ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)

การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อยที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบพีแอลซี

The Development of a Container Molding Machine from Sugarcane Residue Controlled by a PLC System

นัฐพงษ์ ทองปาน*
Natthapong Thongpan
ลัดดาวัลย์ จำปา**
Laddawan Champa
นันทวัน หัตถมาศ***
Nanthawan Hadthamard
มลฤดี โอปมาวุฒิกุล****
Monluedee Opamawutthikul
กัญญา ภัทรกุลอมร*****
Kanya Phattakunamon
พรอารีย์ ศิริผลกุล******
Pornarree Siriphollakul

Received : July 4, 2023
Revised : September 5, 2023
Accepted : December 1, 2023

บทคัดย่อ

การสร้างมูลค่าให้เศษอ้อยที่เป็นวัสดุเหลือใช้ในไร่เป็นแนวทางหนึ่งที่จะลดการเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM 2.5) จากการเผาเศษอ้อยได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบพีแอลซี ออกแบบแม่พิมพ์ 4 แบบ สำหรับขึ้นรูปถาดใส่อาหารว่าง ถาดใส่ผลไม้ ถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่ ส่วนผสมของเยื่อกระดาษจากเศษอ้อยประกอบด้วย ขุยกระดาษ:เส้นใยใบอ้อย:เส้นใยชานอ้อย ในอัตราส่วน 1:1:1 ซึ่งใช้ในการขึ้นรูปภาชนะทั้ง 4 แบบ เมื่อทดสอบสภาวะที่เหมาะสมแล้ว กำหนดให้การขึ้นรูปใช้สภาวะเดียวกัน คือ แรงดันลม 6 บาร์ อุณหภูมิแม่พิมพ์ 140 องศาเซลเซียส กระบอกสูบเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.004 เมตรต่อวินาที และเวลากดค้างบนแม่พิมพ์นาน 60 วินาที จะได้ภาชนะที่มีรูปทรงสมบูรณ์ภายในเวลา 145 วินาที มีความหนา 1.068-1.689 มิลลิเมตร ความชื้นร้อยละ 6.08-6.62 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงเท่ากับ 773.10-963.80 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และมีค่าความต้านทานต่อแรงกดเท่ากับ 1,375.20-1,476.30 กิโลปาสคาล ซึ่งภาชนะทั้ง 4 แบบ สามารถใช้ในการรองรับบรรจุภัณฑ์ได้จริง โดยเครื่องต้นแบบนี้ใช้ระยะเวลาคืนทุนภายใน 5 เดือน 21 วัน ด้วยต้นทุนการใช้งานเครื่องขึ้นรูปภาชนะ 1.98-2.02 บาทต่อชิ้น

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

จากผลงานวิจัยนี้สามารถสร้างความต้องการใช้เศษอ้อยได้ตั้งแต่ต้นน้ำจนถึงปลายน้ำ จึงมีแนวโน้มที่จะช่วยลดการเผาเศษอ้อยได้ในอนาคต

คำสำคัญ : เครื่องขึ้นรูปภาชนะ / ภาชนะ / ระบบพีแอลซี / เศษอ้อย

*อาจารย์ประจำหลักสูตรระบบอัตโนมัติและหุ่นยนต์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
Lecturer in Automation and Robotics Technology, Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi Rajabhat University(Corresponding Author) e-mail: natthaphong@kru.ac.th

**อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
Lecturer in Industrial Technology, Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi Rajabhat University

***อาจารย์ประจำหลักสูตรเทคโนโลยีสมัยใหม่และการจัดการพืช คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
Lecturer in Modern Technology for Plant Management, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University

****อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
Lecturer in General Science, Faculty of Education, Kanchanaburi Rajabhat University

*****อาจารย์ประจำหลักสูตรคหกรรมศาสตรศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
Lecturer in Home Economics Education, Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University

******อาจารย์ประจำหลักสูตรวิศวกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
Lecturer in Agricultural Engineering, Faculty of Agricultural and Nature Resource, Rajamangala University of Technology Tawan-ok

ABSTRACT

Enhancing the value of sugarcane residue as a reusable material in plantations represents a viable strategy to mitigate the generation of fine particulate matter (PM 2.5) resulting from the incineration of sugarcane residue. The objective of this research is to develop a container molding machine controlled by a programmable logic controller (PLC) system, designed with four molds for shaping trays intended for snacks, fruit, seedlings, and egg storage. The pulp composition derived from sugarcane residue encompasses paper fluff, sugarcane leaf fibers, and bagasse fibers in a ratio of 1:1:1, forming the basis for all four container types. Under standardized molding conditions, including 6-bar air pressure, a mold temperature of 140 degrees Celsius, a cylinder moving at a speed of 0.004 meters per second, and a 60-second mold dwell time, the resulting containers exhibit complete desired shapes within a 145-second timeframe. These containers possess a thickness ranging from 1.068 to 1.689 millimeters, moisture content of 6.08-6.62 percent, tensile strength of 77.31-96.38 Newtons per square centimeter, and pressure resistance between 137.52-147.63 Newtons per square centimeter. The prototype machine recouped its investment within 5 months and 21 days, with a cost of 1.98-2.02 baht per piece for utilizing the container molding machine. The research findings indicate the potential to stimulate demand for sugarcane residue throughout the entire supply chain, from upstream to downstream, thereby suggesting a prospective contribution to reducing the incineration of sugarcane residue in the future.

Keywords : **Container Molding Machine / Container / PLC System / Sugarcane Residue**

บทนำ

จากวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไปของประชากรเวลาพี่มีอยู่จำกัดในสังคมที่รีบเร่ง ผู้บริโภคส่วนใหญ่มักจำเป็นจะต้องพึ่งพาร้านสะดวกซื้อที่มีอาหารปรุงสำเร็จวางขายหากแต่ก็เกิดผลกระทบจากอัตราการบริโภคที่ขยายตัวขึ้นอย่างต่อเนื่องผนวกรวมเข้ามา จึงทำให้เกิดปัญหาสะสมทางด้านสิ่งแวดล้อมเกี่ยวกับการจัดการขยะบรรจุภัณฑ์แบบใช้ครั้งเดียวทิ้ง (กระวี, 2562) เป็นจำนวนมากและยากต่อการกำจัดและทำลาย

แนวนโยบายของภาครัฐในประเทศซึ่งมีการสนับสนุนให้นำวัสดุธรรมชาติที่สามารถขึ้นรูปมาเป็นภาชนะบรรจุเพื่อใช้ทดแทนการใช้พลาสติก เพราะมีความสามารถในการย่อยสลายได้ทางชีวภาพ (Biodegradation) จะได้ช่วยขจัดปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้อย่างตรงจุด (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2565) ประเทศไทยเองก็เป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีการผลิตเพราะปลูกพืชอาหารที่หลากหลาย เช่น ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา และอ้อย เป็นต้น โดยมีนักวิจัยจำนวนมากที่พยายามคิดค้นเทคโนโลยีที่จะขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ธรรมชาติให้นำมาใช้ประโยชน์ได้กว้างขวาง หากแต่ติดปัญหาตรงที่การขึ้นรูป

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติมาเป็นบรรจุภัณฑ์มีปัจจัยสำคัญมากมาย เช่น อุณหภูมิ ความดัน ความหนาชิ้นงาน แรงกด ชนิดของแม่แบบ รวมถึงวัสดุธรรมชาติต้นทาง (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564)

ในปี 2560/61 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย 11,542,550 ไร่ ส่วนใหญ่เป็นอ้อยโรงงานที่ถูกตัดจำหน่ายให้แก่โรงงานผลิตน้ำตาลทราย ประเทศไทยจึงมีปริมาณการส่งออกน้ำตาลทรายมากเป็นอันดับ 2 ของโลก อย่างไรก็ตาม ส่วนที่นำมาผลิตน้ำตาลทรายได้จะใช้เพียงลำต้นอ้อยที่ให้น้ำคั้นเท่านั้น ยอดและใบอ้อยจะถูกตัดแต่งทิ้งก่อนเข้าสู่กระบวนการหีบอ้อย คิดเป็นประมาณ 1 ใน 6 ของปริมาณผลผลิตอ้อยทั้งหมด และส่วนใหญ่เป็นเศษวัสดุเหลือใช้ที่ถูกทิ้งไว้ในไร่อ้อย มีเพียงบางส่วนติดไปกับลำต้นอ้อยตอนที่ส่งเข้าโรงงาน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2561) สำหรับการจัดการยอดและใบอ้อยนั้น โรงงานน้ำตาลทรายบางแห่งจะนำไปหมักเป็นวัสดุปรับปรุงคุณภาพดิน ในส่วนของเกษตรกรยังไม่มีแนวทางการใช้ประโยชน์อื่น นอกจากการไถกลบในไร่เพื่อเป็นปุ๋ย แต่เนื่องจากเศษอ้อยมีปริมาณมากเกินไป เกษตรกรจึงเผาทิ้งจนเกิดฝุ่นละอองขนาดเล็ก (PM2.5) กลายเป็นปัญหามลพิษทางอากาศที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพของคนในชุมชน

งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้เศษอ้อยที่ได้จากใบอ้อยแห้งและชานอ้อยที่ผ่านกระบวนการหีบอ้อยจากโรงงานน้ำตาล เป็นวัสดุธรรมชาติต้นทางในการนำมาขึ้นรูปเป็นภาชนะบรรจุ จึงได้มีการสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุจากเศษอ้อย โดยทั่วไปแล้วการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ นิยมใช้หลักการอัดขึ้นรูปร้อน (Hot Compression Process) ด้วยการสร้างแรงกดลงมากระทำกับชุดรับแรงกดขณะที่ยังร้อน เพื่อให้วัสดุธรรมชาติขึ้นรูปตามแม่พิมพ์ ซึ่งมักเป็นวัสดุธรรมชาติที่อยู่ในสภาพเปียก เครื่องขึ้นรูปภาชนะจึงมักมีการติดตั้งชุดสุญญากาศเพื่อดูดน้ำออกจากแม่พิมพ์ ระหว่างการใช้อุณหภูมิสูงเพื่อให้วัสดุอ่อนตัวร่วมกับแรงกดที่มาก วัสดุจะเกิดเป็นรูปทรงตามแม่พิมพ์ ในการขึ้นรูปถาดโฟมจากเส้นใยหญ้าเนเปียร์ ใช้อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ร่วมกับความดัน 30 บาร์ กดนาน 15 นาที (จารุณี และปริยนิล, 2562) การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ใช้เตาแก๊สเป็นแหล่งพลังงานเพื่อให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ ร่วมกับการใช้กำลังอัดไฮดรอลิคจากคันโยก เพื่อขึ้นรูปจานและถ้วยจากกาบหมากและกาบกล้วย (ภัทรพงศ์ และคนอื่นๆ, 2562) ปัจจุบันมีการพัฒนากลไกการทำงานของเครื่องให้สะดวกสบาย ใช้เวลาขึ้นรูปน้อยลง และควบคุมสภาวะการทำงานให้แม่นยำยิ่งขึ้น ในการขึ้นรูปจานและถ้วยจากกาบหมาก (สมเกียรติ และธมยันตี, 2563) ใบบัว ใบตอง กาบหมาก ใบไผ่ และใบผักตบชวา มีการนำระบบพีแอลซี (Programmable Logic Control: PLC) มาใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบชุดอัดขึ้นรูป และควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ให้คงที่ยิ่งขึ้น โดยอุณหภูมิการขึ้นรูปวัสดุธรรมชาติเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 120-150 องศาเซลเซียส (ธนากร และธิติมา, 2564)

จากแนวคิดเบื้องต้นที่ต้องการต่อยอดการใช้ประโยชน์กระดาษจากเศษอ้อย เพื่อพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุ อาทิ ถาดใส่อาหารว่างที่ไม่สัมผัสกับอาหารโดยตรง โดยใช้กระดาษจากเศษอ้อยเป็นวัสดุขึ้นรูปด้วยการอัดขึ้นรูปร้อน และนำระบบพีแอลซีมาควบคุมสภาวะการทำงานของเครื่อง

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อยควบคุมการทำงานด้วยระบบพีแอลซี ตั้งกรอบแนวคิดตามความต้องการของผู้ประสงค์จะใช้งานคือ ใช้พลังงานไฟฟ้า มีขนาดที่เหมาะสม เคลื่อนย้ายง่าย มีระบบป้องกัน

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)

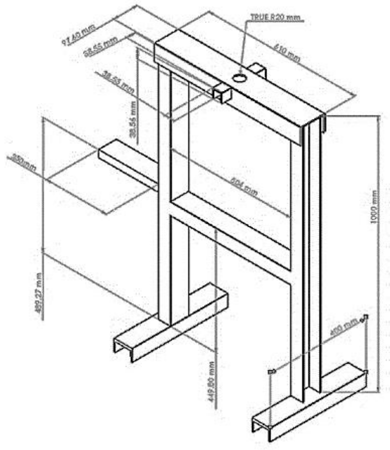
หรือเตือนอันตรายระหว่างการใช้งาน และรองรับการขึ้นรูปภาชนะแบบอื่นได้ จากนั้นผู้วิจัยดำเนินงานตามขั้นตอนนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบ และสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อยถูกออกแบบให้มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน ซึ่งแต่ละส่วนมีการออกแบบโครงสร้าง และกลไกการทำงานแตกต่างกัน มีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบ และสร้างโครงสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

ตัวโครงสร้างเครื่องขึ้นรูปทำจากเหล็กตัวซี ขนาดของตัวเครื่องสูง 1,040 มิลลิเมตร กว้าง 570 มิลลิเมตร และฐานมีความยาว 400 มิลลิเมตร ติดตั้งล้อพลาสติกขนาด 63.5 มิลลิเมตร จำนวน 4 ล้อ การกดอัดเป็นแบบอัดจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง คานด้านบนติดตั้งกระบอกสูบ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ความยาวก้านสูบ 250 มิลลิเมตร ด้านบนมีการติดตั้งเสาประคองแม่พิมพ์กดอัด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 22 มิลลิเมตร ความยาว 460 มิลลิเมตร เพื่อป้องกันแม่พิมพ์หมุนตัวขณะกดอัดขึ้นรูป ด้านซ้ายมือของโครงสร้างติดตั้งตู้ควบคุมการทำงานของเครื่อง ด้านล่างมีคานรองรับการติดตั้งแม่พิมพ์ตัวเมีย ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แบบ 2 มิติ ของโครงสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

2. การออกแบบและติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

2.1 ระบบพีแอลซี

ระบบพีแอลซีทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องขึ้นรูป ประกอบด้วย 1) อุปกรณ์ส่งสัญญาณเข้า ทำหน้าที่ส่งสัญญาณระหว่างช่องสัญญาณภาครับ ภายในอุปกรณ์จะมีสวิตช์ และลิมิตสวิตช์เป็นส่วนประกอบภายในระบบ และ 2) อุปกรณ์ภาคส่งสัญญาณออก ทำหน้าที่รับสัญญาณมาจากพีแอลซี ส่งผลให้โซลินอยด์วาล์วตัดต่อลมทำงานไปยังกระบอกสูบ ซึ่งอุปกรณ์ภายในภาคส่งสัญญาณออกจะมีโซลีนอยด์วาล์ว 5/2 และหลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน ทั้งนี้ได้เชื่อมต่อสายไฟจากแหล่งจ่ายเข้าระบบพีแอลซีภาคส่งสัญญาณออกที่ขั้ว Com1 และเชื่อมต่อสายสัญญาณของจอแสดงผลแบบทัชสกรีนเข้ากับขั้ว RS 422 ของพีแอลซี

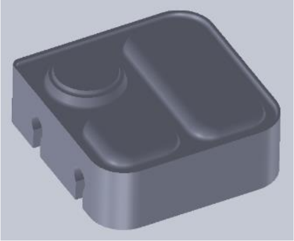
Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

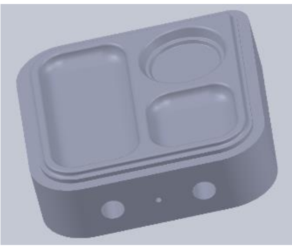
2.2 ระบบทำความร้อน

ระบบทำความร้อน ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชุดทำความร้อนที่แม่พิมพ์ ประกอบด้วย 1) ฮีตเตอร์ ทำหน้าที่สร้างความร้อนให้กับแม่พิมพ์ 2) เซนเซอร์อุณหภูมิ ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิและส่งสัญญาณกลับไปยังเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เพื่อประมวลผลและแสดงผลค่าของอุณหภูมิที่อ่านได้ และ 3) เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ทำหน้าที่รับสัญญาณจากเซนเซอร์ เพื่อควบคุมอุณหภูมิของฮีตเตอร์ให้อยู่ในค่าที่ตั้งไว้ หากมีอุณหภูมิสูงเกินค่าที่ตั้งไว้ เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะสั่งให้ตัดกระแสไฟฟ้าที่ป้อนไปยังฮีตเตอร์ และสั่งให้ต่อกระแสไฟฟ้าเมื่อค่าอุณหภูมิ ต่ำกว่าค่าที่กำหนด โดยมี 4) โซลิดสเตตรีเลย์ ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ในการตัดและต่อวงจร

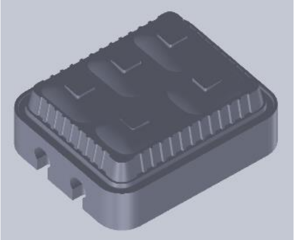
3. การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูป

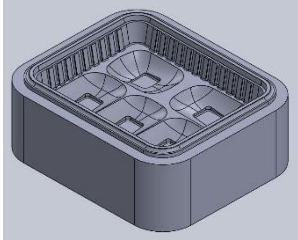
ชุดแม่พิมพ์ขึ้นรูปประกอบด้วย แม่พิมพ์ส่งแรงกดและแม่พิมพ์รับแรงกด อย่างละ 1 ชิ้น ซึ่งแม่พิมพ์ขึ้นรูปที่ออกแบบมีจำนวนทั้งสิ้น 4 แบบ ได้แก่ 1) ถาดใส่อาหารว่าง มีขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกดและแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 220x250x45 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 2 2) ถาดใส่ผลไม้ มีขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกดและแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 178x218x45 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 3 3) ถาดเพาะกล้า มีขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกดและแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 120x160x110 มิลลิเมตร และ 140x180x90 มิลลิเมตร ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 4 และ 4) กล่องใส่ไข่ มีขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกดและแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 124x264x117 มิลลิเมตร แสดงดังภาพที่ 5


