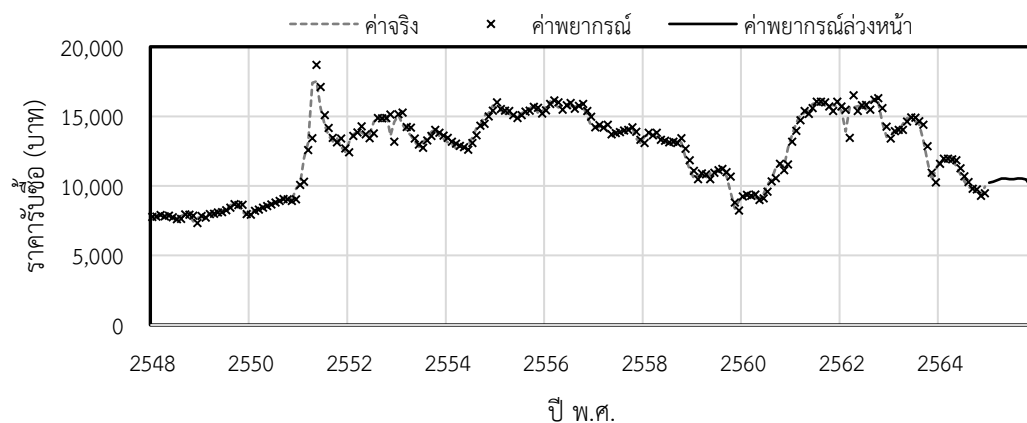
ค่าสถิติในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่าค่าประมาณพารามิเตอร์ของตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทมีค่า p-value น้อยกว่า 0.05 แสดงว่าค่าพารามิเตอร์มีนัยสำคัญในการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อตรวจสอบความเหมาะสมของตัวแบบพยากรณ์ ARIMA ของราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทโดยพิจารณาจากค่าสถิติทดสอบ Q ของ Ljung-Box พบว่าตัวแบบพยากรณ์ ARIMA ของราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้นมีความเหมาะสม แต่ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA ของข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาวไม่เหมาะสม

สำหรับการสร้างตัวแบบพยากรณ์จากวิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลในโปรแกรม R ได้เลือกใช้คำสั่ง ets เพื่อให้โปรแกรม R ช่วยประมาณค่าพารามิเตอร์และเลือกตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมให้ ผลการรันโปรแกรม R พบว่าตัวแบบพยากรณ์จากวิธีการปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลสำหรับพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น คือ ตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของวินเตอร์ และตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น คือ ตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลขั้นเดียว โดยค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลของข้าวเปลือกทั้งสามประเภทแสดงในตารางที่ 3

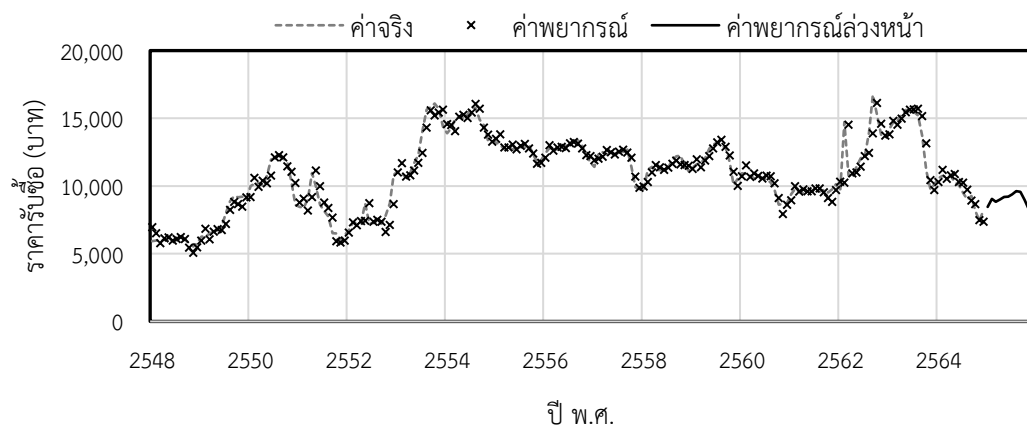
ตารางที่ 3 ค่าประมาณของพารามิเตอร์ของตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบของราคาข้าวเปลือก

พารามิเตอร์		ประเภทข้าวเปลือก		
		ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ	ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว	ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น
พารามิเตอร์ปรับเรียบสถานะเริ่มต้น	ค่าระดับ	0.9998	0.9999	0.9134
	ค่าความชัน	0.1218		
	ค่าฤดูกาล	0.0001	0.0001	
	ค่า damped	0.9661		
	l	7562.25	7517.468	5304.998
	b	183.91		
	s	0.9741, 0.9592, 1.0116, 1.0162, 1.0139, 1.0067, 1.0075, 1.0177, 1.0172, 0.9993, 0.9918, 0.9849	-731.281, -687.424, -9.1404, 579.0697, 635.2793, 395.6499, 220.7192, 196.4815, 17.7607, -143.069, 66.114, -540.160	
RMSE		557.86	746.12	823.26

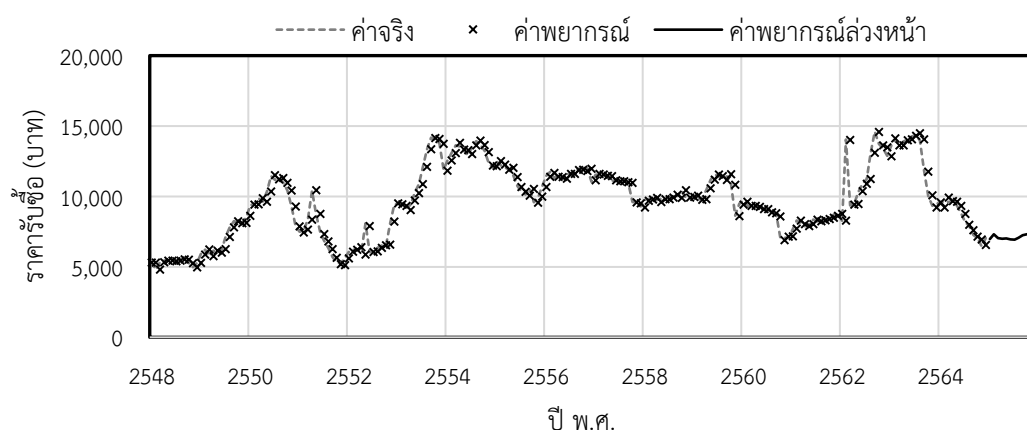
จากการเปรียบเทียบค่า RMSE ของตัวแบบพยากรณ์ทั้งหมดที่สร้างขึ้น พบว่าตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ คือ ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA(0,1,1)(1,0,1)[12] ซึ่งเขียนในรูปของสมการได้ คือ $y_t = y_{t-1} + 0.987y_{t-12} - 0.987y_{t-13} + 0.316\varepsilon_{t-1} - 0.943\varepsilon_{t-12} - 0.297\varepsilon_{t-13} + \varepsilon_t$ ตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว คือ ตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของวินเตอร์ โดยมีค่า $\alpha = 0.99$ และค่า $\gamma = 0.0001$ และตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น คือ ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA(0,1,0)(1,0,1)[12] สามารถเขียนในรูปสมการได้ คือ $y_t = y_{t-1} - 0.789y_{t-12} + 0.789y_{t-13} + 0.878\varepsilon_{t-12} + \varepsilon_t$ โดยผลการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกล่วงหน้า 1 ปี สามารถแสดงกราฟการพยากรณ์ได้ดังภาพที่ 2 ถึงภาพที่ 4 โดยเมื่อพิจารณาค่าพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกล่วงหน้า คาดว่าราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิและราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้นมีแนวโน้มคงที่ ในขณะที่ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงปลายปี



ภาพที่ 2 กราฟพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกล่วงหน้า 1 ปี ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ

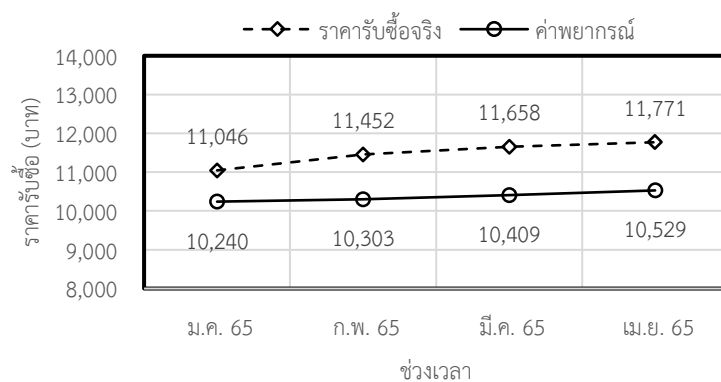


ภาพที่ 3 กราฟพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกล่วงหน้า 1 ปี ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว

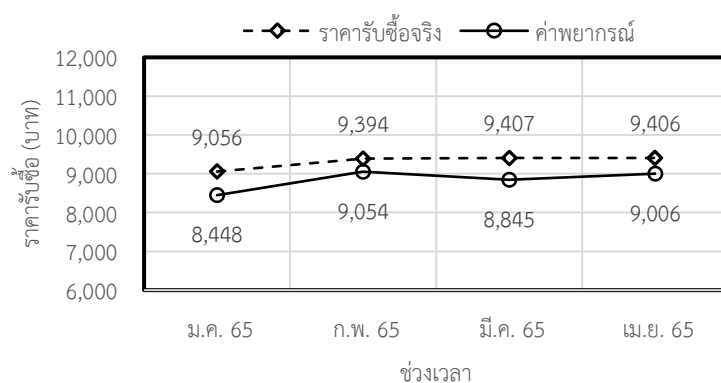


ภาพที่ 4 กราฟพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกล่วงหน้า 1 ปี ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น

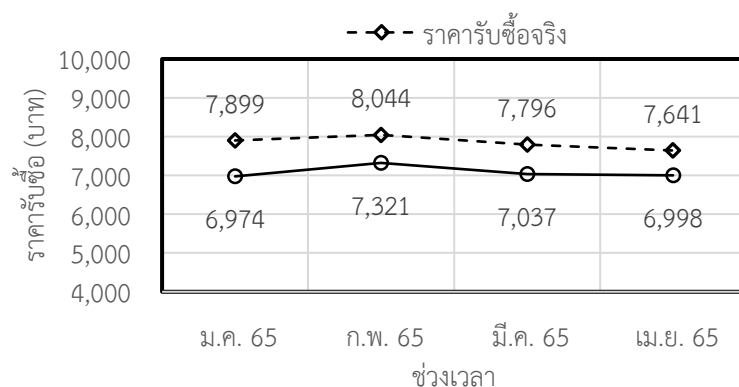
กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์ล่วงหน้ากับราคาซื้อขายจริงของราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภท ในระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2565 แสดงได้ดังภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 7



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับราคาซื้อขายจริง ข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ



ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับราคาซื้อขายจริง ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว



