การพัฒนาเครื่องผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารแบบยั่งยืนจากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น โดยใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งความร้อน

Development of Sustainable Food Packaging Machine from Local Natural Materials using Renewable Energy as Heat Source

กังสดาล สกุลพงษ์มาลี[1]* ปองพล รักการงาน[1] ชลีดล อินยาศรี[1] ชลาลัย วงเวียน[2] และ อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก[2]

Kangsadan Sagulpongmalee[1*] Pongphol Rakkanrane[1] Chaleedol Inyasri [1] Chalalai Wongwian[2] and Alongkorn Chatmuangpak[2]

[1] สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 38 หมู่ 8 ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

[2] สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 38 หมู่ 8 ตำบลนาวุ้ง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

[1]Division of Energy Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology Phetchaburi Rajabhat University 38 Mu.8 Nawung Phetchaburi 76000

[2]Division of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Industrial Technology Phetchaburi Rajabhat University 38 Mu.8 Nawung Phetchaburi 76000

[1]Corresponding author: Tel.: 032-405502. E-mail address: pongphol.rak@mail.pbru.ac.th

Received: 20 April 2023, Revised: 19 May 2023, Accepted: 14 June 2023, Published online: 30 April 2024

Abstract

This research is to develop and design container forming machine using natural material (Hom Thong banana's leaf). In the design concept, this machine is using renewable energy as a heat source for the molding process. The upper mold is heated an electric heater, which was supplied by a 300 W solar PV panel, and a biomass furnace heated the lower mold. The binder ratio test of container compression found that 200 g of tapioca starch and 500 g of water, was the binder that the molded container had the least deformation. In addition, the appropriate temperature and time test of container compression found that the upper mold temperature was 80°C and the lower mold temperature was 150°C, and the compression time was 4 minutes. The test of the use of compression-molded containers from the change in the diameter of the container found that the container could remain in the original condition for about 3 hours, the average water absorption of the container equal to 13.1% and could twice heat resistance without changing the diameter.

Keywords: Natural food containers, Sustainable packaging, Container forming Machine, Renewable energy

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาและออกแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่น (ใบตองกล้วยหอมทอง) ซึ่งแนวคิดในการออกแบบเครื่องจะใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งความร้อนสำหรับกระบวนขึ้นรูป โดยแม่พิมพ์บนจะส่งผ่านความร้อนด้วยฮีตเตอร์ไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์ และแม่พิมพ์ล่างจะได้รับความร้อนจากเตาชีวมวล จากการทดสอบอัตราส่วนตัวประสานของการอัดขึ้นรูปภาชนะ พบว่า แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม กับ น้ำ 500 กรัม เป็นตัวประสานที่ทำให้ภาชนะขึ้นรูปมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างน้อยที่สุด นอกจากนั้น จากการทดสอบอุณหภูมิและเวลาของการอัดขึ้นรูปภาชนะที่เหมาะสม เท่ากับ อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส และระยะเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป 4 นาที จากการทดสอบการใช้งานของภาชนะที่อัดขึ้นรูปโดยพิจารณาจากการเปลี่ยนแปลงสภาพเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะ พบว่า ภาชนะสามารถคงสภาพได้ประมาณ 3 ชั่วโมง ภาชนะมีค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมน้ำ เท่ากับ ร้อยละ13.1 และภาชนะสามารถทนการความร้อนได้ไม่เกินสองครั้งโดยที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง

คำสำคัญ: ภาชนะอาหารจากวัสดุธรรมชาติ, บรรจุภัณฑ์ที่ยั่งยืน, เครื่องขึ้นรูปภาชนะ, พลังงานหมุนเวียน