(ก)


(ข)

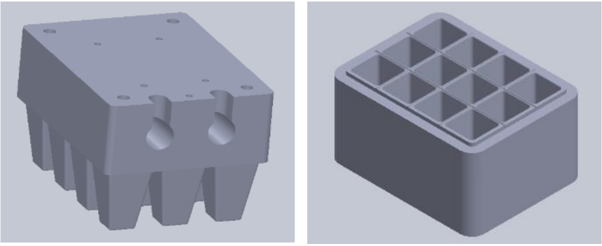
ภาพที่ 2 แม่พิมพ์ส่งแรงกด (ก) และแม่พิมพ์รับแรงกด (ข) ของถาดใส่อาหารว่าง


(ก)

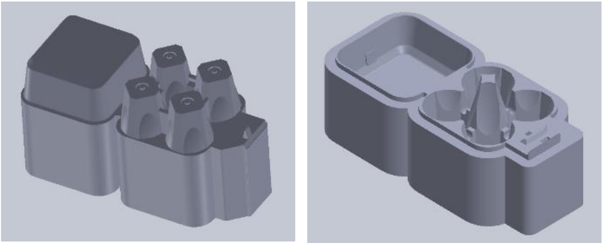

(ข)

ภาพที่ 3 แม่พิมพ์ส่งแรงกด (ก) และแม่พิมพ์รับแรงกด (ข) ของถาดใส่ผลไม้

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)


(ก) (ข)

ภาพที่ 4 แม่พิมพ์ส่งแรงกด (ก) และแม่พิมพ์รับแรงกด (ข) ของถาดเพาะกล้า


(ก) (ข)

ภาพที่ 5 แม่พิมพ์ส่งแรงกด (ก) และแม่พิมพ์รับแรงกด (ข) ของกล่องใส่ไข่

ซึ่งแม่พิมพ์แต่ละแบบได้แนวความคิดมาจากต้นแบบที่ใช้งานอยู่ในท้องตลาดโดยได้ศึกษาและทำการคัดเลือกต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้สัมผัสกับอาหารโดยตรงเพื่อลดขั้นตอนในการทำงานเกี่ยวกับมาตรฐานด้านความปลอดภัยต่อผู้บริโภค ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาผลิตภัณฑ์ที่แปลกใหม่และใช้กันอยู่ในชีวิตประจำวันเพื่อตอบสนองต่อกระแสความต้องการในการใช้งานภาชนะและบรรจุภัณฑ์รักษ์โลก

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

ส่วนที่ 1 งานโครงสร้างของเครื่องขึ้นรูปภาชนะด้วยระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า

(1) ตัดเหล็กตัว C ขนาด (กว้างXยาว) 3X2 นิ้ว ให้ได้ความยาว 1,000 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น ความยาว 400 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น และความยาว 500 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น

(2) ตัดเหล็กตัว C ขนาด (กว้างXยาว) 4X3 นิ้ว ให้ได้ความยาว 600 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชิ้น

(3) เชื่อมประกอบโดยกระบวนการเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ

ส่วนที่ 2 งานสร้างแม่พิมพ์ของเครื่องขึ้นรูปภาชนะด้วยระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า ใช้เครื่องกัดซีเอ็นซีกัดแท่งอลูมิเนียมอัลลอยด์ที่มีความหนา 100 มิลลิเมตร (กว้างXยาว) 200X200 มิลลิเมตร ให้มีรูปทรงตามภาชนะทั้ง 4 แบบ ได้แก่ ถาดใส่อาหารว่าง ถาดใส่ผลไม้ ถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่ ตามที่ออกแบบแม่พิมพ์ไว้เบื้องต้น

ส่วนที่ 3 งานสร้างตู้ควบคุมเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะด้วยระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า เจาะช่องที่หน้าตู้ควบคุมเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม ได้แก่ หน้าจอแสดงผลแบบทัชสกรีน สวิตช์ปุ่มกด หลอดไฟแสดงสถานะการ

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

ทำงาน อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ สวิตช์ฉุกเฉิน อุปกรณ์พีแอลซี และติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมนิวเมติกส์โซลีนอยด์วาล์ว แบบ 5/2 พร้อมต่อท่อลมและสายไฟเข้ากับพีแอลซี

ส่วนที่ 4 งานติดตั้งอุปกรณ์เครื่องขึ้นรูปภาชนะด้วยระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า

(1) ติดตั้งกระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทิศทาง เข้าตัวโครงสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะ โดยติดตั้งไว้ด้านบนของโครงสร้าง

(2) ติดตั้งฐานรองและแม่พิมพ์ตัวเมีย โดยติดตั้งแม่พิมพ์ตัวเมียในตำแหน่งด้านล่างของเครื่องอัด

(3) ติดตั้งแม่พิมพ์ตัวผู้เข้ากับชุดหัวจับ

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

ส่วนผสมของเยื่อกระดาษจากเศษอ้อยประกอบด้วย ขุยกระดาษ:เส้นใยใบอ้อย:เส้นใยชานอ้อย ในอัตราส่วน 1:1:1 (มลฤดี, 2565) ที่ซึ่งนำมาศึกษาสภาวะในการขึ้นรูป 1) การเตรียมขุยกระดาษมีวิธีการเตรียม คือ นำเศษกระดาษเอ 4 มาแช่น้ำหลังจากนั้นนำมาปั่นให้ละเอียด แยกเตรียมเป็นส่วนผสมในอัตราส่วน 1/3 ส่วน 2) วิธีการเตรียมเยื่อกระดาษจากเศษใบอ้อย คือ ใช้เศษใบอ้อยแห้งและชานอ้อยแห้ง ในอัตราส่วน 1:1 นำแต่ละส่วนมาผ่านการย่อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 จะได้เส้นใยใบอ้อยและเส้นใยชานอ้อยที่ถูกกำจัดลิกนิน และเฮมิเซลลูโลสออกไป ให้เหลือเพียงเซลลูโลสไว้ ซึ่งเส้นใยทั้ง 2 ชนิดนี้ มีลักษณะโดยรวมเหมือนกัน คือ เป็นเส้นใยที่มีขนาดเล็ก แข็ง และมีสีน้ำตาล สำหรับการขึ้นรูปถาดใส่อาหารว่าง และถาดใส่ผลไม้ทำการขึ้นรูปด้วยแผ่นกระดาษ ส่วนการขึ้นรูปถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่จะต้องทำการขึ้นรูปจากเศษอ้อย ซึ่งมีวิธีการขึ้นรูปและการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะ ดังนี้

1. วิธีการขึ้นรูป

1.1 การขึ้นรูปเปียก

(1) ผสมขุยกระดาษ :ใบอ้อย:ชานอ้อย ในอัตราส่วน 1:1:1 (อัตราส่วนของเส้นใย 1 ส่วน มีน้ำหนักเท่ากับ 70 กรัม) จากนั้นนำมาตีผสมเป็นเยื่อเศษอ้อยสำหรับใช้ทดสอบการขึ้นรูปถาดเพาะกล้าและกล่องใส่ไข่

(2) นำตะแกรงสแตนเลสขนาด 40 เมซ (Mesh) กดบนแม่พิมพ์ที่อยู่บนแท่นกดนิวเมติกส์ เพื่อให้ตะแกรงเปลี่ยนรูปร่างตามแบบแม่พิมพ์

(3) นำตะแกรงออกจากแม่พิมพ์แล้วนำเยื่อเศษอ้อยเทลงบนตะแกรง เกลี่ยเยื่อ ให้กระจายตัวทั่วตะแกรง แล้วนำผ้าขาวบางมาปิดทับเยื่อด้านบน เพื่อป้องกันเยื่อกระดาษติดแม่พิมพ์ขณะขึ้นรูป ภาพที่ 6 (ก) หลังจากการขึ้นรูปจะได้ชิ้นงาน ภาพที่ 6 (ข)

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)

(ก)

(ข)

ภาพที่ 6 การขึ้นรูปเยื่อกระดาษแบบเปียก (ก) การเทเยื่อบนตะแกรง (ข) การขึ้นรูปภาชนะแบบเปียก

1.2 การขึ้นรูปแห้ง

(1) นำแผ่นเยื่อกระดาษที่ได้จากการขึ้นรูปเปียกมาวางลงในแม่พิมพ์ขึ้นรูปร้อน

(2) ปรับตั้งอุณหภูมิของแม่พิมพ์และระยะเวลาในการกดค้างตำแหน่งของกระบอกสูบที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ ทั้งนี้อุณหภูมิที่ใช้ขึ้นรูปต้องกำหนดค่าให้เท่ากันทั้งแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่าง