ภาพที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับราคาซื้อขายจริง ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น

จากภาพที่ 5 ถึงภาพที่ 7 จะเห็นได้ว่าค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวทั้งสามประเภทให้ค่าพยากรณ์ที่ต่ำกว่าราคารับซื้อจริงในทุกเดือน โดยค่าพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกมีค่าต่ำกว่าราคารับซื้อจริงเฉลี่ยร้อยละ 10.70, 5.44 และ 10.78 สำหรับข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น ตามลำดับ อย่างไรก็ตามแม้ว่าค่าพยากรณ์จะมีค่าต่ำกว่าราคารับซื้อจริง หากพิจารณาจากลักษณะของเส้นกราฟจะเห็นได้ว่าแนวโน้มของค่าพยากรณ์และราคารับซื้อจริง มีลักษณะสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันสำหรับข้าวทุกประเภท

5. สรุปผลและอภิปรายผล

จากวัตถุประสงค์การวิจัยในการหาตัวแบบที่เหมาะสมในการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าและข้าวเปลือกเหนียวในภูมิภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ผลการวิจัยพบว่าตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิที่เหมาะสมคือ ตัวแบบพยากรณ์ ARIMA(0,1,1)(1,0,1)[12] ซึ่งเป็นตัวแบบพยากรณ์ที่ได้จากวิธีของบ็อกซ์-เจนกินส์ ที่ข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาลเช่นเดียวกับตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกของรัฐใต้สหรัฐอเมริกาของประเทศอินเดีย (Sau et al., 2020) และสอดคล้องกับงานวิจัยของศศิธร โกฏิสืบ และกัลยา บุญหล้า (Kodsueb & Boonlha, 2016) ซึ่งได้ตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิที่เหมาะสมคือตัวแบบพยากรณ์ ARIMA เช่นกัน แต่ค่าพารามิเตอร์ของตัวแบบมีความแตกต่างกันทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าข้อมูลที่นำมาใช้สร้างตัวแบบเป็นข้อมูลคนละช่วงเวลา สำหรับตัวแบบพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาวและเมล็ดสั้นที่เหมาะสมคือ ตัวแบบพยากรณ์วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลด้วยวิธีของวินเตอร์ และตัวแบบพยากรณ์ ARIMA(0,1,0)(1,0,1)[12] ตามลำดับ โดยตัวแบบพยากรณ์ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาวที่ได้แตกต่างจากตัวแบบพยากรณ์จากงานวิจัยของวรารัณดา เรียนสุทธิ์ (Riansut, 2018) ซึ่งได้ตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสม คือ ตัวแบบ ARIMA ทั้งนี้อาจเป็นเพราะงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้ทำการพยากรณ์ โดยใช้วิธีปรับให้เรียบแบบเอกซ์โพเนนเชียลและข้อมูลที่ใช้เป็นคนละช่วงเวลา จึงทำให้ได้ตัวแบบพยากรณ์ที่ต่างกัน

เมื่อนำตัวแบบพยากรณ์ที่เหมาะสมมาทำการพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกทั้งสามประเภทล่วงหน้า 1 ปี ผลการพยากรณ์คาดว่าราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ และราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้นมีแนวโน้มคงที่ โดยมีราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 10,386 บาท/ตัน และ 7,125 บาท/ตัน ตามลำดับ ในขณะที่ราคาข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงแรกและลดลงในช่วงปลายปี โดยคาดว่า จะมีราคาสูงสุดประมาณ 9,623 บาท/ตัน ในช่วงเดือนสิงหาคมและลดลงเหลือ 8,257 บาท/ตัน ในเดือนธันวาคม และเมื่อเปรียบเทียบค่าพยากรณ์กับราคารับซื้อข้าวเปลือกจริง ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ.2565 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ.2565 พบว่าค่าพยากรณ์ที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าจริงสำหรับข้าวเปลือกทุกประเภท แต่มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน โดยค่าพยากรณ์ราคาข้าวเปลือกเจ้าหอมมะลิ ข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดยาว และข้าวเปลือกเหนียวเมล็ดสั้น มีค่าต่ำกว่าค่าจริงเฉลี่ยร้อยละ 10.70, 5.44 และ 10.78 ตามลำดับ คณะผู้วิจัยคิดว่าค่าพยากรณ์ที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าจริงน่าจะเกิดจากราการับซื้อข้าวเปลือกในปี พ.ศ.2564 มีราคาต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณการส่งออกข้าวในตลาดหลักของประเทศไทยในปี พ.ศ.2564 มีแนวโน้มหดตัว โดยมีอัตราการเติบโต -14.1% (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร) รวมทั้งสถานการณ์การแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) ในช่วงปี

พ.ศ.2563 – 2564 เมื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ เพื่อพยากรณ์ราคาข้าวเปลือก จึงทำให้ได้ค่าพยากรณ์ที่ต่ำ อีกทั้งในช่วงไตรมาสแรกของปี พ.ศ.2565 ปริมาณการส่งออกข้าว มีปริมาณเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะข้าวหอมมะลิที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.5 เมื่อเทียบกับช่วงเวลาเดียวกันในปี พ.ศ.2564 (สำนักงานปลัดกระทรวงพาณิชย์) รวมทั้งการปรับขึ้นของราคาน้ำมัน ในช่วงเวลาที่ผ่านมายังส่งผลให้ราคาสินค้าต่าง ๆ มีค่าสูงขึ้นจึงทำให้ราคาข้าวเปลือกสูงขึ้นตามไปด้วย จึงมีผลทำให้ค่าพยากรณ์ที่ได้จึงมีค่าต่ำกว่าค่าจริงทั้ง 4 เดือน โดยเฉพาะค่าพยากรณ์ที่ได้จากตัวแบบ ARIMA ซึ่งคำนวณจากข้อมูลราคารับซื้อในอดีต และค่าคลาดเคลื่อนจากการพยากรณ์และค่าจริงในอดีต

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณธนาคารแห่งประเทศไทยที่ได้จัดทำฐานข้อมูล และเผยแพร่ข้อมูลราคาสินค้าเกษตรสำคัญ ซึ่งถูกใช้เป็นข้อมูลในการสร้างตัวแบบพยากรณ์ในงานวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- Areef, M., Rajeswari, S., Vani, N., & Naidu, M. G. (2020). Forecasting of onion prices in Bangalore market: An application of time series models. *Indian Journal of Agricultural Economics*. 75(2), 217 – 227.
- Buddhasiri, P. (2017). *The factors that affect the price of paddy rice in Thailand*. [Master's independent research, Bangkok University]. http://dspace.bu.ac.th/bitstream/123456789/2423/1/pimpakarn_budd.pdf. (in Thai)
- Bureau of Agricultural Economic Research, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2022). *Important agricultural products statistics and trend in year 2022*. <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2565/trendstat2565-Final-Download.pdf> (in Thai)
- Kathayat, B. & Dixit, A. K. (2021). Paddy price forecasting in India using ARIMA model. *Journal of Crop and Weed*, 17(1), 48 – 55.
- Kodsueb, S. & Boonlha, K. (2016). Construction of model for the price of Thai Jasmine rice 105. *Science and Technology Nakhon Sawan Rajabhat University Journal*, 8(8), 49 – 60. (in Thai)
- Luangprasert, G., Lakkhananurak, N., & Hengphaphom, K. (2019, July 11-12). A Comparison of the Forecasting Technique Efficiency for Aromatic Rice Price Using Adaptive-Response-Rate Single Exponential Smoothing and Linear Regression technique. *Research creation innovation for local and Thai society to disruptive society*. The 11th NPRU National Academic Conference Nakhon Pathom Rajabhat university, Nakhon Pathom. (in Thai)

- Mgale, Y. J., Yan, Y., & Timothy, S. (2021). A comparative study of ARIMA and Holt-Winters exponential smoothing models for rice price forecasting in Tanzania. *Open Access Library Journal*, 8, 1 – 9.
- Office of Agricultural Economics, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2021). *Agricultural Statistics of Thailand 2021*. [https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2565/yearbook 2564.pdf](https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/journal/2565/yearbook%202564.pdf) (in Thai)
- Ohyver, M. & Pudjihastuti, H. (2018). Arima model for forecasting the price of medium quality rice to anticipate price fluctuations. *Procedia Computer Science* 135, 707 – 711.
- Praibuang, R., Yongstar, T., & Sithisarn, J. (2018). An investigation for the factors that affect the price of Jasmine rice. *Science Journal Chandrakasem Rajabhat University*, 28(4), 1 – 5. (in Thai)
- Rangkakulnuwat, P. (2013). *Time Series Analysis for Economics and Business*. Chulalongkorn University Press. (in Thai)
- Riansut, W. (2016). Forecasting the prices of paddy rice at 15% moisture content. *The Science Journal of Phetchaburi Rajabhat University*, 13(1), 14 – 25. (in Thai)
- Riansut, W. (2018). Selection of appropriate forecasting model for the grain price of Long Oryza Sativa. *Burapha Science Journal*, 23(3), 1779 – 1792. (in Thai)
- Sahinli, M. A. (2020). Potato price forecasting with Holt-Winters and ARIMA methods: A case study. *American Journal of Potato Research*, 97, 336 – 346.
- Sahu, R. C., Lakhera, M. L., & Walke, S. S. (2020). Forecasting paddy prices in Ambikapur market of Chhattisgarh state using SARIMA approach. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(4), 1366 – 1372.

การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งในการบริหารจัดการสมาร์ตฟาร์ม กรณีศึกษา โรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม จังหวัดพระนครศรีอยุธยา Internet of Things Application for Smart Farm Management: A Case Study of Nongnumsomwithayakom School, Phra Nakhon Si Ayutthaya Province

อาคม หะยือมา¹, ณัฐพงศ์ สอนงคุณ^{2*}, จารุณี สอนงคุณ³ และแดงเดช แนนเกียง⁴
Akom Hayeeuma¹, Nuttapong Sanongkhun^{2*}, Jarunee Sanongkhun³ and Daengdesh Naenkieng⁴
^{1,2*,3,4} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์สุพรรณบุรี
ตำบลย่านยาว อำเภอสามชุก จังหวัดสุพรรณบุรี 72130 โทรศัพท์ 09 8346 2824 E-mail: nattapong.s@rmutsb.ac.th
^{1*,2,3,4} Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi, Suphanburi
Campus, Yan Yao, Samchuck, Suphanburi 72130 Tel. +669 8346 2824 E-mail: nattapong.s@rmutsb.ac.th

วันที่รับบทความ 17 พฤษภาคม 2565
Received: May. 17, 2022

วันที่รับแก้ไขบทความ 30 พฤศจิกายน 2565
Revised: Nov. 30, 2022

วันที่ตอบรับบทความ 16 ธันวาคม 2565
Accepted: Dec. 16, 2022

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์การนำอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง มาใช้ในการควบคุมระบบรดน้ำในแปลงผักพร้อมทั้งแสดงผลผ่านคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE โดยมีพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ การทำงานของระบบ อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ความชื้นในดิน และการเกิดฝนบริเวณแปลง ระบบมีขั้นตอนการทำงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ 1. การทำงานในสภาพอากาศปกติ ระบบจะสั่งเปิดวาล์วรดน้ำไล่เรียงทีละแปลง เพื่อช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ปั๊มน้ำที่มีกำลังสูง กำหนดให้ทำงานวันละ 3 รอบ แต่ละรอบสามารถกำหนดให้ทำงานได้ตั้งแต่ 5 – 30 นาที 2. ในกรณีที่เกิดฝนตก ในช่วงก่อนระบบทำงาน 15 นาที หรือช่วงระบบทำงานและมีค่าความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศเกินร้อยละ 90 ระบบรดน้ำจะหยุดทำงาน หรือหากต้องการเปิด - ปิด ระบบการให้น้ำที่อยู่ภายนอกจากเงื่อนไขที่กำหนด สามารถสั่งผ่านจากเว็บแอปพลิเคชัน ออกแบบให้ใช้งานได้ง่าย

ผลการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบและแสดงผลผ่านคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE จำนวน 3 รอบ ๆ ละ 5 วัน รวมจำนวนที่ทำการเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 15 ครั้ง พบว่าระบบมีความถูกต้องในการทำงานคิดเป็นร้อยละ 93.33

คำสำคัญ: อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง, สมาร์ตฟาร์ม, คลาวด์แพลตฟอร์ม

Abstract

The aim of this study was to apply an Internet of Things application to control the watering system of vegetable plots while showing the results via the cloud-based platform NETPIE. In this study, the parameters were air temperature, relative humidity, soil moisture, and rain. Two systems were used depending if the weather was clear or rainy. If the weather was clear, the system turned on the water for each vegetable

plot one by one. This was to reduce the cost of using a high-powered water pump. There were three periods of operating the high-powered water pump. In each period, the pump operated for 5-30 minutes. If there was rain 15 minutes before the system was used, or while the machine was being used, and the air had a relative humidity of more than 90 percent, the system was closed using the web application, which was easy to use and control.

The system was tested for 15 days. There were 3 rounds of testing, with each round lasting for 5 days. The result of the study showed that the system accuracy was 93.33%.

Keywords: Internet of Things, Smart Farm, Cloud Platform

1. บทนำ

จากเป้าหมาย Thailand 4.0 ด้านมิติความอยู่ดีมีสุขทางสังคม ที่ต้องการเปลี่ยนเป็น “สังคมที่ไม่ทอดทิ้งใครไว้ข้างหลัง” (Inclusive Society) ด้วยการเติมเต็มศักยภาพของผู้คนในสังคม เพื่อสร้างหลักประกันความมั่นคงทางเศรษฐกิจสังคม และฟื้นความสมานฉันท์และความเป็นปึกแผ่นของคนในสังคมให้กลับคืนมาอีกครั้งหนึ่ง หนึ่งในเป้าหมาย คือการเพิ่มจำนวนเกษตรกรให้เป็น Smart Farmer จำนวน 20,000 ครัวเรือน ภายในระยะเวลา 5 ปี และ 100,000 ครัวเรือน ภายใน 10 ปี นอกจากนี้ 1 ใน 5 กลุ่มเทคโนโลยีและอุตสาหกรรมเป้าหมายที่ต้องการพัฒนาขึ้นในประเทศ คือกลุ่มดิจิทัลและอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง เทคโนโลยีสมองกลฝังตัว (Digital & IOT - Embedded Technology) จุดตั้งต้นที่จะต้องริเริ่ม (Killer Applications) จุดหนึ่ง คือ Smart Farm โดยมหาวิทยาลัยเป็นปัจจัยที่จะต้องเติมให้เต็ม (Missing Links) (Division of Research Administration and Quality Assurance, 2016)

โรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา เป็นโรงเรียนระดับกลาง ได้รับปัจจัยการผลิตการขยายผลโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวัน ตามพระราชดำริของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ให้ดำเนินโครงการตั้งแต่ปี พ.ศ.2561 แต่ที่ผ่านมาโรงเรียนได้พบปัญหาเกี่ยวกับระบบการให้น้ำในแปลงปลูกผัก ซึ่งระบบเดิมได้ใช้เครื่องตั้งเวลาควบคุมการจ่ายไฟเข้าปั๊ม (ติดตั้งใกล้กับแปลงที่ 1) เพื่อสูบน้ำเข้าสู่แปลงผัก เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้ระบบก็จะเปิดน้ำ รดน้ำผักผ่านสปริงเกอร์ที่ติดตั้งไว้ตามจุดต่าง ๆ แต่พบว่าการให้น้ำด้วยวิธีดังกล่าวไม่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากน้ำที่จ่ายไปรดน้ำนั้น ไม่ได้มีอุปกรณ์เพิ่มแรงดันใด ๆ โดยใช้แรงดันจากน้ำตามท่อปกติ ประกอบกับแปลงปลูกผักมีความยาวประมาณ 160 เมตร แปลงผักที่อยู่ท้าย ๆ จึงได้รับน้ำไม่เพียงพอ ส่วนแปลงผักที่อยู่ใกล้กับเครื่องสูบน้ำก็ได้รับน้ำมากเกินไปเกิดปัญหาน้ำท่วมแปลงผัก พืชผักเสียหายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้ระบบดังกล่าวไม่สามารถกำหนดเงื่อนไขหยุดการรดน้ำเมื่อมีฝนตก ระยะเวลาที่ให้น้ำที่เหมาะสมกับชนิดของพืชในแต่ละแปลง และปริมาณน้ำที่เพียงพอสำหรับความชุ่มชื้นในดินในระดับที่เหมาะสม จากปัญหาเกี่ยวกับระบบการให้น้ำในแปลงปลูกผักของโรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม ทางคณะผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการนำอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง ซึ่งเป็นเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์เครื่องมือ เซนเซอร์ต่าง ๆ

มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบรดน้ำ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ตและระบบสมาร์ตฟาร์ม ที่มีการนำเซนเซอร์วัดปัจจัยทางกายภาพ เพื่อช่วยให้การใช้ทรัพยากรน้ำได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ตรงต่อความต้องการของพืช ช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรน้ำ มาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการออกแบบระบบควบคุมการให้น้ำแบบแยกอิสระจากกันในแต่ละแปลง และทำงานร่วมกับเซนเซอร์ต่าง ๆ เพื่อให้ระบบสามารถจ่ายน้ำให้มีความเหมาะสมกับพันธุ์พืชในแต่ละแปลง สามารถทราบสถานะการทำงานของระบบแบบเรียลไทม์ (Real time) ผ่าน NETPIE ด้วยการเชื่อมต่อระบบกับเครือข่ายไร้สาย โดยคาดหวังว่าระบบดังกล่าวจะทำให้ผักในแต่ละแปลงเจริญเติบโตตามความมุ่งหวังของโรงเรียน และเป็นหนึ่งในปัจจัยการผลิตการขยายผลโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวันได้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ต เพื่อสรรพสิ่งในการควบคุมระบบรดน้ำในแปลงผัก พร้อมแสดงผลการทำงานผ่านคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE

2.2 เพื่อศึกษาการนำเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์มาใช้ร่วมกับอินเทอร์เน็ต เพื่อสรรพสิ่งในการควบคุมระบบรดน้ำในแปลงผัก

2.3 เพื่อเปรียบเทียบจำนวนแปลงเพาะปลูกที่สามารถเก็บผลผลิตได้ระหว่างเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต เพื่อสรรพสิ่งกับระบบรดน้ำแบบตั้งเวลา

3. วิธีดำเนินการวิจัยและระเบียบวิธีวิจัย

3.1 ขอบเขตการศึกษา

1. ศึกษาและพัฒนาระบบรดน้ำในแปลงผักที่ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง

2. ระบบรดน้ำในแปลงผักที่ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง สามารถแสดงผลการทำงานข้อมูลการเกิดฝน ความชื้นในดิน อุณหภูมิบริเวณแปลงปลูก ผ่านคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE

3. ดำเนินการวิจัยภายในโรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม อำเภออุทัย จังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยมีระยะเวลาดำเนินการเก็บข้อมูลในเดือน กันยายน พ.ศ.2562 - เมษายน พ.ศ.2563

3.2 กรอบแนวคิด

การศึกษาวิจัยนี้มีแนวคิดในการออกแบบระบบรดน้ำที่ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ต เพื่อสรรพสิ่งและแสดงผลการทำงานของระบบผ่านคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE โดยนำเซนเซอร์ตรวจวัดการเกิดฝน อุณหภูมิบริเวณแปลงปลูกผัก ค่าความชื้นในดิน เข้ามาช่วยให้การทำงานของระบบรดน้ำมีความทันสมัยและลดการสิ้นเปลืองของทรัพยากรน้ำ

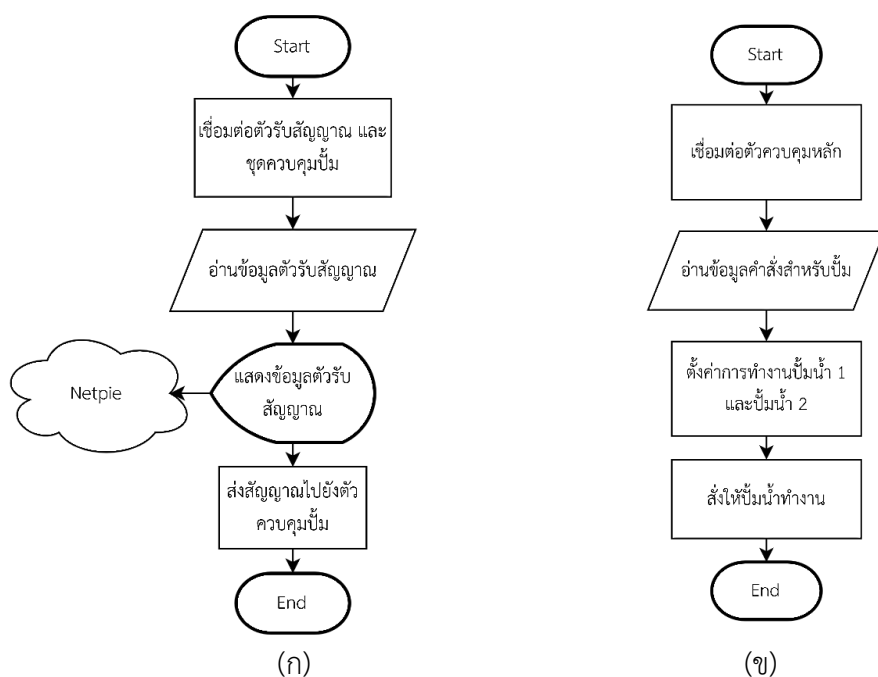
3.3. วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่1 คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลของเซนเซอร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของบอร์ดอาดูยโน (บอร์ดอาดูยโน ESP8266 และATMEGA2560) ได้แก่ เซนเซอร์วัดความชื้นและอุณหภูมิในอากาศ รุ่น DHT11, เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน รุ่น FC-28, เซนเซอร์ตรวจจับน้ำฝน รุ่น MH-RD Raindrop Sensor และอุปกรณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาโปรแกรมควบคุมการทำงาน

1. แผนผังคำสั่งการทำงานของระบบหลักใน ESP32 ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับเซนเซอร์สำหรับวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ เซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เซนเซอร์ตรวจสอบฝน และการแสดงผลผ่านแพลตฟอร์ม NETPEI ดังภาพที่ 1 (ก)

2. แผนผังคำสั่งการทำงานของระบบรดน้ำ ATMEGA ซึ่งใช้สั่งการทำงานของอุปกรณ์ปั้มน้ำ และโซลินอยด์วาล์ว แสดงดังภาพที่ 1 (ข)

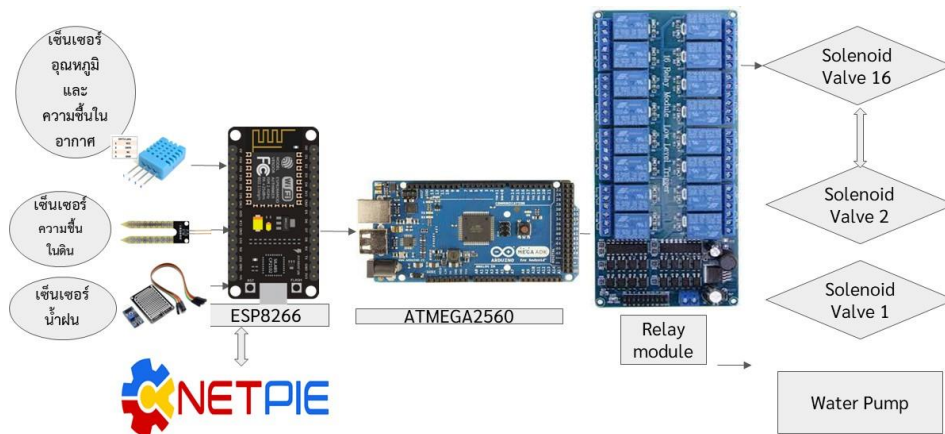


ภาพที่ 1 (ก) แผนผังเริ่มต้นการทำงาน ESP32

(ข) การรับ-ส่งข้อมูลจากบอร์ด ATMEGA 2560

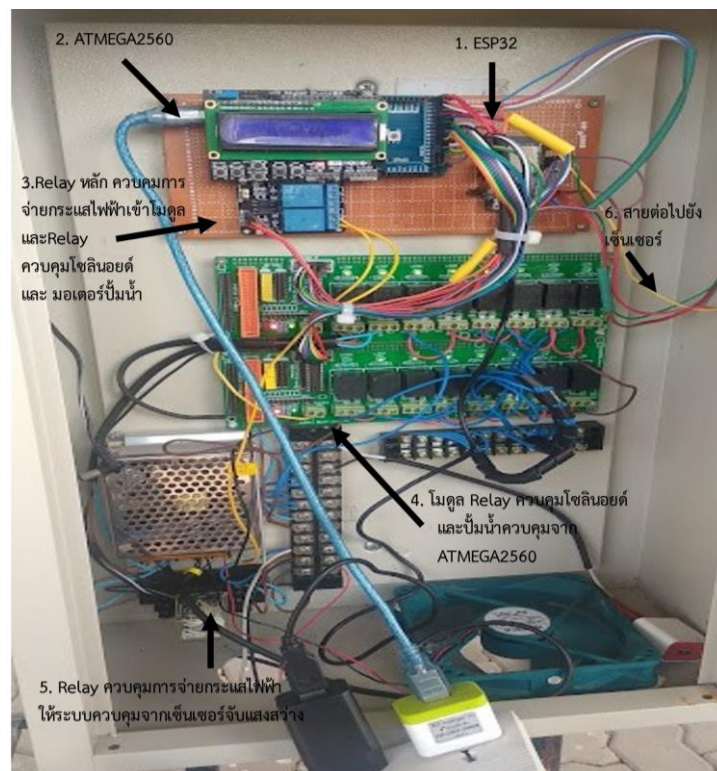
ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบระบบ Smart Farm เพื่อกำหนดรูปแบบการวางอุปกรณ์ และวงจรให้สามารถทำงานร่วมกันได้ ตลอดจนจัดวางโครงสร้างภายในและภายนอกของวงจรให้มีระเบียบและรูปลักษณะที่สวยงาม โดยคณะผู้วิจัยได้ออกแบบการควบคุมการรดน้ำแบบแยกอิสระจากกันในแต่ละแปลง เพื่อให้สามารถรักษาปริมาณน้ำให้มีความเหมาะสมกับพันธุ์พืชในแต่ละแปลง

ขั้นตอนที่ 4 ทดสอบการทำงานของวงจร การสั่งงานของระบบ การทำงานของเซนเซอร์ต่าง ๆ และการเชื่อมต่อกับเครือข่ายไร้สาย โดยควบคุมผ่าน NETPIE เพื่อให้วงจร Smart Farm แสดงผลการทำงานของระบบได้ โดยมีบล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมการทำงานของระบบ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 บล็อกไดอะแกรมแสดงภาพรวมการทำงานของระบบ

3.4 การออกแบบเครื่องมือ คณะผู้วิจัยได้ออกแบบวงจรในการควบคุมการทำงานของระบบให้มีหน้าที่ในการประมวลผลการทำงานในระบบควบคุมการเปิด - ปิดน้ำ ในแปลงปลูกผัก ดังภาพที่ 3



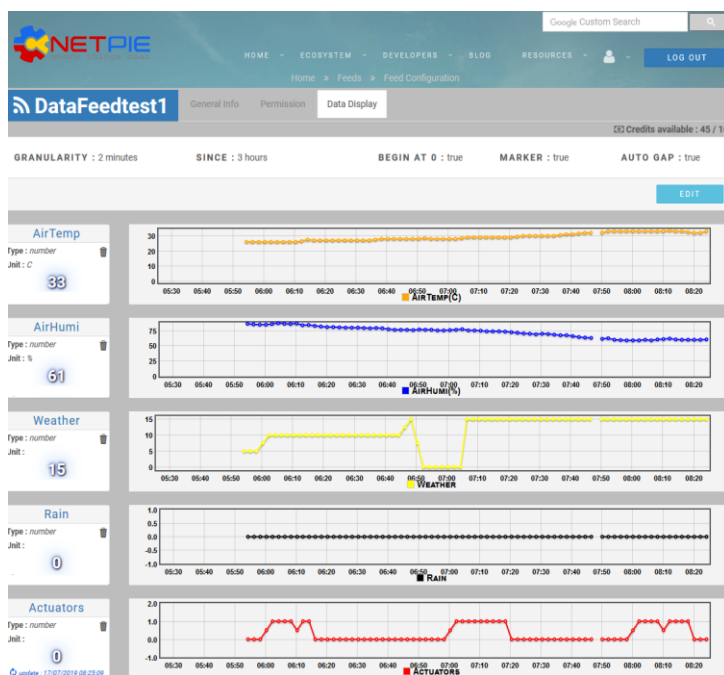
ภาพที่ 3 การออกแบบวงจรในการควบคุมระบบในการใช้งานจริง

จากภาพที่ 2 และภาพที่ 3 คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบวงจรที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ ซึ่งประกอบด้วยชุดเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิและวัดความชื้นในอากาศ (Temperature and Humidity Sensor, DHT 11) ย่านวัดอุณหภูมิ 0 - 50 องศาเซลเซียส มีความผิดพลาดในการวัดไม่เกิน $\pm 2^{\circ}\text{C}$, ย่านวัดความชื้น 20-90% RH โดยค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity, RH)

สามารถคำนวณได้จากสมการ (1) มีค่าความผิดพลาดในการวัดไม่เกินร้อยละ 5 (Mouser Electronics, 2022)

$$RH = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่จะทำให้อากาศอิ่มตัว ณ อุณหภูมิเดียวกัน}} \times 100\% \quad (1)$$

นอกจากนี้ยังมีชุดเซนเซอร์ตรวจจับน้ำฝน (Raindrop Detection Sensor Module) และเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เชื่อมต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP 32 เป็นตัวควบคุมการทำงาน และประมวลผลค่าที่ได้รับมาจากเซนเซอร์ ส่งข้อมูลต่อไปยัง NETPIE ที่ทำหน้าที่ดูแลการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สามารถสื่อสารกันได้ เก็บค่าข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ การแจ้งเตือนความผิดปกติของเซนเซอร์จากที่ได้กำหนดไว้ โดยแสดงผลและควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ผ่าน Dashboard (ดังภาพที่ 4)



(ก.)



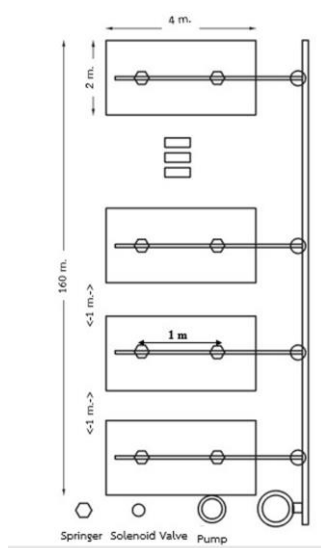
(ข.)

ภาพที่ 4 (ก.) ข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่แสดงบน NETPIE
(ข.) อินเทอร์เฟซของเว็บแอปพลิเคชันในงานวิจัยครั้งนี้

จากภาพที่ 4 (ก.) แสดงการกำหนดเงื่อนไขการทำงานของระบบบน Dashboard โดยเส้นสีเหลืองแสดงเงื่อนไขทำงาน เส้นสีแดงแสดงการทำงาน (สั่งให้ ปั้มน้ำ โซลินอยด์วาล์วทำงาน) โดยเส้นสีแดงจะเริ่มทำงาน เมื่อเส้นสีเหลืองต่ำกว่าค่ากำหนด นอกจากนี้ยังมีไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino ATMEGA 2560 ที่รับคำสั่งสำหรับควบคุมการทำงานของชุดรีเลย์ที่ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิด - เปิด

ปั้มน้ำให้ทำงาน โดยทำการติดตั้งอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ ลงในกล่องกันน้ำ ติดตั้งหน้าบริเวณใกล้ปั้มน้ำ สามารถดูการทำงานได้จากหน้าจอ LCD ขนาดจอ 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด ของกล่องอุปกรณ์หรือดูผ่านมือถือ ผ่านเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ซึ่งผลลัพธ์จะปรากฏบนหน้าจอหรือส่วนแสดงผลของอุปกรณ์ฝั่งคณะผู้วิจัย โดยในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ได้ออกแบบหน้าเว็บเพจเพื่อควบคุมการเปิด - ปิดระบบ รวมทั้งแสดงข้อมูลทางกายภาพเบื้องต้น ดังภาพที่ 4 (ข.)