บทนำ

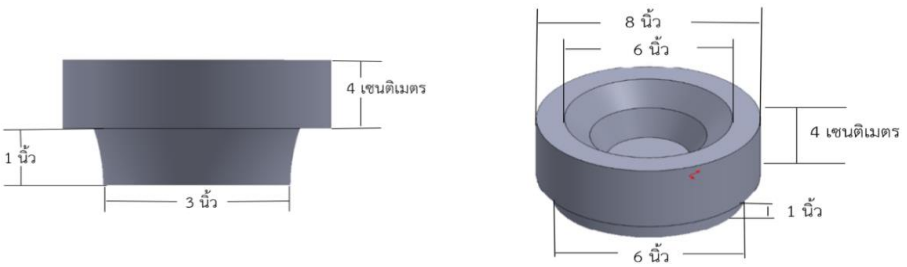
ปัจจุบันทั่วโลกมีการขยายตัวของชุมชนเมืองเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้ประชากรมีความต้องการสินค้าทั้งอุปโภคและบริโภคเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะบรรจุภัณฑ์อาหารที่เป็นพลาสติกอยู่ในประเภทใช้แล้วทิ้ง เพื่ออำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคในปัจจุบัน พลาสติกเป็นวัสดุสังเคราะห์ที่มีบทบาทมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์เพราะมีต้นทุนการผลิตต่ำ จึงถูกนำมาใช้งานอย่างกว้างขวาง และมีแนวโน้มการใช้งานในด้านต่าง ๆ เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องอีกทั้งมีเทคโนโลยีหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่สามารถผลิตพลาสติกให้มีคุณสมบัติตามความต้องการได้อย่างหลากหลาย แต่ในทางตรงกันข้ามสารประกอบในพลาสติกบางชนิดก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เพราะในกระบวนการผลิตพลาสติกจะมีการเพิ่มสารเติมแต่งบางชนิดลงไป เช่น สารเสริมสภาพพลาสติก สารคงสภาพพลาสติก สารยับยั้งปฏิกิริยา และสารสีต่าง ๆ เป็นต้น ดังนั้น ภาชนะที่ทำจากวัสดุธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกที่ดีในการแก้ปัญหานี้ เนื่องจากภาชนะจำพวกนี้สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติในเวลาไม่นาน หากสามารถออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากวัสดุธรรมชาติจะสามารถนำมาใช้ทดแทนพลาสติกได้ก็จะทำให้ประเทศชาติประหยัดเงินในการกำจัดขยะที่เกิดจากพลาสติกได้อีกมากและส่งผลดีกับสภาพแวดล้อมในอนาคต จากการสำรวจของผู้ที่ผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ [1-2] พบว่า ภาชนะที่ผ่านการขึ้นรูปนั้นสามารถใช้งานได้จริง กระบวนการในการผลิตไม่ซับซ้อน และช่วยในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม แต่เครื่องที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะนั้นมีราคาเครื่องค่อนข้างสูงและมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าในการผลิตภาชนะมาก การขึ้นรูปภาชนะเพื่อจำหน่ายทางธุรกิจจะมีระยะเวลาคืนทุนมากอาจไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาและออกแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะโดยโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์และพลังงาชีวมวลเป็นแหล่งความร้อนสำหรับการขึ้นรูปวัสดุธรรมชาติ ศึกษาอัตราส่วนของตัวประสานในการขึ้นรูปภาชนะ ทดสอบสมบัติทางกายภาพของภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ และประยุกต์ใช้ในงานประดิษฐ์ภาชนะสำหรับบรรจุอาหารเพื่อลดปัญหาขยะและลดปัญหาในการย่อยสลายเพราะวัสดุธรรมชาติสามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติ อีกทั้งยังเป็นการลดการใช้พลังงานในรูปแบบฟอสซิล โดยนวัตกรรมนี้ส่งเสริมการใช้ภาชนะที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้แพร่หลาย ผู้บริโภคมีหลายทางเลือกในการใช้ภาชนะใบไม้แทนจานชามพลาสติก