(3) กดปุ่มเริ่มการทำงานของเครื่อง ระบบจะทำงานอัตโนมัติตั้งแต่ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปจนกระทั่งได้ภาชนะที่มีลักษณะแห้ง

(4) นำภาชนะที่ขึ้นรูปเสร็จแล้วออกจากแม่พิมพ์ และนำมาตัดแต่งขอบของภาชนะให้เรียบร้อย

2. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะจำนวน 3 ปัจจัย คือ แรงดัน 3 ระดับ ได้แก่ 4 5 และ 6 บาร์ อุณหภูมิ 5 ระดับ ได้แก่ 110 120 130 140 และ 150 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการกดค้างของกระบอกสูบ 4 ระดับ ได้แก่ 60 70 80 และ 90 วินาที

2.1 การศึกษาระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป

การศึกษาอุณหภูมิ ที่ระดับ 110 120 130 140 และ 150 องศาเซลเซียส และระยะเวลาการกดค้างกระบอกสูบ ที่ระยะเวลา 60 70 80 และ 90 วินาที เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะทั้ง 4 แบบ โดยทำการทดสอบจำนวน 5 ซ้ำต่อแบบ

มีรายละเอียดการดำเนินงานดังนี้

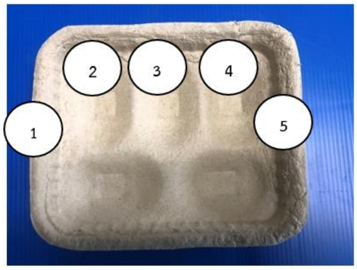
(1) ค่าความชื้นของภาชนะ อ้างอิงวิธี AOAC (2000) Methods 938.08 (AOAC, 2000)

(2) พิจารณาและประเมินคุณภาพโดยรวมของภาชนะ ได้แก่ ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน การคืนรูป การแตกร้าว และสี แบ่งเป็นคะแนน 3 ระดับ

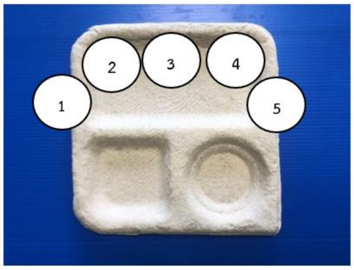
(3) คัดเลือกระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบสำหรับภาชนะแต่ละแบบ โดยคัดเลือกจากสภาวะที่ได้รับคะแนนสูงที่สุด และทำให้ภาชนะมีความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 10 เพื่อให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 1557/2563

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

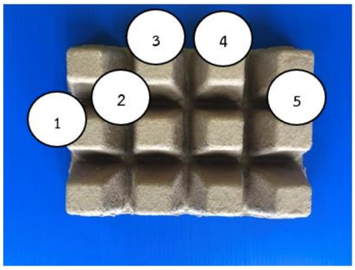
(4) ความหนาเฉลี่ยของภาชนะ วัดด้วยไมโครมิเตอร์ที่มีช่วงการวัด 0-25 มิลลิเมตร ค่าความละเอียด 0.001 มิลลิเมตร ทั้ง 5 ตำแหน่งของถาดใส่อาหารว่าง ถาดใส่ผลไม้ ถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่ หลังจากการขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ (3) ข้างต้น แต่จะนำมาศึกษาร่วมกับการปัจจัยแรงดันที่ 4 5 และ 6 บาร์ จากนั้นเปรียบเทียบความหนาเฉลี่ยของภาชนะทั้งหมดเพื่อคัดเลือกแรงดันที่ทำให้ภาชนะแต่ละแบบมีความหนาน้อยที่สุด แสดงดังภาพที่ 7



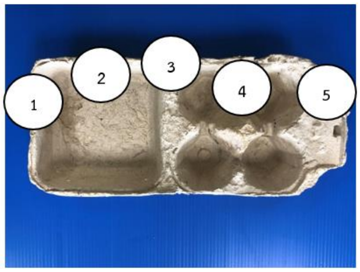
(ก) ถาดใส่ผลไม้



(ข) ถาดใส่อาหารว่าง



(ค) ถาดเพาะกล้า



(ง) กล่องใส่ไข่

ภาพที่ 7 ตำแหน่งการตรวจสอบความหนาของภาชนะทั้ง 4 แบบ

2.2 การศึกษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

นำค่าแรงดัน อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ อุณหภูมิ และระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบ ที่ผ่านการคัดเลือกจากขั้นตอนต่างๆ เพื่อนำมาทดลองขึ้นรูปกับภาชนะทั้ง 4 แบบ จำนวน 5 ซ้ำต่อแบบ และตรวจสอบคุณภาพของภาชนะที่ขึ้นรูปแล้ว ด้วยคุณสมบัติเชิงกลของภาชนะในระบบมาตรฐานระหว่างประเทศที่ใช้ในการทดสอบผลิตภัณฑ์ ดังนี้ (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2550)

ก. ความต้านทานต่อแรงดึงแบบอัตราการยืดตัวคงที่ (Constant rate of elongation) ตามมาตรฐาน ISO 1924-2:2008 ของชิ้นงานที่ถูกเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 27±1 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65±2 เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 24 ชั่วโมงก่อนนำมาสุ่มชิ้นงานจำนวน 5 ซ้ำต่อภาชนะ 1 แบบ กำหนดระยะห่างระหว่างตัวหนีบเท่ากับ 100 มิลลิเมตร

ข. ความต้านแรงกด โดยเครื่อง Texture Analyzer รุ่น TA.XT. plus ตามมาตรฐาน ISO 12192:2011 ทำการสุ่มชิ้นงานมา 5 ซ้ำต่อภาชนะ 1 แบบ ตัดตัวอย่างให้มีความกว้าง 1.5 เซนติเมตร มาวัดค่าความต้านทานแรงดึง มีระยะห่างระหว่างตัวหนีบเท่ากับ 100 มิลลิเมตร

2.3 การศึกษาเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

นำค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานทั้งหมดมาวิเคราะห์มูลค่าเชิงเศษฐศาสตร์วิศวกรรมของการใช้งานเครื่องขึ้นรูปภาชนะนี้ เพื่อให้เกิดเป็นภาชนะทั้ง 4 แบบ ดังรายการต่อไปนี้

(1) ค่าใช้จ่ายในการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

(2) ต้นทุนต่อหน่วยในการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

(3) ระยะเวลาการคืนทุนของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

การออกแบบ กำหนดขนาด และกำหนดตำแหน่งของอุปกรณ์การทำงานต่างๆ ของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อยที่ควบคุมการทำงานด้วยระบบพีแอลซี ถูกออกแบบโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป และแสดงผลเป็นภาพ 3 มิติ จากนั้นดำเนินการจัดทำเครื่องขึ้นรูปภาชนะตามแบบที่เขียนแบบไว้ แสดงดังภาพที่ 8

1.1 ผลการพัฒนาโครงสร้างของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย ประกอบด้วยส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ส่วนโครงสร้างเครื่อง: ลักษณะเครื่องเป็นทรงสูง มีขนาด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 60x40x112 เซนติเมตร โครงสร้างหลักทำจากเหล็กตัว C ขนาด (กว้างxยาว) 3x2 นิ้ว ด้วยความหนา 3.2 มิลลิเมตร มีล้อเลื่อนขนาด 2.5 นิ้ว เป็นแบบพลาสติกแข็ง ติดตั้งที่ฐานเครื่องทั้ง 4 มุมการทำงานของเครื่องกดกระทำบนแม่พิมพ์ในแนวตั้งจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง ด้วยการทำงานของกระบอกสูบอัดที่ติดตั้งไว้ที่ด้านบนของเครื่อง

ส่วนที่ 2 ส่วนของชุดอัดขึ้นรูปภาชนะ ประกอบไปด้วย 2 ส่วนย่อย ได้แก่

(1) กระบอกสูบอัด: เป็นกระบอกสูบแบบทำงาน 2 ทิศทาง จำนวน 1 กระบอก เคลื่อนที่เข้าออกด้วยแรงลม ภายในมีลูกสูบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 มิลลิเมตร ระยะความยาวก้านสูบ 250 มิลลิเมตร ก้านสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร

(2) ฐานยึดแม่พิมพ์: เป็นฐานสำหรับยึดติดกับส่วนของแม่พิมพ์ วัสดุทำจากเหล็กประกอบด้วยฐานยึดแม่พิมพ์ตัวบนและแม่พิมพ์ตัวล่าง อย่างละ 1 แผ่น แต่ละแผ่นมีขนาดเท่ากันคือ (กว้างxยาว) 250x250 มิลลิเมตร ความหนา 8 มิลลิเมตร ตำแหน่งของฐานยึดแม่พิมพ์ตัวบนจะยึดติดกับส่วนปลายของกระบอกสูบ ส่วนฐานยึดแม่พิมพ์ตัวล่างถูกติดตั้งให้สูงจากคานของโครงสร้างประมาณ 13 เซนติเมตร ยึดด้วยสลักเกลียว จำนวน 9 ตัว

ส่วนที่ 3 ส่วนของตู้ควบคุมไฟฟ้า ประกอบด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

(1) ตู้ควบคุมไฟฟ้า ขนาด (กว้างxยาวxสูง) 570×690×250 มิลลิเมตร ความหนา 1 มิลลิเมตร