3.5 สถานที่ดำเนินงานวิจัย แปลงปลูกผักในโรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม มีขนาด 2 x 4 เมตร ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร จำนวน 31 แปลง วางเรียงรายต่อเนื่องตลอดระยะทางประมาณ 160 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 5 (ก) โดยน้ำที่นำมาใช้ในแปลงนั้น นำขึ้นจากลำน้ำสาธารณะด้วยปั้มหอยโข่ง ขนาด 3 แรงม้า ท่อน้ำเข้าออก 3x3 นิ้ว (หน้าแปลน) ดังแสดงในภาพที่ 5 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 (ก) ผังแปลงปลูกผัก โรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม

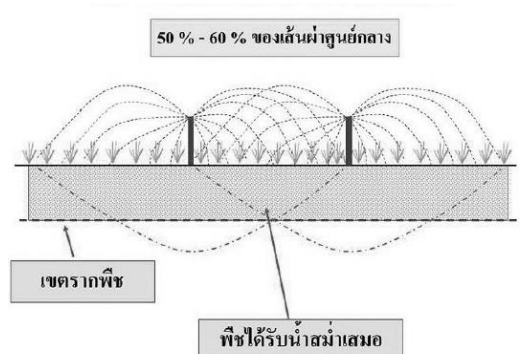
(ข) ลักษณะแปลงปลูกผัก โรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกการให้น้ำแบบสปริงเกลอร์ (Sprinkler Irrigation) จ่ายน้ำผ่านรูฉีด (Nozzle) ไปกระทบกับแป้นปะทะเส้นผ่านศูนย์กลางฉีดน้ำ 3.0 เมตร ระยะระหว่างหัวสปริงเกลอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานสำหรับสภาพพื้นที่ทั่ว ๆ ไป ค่าที่แนะนำคือ ร้อยละ 50 ของเส้นผ่าศูนย์กลางฉีดน้ำ เรียกการวางแบบนี้ว่าการวางหัวแบบหัวชน (Kaikaew, T. & Khongman, K., 2018) ดังสมการ (2)

$$\text{ระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำ} = \frac{1}{2} \times \text{เส้นผ่านศูนย์กลางฉีดน้ำ} \quad (2)$$

ดังนั้นระยะระหว่างหัวจ่ายน้ำที่ทางผู้วิจัยใช้ให้มีความเหมาะสมคือ 1.5 เมตร ทั้งนี้การวางตำแหน่งหัวจ่ายน้ำได้ถูกต้อง เหมาะสมจะช่วยให้พืชเจริญเติบโตได้สม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง ดังภาพที่ 6

การวางตำแหน่งหัวสปริงเกอร์ที่ดี



ภาพที่ 6 การซ้อนทับของวงน้ำที่วางหัวได้ระยะที่เหมาะสมทำให้พื้นที่ได้รับน้ำสม่ำเสมอ
ที่มา: Kaikaew,T. & Khongman, K.,2018

4. ผลการวิจัย

4.1 ผลการประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรพสิ่งในการควบคุมระบบรดน้ำในแปลงผัก
ขนาด 2 x 4 เมตร ความยาวประมาณ 160 เมตร พร้อมแสดงผลการทำงานผ่านคลาวด์แพลตฟอร์ม
NETPIE แสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การแสดงข้อมูลของพารามิเตอร์ต่าง ๆ บนหน้า NETPIE ช่วงการทดสอบระบบ

จากภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างผลการทำงานของระบบรดน้ำที่ควบคุมด้วยอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งผ่าน NETPIE พบว่าระบบจะเริ่มทำการรดน้ำไปที่ละแปลง (กราฟเส้นสีแดงแปลงที่ 1 สีน้ำเงินแปลงที่ 2 สีเหลืองแปลงที่ 3 และแปลงที่ 4 สีดำ) โดยมีเงื่อนไขการรดน้ำในขณะนั้น คือ อุณหภูมิบริเวณแปลงผัก 34 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศร้อยละ 60

4.2 ผลการนำเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์มาใช้ร่วมกับอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งในการควบคุมระบบรดน้ำในแปลงผัก โดยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบที่แสดงผลการทำงานผ่าน NETPIE ขณะใช้งานจริงกับแปลงปลูกผักของโรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคมในรอบที่ 1 ระหว่างวันที่ 22 - 26 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2563 ตั้งเวลาการรดน้ำไว้ทั้งหมด 3 ช่วง คือ P1 = 06.00 - 08.00 น., P2 = 11.00 - 13.00 น., P3 = 16.00 - 18.00 น ได้ผลการเก็บข้อมูลแสดงดังตารางที่ 1 (เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ระบบแสดงผลการทำงานบน NETPIE เครื่องหมาย × หมายถึง ระบบไม่แสดงผลการทำงานผ่าน NETPIE)

ตารางที่ 1 แสดงผลการเก็บข้อมูลในรอบที่ 1

วันที่	การแสดงผลทำงานบนNETPIE		
	P1	P2	P3
22/02/63	✓	✓	✓
23/02/63	✓	✓	✓
24/02/63	✓	✓	✓
25/02/63	✓	✓	✓
26/02/63	✓	✓	✓

จากผลการแสดงข้อมูลดังตารางที่ 1 พบว่าการเก็บข้อมูลในรอบที่ 1 การแสดงผลการทำงาน ของระบบตลอด 5 วันที่บันทึกข้อมูล ระบบแสดงผลการทำงานผ่าน NETPIE ตามปกติ

ในการเก็บข้อมูลรอบที่ 2 ระหว่างวันที่ 7 - 11 มีนาคม พ.ศ.2563 ตั้งเวลาการรดน้ำไว้ทั้งหมด 3 ช่วง คือ P1 = 06.00 - 08.00 น., P2 = 11.00 - 13.00 น., P3 = 16.00 - 18.00 น ได้ผลการเก็บข้อมูลแสดงดังตารางที่ 2 (เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ระบบแสดงผลการทำงานบน NETPIE เครื่องหมาย × หมายถึง ระบบไม่แสดงผลการทำงานผ่าน NETPIE)

ตารางที่ 2 แสดงผลการเก็บข้อมูลในรอบที่ 2

วันที่	การแสดงผลทำงานบนNETPIE		
	P1	P2	P3
7/03/63	×	×	×
8/03/63	✓	✓	✓
9/03/63	✓	✓	✓
10/03/63	✓	✓	✓
11/03/63	✓	✓	✓

จากผลการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 2 พบว่าในวันที่ 7 มีนาคม พ.ศ.2563 ไม่ปรากฏการแสดงผลการทำงานบนคลาวด์แพลตฟอร์ม NETPIE คณะผู้วิจัยจึงได้เดินทางไปยังสถานที่ดำเนินงานวิจัย เพื่อหาสาเหตุ พบว่าเกิดจากสายไฟที่ใช้รับ-ส่งสัญญาณจากบอร์ดไปยังโซลินอยด์วาล์ว ถูกตัดขาดเนื่องจากการตัดหญ้าบริเวณแปลงปลูก (ในช่วงเสาร์ - อาทิตย์) ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการต่อสายไฟที่ขาดและนำสายไฟรับ - ส่งสัญญาณทั้งหมดใส่ไว้ในท่อร้อยสายไฟ เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดปัญหาดังกล่าวในอนาคต เมื่อทำการตรวจสอบการทำงานของระบบในครั้งถัดมา พบว่าระบบกลับมาทำงานตามปกติ

ในการเก็บข้อมูลรอบที่ 3 ระหว่างวันที่ 14 - 18 มีนาคม พ.ศ.2563 ตั้งเวลาการรดน้ำไว้ทั้งหมด 3 ช่วง คือ P1 = 06.00 - 08.00 น., P2 = 11.00 - 13.00 น., P3 = 16.00 - 18.00 น ได้ผลการเก็บข้อมูลแสดงดังตารางที่ 3 (เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ระบบแสดงผลการทำงานบน NETPIE เครื่องหมาย X หมายถึง ระบบไม่แสดงผลการทำงานผ่าน NETPIE)

ตารางที่ 3 แสดงผลการเก็บข้อมูลในรอบที่ 3

วันที่	การแสดงผลการทำงานบนNETPIE		
	P1	P2	P3
14/03/63	✓	✓	✓
15/03/63	✓	✓	✓
16/03/63	✓	✓	✓
17/03/63	✓	✓	✓
18/03/63	✓	✓	✓

จากผลการเก็บข้อมูลดังตารางที่ 3 พบว่าในรอบที่ 3 การทำงานของระบบตลอด 5 วันที่บันทึกข้อมูล ระบบแสดงผลการทำงานผ่าน NETPIE ตามปกติ

4.3 ผลการเปรียบเทียบจำนวนแปลงเพาะปลูกที่สามารถเก็บผลผลิตได้ระหว่างระบบรดน้ำด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งกับระบบรดน้ำแบบตั้งเวลา เนื่องจากแปลงปลูกผักทั้ง 31 แปลงนั้น ปลูกทั้งผักกินใบและต้น เช่น ผักบุ้งจีน คะน้า ผักชี และผักกินผล เช่น มะเขือ พริก ขี้หนู ที่ใช้ระยะเวลาในการเก็บผลผลิตที่แตกต่างกัน ดังนั้นการเปรียบเทียบผลผลิตนั้น จะนำเสนอโดยการเปรียบเทียบจากจำนวนแปลงที่สามารถเก็บผลผลิตได้ หลังจากนำระบบรดน้ำด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งกับระบบรดน้ำแบบตั้งเวลา ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนแปลงที่สามารถเก็บผลผลิตได้ หลังจากนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งและระบบสมาร์ตฟาร์มทดแทนระบบการตั้งเวลา

จำนวนแปลงที่สามารถเก็บผลผลิต	
ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่ง	ใช้ระบบการตั้งเวลา
31	8 - 11

จากตารางที่ 4 พบว่าระบบรดน้ำด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งและระบบสมาร์ตฟาร์ม สามารถเก็บผลผลิตจากแปลงผักครบทุกแปลง ทำให้ทางโรงเรียนมีปัจจัยการผลิตการขยายผลโครงการเกษตรเพื่ออาหารกลางวันได้ตามวัตถุประสงค์ ลดการซื้อผักเพิ่มเพื่อมาประกอบการอาหารกลางวันได้เดือนละหลายร้อยบาท ทั้งนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการติดตั้งเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งและระบบสมาร์ตฟาร์มไม่เกินห้าพันบาท ขณะที่การใช้ระบบตั้งเวลาควบคุมการจ่ายน้ำแบบควบคุมโซนมีต้นทุนในการติดตั้งไม่ต่ำกว่าห้าพันบาท แต่ไม่สามารถเก็บผลผลิตได้อย่างเพียงพอ จนไม่สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการอาหารกลางวันได้