วิธีการวิจัย

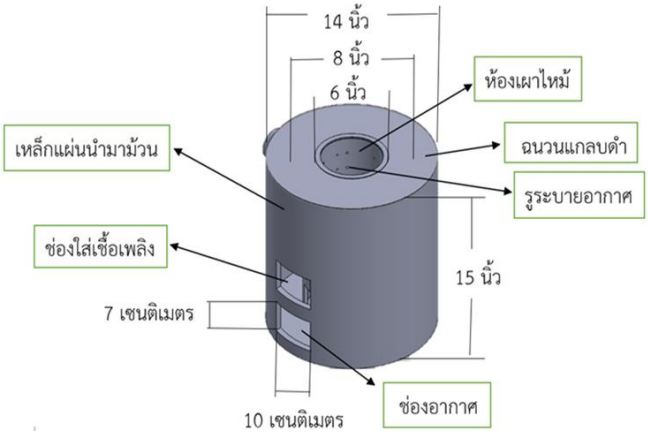
ในงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากธรรมชาติโดยใช้พลังงานหมุนเวียน [3-6] โดยส่วนประกอบของเครื่องขึ้นรูป คือ แผ่นเหล็กสองชุดทำหน้าที่เป็นแม่พิมพ์ซึ่งแผ่นหนึ่งจะเคลื่อนขึ้นลงได้ อีกแผ่นหนึ่งจะถูกยึดติดอยู่กับที่ให้ความร้อนโดยขดลวดความร้อน โดยใช้เซลล์แสงอาทิตย์ผลิตไฟฟ้าให้กับขดลวดความร้อนสำหรับแม่พิมพ์บน และความร้อนจากเตาชีวมวลให้แก่แม่พิมพ์ล่าง ซึ่งโครงสร้างของอุปกรณ์ใช้เหล็กกัลป์วาไนซ์แบบกล่องขนาดขนาด 1.5 นิ้ว x 1.5 นิ้ว ส่วนผนังใช้แผ่นสแตนเลส 304 หนา 1.0 มิลลิเมตร ขนาดความกว้าง 0.75 เมตร ความยาว 1.20 เมตร และความสูง 2 เมตร โดยหลังคาใช้เซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์ ดังภาพที่ 1

ภาพที่ 1 เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติโดยใช้พลังงานหมุนเวียน

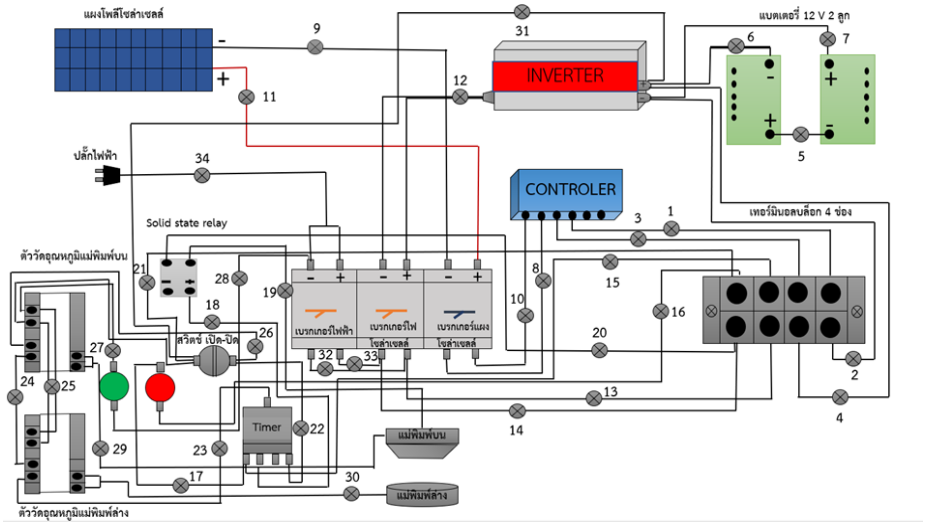
เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากธรรมชาติโดยใช้พลังงานหมุนเวียนได้มีการออกแบบแม่พิมพ์บนและแม่พิมพ์ล่างที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 6 นิ้ว โดยได้เลือกใช้วัสดุในการทำแม่พิมพ์เป็นอลูมิเนียมเกรด 6063 ต้านทานการกัดกร่อนได้ดี ดังภาพที่ 2 ส่วนการออกแบบเตาชีวมวลประสิทธิภาพสูงแบบใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อเป็นแหล่งความร้อนให้กับแม่พิมพ์ล่างเป็นเตาแก๊สซิไฟเออร์แบบไหลขึ้น (Up-draft Gasifier) โดยมีลักษณะเป็นเตาผนัง 2 ชั้น ดังภาพที่ 3 สำหรับแม่พิมพ์บนจะได้รับความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าซึ่งได้พลังงานไฟฟ้ามาจากเซลล์แสงอาทิตย์ ชนิดโพลีคริสตัลไลน์ ขนาด 300 วัตต์(กำลัง) ผลิตพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงแล้วเข้าอุปกรณ์ที่ควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า (Charger) ขนาด 24 โวลต์ จากนั้นส่งผ่านเข้าอินเวอร์เตอร์ขนาด 500 วัตต์ เพื่อแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ และเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าไว้ในแบตเตอรี่ ขนาด 12 โวลต์ จำนวน 2 ลูก ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 2 แม่พิมพ์ล่างและแบบแม่พิมพ์บน



ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของเตาชีวมวล



ภาพที่ 4 แบบวงจรระบบผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

1.ศึกษาอัตราส่วนของตัวประสาน

เตรียมแป้ง 3 ชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด เพื่อใช้ในการทดสอบตัวประสาน โดยนำแป้งแต่ละชนิดจำนวน 200 กรัม ผสมกับน้ำ 500 กรัม แล้วไปกวนโดยใช้ไฟอ่อน ๆ เป็นเวลา 3.30 นาที [7]

2.วิธีการทดลองการอัดขึ้นรูป

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป คือ ใบตอง ซึ่งใช้ในการอัดขึ้นรูปครั้งละ 3 ชั้น

2.2 ทาตัวประสานลงบนใบตองแต่ละชั้น เพื่อให้ภาชนะที่อัดขึ้นรูปมีความหนาและแข็งแรงมากขึ้น

2.3 นำใบตองที่ทำการทาตัวประสานแล้วมาทำการอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะ

3.การทดสอบสมบัติทางกายภาพของภาชนะ

3.1 การทดสอบการดูดซึมน้ำ ทำโดยเตรียมภาชนะที่อัดขึ้นรูปแล้วนำไปชั่งน้ำหนักก่อนนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 60 วินาที โดยให้น้ำท่วมชิ้นทดสอบในขณะทำการทดสอบ หลังจากนั้นซับน้ำที่เปียกด้วยกระดาษชำระและชั่งน้ำหนักอีกครั้งหาน้ำหนักหลังแช่น้ำ โดยค่าปริมาณการดูดซึมน้ำตามมาตรฐาน ISO 535 (1999) ดังสมการที่ (1) [8][9]

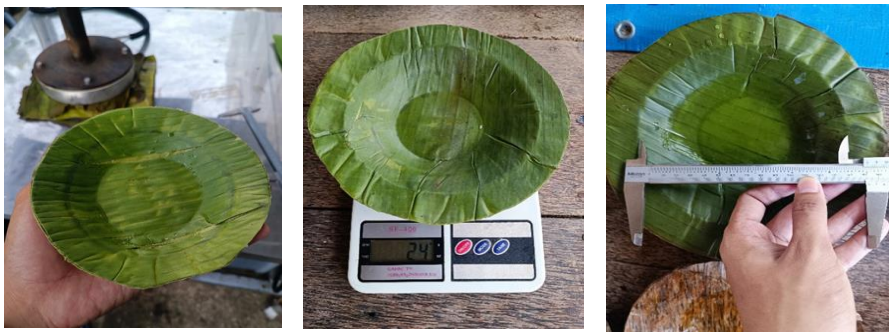
$$\text{ปริมาณการดูดซึมน้ำ} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \quad (1)$$

เมื่อ W_0 คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ (กรัม)

W_1 คือ น้ำหนักชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำ (กรัม)

3.2 การทดสอบการทนความร้อน คือ การให้ความร้อนในปริมาณหนึ่งกับสารตัวอย่าง สารนั้นอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ สามารถตรวจสอบด้วยวิธีการแช่ชิ้นทดสอบในน้ำเดือด เป็นเวลา 10 นาที แล้วนำออกมาไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง สังเกตการณ์เปลี่ยนแปลง ทำการทดสอบซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

3.3 การทดสอบการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง คือ การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นทดสอบก่อนและหลังการอัดขึ้นรูปเป็นระยะเวลา 1, 3, 5 และ 24 ชั่วโมง