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

(2) พีแอลซี จำนวน 1 เครื่อง มีช่องดิจิตอลอินพุต 16 ช่อง ช่องดิจิตอลเอาต์พุตชนิดรีเลย์ 14 ช่อง แหล่งจ่ายไฟฟ้าภาคกำลังขนาด 220 VAC

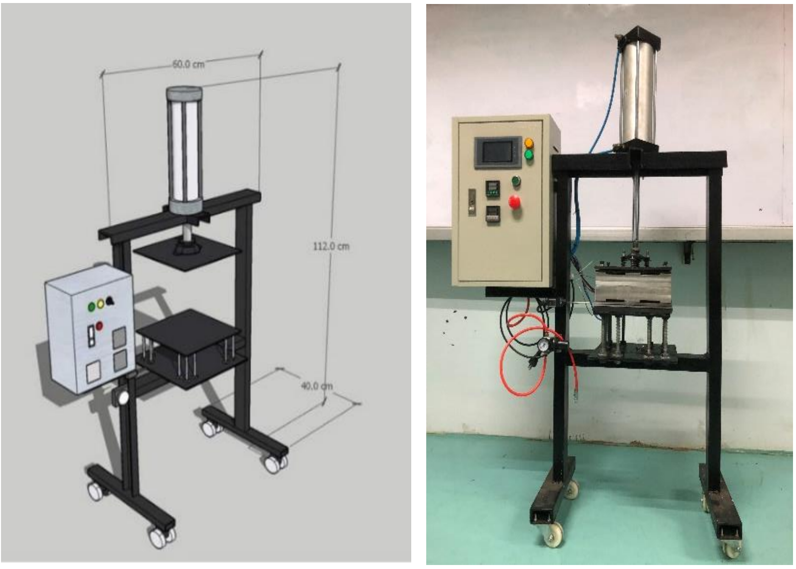
(3) โซลีนอยด์วาล์ว 2 คอยด์ แบบ 5/2 จำนวน 1 ตัว พอร์ตลมเข้าและลมออกมีขนาด 1/8 นิ้ว ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 220 VAC

(4) จอแสดงผลแบบทัชสกรีน จำนวน 1 ชิ้น

(5) อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิและแรงดันไฟฟ้าขนาด 220 VAC กระแสไฟฟ้า 3 A ควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 0 ถึง 400 องศาเซลเซียส

(6) โซลิดสเตตรีเลย์ ขนาด 25 A จำนวน 2 ชุด

(7) ลิมิตสวิตช์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 VAC จำนวน 1 ตัว



(ก) (ข)

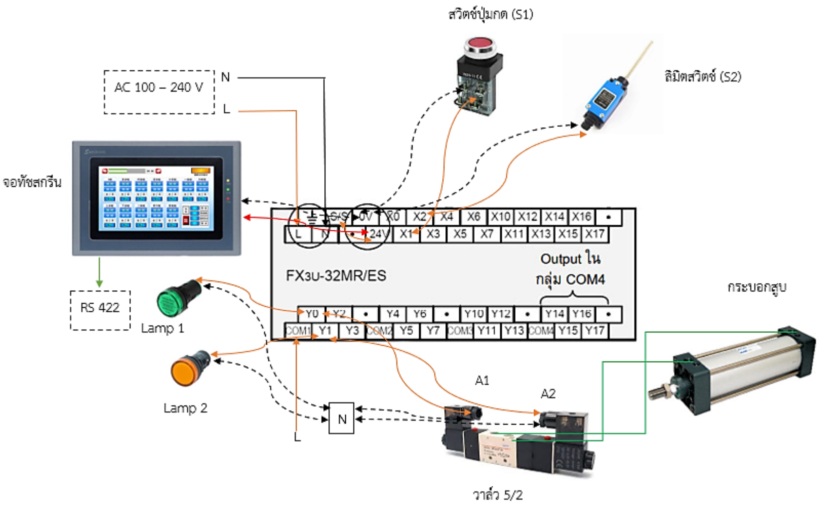
ภาพที่ 8 เครื่องขึ้นรูปภาชนะที่สร้างเสร็จ (ก) แบบตัวเครื่อง (ข) เครื่องต้นแบบที่พัฒนา

1.2 ผลการพัฒนาระบบควบคุมการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

1.2.1 ระบบควบคุมการทำงานของกระบอกสูบอัดด้วยระบบพีแอลซี

การทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะถูกควบคุมด้วยระบบพีแอลซี ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ PLC Mitsubishi รุ่น PX3S มีช่องดิจิตอลอินพุตจำนวน 16 ช่อง ช่องดิจิตอลเอาต์พุตชนิดรีเลย์ จำนวน 14 ช่อง และมีช่องสื่อสารเป็นแบบ RS 422 แหล่งจ่ายไฟฟ้าภาคกำลังขนาด 220 VAC ซึ่งได้เชื่อมต่อการทำงานดังภาพที่ 9

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)



ภาพที่ 9 ส่วนประกอบของระบบพีแอลซี

1.3 ผลการสร้างแม่พิมพ์ของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

จากการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปภาชนะทั้ง 4 แบบ เมื่อนำอลูมิเนียมอัลลอยด์มากัดขึ้นรูปให้เกิดเป็นแม่พิมพ์ส่งแรงอัดและแม่พิมพ์รับแรงอัด จำนวน 1 ชุดต่อภาชนะ 1 แบบ ได้แม่พิมพ์แต่ละแบบดังนี้

ตารางที่ 1 แม่พิมพ์ส่งแรงกดและแม่พิมพ์รับแรงกดของภาชนะทั้ง 4 แบบ

แม่พิมพ์	แม่พิมพ์ส่งแรงกด	แม่พิมพ์รับแรงกด
1. ถาดใส่อาหารว่าง		
2. ถาดใส่ผลไม้		
3. ถาดเพาะกล้า		
4. กล่องใส่ไข่		

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

(1) แม่พิมพ์ถาดใส่อาหารว่าง: ขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกด และแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 220x250x45 มิลลิเมตร ออกแบบเพื่อรองรับการวางแก้ว อาหารว่าง และช้อน ตามลำดับ

(2) แม่พิมพ์ถาดใส่ผลไม้: ขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกด และแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 178x218x45 มิลลิเมตร ออกแบบเพื่อรองรับการบรรจุผลไม้ได้ 5 ผล โดยไม่ให้ผลไม้เคลื่อนที่ไปมาในภาชนะ

(3) แม่พิมพ์ถาดเพาะกล้า: ขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกด และแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 120x160x110 มิลลิเมตร และ 140x180x90 มิลลิเมตร ตามลำดับ

(4) แม่พิมพ์กล่องใส่ไข่: ขนาดของแม่พิมพ์ส่งแรงกด และแม่พิมพ์รับแรงกด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 124x264x117 มิลลิเมตร ได้แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ตัวกล่องที่ยึดติดกับตัวฝาปิด ที่ตัวกล่องสามารถบรรจุไข่ได้สูงสุด 4 ฟอง ช่องใส่ไข่เป็นทรงกลม ก้นลึกประมาณ 50 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 46 มิลลิเมตร ฝากล่องมีรูไว้สำหรับล็อคปิดฝากล่อง

2. ผลการศึกษาระดับแรงดันที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะ

จากการศึกษาระดับแรงดัน ที่ระดับ 4 5 และ 6 บาร์ ที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิในการขึ้นรูป ที่อุณหภูมิ 110 120 130 140 และ 150 องศาเซลเซียส และระยะเวลาในการกดค้างของกระบอกสูบ ที่ระยะเวลา 60 70 80 และ 90 วินาที เพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะทั้ง 4 แบบ ได้ผลดังนี้

2.1 ผลการศึกษาแรงดันที่กระทำต่อพื้นที่ หน้าตัดของแม่พิมพ์

ด้วยขนาดของแม่พิมพ์ เมื่อนำมาคำนวณหาพื้นที่หน้าตัดของแม่พิมพ์ร่วมกับแรงที่กระทำบนแม่พิมพ์ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการขึ้นรูปภาชนะ โดยได้กำหนดขอบเขตระดับแรงดันที่ศึกษา จำนวน 3 ระดับ ได้แก่ 4 5 และ 6 บาร์ มีผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แรงที่กระทำบนแม่พิมพ์เมื่อกดกระบอกสูบ

แม่พิมพ์	**พื้นที่หน้าตัดของแม่พิมพ์ (ตารางเซนติเมตร: cm^2)**	**แรงที่กระทำบนแม่พิมพ์ (ปาสคาล: mPa)**		
		4 บาร์	**5 บาร์**	**6 บาร์**
ถาดใส่อาหารว่าง	342.25	0.094	0.117	0.140
ถาดใส่ผลไม้	238.00	0.135	0.168	0.202
ถาดเพาะกล้า	192.00	0.167	0.209	0.250
กล่องใส่ไข่	210.00	0.153	0.191	0.229