5. สรุปผลและการอภิปรายผล

ผลการเก็บข้อมูลที่แสดงในตารางที่ 1 - 3 เป็นการทดสอบการทำงานของระบบ โดยดำเนินการเก็บข้อมูลจำนวน 3 รอบ ๆ ละ 5 วัน รวมจำนวนที่ทำการเก็บข้อมูลทั้งสิ้น 15 ครั้ง พบว่าเกิดข้อผิดพลาดในการทำงานของระบบทั้งสิ้น 3 ครั้ง (ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นปัจจัยภายนอกที่ทางคณะผู้วิจัยไม่ได้คาดคิด) ดังนั้นผลการทดสอบของระบบจึงมีความแม่นยำและถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 93.33 ทั้งนี้ช่วงเวลาที่ทำการทดสอบระบบ ไม่ปรากฏว่ามีฝนตกในพื้นที่ จึงทำให้เซนเซอร์วัดความชื้นในอากาศและเซนเซอร์วัดการเกิดฝน ไม่มีค่าเกินที่กำหนดไว้ ระบบจึงทำงานได้ตามปกติ ขณะที่การทำงานของเซนเซอร์วัดความชื้นในดิน เนื่องจากสภาพของดินที่นำมาใช้ในแปลงปลูกนั้นเป็นดินร่วนที่มีสมบัติการระบายน้ำได้ดีปานกลาง จึงทำให้ค่าความชื้นในดินไม่เกินค่าที่กำหนดไว้เช่นกัน

การประยุกต์ใช้อินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งในการบริหารจัดการแปลงปลูกผักในครั้งนี้เป็นงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีที่ใช้งานง่ายและมีราคาที่ถูก โดยนำบอร์ดอาดูยโน่ เชื่อมต่อกับ NETPIE ที่เป็นคลาวด์แพลตฟอร์มสำหรับให้บริการเชื่อมต่อการสื่อสารกับบอร์ด ช่วยให้ทางโรงเรียนไม่ต้องสิ้นเปลืองงบประมาณในการจัดหาปั๊มน้ำไฟฟ้าที่มีกำลังสูง และปัญหาการรดน้ำแปลงผักในช่วงวันหยุดหรือปิดภาคการศึกษา นอกจากนี้ผลการทดลองเซนเซอร์วัดความชื้นของดิน เซนเซอร์วัดอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ และเซนเซอร์วัดการเกิดฝนสามารถทำงานได้ตามค่าที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ส่วนการแสดงผลการทำงานของระบบผ่าน NETPIE ช่วยให้คุณครูหรือนักเรียนสามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อดูสภาพแวดล้อมทางกายภาพบริเวณแปลงปลูกและการทำงานของระบบได้จากทุกที่และทุกเวลา ทั้งนี้งานวิจัยนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัย เรื่องการหาประสิทธิภาพของระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งสำหรับควบคุมการจ่ายน้ำแก่แปลงปลูกผักที่มีระยะทางไกล ๆ ทั้งในด้านการทำงานของบอร์ดที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบวงจรการจ่ายน้ำให้พืชในแปลงเกษตรที่มีประสิทธิภาพ (Kamnuanchai, & Kimpan, 2017) (Fongngern, Petcharn, & Yajo, 2018) ทั้งตัวระบบวงจรและต่อการจ่ายน้ำให้พืชในแปลงเกษตรที่มีระยะทางไกล ๆ ขณะที่ข้อจำกัดของการนำระบบอินเทอร์เน็ตเพื่อสรรพสิ่งแสดงผลการทำงานผ่าน NETPIE ในครั้งนี้คือการต้องมีระบบไฟสำรองเพื่อป้องกันการเกิดการขัดข้องจากปัญหาไฟฟ้าดับ และการล่มของระบบอินเทอร์เน็ตภายในโรงเรียน

6. กิตติกรรมประกาศ

โครงการพัฒนาคุณภาพการศึกษาและการพัฒนาท้องถิ่น โดยมีสถาบันอุดมศึกษาเป็นพี่เลี้ยง โรงเรียนเครือข่าย เพื่อการพัฒนาอุดมศึกษาภาคกลางตอนบน และนางสาวณัฏฐนิธ กาลพัฒน์ ผู้อำนวยการโรงเรียนหนองน้ำส้มวิทยาคม (ขณะนั้น)

7. เอกสารอ้างอิง

- Division of Research Administration and Quality Assurance. (2016). *Blueprint Thailand 4.0 drive model Thailand to Wealth, Stability and Sustainability*. [online], Available: https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/blueprint-thailand-4/. access on April 23,2022. (in Thai)
- Fongngern, V. Petcharn, S. & Yajo, R. (2018). Application with the Internet of Things Technology Control in Smart Farms Mushroom. *Journal of Technology Management Rajabhat Mahasarakham University*. Vol. 5 No. 1 2018 January – June. Pages 172-182. (in Thai)
- Kaikaew,T. & Khongman, K. (2018). *People's Edition of the Design Manual of Water Systems*. Bangkok: Newthammada Press (Thailand) co., Ltd. (in Thai)
- Kamnuanchai, S. & Kimpan, C. (2017). Internet of Things system for watering of coriander Notification by Line Application. *I-Tech Industrial Technology Faculty Thepsatri Rajabhat University Journal*. Vol.12 No. 1. 2017 January - June. Pages 89-101 (in Thai)
- Mouser Electronics. *DHT11 Humidity & Temperature Sensor*. [online], Available: <https://www.mouser.com/datasheet/2/758/DHT11-Technical-Data-Sheet-Translated-Version-1143054.pdf>. Access on April 20, 2022.

ภาคผนวก

ข้อกำหนดมาตรฐานวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

เพื่อให้วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เป็นวารสารที่มีคุณภาพได้มาตรฐาน ทางกองบรรณาธิการจึงมีข้อกำหนดของวารสารดังต่อไปนี้

1. **วัตถุประสงค์ของวารสารวิชาการ** เพื่อเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ผลงานวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม โดยทำการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทั่วไป สิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งบทความที่ส่งมาตีพิมพ์ในวารสารจะต้องเป็นบทความที่ไม่เคยเผยแพร่ในวารสารหรือสิ่งพิมพ์ใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาของวารสารหรือสิ่งพิมพ์อื่น ๆ การละเมิดลิขสิทธิ์ถือเป็นการละเมิดลิขสิทธิ์ของผู้ส่งบทความโดยตรง

2. **ครอบคลุมสาขาที่เกี่ยวข้อง ดังนี้**

2.1 สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

2.2 สาขาวิชาเทคโนโลยี เน้น เทคโนโลยีอุตสาหกรรมและนวัตกรรม ได้แก่ เทคโนโลยีไฟฟ้า เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีพลังงาน/พลังงานทดแทน เทคโนโลยีก่อสร้าง/โยธา เทคโนโลยีการผลิต มาตรฐาน วิศวกรรมซอฟต์แวร์ เทคโนโลยีเซรามิก การบริหารจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี

2.3 สาขาวิชาที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีอุตสาหกรรม และวิศวกรรม

3. **กำหนดออกวารสาร**

วารสารมีกำหนดออกปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 ระหว่างเดือน มกราคม – มิถุนายน และฉบับที่ 2 ระหว่างเดือน กรกฎาคม – ธันวาคม ด้วยระบบ Online: ThaiJo

4. **การพิจารณาบทความ**

4.1 การพิจารณาบทความ เลือกผู้ทรงคุณวุฒิจากกองบรรณาธิการตรงตามสาขาวิชาในพิจารณา 3 คน ต่อ 1 บทความ

4.2 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณาส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก 3 คน

4.3 กรณีบทความมาจากบุคลากรภายนอกมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง กองบรรณาธิการพิจารณาส่งบทความให้ผู้ทรงคุณวุฒิภายในและหรือภายนอก 3 คน

4.4 กรณีผู้ส่งบทความ แก้ไขไม่เป็นไปตามกำหนดเวลา ที่กองบรรณาธิการแจ้งกองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์พิจารณา ยกเลิก กระบวนการเพื่อการตีพิมพ์

5. **คำแนะนำสำหรับผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์**

5.1 วิธีส่งบทความ เจ้าของบทความสามารถศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และส่งต้นฉบับบทความ ในรูปแบบไฟล์ word และรูปแบบไฟล์ PDF ได้ที่ระบบออนไลน์ของวารสารวิชาการ <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/Itech> และนำส่งเอกสารได้ที่

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
119 ม.9 ถ.ลำปาง – แม่ทะ ต.ชมพู อ.เมือง จ.ลำปาง 52100

5.2 รูปแบบบทความที่ส่งกองบรรณาธิการเพื่อตีพิมพ์

ชื่อเรื่อง (ภาษาไทย)

ชื่อเรื่อง (English)

ชื่อ นามสกุล^{1*}, ชื่อ นามสกุล² และ ชื่อ นามสกุล³ (ภาษาไทย)

ชื่อ นามสกุล^{1*}, ชื่อ นามสกุล² และ ชื่อ นามสกุล³ (ภาษาอังกฤษ)

^{1*} ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxx โทรสารxxxxx E-mail: YYYYYY

² ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

³ ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ (ภาษาไทย)

^{1*} ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ โทรxxxxx โทรสารxxxxx E-mail: YYYYYY

² ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์

³ ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ (ภาษาอังกฤษ)

วันที่รับบทความ XXXXXXXXXX

Received: XXXXXXXXXX

วันที่รับแก้ไขบทความ XXXXXXXXXX

Revised: XXXXXXXXXX

วันที่ตอบรับบทความ XXXXXXXXXX

Accepted: XXXXXXXXXX

บทคัดย่อ

บทความงานวิจัยต้องประกอบด้วยบทคัดย่อที่ระบุถึงความสำคัญของเรื่อง วัตถุประสงค์ วิธีการศึกษา ผลการศึกษาและบทสรุป ในกรณีที่ต้นฉบับเป็นภาษาไทย ให้ผู้เขียนบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ ระบุคำสำคัญของเรื่อง (keywords) จำนวนไม่เกิน 5 คำ

คำสำคัญ: รูปแบบบทความ, ขนาดตัวอักษร, รูปแบบตัวอักษร

Abstract

An article of research to composes with abstract to specify importance of subject, object, method to study, result and summary. Both Thai and English abstracts are required. The length of each should not exceed 300 words. Also, the keywords should not be used more than 5 words.