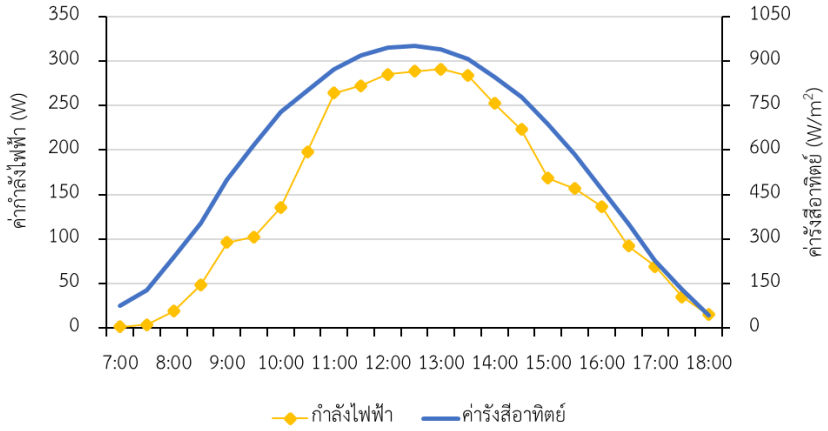


ภาพที่ 5 ภาชนะหลังการอัดขึ้นรูป

ผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติโดยใช้พลังงานหมุนเวียนมาเป็นแหล่งให้ความร้อน แม่พิมพ์ ซึ่งแม่พิมพ์บนใช้ไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์ ส่งผ่านความร้อนด้วยฮีตเตอร์ขนาด 250 วัตต์ และแม่พิมพ์ล่างให้ความร้อนจากเตาชีวมวล ซึ่งได้ผลการวิจัยดังนี้

4.1 ค่ารังสีอาทิตย์



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของค่ารังสีอาทิตย์และค่ากำลังไฟฟ้ากับเวลา

จากภาพที่ 6 แสดงค่ารังสีอาทิตย์และค่ากำลังไฟฟ้าที่ได้จากแผงเซลล์แสงอาทิตย์เทียบกับเวลาจะเห็นได้ว่า ที่เวลา 12.40 น. ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 953.8 วัตต์/ตารางเมตร ค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดอยู่ที่ 291.63 วัตต์ โดยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 586.17 วัตต์/ตารางเมตร และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยทั้งวันมีค่าเท่ากับ 156.15 วัตต์

4.2 ผลการทดสอบอัตราส่วนตัวประสาน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบอัตราส่วนของตัวประสานกับการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะ

อัตราส่วน (แป้งมันสำปะหลัง : แป้งข้าวเหนียว : แป้งข้าวโพด)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะหลังการอัดขึ้นรูป (นิ้ว)				
	ทันที	1 ชม.	3 ชม.	5 ชม.	24 ชม.
แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม (1:0:0)	6.00 ●	6.00 ●	6.00 ●	6.05 ▲	6.05 ▲
แป้งข้าวโพด 200 กรัม (0:1:0)	6.00 ●	6.05 ▲	6.11 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲
แป้งข้าวเหนียว 200 กรัม (0:0:1)	6.00 ●	6.05 ▲	6.05 ▲	6.23 ▲	5.50 ▲
แป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : แป้งข้าวเหนียว 100 กรัม (1:0:1)	6.00 ●	6.05 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲
แป้งมันสำปะหลัง 66.6 กรัม : แป้งข้าวเหนียว 66.6 กรัม : แป้งข้าวโพด 66.6 กรัม (1:1:1)	6.05 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲
แป้งข้าวเหนียว 100 กรัม : แป้งข้าวโพด 100 กรัม (0:1:1)	6.05 ▲	6.11 ▲	6.11 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲
แป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : แป้งข้าวโพด 100 กรัม (1:1:0)	6.11 ▲	6.11 ▲	6.11 ▲	6.23 ▲	6.23 ▲

หมายเหตุ : ● คือ ภาชนะคงสภาพเดิม ▲ คือ ภาชนะเปลี่ยนแปลงสภาพ

จากตารางที่ 1 ตัวประสานที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด 3 ชนิด คือแป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด ต่อส่วนผสมน้ำ 500 กรัม ผลการทดสอบอัตราส่วนของตัวประสานใบตองในแต่ละชั้นกับเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะเพื่อนำมาอัดขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่า อัตราส่วนของตัวประสานสูตร(1:0:0) แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : น้ำ 500 กรัม มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของภาชนะน้อยที่สุด แสดงว่า เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสำหรับการนำไปเป็นตัวประสานใบตอง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบอัตราส่วนตัวประสานกับกับการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะ

อัตราส่วน	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะทดสอบ (นิ้ว)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม (1:0:0)	6.00 ●	6.05 ▲	6.11 ▲	6.05
แป้งข้าวโพด 200 กรัม (0:1:0)	6.11 ▲	6.11 ▲	6.23 ▲	6.15
แป้งข้าวเหนียว 200 กรัม (0:0:1)	6.11 ▲	6.17 ▲	6.29 ▲	6.19
แป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : แป้งข้าวเหนียว 100 กรัม (1:0:1)	6.17 ▲	6.17 ▲	6.17 ▲	6.17
แป้งมันสำปะหลัง 66.6 กรัม : แป้งข้าวเหนียว 66.6 กรัม : แป้งข้าวโพด 66.6 กรัม (1:1:1)	6.29 ▲	6.29 ▲	6.35 ▲	6.31
แป้งข้าวเหนียว 100 กรัม : แป้งข้าวโพด 100 กรัม (0:1:1)	6.17 ▲	6.17 ▲	6.23 ▲	6.19
แป้งมันสำปะหลัง 100 กรัม : แป้งข้าวโพด 100 กรัม (1:1:0)	6.17 ▲	6.23 ▲	6.23 ▲	6.21

หมายเหตุ ● คือ ภาชนะคงสภาพเดิม ▲ คือ ภาชนะเปลี่ยนแปลงสภาพ

จากตารางที่ 2 การทดสอบอัตราส่วนการอัดขึ้นรูปภาชนะในการทนความร้อน โดยใช้น้ำร้อนต้มเดือด 100 องศาเซลเซียส ปริมาณ 100 มิลลิเมตร เทลงในภาชนะชิ้นทดสอบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว จับเวลา 10 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนดแล้วเทน้ำออกแล้วจึงทำการวัดขนาดภาชนะเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยทำการทดสอบจำนวนอย่างละ 3 ครั้ง พบว่า แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : น้ำ 500 กรัม (1:0:0) มีการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยน้อยที่สุด เท่ากับ 6.05 นิ้ว แสดงว่า อัตราส่วนตัวประสานนี้สามารถทนสภาพการรับความร้อนได้ดีที่สุด

4.3 ผลการทดสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์สำหรับการอัดขึ้นรูปภาชนะ

ตารางที่ 3 อุณหภูมิการอัดขึ้นรูปภาชนะกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของภาชนะ

ชนิดแป้ง	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะหลังการอัดขึ้นรูป (นิ้ว)				
	แม่พิมพ์บน	แม่พิมพ์ล่าง	ทันที	1 ชม.	3 ชม.	5 ชม.	24 ชม.
แป้งมันสำปะหลัง (1:0:0)	80	100	6.00 ●	6.00 ●	6.11 ▲	6.29 ▲	6.17 ▲
	80	150	6.00 ●	6.00 ●	6.00 ●	6.00 ●	6.00 ●
	80	200	6.00 ●	6.00 ●	6.05 ▲	6.05 ▲	6.05 ▲

หมายเหตุ : ● คือ ภาชนะคงสภาพเดิม ▲ คือ ภาชนะเปลี่ยนแปลงสภาพ

จากตารางที่ 3 แสดงการทดสอบอุณหภูมิการอัดขึ้นรูปภาชนะโดยใช้ตัวประสานคือแป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : น้ำ 500 กรัม โดยทำการทดสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์บนคงที่ 80 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิแม่พิมพ์ล่างทดสอบที่ 3 ส่วน ได้แก่ 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส ผลการทดสอบพบว่า อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส ภาชนะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอยู่ในสภาพคงเดิมตลอดทุกช่วงเวลาทดสอบ จึงเหมาะสำหรับการขึ้นรูปภาชนะ รองลงมาคือ อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 100 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 200 องศาเซลเซียส ไม่เหมาะในการขึ้นรูปภาชนะเพราะภาชนะเกิดการแห้งกรอบเกินไปทำให้แตกหักเสียหายได้ง่าย

4.4 ผลการทดสอบเวลาที่ใช้สำหรับการอัดขึ้นรูปภาชนะ

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปภาชนะกับการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของภาชนะ

ชนิดแป้ง	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)		เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปภาชนะ (นาที)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะหลังการอัดขึ้นรูป (นิ้ว)
แป้งมันสำปะหลัง (1:0:0)	แม่พิมพ์บน	แม่พิมพ์ล่าง		
	80	150	1	6.17 ▲
			2	6.11 ▲
			3	6.05 ▲
			4	6.00 ●
			5	6.05 ▲