จากตารางที่ 2 จากรูปแบบแม่พิมพ์ที่แตกต่างกันพบว่า แม่พิมพ์ของการขึ้นรูปถาดเพาะกล้า มีแรงมากระทำบนแม่พิมพ์มากที่สุด 0.167-0.25 เมกะปาสคาล รองลงมาคือ แม่พิมพ์ของกล่องใส่ไข่ ถาดใส่ผลไม้ และถาดใส่อาหารว่างที่มีแรงมากระทำบนแม่พิมพ์เท่ากับ 0.153-0.229, 0.135-0.202 และ 0.094-0.140 เมกะปาสคาล ตามลำดับ

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)

2.2 ผลการศึกษาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ

ผู้วิจัยกำหนดระยะเวลาที่กระบอกสูบใช้เพื่อให้แม่พิมพ์ตัวผู้ประกบกับแม่พิมพ์ตัวเมียไว้ 3 ระดับ คือ 30 60 และ 90 วินาที ด้วยข้อมูลนี้ นำมาหาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบจากการคำนวณโดยใช้ระยะทางที่กระบอกสูบเคลื่อนที่ออกต่อเวลาที่กระบอกสูบใช้เพื่อเคลื่อนที่ออก มีค่าเท่ากับ 0.003 0.004 และ 0.008 เมตรต่อวินาที กำหนดอุณหภูมิคงที่สำหรับคัดเลือกระดับแรงดันที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูปภาชนะไว้ที่ 140 องศาเซลเซียส โดยใช้กล่องใส่ไข่เป็นกรณีศึกษา ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณภาพโดยรวมของกล่องใส่ไข่หลังการขึ้นรูป

แรงดัน (บาร์)	อัตราเร็วกระบอกสูบ (เมตรต่อวินาที)	คุณภาพ (คะแนน)	แปลผล
4	0.003	1.3	ชิ้นงานไม่มีความสมบูรณ์ มีการคืนตัว
	0.004	1.0	ชิ้นงานไม่มีความสมบูรณ์ มีการคืนตัว
	0.008	1.0	ชิ้นงานไม่มีความสมบูรณ์ มีการคืนตัว
5	0.003	2.2	ชิ้นงานมีความสมบูรณ์เล็กน้อย มีการคืนตัวเล็กน้อย
	0.004	2.0	ชิ้นงานมีความสมบูรณ์เล็กน้อย มีการคืนตัวเล็กน้อย
	0.008	1.8	ชิ้นงานไม่มีความสมบูรณ์ มีการคืนตัว
6	0.003	3.0	ชิ้นงานมีความสมบูรณ์
	0.004	3.0	ชิ้นงานมีความสมบูรณ์
	0.008	2.6	ชิ้นงานมีความสมบูรณ์เล็กน้อย พบรอยแตก 1 จุด

จากตารางที่ 3 พบว่า การใช้อัตราเร็วของกระบอกสูบที่ 0.003-0.004 เมตรต่อวินาที ร่วมกับแรงดันลม 6 บาร์ จะได้ชิ้นงานที่มีความสมบูรณ์ ไม่พบการแตกร้าว และไม่เกิดการคืนตัวของชิ้นงาน ด้วยคะแนน 3.0 คะแนน แต่หากเพิ่มอัตราเร็วของกระบอกสูบให้อยู่ที่ 0.008 เมตรต่อวินาที พบการเกิดรอยแตกบนชิ้นงาน ผู้วิจัยจึงเลือกแรงดันลมที่ 6 บาร์ และอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบเท่ากับ 0.004 เมตรต่อวินาที เป็นค่าคงที่ในการศึกษาระดับอุณหภูมิในการขึ้นรูป

2.3 ผลการศึกษาระดับอุณหภูมิและระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบที่เหมาะสมสำหรับการขึ้นรูป

1) ความชื้นและคุณภาพโดยรวมของภาชนะ

ผลการพิจารณาคุณภาพโดยรวมร่วมกับความชื้นของภาชนะ พบว่า สภาวะการขึ้นรูปที่ทำให้ภาชนะมีคะแนนการประเมินคุณภาพโดยรวมสูงที่สุดคือ อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบนาน 60 วินาที ด้วยสภาวะนี้ทำให้ภาชนะแต่ละแบบมีรูปทรงสมบูรณ์เป็นไปตามแม่พิมพ์ ไม่มีการคืนรูปหลังจากการขึ้นรูปแล้ว ไม่มีรอยแตกร้าว สีภาชนะเป็นปกติ และมีความชื้นเหลืออยู่ร้อยละ 6.08-6.62 ดังแสดงในตารางที่ 4

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

ตารางที่ 4 ความชื้นของภาชนะเมื่อขึ้นรูปด้วยสภาวะที่แตกต่างกัน

สภาวะในการขึ้นรูป		ถาดใส่อาหารว่าง		ถาดใส่ผลไม้		ถาดเพาะกล้า		กล่องใส่ไข่	
อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลากดค้าง (sec)	ความชื้น (%±SD)	คะแนนคุณภาพ	ความชื้น (%±SD)	คะแนนคุณภาพ	ความชื้น (%±SD)	คะแนนคุณภาพ	ความชื้น (%±SD)	คะแนนคุณภาพ
110	60	13.40±0.01	1.40	13.37±0.03	1.20	13.85±0.02	1.00	13.54±0.01	1.20
	70	13.13±0.02	1.20	13.00±0.01	1.20	13.41±0.01	1.40	13.18±0.01	1.00
	80	12.52±0.03	1.40	12.05±0.01	1.00	12.78±0.02	1.20	12.77±0.02	1.40
	90	12.48±0.01	1.20	11.88±0.01	1.20	12.94±0.03	1.00	12.60±0.02	1.20
120	60	11.78±0.01	1.40	11.21±0.02	1.00	12.10±0.03	1.00	11.85±0.01	1.00
	70	11.67±0.01	1.00	11.15±0.02	1.40	11.92±0.01	1.40	11.85±0.02	1.00
	80	11.06±0.03	1.00	10.96±0.01	1.20	11.30±0.01	1.20	11.26±0.02	1.20
	90	10.77±0.01	1.20	10.69±0.02	1.00	11.00±0.01	1.40	10.96±0.01	1.20
130	60	10.19±0.02	1.20	10.00±0.02	1.20	10.37±0.01	1.20	10.35±0.03	1.20
	70	8.83±0.01	1.60	8.60±0.03	2.00	9.57±0.01	1.80	8.94 ±0.01	1.80
	80	8.41±0.01	1.80	8.35±0.01	1.60	8.74±0.02	2.00	8.56±0.02	1.80
	90	7.74±0.01	1.80	7.54±0.03	1.80	7.98±0.01	1.80	7.90±0.02	1.60
140	60	6.21±0.02	3.00	6.08±0.02	3.00	6.62±0.01	3.00	6.21±0.02	3.00
	70	5.43±0.01	2.80	5.37±0.02	2.80	5.97±0.01	2.80	5.57±0.03	2.60
	80	5.23±0.01	2.60	5.23±0.01	2.40	5.55±0.01	2.20	5.28±0.02	2.20
	90	4.59±0.02	1.80	4.45±0.03	2.40	4.90±0.03	2.40	4.78±0.01	1.60
150	60	4.22±0.01	2.20	4.16±0.03	2.20	4.61±0.01	2.40	4.53±0.02	2.20
	70	3.51±0.01	1.40	3.46±0.01	1.20	3.95±0.01	1.40	3.82±0.01	1.40
	80	3.03±0.02	1.40	2.82±0.01	1.20	3.85±0.02	1.20	3.13±0.01	1.20
	90	2.27±0.01	1.20	2.09±0.02	1.00	2.50±0.02	1.00	2.39±0.01	1.00

2) ความหนาของภาชนะ

จากการเปรียบเทียบความหนาของภาชนะทั้งหมดพบว่า ถาดใส่ผลไม้มีความหนาเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาคือ ถาดใส่อาหารว่าง ถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่ ทั้งนี้เมื่อใช้แรงดันที่ 4 5 และ 6 บาร์ ภาชนะทั้ง 4 แบบมีความหนาเฉลี่ยเท่ากับ 1.14-2.10 มิลลิเมตร 1.12-1.84 มิลลิเมตร และ 1.07-1.69 มิลลิเมตร ตามลำดับ เห็นได้ว่าการใช้แรงดัน 6 บาร์ จะทำให้ภาชนะทั้ง 4 แบบ มีค่าความหนาเฉลี่ยน้อยที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 5

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)