Keywords: submission procedure, manuscript format, font size, font style, blank line

1. บทนำ

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นคู่มือในการเขียนบทความฉบับเต็มสำหรับผู้ที่มีความประสงค์ในการส่งบทความเข้าตีพิมพ์ในวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง เพื่อเป็นการควบคุมคุณภาพและเพื่อให้การจัดทำเอกสารเป็นไปอย่างรวดเร็ว ผู้ที่ส่งบทความควรพิมพ์บทความตามรูปแบบและแนวทางที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

2. เนื้อหาบทความ

วารสารฉบับเต็มควรประกอบด้วย ชื่อบทความ ชื่อและที่อยู่ของผู้เขียนบทความ บทคัดย่อ คำสำคัญ วัตถุประสงค์ เนื้อหาโดยสมบูรณ์ของบทความ กิตติกรรมประกาศ และเอกสารอ้างอิง โดยในส่วนของเนื้อหาของบทความ สามารถแบ่งออกเป็นหัวข้อหลัก หัวข้อย่อย และอาจแบ่งถึงหัวข้อย่อยลงมา ทั้งนี้ตัวอักษรทั้งหมดที่ใช้ในการพิมพ์ทุกส่วนให้ใช้ตัวอักษรแบบ TH SarababunPSK ขนาด 16 ตัวหนาทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ระยะระหว่างบรรทัดเป็นแบบบรรทัดเดี่ยว (Single Space) และแต่ละหน้าไม่ต้องการเติมหมายเลขหน้า

2.1 ขนาดและการตั้งค่าหน้ากระดาษ

ขนาดของกระดาษที่ใช้ในการพิมพ์กำหนดให้มีขนาดมาตรฐาน A4 ($8\frac{1}{4} \times 11\frac{3}{4}$ นิ้ว)

โดยกำหนดการตั้งค่าหน้ากระดาษดังนี้

ริมขอบกระดาษด้านบน	1.5	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านล่าง	1	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านซ้าย	1.5	นิ้ว
ริมขอบกระดาษด้านขวา	1	นิ้ว

ความยาวโดยรวมของบทความไม่ควรเกิน 12 หน้ากระดาษ และบันทึกไฟล์ข้อมูลด้วย Microsoft Word 2016 เท่านั้น

2.2 ชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียน

ในการพิมพ์ชื่อบทความให้พิมพ์ทั้งชื่อภาษาไทยและภาษาอังกฤษโดยใช้ตัวอักษรขนาด 20 พอยต์ พิมพ์เป็นตัวหนา โดยแต่ละคำในชื่อภาษาอังกฤษให้พิมพ์อักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ (ยกเว้น คำนำหน้านาม: articles, คำสันธาน: coordinate conjunctions และ คำบุพบท: prepositions นอกจากคำเหล่านี้จะถูกใช้นำชื่อเรื่อง) สำหรับชื่อผู้เขียนบทความให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 พอยต์ ในขณะที่ส่วนของที่อยู่ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 12 พอยต์ โดยที่อยู่ควรประกอบไปด้วย

สำหรับบุคลากรภายใน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ตำแหน่งทางวิชาการ สาขาวิชาที่สังกัด เบอร์โทรศัพท์เคลื่อนที่ และ E-mail ที่สามารถติดต่อได้ กรณีผู้เขียนมากกว่าหนึ่ง สามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจันทน์ (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียด ผู้ติดต่อให้ระบุ เบอร์โทรศัพท์ และ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

สำหรับบุคลากร ภายนอก มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง

ชื่อของหน่วยงาน เลขที่อยู่ เขต/ตำบล แขวง/อำเภอ จังหวัด และรหัสไปรษณีย์ ซึ่งสามารถระบุที่อยู่ของผู้เขียนแต่ละคนโดยอาศัยตัวเลขที่พิมพ์แบบยกสูง (Superscript) ไว้หลังชื่อของผู้เขียนนั้น นอกจากนั้นควรมีการระบุชื่อผู้ติดต่อ (Corresponding author) โดยการพิมพ์เครื่องหมายดอกจันทน์ (*) ไว้หลังชื่อ เฉพาะบรรทัดสุดท้ายของรายละเอียดผู้ติดต่อให้ระบุ

เบอร์โทรศัพท์ เบอร์โทรสารและ e-mail ของผู้ติดต่อ ทั้งชื่อบทความและรายละเอียดของผู้เขียนให้พิมพ์ไว้กลางหน้ากระดาษ

3. บทคัดย่อและคำสำคัญ

การพิมพ์บทคัดย่อและคำสำคัญให้พิมพ์ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ โดยใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ และจัดรูปแบบอยู่ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษ โดยให้พิมพ์ชื่อหัวข้อ “บทคัดย่อ” และ “Abstract” เป็นแบบตัวหนา

4. เนื้อหาของบทความ

บทความวิจัยควรประกอบด้วย บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา นำไปสู่การศึกษา วัตถุประสงค์ วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย (Materials and Method) กล่าวถึงรายละเอียด การวิเคราะห์และการทดลองที่กระชับและชัดเจน ผลการทดลอง (Results) บอกผลที่พบอย่างชัดเจน สมบูรณ์ และมีรายละเอียดครบถ้วน สรุปและอภิปรายผล (Discussion and Conclusion) อาจเขียนรวมกับการทดลองได้ เป็นการประเมิน การตีความ และการวิเคราะห์ในแง่มุมต่าง ๆ ของผลที่ได้ว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกับผลงานผู้อื่นอย่างไร ต้องมีการอ้างหลักการหรือทฤษฎีมาสนับสนุนหรือการหักล้างอย่างเป็นเหตุเป็นผลและอาจมีข้อเสนอแนะที่จะนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

ส่วนของเนื้อหาบทความ กำหนดตัวอักษรที่ใช้ในเนื้อหาให้มีขนาด 16 พอยต์ รวมถึงไม่ต้องมีการเว้นบรรทัดระหว่างย่อหน้า (ไม่ต้องเคาะบรรทัดเมื่อขึ้นย่อหน้าใหม่) สำหรับรูปแบบตัวอักษรที่ใช้ในการพิมพ์หัวข้อกำหนดดังนี้

4.1 หัวข้อหลัก

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อหลัก และให้พิมพ์ไว้ชิดริมซ้ายของคอลัมน์

4.2 หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา

กำหนดให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 พอยต์ ตัวหนา ในการพิมพ์หัวข้อย่อยและหัวข้อย่อยรองลงมา และให้พิมพ์ห่างจากริมซ้ายของคอลัมน์ 0.5 นิ้ว

5. รูปภาพ ตาราง และสมการ

5.1 รูปภาพและตาราง

การนำเสนอรูปภาพและตารางสามารถนำเสนอต่อจากข้อความที่กล่าวถึงหรืออาจนำเสนอภายหลังจากจบหัวข้อหรือนำเสนอในหน้าใหม่ ขนาดของรูปภาพและตารางไม่ควรเกินกรอบของการตั้งค่านำหน้ากระดาษที่กำหนดไว้ในหัวข้อ 2.1

ทั้งรูปภาพและตารางจะต้องมีคำอธิบายโดยคำอธิบายของรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพ และอยู่ชิดซ้ายของหน้ากระดาษ หากรูปภาพใดถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนให้มีการระบุคำอธิบายของแต่ละส่วนโดยอาศัยตัวอักษรภาษาไทยในวงเล็บเรียงตามลำดับเช่น (ก) และ (ข) ส่วนคำอธิบายตารางให้

พิมพ์ไว้เหนือตารางและขีดริมนซ้ายของกระดาษ โดยการเรียงลำดับรูปภาพและตารางให้แยกการเรียงลำดับออกจากกัน

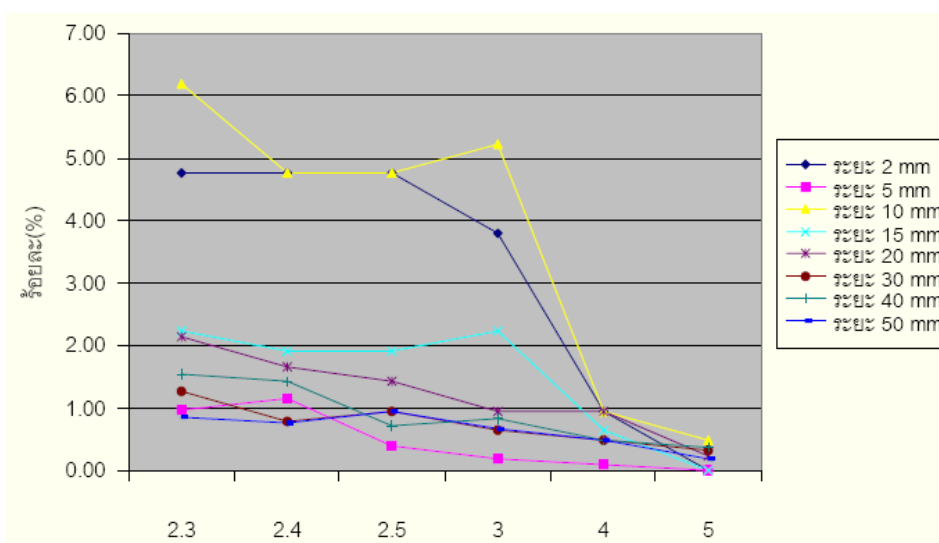
ตารางข้อมูลที่นำลงตีพิมพ์ ต้องพิมพ์ด้วย word เพื่อความคมชัดของตาราง เช่น
ตารางที่ 1 ตารางที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้ใช้อาคาร
1)กระเบื้องดินเผามีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1)กระเบื้องดินเผาที่ขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2)ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2)กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพัก มีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้ใช้อาคารอาจจะลื่นเมื่อใช้งาน
	3)เนื่องจากความไม่แข็งแรงของกระเบื้องดินเผา เมื่อผ่านการใช้งาน หรือมีวัตถุตกกระทบ ทำให้กระเบื้องดินเผาแตก กะเทาะ หรือบิ่น ซึ่งแสดงถึงความไม่ทนทานแข็งแรง

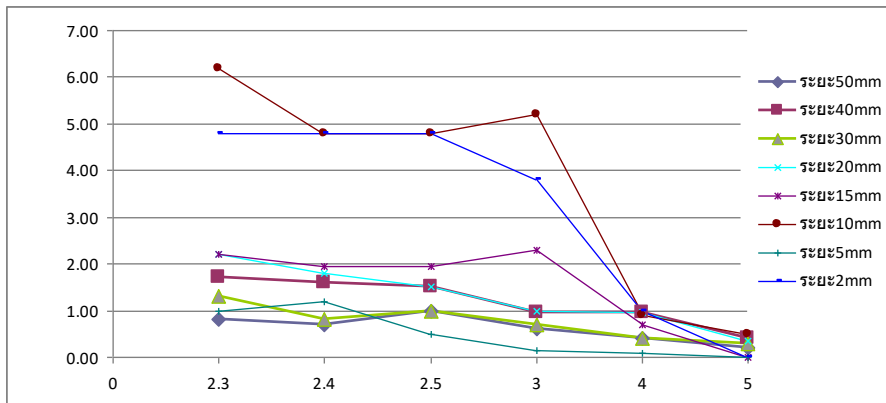
ตารางที่ 2 ตารางที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

ผู้ออกแบบ	ผู้ใช้อาคาร
1) กระเบื้องดินเผาที่มีคุณสมบัติในการใช้งานที่เหมาะสมสวยงาม	1) กระเบื้องดินเผาที่มีขนาดที่ไม่เท่ากันตามลักษณะเฉพาะตัวของวัสดุ ผู้ใช้อาคารรู้สึกถึงความไม่เรียบร้อยไม่สม่ำเสมอของพื้นผิว
2) ข้อดีของกระเบื้องดินเผา คือ ติดตั้งยากเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของขนาดและความหนาของแผ่นกระเบื้องดินเผา	2) กระเบื้องดินเผาที่ใช้ปูพื้นบันไดและชานพักมีพื้นผิวที่ไม่สม่ำเสมอ ผู้ใช้อาคารอาจจะลื่น เมื่อใช้งาน