หมายเหตุ : ● คือ ภาชนะคงสภาพเดิม ▲ คือ ภาชนะเปลี่ยนแปลงสภาพ

จากตารางที่ 4 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปภาชนะที่ใช้ตัวประสานเป็นแป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : น้ำ 500 กรัม อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส โดยทดสอบเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปภาชนะ ได้แก่ 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะ พบว่า เวลาที่ใช้สำหรับการอัดขึ้นรูปที่เหมาะสม เท่ากับ 4 นาที โดยภาชนะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง

4.5 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างภาชนะกับระยะเวลา

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของภาชนะกับระยะเวลา

ชนิดแป้ง	อุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)		เวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูป (นาที)	จำนวนชั่วโมงหลังอัดขึ้นรูปของภาชนะ (ชั่วโมง)	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะหลังการอัดขึ้นรูป (นิ้ว)
แป้งมันสำปะหลัง (1:0:0)	แม่พิมพ์บน	แม่พิมพ์ล่าง			
	80	150	4	ทันที	6.00 ●
				1	6.00 ●
				3	6.00 ●
				5	6.05 ▲
				24	5.50 ▲
				48	5.50 ▲

จากตารางที่ 5 ผลการทดสอบการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะโดยนำใบตองสดมาอัดขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการอัดขึ้นรูป 4 นาที ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภาชนะหลังการอัดขึ้นรูปผ่านไป 1, 3, 5, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า ภาชนะหลังการอัดขึ้นรูปภาชนะจะสามารถคงรูปร่างได้ไม่เกิน 3 ชั่วโมง

4.6 ผลการทดสอบปริมาณการดูดซึมน้ำ

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบปริมาณการดูดซึมน้ำของภาชนะที่ได้จากการอัดขึ้นรูป

ครั้งที่	น้ำหนักภาชนะก่อนแช่น้ำ W_0 (กรัม)	น้ำหนักภาชนะหลังแช่น้ำ W_1 (กรัม)	การดูดซึมน้ำ $\frac{W_1 - W_0}{W_0}$	ค่าการดูดซึมน้ำ (ร้อยละ)
1	25	28	0.120	12.0
2	25	28	0.120	12.0
3	26	30	0.154	15.4
ค่าเฉลี่ย			0.131	13.1

จากตารางที่ 6 ผลการทดสอบปริมาณการดูดซึมน้ำโดยนำใบตองสดมาอัดขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที เตรียมชิ้นทดสอบชั่งน้ำหนักก่อน แล้วนำไปแช่ในน้ำเป็นเวลา 60 วินาที โดยให้น้ำท่วมชิ้นทดสอบ หลังจากนั้น ซับน้ำที่เปียกด้วยกระดาษชำระและชั่งน้ำหนักอีกครั้ง เพื่อหาน้ำหนักหลังแช่น้ำ โดยค่าปริมาณการดูดซึมน้ำจะคำนวณจากมวลของชิ้นทดสอบหลังแช่น้ำลบกับน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำแล้วนำมาหารน้ำหนักชิ้นทดสอบก่อนแช่น้ำ พบว่า การทดสอบปริมาณการดูดซึมน้ำครั้งที่ 1, 2 และ 3 เท่ากับ ร้อยละ12.0, ร้อยละ12.0 และ ร้อยละ15.4 ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมน้ำ เท่ากับ ร้อยละ13.1เมื่อเทียบกับค่าการดูดซึมน้ำของโฟมพอลิสไตรีน เท่ากับ ร้อยละ 3 - 10 แสดงว่าภาชนะที่อัดขึ้นรูปจากใบตองยังมีการดูดซึมน้ำมากกว่ากลุ่มภาชนะโฟมพอลิสไตรีน

สรุปผลการวิจัย

จากการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติโดยใช้พลังงานหมุนเวียนมาเป็นแหล่งให้ความร้อนแม่พิมพ์ ซึ่งแม่พิมพ์บนใช้ไฟฟ้าจากแผงเซลล์แสงอาทิตย์ขนาด 300 วัตต์ ส่งผ่านความร้อนด้วยฮีตเตอร์ขนาด 250 วัตต์ และแม่พิมพ์ล่างให้ความร้อนจากเตาชีวมวล ทำการทดสอบขึ้นรูปภาชนะจากใบตองสดจำนวน 3 ชั้น ซึ่งเป็นวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นนำมาขึ้นรูปโดยเครื่องอัดขึ้นรูปเป็นภาชนะขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