ตารางที่ 5 ความหนาของภาชนะทั้ง 4 แบบ

สภาวะของภาชนะ		ความหนาของภาชนะ (มิลลิเมตร)			
ความดัน (บาร์)	ตำแหน่ง	ถาดใส่อาหารว่าง (mm±SD)	ถาดใส่ผลไม้ (mm±SD)	ถาดเพาะกล้า (mm±SD)	กล่องใส่ไข่ (mm±SD)
4	จุดที่ 1	1.34±0.01	1.93±0.03	1.28±0.01	1.12±0.00
	จุดที่ 2	1.18±0.04	2.12±0.06	1.34±0.02	1.12±0.01
	จุดที่ 3	1.92±0.01	2.41±0.02	1.27±0.01	1.21±0.07
	จุดที่ 4	1.81±0.01	2.12±0.06	1.33±0.03	1.12±0.01
	จุดที่ 5	1.34±0.01	1.93±0.02	1.28±0.00	1.12±0.01
ค่าเฉลี่ย		**1.52±0.30**	**2.10±0.18**	**1.30±0.03**	**1.14±0.05**
5	จุดที่ 1	1.51±0.01	1.73±0.04	1.12±0.01	1.10±0.01
	จุดที่ 2	1.68±0.02	1.89±0.04	1.20±0.07	1.13±0.01
	จุดที่ 3	1.80±0.01	1.97±0.01	1.12±0.01	1.18±0.02
	จุดที่ 4	1.68±0.01	1.89±0.02	1.20±0.05	1.12±0.01
	จุดที่ 5	1.50±0.03	1.73±0.01	1.12±0.01	1.10±0.05
ค่าเฉลี่ย		**1.63±0.12**	**1.84±0.10**	**1.15±0.05**	**1.12±0.04**
6	จุดที่ 1	1.12±0.07	1.55±0.03	1.20±0.03	1.02±0.01
	จุดที่ 2	1.30±0.02	1.73±0.03	1.16±0.03	1.08±0.02
	จุดที่ 3	1.80±0.04	1.88±0.02	1.11±0.01	1.13±0.01
	จุดที่ 4	1.30±0.01	1.73±0.01	1.16±0.03	1.09±0.01
	จุดที่ 5	1.12±0.07	1.55±0.01	1.10±0.06	1.02±0.01
ค่าเฉลี่ย		**1.33±0.26**	**1.69±0.13**	**1.15±0.05**	**1.07±0.04**

2.4 ผลการทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงและแรงกดของภาชนะ

การทดสอบความต้านทานต่อแรงดึงและแรงกดของภาชนะนี้อ้างอิงจากมาตรฐานระหว่างประเทศ (ISO 1924-2:2008, ISO 12192:2011) เมื่อนำภาชนะแต่ละแบบมาตรวจสอบความต้านทานต่อแรงดึงและแรงกดของภาชนะ โดยการสุ่มชิ้นงานจำนวน 5 ซ้ำต่อภาชนะ 1 แบบ กำหนดระยะห่างระหว่างตัวหนีบเท่ากับ 100 มิลลิเมตร ดังแสดงในตารางที่ 6

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

ตารางที่ 6 ความต้านทานต่อแรงดึงและแรงกดของภาชนะ

ความต้านทาน	การขึ้นรูปแบบแห้ง		การขึ้นรูปแบบเปียก	
	ถาดใส่อาหารว่าง	ถาดใส่ผลไม้	ถาดเพาะกล้า	กล่องใส่ไข่
แรงดึง (kN/m^2±SD)	963.80 ±3.08	863.00±3.91	773.10±1.26	816.00±1.64
แรงกด (kPa±SD)	1,518.70±1.59	1,476.30±5.90	1,375.20±4.07	1,459.80±5.16

จากตารางที่ 6 พบว่า ถาดใส่อาหารว่างมีค่าความต้านทานแรงดึงมากที่สุด รองลงมาคือ ถาดใส่ผลไม้ กล่องใส่ไข่ และถาดเพาะกล้า ด้วยค่าเฉลี่ย 963.80, 863.00, 816.00 และ 773.10 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร ตามลำดับ ในส่วนของค่าความต้านทานแรงกด สามารถเรียงลำดับจากค่ามากไปน้อย คือ ถาดใส่อาหารว่าง ถาดใส่ผลไม้ กล่องใส่ไข่ และถาดเพาะกล้า มีค่าเท่ากับ 1,518.70 1,476.30 1,459.80 และ 1,375.20 กิโลปาสคาล ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบระหว่างการขึ้นรูปแบบแห้งและการขึ้นรูปแบบเปียก พบว่า การขึ้นรูปแบบแห้งมีค่าความต้านทานต่อแรงดึงและแรงกดของภาชนะที่สูงกว่า การขึ้นรูปแบบเปียก

2.5 ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย

จากความสามารถในการขึ้นรูปภาชนะได้ 27 ชิ้นต่อชั่วโมง เปิดใช้งานเครื่อง 8 ชั่วโมงต่อวัน ทำงาน 300 วันต่อปี จะใช้ระยะเวลาคืนทุนสำหรับการผลิตถาดใส่อาหารว่างเท่ากับ 4 เดือน 27 วัน ถาดใส่ผลไม้ มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 5 เดือน 9 วัน ถาดเพาะกล้ามีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 5 เดือน 14 วัน และกล่องใส่ไข่มีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 5 เดือน 21 วัน ภาชนะทั้ง 4 แบบ มีต้นทุนการใช้งานเครื่องขึ้นรูปภาชนะแตกต่างกัน ประกอบด้วย ถาดใส่อาหารว่างมีต้นทุนการผลิต 1.98 บาทต่อชิ้น ถาดใส่ผลไม้มีต้นทุนการผลิต 2.00 บาทต่อชิ้น ถาดเพาะกล้ามีต้นทุนการผลิต 2.01 บาทต่อชิ้น และกล่องใส่ไข่มีมีต้นทุนการผลิต 2.02 บาทต่อชิ้น

อภิปรายผล

เครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุภัณฑ์อาหารจากเศษอ้อยมีโครงสร้างหลักทำจากเหล็ก ใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้า ระบบการทำงานถูกควบคุมด้วยระบบพีแอลซีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ส่วนของแม่พิมพ์สามารถถอดเปลี่ยนได้ ในที่นี้พัฒนาแม่พิมพ์ขึ้นรูปเป็นภาชนะได้ 4 แบบ คือ ถาดใส่อาหารว่าง ถาดใส่ผลไม้ ถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่ การขึ้นรูปใช้แรงกดจากกระบอกสูบร่วมกับการให้ความร้อนสูงที่แม่พิมพ์ สภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมคือ แรงดันลม 6 บาร์ อุณหภูมิแม่พิมพ์ 140 องศาเซลเซียส อัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ 0.004 เมตรต่อวินาที และระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบนาน 60 วินาที จะได้ภาชนะที่มีรูปร่างสมบูรณ์ มีความชื้นร้อยละ 6.08-6.62 เป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 1557/2563 สามารถต้านทานแรงดึงและแรงกดได้ 773.10-963.80 กิโลนิวตันต่อตารางเมตร และ 1,375.20-1,518.70 กิโลปาสคาลตามลำดับ จากการเปรียบเทียบระหว่างการขึ้นรูปแบบแห้งและการขึ้นรูปแบบเปียก พบว่า การขึ้นรูปแบบแห้งมีค่าความต้านทานต่อแรงดึงและแรงกดของภาชนะที่สูงกว่า การขึ้นรูปแบบเปียก ความสามารถในการขึ้นรูปภาชนะ 1 ชิ้น

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)

ใช้เวลาเพียง 2.25 นาที จึงใช้ระยะเวลาคืนทุนไม่เกิน 5 เดือน 21 วัน มีจุดคุ้มทุนไม่เกิน 33 วันต่อปี และมีต้นทุนการใช้งานเครื่องอยู่ที่ 2 บาทต่อชิ้น

เมื่อเปรียบเทียบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อยนี้ กับเครื่องขึ้นรูปภาชนะของ นพดล และสมนึก (2555) พบว่า เครื่องขึ้นรูปภาชนะมีจุดเหมือนกันคือ ใช้แท่นกดนิวเมติกส์และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบเท่ากัน แต่การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากงานวิจัยนี้ เพิ่มระยะความยาวก้านสูบอีก 30 มิลลิเมตร เนื่องจากระยะชักที่เพิ่มขึ้นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบก็จะเพิ่มขึ้นตาม ส่งผลให้มีแรงในการกดอัดขึ้นรูปที่เพิ่มขึ้น และใช้ระบบพีแอลซีเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่เข้า-ออกของกระบอกสูบ พร้อมทั้งควบคุมการหน่วงเวลาการค้างตำแหน่งของกระบอกสูบด้วยไทม์เมอร์ จึงใช้งานสะดวกและแม่นยำกว่าการควบคุมจากมือกดที่เป็นโซลีนอยด์วาล์วไฟฟ้า ควบคู่กับการใช้ไทม์เมอร์ควบคุมระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบ

การใช้อุณหภูมิสูงเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้ความชื้นหลงเหลืออยู่ในภาชนะน้อย และมีผลต่อการคงตัวของชิ้นงาน การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะให้มีระบบควบคุมความร้อนแม่พิมพ์ที่ติดตั้งบริเวณหน้าตู้ควบคุมและออกแบบตำแหน่งการติดตั้งฮีตเตอร์จำนวน 4 ตัวๆ ละ 500 วัตต์ ไว้ที่ด้านบน 2 ตัว และด้านล่าง 2 ตัว ทำให้เครื่องขึ้นรูปทำความร้อนให้ถึงค่าที่กำหนดได้อย่างรวดเร็ว เห็นได้จากการใช้ระยะเวลาการเพิ่มอุณหภูมิให้ถึง 140 องศาเซลเซียส เพียง 5 นาที 30 วินาที เมื่อเครื่องขึ้นรูปภาชนะตั้งอยู่ในอุณหภูมิห้อง (30 องศาเซลเซียส) สอดคล้องกับงานวิจัยของ สมเกียรติ และธมยันตี (2563) ที่ออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องอัดภาชนะจากกาบหมากด้วยพีแอลซี และมีระบบควบคุมอุณหภูมิที่แม่พิมพ์ นอกเหนือจากนั้น ผู้วิจัยให้ความสำคัญกับความปลอดภัยขณะทำงาน โดยการกำหนดให้พีแอลซีทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน มีการแจ้งสถานะการทำงาน แจ้งเตือนอันตรายจากกระแสไฟฟ้า และแจ้งเตือนเมื่อค่าเปลี่ยนแปลงไปจากระดับที่ตั้งไว้ ส่งผลให้ผู้ประเมินมีความพึงพอใจด้านความปลอดภัยจากการใช้งานเครื่องขึ้นรูปภาชนะอยู่ในระดับมากที่สุด