รูปภาพที่นำลงตีพิมพ์ ควรเลือกภาพที่เหมาะสมและคมชัดที่สุด

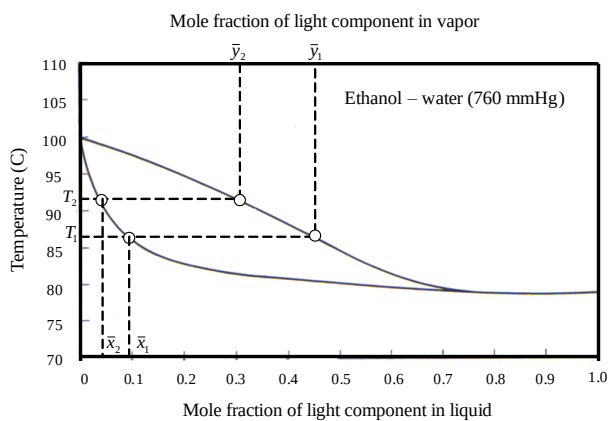


ภาพที่ 1 ภาพที่ไม่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์



ภาพที่ 2 ภาพที่เหมาะสมในการนำลงตีพิมพ์

การระบุหมายเลขลำดับรูปภาพและตารางในบทความให้ระบุเป็นรูปที่และตารางที่ เช่น ภาพที่ 1, ภาพที่ 1 – 3, ตารางที่ 1, ตารางที่ 1 – 3 เป็นต้น



ภาพที่ 1 แผนภาพสมดุลของของผสมไอ – ของเหลวที่มี 2 องค์ประกอบภายใต้สภาวะความดันคงที่

ตารางที่ 1 ปริมาณการใช้น้ำมันปิโตรเลียมในแต่ละภาคเศรษฐกิจ ๆ ของประเทศไทย (หน่วย: ล้านลิตร)

ภาคเศรษฐกิจ	ปี	
	2545	2546
1. เกษตรกรรม	3,509	3,827
2. เหมืองแร่	19	26
3. อุตสาหกรรม	4,821	4,937
4. ไฟฟ้า	703	757
5. การก่อสร้าง	169	172
6. ที่พักอาศัยและการพาณิชย์	2,729	2,792
7. คมนาคมขนส่ง	23,980	25,475
Total	35,930	37,986

5.2 สมการ

การเขียนสมการให้เขียนไว้กลางคอลัมน์และมีการระบุลำดับของสมการโดยใช้ตัวเลขที่พิมพ์อยู่ในวงเล็บ เช่น (1), (2) เป็นต้น

6. กิตติกรรมประกาศ (ถ้ามี)

หากต้องการเขียนกิตติกรรมประกาศเพื่อขอบคุณบุคคลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถเขียนได้ โดยให้อยู่หลังเนื้อหาหลักของบทความและก่อนเอกสารอ้างอิง เช่น

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ได้เอื้อเฟื้อเอกสารและข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงานการจัดประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 24

7. การอ้างอิง

ให้รวบรวมรายชื่อสิ่งพิมพ์และวัสดุความรู้ต่าง ๆ ที่ใช้เป็นหลักฐานหรือเอกสารอ้างอิงในการศึกษาแทรกไว้ในเนื้อหาและท้ายบทความ โดยระบุเป็น 2 ภาษา คือ ภาษาไทยและภาษาอังกฤษ การอ้างอิงในเนื้อหา เป็นการวงเล็บระบุแหล่งที่มาอย่างกว้าง ๆ แทรกอยู่ในเนื้อหาของบทความวิชาการ ส่วนรายละเอียดที่สมบูรณ์ของแหล่งข้อมูลจะแสดงใน “เอกสารอ้างอิง” ในส่วนท้ายของบทความวิชาการ การอ้างอิงในเนื้อหาและท้ายบทความให้เป็นระบบ APA 7th

7.1 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงในเนื้อหา

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และผู้แต่งคนที่สอง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่งคนแรก และคณะ, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(ผู้แต่ง, ปีที่พิมพ์, ไม่มีเลขหน้า)

(หน่วยงาน, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

(นามแฝง, ปีที่พิมพ์, หน้า เลขหน้าที่อ้างอิง)

7.2 การลงรายละเอียดของการอ้างอิงท้ายบทความ

ให้อ้างอิงรายการลำดับตามอักษรตัวแรกของผู้แต่ง ตามการเรียงลำดับตัวอักษรของพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน สำหรับรูปแบบการพิมพ์รายชื่อเอกสารอ้างอิงจากแหล่งต่าง ๆ กำหนดให้มีรูปแบบดังตัวอย่างต่อไปนี้

(1) บทความจากวารสาร (Journal)

Waszkiewics, S.D., Tierney, M.J. and Scott, H.S. (2009). Development of coated, annular fins for adsorption chillers, *Applied Thermal Engineering*, vol.29 (11-12), August 2009, pp. 2222 – 2227.

จักรกฤษณ์ นรมิตผดุงการ และ ทวี สอนมาลี. (2519). ความสามารถในการเงินของเทศบาลกรณีของเทศบาลนครกรุงเทพ ก่อนเปลี่ยนแปลงเป็นกรุงเทพมหานคร, *วารสารพัฒนาบริหารศาสตร์*, 16, เมษายน 2519, หน้า 231 – 254.

(2) บทความจากเอกสารประกอบการประชุม (Proceedings)

Kato, S. and Widiyanto, A. (2001). Environmental Impact Assessment of Various Power Generation Systems, *paper presented in the Tri-University International Joint Seminar & Symposium 2001*, Chiang Mai, Thailand.

มารุต บุรพา, ญัฐนี วรยศ และทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. (2551). โมเดลอย่างง่ายของการทำน้ำร้อนแสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพเสริม, *การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการรูปแบบพลังงานทดแทน สู่ชุมชนแห่งประเทศไทย*, มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

(3) รายงานทางวิชาการ / รายงานวิจัย

Division of Technical Services and Planning. (2003). *Chiang Mai City Municipality. Annual Report.*

จุฬาร โชติช่วงนิรันดร์, นลินี ตันธวนิตย์ และปัทมา เพ็ชรสิงห์. (2529). *รายงานการวิจัยเรื่องประวัติศาสตร์หมู่บ้านคำม่วง, โครงการวิจัยระบบการทำฟาร์ม มหาวิทยาลัยขอนแก่น.* ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 54 – 57.

พรพิมล เกลิมพลาภาพ. (3535). *พฤติกรรมและการแสวงหาข่าวสารและการใช้เทคโนโลยีการสื่อสารของบริษัทธุรกิจเอกชนที่มียอดขายสูงสุดของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วารสารศาสตร์มหาบัณฑิต คณะวารสารศาสตร์และสื่อสารมวลชน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.*

(4) หนังสือ

Myers, R.H. and Montgomery, D.C. (1995). *Response Surface Methodology: Process and product optimization using designed experiments*, New York: John Wiley & Sons.

Goswami, Y.D., Kreith, F. and Kreider, J.F. (1999). *Principles of Solar Engineering, 2nd edition*. ISBN: 1-56032-714-6, Philadelphia: Taylor & Francis,

วิบูล วีรานุวัตติ และกนกนาถ ชูปัญญา. (2525). *เคมีคลินิก*. กรุงเทพฯ: โครงการตำราศิริราช คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล.

(5) วิทยานิพนธ์

สุรจิตร ทิบัว. (2538). *การศึกษาสภาพการใช้แหล่งชุมชนประกอบการสอนวิชาสังคมศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น สังกัดกรมสามัญศึกษา ของจังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.*

Herbert-Cheshire, L. (1997). *Living by the sea*. Unpublished honours thesis, Central Queensland University, Rockhampton, QLD, Australia.

(6) เว็บไซต์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. (2554). “คู่มือการศึกษาปีการศึกษา 2554”. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: <http://www.psu.ac.th/handbook/> สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2554.

Brown, H. (1994). “Citing computer references”. [online], Available: <http://neal.ctstateu.edu/history/cite.html>. access on April 3, 1995.

(7) การสัมภาษณ์

ดิลก บุญเรืองรอด. (2543, กรกฎาคม 14). อธิการบดี, สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา. สัมภาษณ์.

ตัวอย่างการอ้างอิงในเนื้อหา

(สุวิมล ตีรکانันท์, 2553) (Tirakanan, 2011)

ตัวอย่างการแปลเอกสารอ้างอิงภาษาไทยเป็นภาษาอังกฤษ

1.1 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือ

สุวิมล ตีรکانันท์. (2553). *การวิเคราะห์ตัวแปรพหุในงานวิจัยทางสังคมศาสตร์*.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Tirakanan, S. (2011). *Multivariate variables analysis in social science research*. Bangkok: Chulalongkorn University Printing House.
(in Thai)

1.2 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงที่เป็นบทความ

ปาน จินดาพล. (2557). การเป็นเจ้าของกิจการกับทัศนคติต่อความเสี่ยง. *วารสาร
นักบริหาร*, 34(1), 130-135.

Jindapon, P. (2014). Entrepreneurship and risk attitudes. *Executive Journal*,
34(1), 130-135. (in Thai)

สุวรรณ ลัคนวณิช. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล พฤติกรรมการใช้ชีวิต
และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักศึกษาที่ใช้ชีวิตในที่พักเอกชน ย่านรังสิต
จังหวัดปทุมธานี. *BU Academic Review*, 13(1), 13-16.

Luckanavanich, S. (2014). Personal relationship, living behaviors, and academic
achievement of university students in the private residence, rangsit
area, Pathumthani. *BU Academic Review*, 13(1), 13-16. (in Thai).

1.3 ตัวอย่างเอกสารอ้างอิงข้อมูลจากเว็บไซต์

การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2556). *สถานการณ์การท่องเที่ยวของนักท่องเที่ยวชาว
ต่างประเทศฯ ในปี 2555*. [ออนไลน์], แหล่งที่มา: [http://www.2tat.or.th/
stat/web/statistic_tst.php](http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php) สืบค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2557.

Tourism Authority of Thailand. (2013). *Inbound foreign tourists situation in
2012*. [online], Available: [http://www.2tat.or.th/
stat/web/statistic_tst.php](http://www.2tat.or.th/stat/web/statistic_tst.php). access on February 9, 2014. (in Thai)

ท่านสามารถดาวน์โหลดรูปแบบบทความได้ที่ <http://www.journal.itech.lpru.ac.th>
หรือ ติดต่อสอบถามที่ **ผู้ประสานงาน** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธิมา คุณยศยิ่ง โทร 0 5423 7399 ต่อ 1339
Tel.: 08 0502 8598 **E-mail**: journalitech@gmail.com

ปรับปรุงเมื่อ 10 มกราคม 2562