การสร้างแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปภาชนะ ผู้วิจัยได้ออกแบบภาชนะไว้ 4 แบบ ได้แก่ ถาดใส่อาหารว่าง ถาดใส่ผลไม้ ถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่ ใช้ระดับแรงดันลม 6 บาร์ และอุณหภูมิของแม่พิมพ์ 140 องศาเซลเซียส เช่นเดียวกับการขึ้นรูปภาชนะของ นพดล และสมนึก (2555) แต่มีการศึกษาอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ และระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบเพิ่มเติม แล้วพบว่า การขึ้นรูปภาชนะทั้ง 4 แบบ จากเศษอ้อยหรือแผ่นกระดาษจากเศษอ้อย ควรกำหนดอัตราเร็วของกระบอกสูบเท่ากับ 0.004 เมตรต่อวินาที และกำหนดระยะเวลาการกดค้างของกระบอกสูบนาน 60 วินาที จึงจะได้ภาชนะที่มีรูปทรงสมบูรณ์ตามแบบของแม่พิมพ์ ไม่มีการคืนรูป ไม่มีรอยแตกร้าว สีภาชนะเป็นปกติ และมีความชื้นอยู่ในเกณฑ์ที่มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกำหนดไว้ (น้อยกว่าร้อยละ 10)

จากผลการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่สามารถขึ้นรูปภาชนะ 1 ชิ้นใช้เวลาเพียง 2.25 นาที เร็วกว่าเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากงานวิจัยของ นพดล และสมนึก (2555) ประมาณ 15.56 เท่า ที่ความดันและอุณหภูมิเดียวกัน นับเป็นอีกจุดเด่นของผลงานวิจัยนี้ ซึ่งความสามารถในการขึ้นรูปที่รวดเร็ว จะแปรผกผันกับระยะเวลาการคืนทุนและจุดคุ้มทุนตามหลักเศรษฐศาสตร์ ด้วยระยะเวลาการขึ้นรูปข้างต้น สามารถขึ้นรูปภาชนะแต่ละ

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

แบบได้ 27 ชิ้นภายใน 1 ชั่วโมง ซึ่งมากกว่าการขึ้นรูปภาชนะจากใบไม้ถึง 16 ชิ้น (กิตติศักดิ์ และคนอื่นๆ, 2564) อย่างไรก็ตาม ต้นทุนการผลิตต่อชิ้นของภาชนะแต่ละแบบจะไม่เท่ากัน เป็นผลจากราคาของแม่พิมพ์ที่มีความซับซ้อนต่างกัน โดยราคาต้นทุนของเครื่องขึ้นรูปกล่องใส่ไข่มีราคาสูงที่สุดคือ 76,455 บาท รองลงมาคือ เครื่องขึ้นรูปถาดเพาะกล้า ถาดใส่ผลไม้ และถาดใส่อาหารว่าง ด้วยราคา 73,455 71,455 และ 66,455 บาท ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบกับราคาเครื่องขึ้นรูปที่จำหน่ายในท้องตลาด พบว่าเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ผู้วิจัยออกแบบมีต้นทุนต่ำกว่า เนื่องจากมีขนาดเล็กและใช้วัสดุอุปกรณ์ที่จำหน่ายในประเทศ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1. ในการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ที่มีความซับซ้อนควรออกแบบแม่พิมพ์ขึ้นรูปเป็นแบบเปียกพร้อมระบบดูดน้ำออกจากเยื่อกระดาษที่เป็นระบบสุญญากาศ เพื่อให้สามารถขึ้นรูปจากเยื่อกระดาษเปียกได้รวดเร็วและลดปริมาณน้ำในภาชนะได้มากขึ้น

2. ควรมีการศึกษาวิธีการเกลี่ยเยื่อกระดาษบนแม่พิมพ์ให้เกิดความสม่ำเสมอได้ทุกชิ้นงาน ซึ่งจะเป็นการควบคุมคุณภาพของชิ้นงานได้อีกทางหนึ่ง

3. ควรมีการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่สามารถตัดแต่งขอบภาชนะได้ภายในเครื่องเดียว เพื่อช่วยประหยัดแรงงานคนและลดต้นทุนการผลิตได้

การนำไปใช้ประโยชน์

ในด้านการนำไปใช้ประโยชน์ทางกลุ่มผู้วิจัยได้มอบต้นแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเศษอ้อย ให้กับองค์การบริหารส่วนตำบลหนองกุ่ม อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อสนับสนุนกลุ่มชุมชนที่สามารถต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์ในระดับชุมชนต่อไป เพื่อแก้ปัญหา PM 2.5 จากการเผาเศษอ้อยในจังหวัดกาญจนบุรี ด้วยการสร้างมูลค่าให้เศษอ้อยกลายเป็นวัตถุดิบเพื่อการผลิตเยื่อกระดาษ ต่อยอดสู่การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปถาดใส่อาหารว่าง ถาดใส่ผลไม้ ถาดเพาะกล้า และกล่องใส่ไข่ จากเศษอ้อย และกระดาษจากเศษอ้อย ทุกชิ้นงานที่ผลิตได้สามารถลดการเผาใบอ้อยได้ 114.34 กรัม

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่อุดหนุนทุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2564 เพื่อใช้ศึกษาวิจัยครั้งนี้

ปีที่ 10 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566 ISSN 2985-2161 (Online)

เอกสารอ้างอิง

กระวี ตรีอำนรรค. (2562). **การพัฒนาเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการคว้านเมล็ดและปอกเปลือกเงาะเพื่อแปรรูปผลผลิตระดับวิสาหกิจชุมชน (รายงานผลการวิจัย)**. นครราชสีมา : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

กิตติศักดิ์ เมืองกลาง ณัฐพงษ์ รักด่านกลา ณัฐวุฒิ ดงกระโทก ทักษ์ดนัย จันทีนอก และธรรณธร ชิดการ. (2564). เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ. **วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 6**(2), 65-76.

จารุณี เข็มพิลา และปริยนิล แสงรัตน. (2562). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตภาชนะย่อยสลายได้จากหญ้าเนเปียร์ เพื่อลดปริมาณขยะจากการใช้ถาดโฟม (รายงานผลการวิจัย)**. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ธนากร เมียงอารมณ์ และธิติมา เกตุแก้ว. (2564). **การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ (รายงานการวิจัย)**. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

นพดล จันทรลักษณ์ และสมนึก วัฒนศรียกุล. (2555). การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ. ใน **รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555 วันที่ 17-19 ตุลาคม พ.ศ. 2555**(หน้า 1770-1775). กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ภัทรพงศ์ แหล่งไธสง ณรงค์ พลสงบ วีระศักดิ์ วุฒิวงค์ และศรายุธ ดนตรี. (2562). **การสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ. (รายงานผลการวิจัย)**. บุรีรัมย์ : มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์.

มลฤดี โอปมาวุฒิกุล. (2565). **การพัฒนากระบวนการผลิตเยื่อกระดาษเศษอ้อย (รายงานผลการวิจัย)**. กาญจนบุรี : มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.

กระทรวงอุตสาหกรรม. (2550). ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่องยกเลิกและกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกระดาษเหนียว พ.ศ.2550 ฉบับที่ 3688. (2550, กุมภาพันธ์ 16), ราชกิจจานุเบกษา, 124 (ตอนพิเศษ 68 ง), 8. กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ และธมยันตี ประยูรพันธ์. (2563). การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก. **วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 12**(1). 120-131.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2564). **รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2563/64.** [Online]. Available : https://old.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9200.pdf [2566, เมษายน 5].

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2561). **รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2560/61.** [Online]. Available : https://www.ocsb.go.th [2566, เมษายน 10].

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2563). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ภาชนะจากพืช มผช. 1557/2563.** กรุงเทพฯ : กระทรวงอุตสาหกรรม.

Vol.10 No.2 July - December 2023 ISSN 2985-2161 (Online)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2565). **แผนปฏิบัติการด้านการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไทย ด้วยโมเดลเศรษฐกิจ BCG พ.ศ. 2564-2570**. [Online]. Available : https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/bcg/BCG-Action-Plan-2564-2570-256502-02.pdf [2566, พฤษภาคม 2].

AOAC. (2000). **The Official Methods of Analysis**. (17 th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.