จากการทดสอบค่ารังสีอาทิตย์และค่ากำลังไฟฟ้าเทียบกับเวลา จะเห็นได้ว่า ค่ารังสีอาทิตย์สูงสุด เท่ากับ 953.8 วัตต์/ตารางเมตร และค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด เท่ากับ 291.63 วัตต์ เมื่อเวลา 12:40 น. โดยมีค่ารังสีอาทิตย์เฉลี่ย เท่ากับ 586.17 วัตต์/ตารางเมตร และค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ย เท่ากับ 156.15 วัตต์ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเครื่องขึ้นรูปภาชนะใช้พลังงานหมุนเวียนมาเป็นแหล่งให้ความร้อนแม่พิมพ์มีข้อดีในด้านการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับการขึ้นรูปภาชนะ

จากการทดสอบอัตราส่วนของตัวประสานสำหรับใบตอง ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด และ แป้งข้าวเหนียว กับน้ำ 500 กรัม พบว่า อัตราส่วนของตัวประสาน สูตร (1:0:0) คือ แป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : น้ำ 500 กรัม จะได้ภาชนะที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะน้อยที่สุดและสามารถทนสภาพการรับความร้อนได้ดีที่สุด จากการ

ทดสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์โดยกำหนดอุณหภูมิของแม่พิมพ์บนคงที่ เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบอุณหภูมิแม่พิมพ์ล่างจากความร้อนของเตาชีวมวล ได้แก่ 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม และจากการทดสอบเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปภาชนะของแป้งมันสำปะหลัง 200 กรัม : น้ำ 500 กรัม เพื่อนำมาอัดขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส โดยทำการทดสอบเวลาที่ใช้ในการอัดขึ้นรูปภาชนะ ได้แก่ 1, 2, 3, 4 และ 5 นาที พบว่า เวลาที่ใช้อัดขึ้นรูปภาชนะ เท่ากับ 4 นาที ภาชนะไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง

จากการทดสอบการใช้งานของภาชนะที่ได้จากการอัดขึ้นรูป ได้แก่ การทดสอบระยะเวลาการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลางของภาชนะที่อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที โดยทดสอบขนาดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของภาชนะหลังการอัดขึ้นรูปเป็นระยะเวลา 1, 3, 5, 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า หลังอัดขึ้นรูปภาชนะ 1- 3 ชั่วโมง ภาชนะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเส้นผ่านศูนย์กลาง แสดงให้เห็นว่า ภาชนะสามารถคงรูปร่างได้ไม่เกิน 3 ชั่วโมง จากการทดสอบปริมาณการดูดซึมน้ำโดยนำใบตองสดมาอัดขึ้นรูปภาชนะที่อุณหภูมิแม่พิมพ์บน 80 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ล่าง 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 นาที พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณการดูดซึมน้ำของภาชนะ เท่ากับ ร้อยละ 11.6 ซึ่งเป็นค่าที่สูงกว่าภาชนะจากโฟมพอลิสไตรีน (ร้อยละ3-10)

จากการพัฒนาเครื่องผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารแบบยั่งยืนจากวัสดุธรรมชาติในท้องถิ่นโดยใช้พลังงานหมุนเวียนเป็นแหล่งความร้อน ทำให้ได้อุปกรณ์ต้นแบบในการใช้ขึ้นรูปภาชนะที่เป็นการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องขึ้นรูปภาชนะโดยปกติ ซึ่งอุปกรณ์สามารถเคลื่อนย้ายเพื่อสะดวกในการใช้งานร่วมกับพลังงานหมุนเวียนและมีแนวทางวิจัยและพัฒนาในด้านการเก็บสะสมพลังงานไฟฟ้าเพื่อสะดวกในการใช้งานในทุกสภาวะ และเหมาะสำหรับชุมชนหรือวิสาหกิจชุมชนที่มีวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เป็นผลิตภัณฑ์เชิงสร้างสรรค์และสอดคล้องกับแนวทางเศรษฐกิจ BCG โมเดล ซึ่งเป็นพันธกิจของมหาวิทยาลัยราชภัฏ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (กองทุนส่งเสริม ววน.) : งบประมาณด้านวิจัยและนวัตกรรม ประเภท Fundamental Fund ประจำปีงบประมาณ 2565 ที่ให้ความอนุเคราะห์งบประมาณในการทำวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงานและวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือและสถานที่ในการทำการทดสอบ สหกรณ์การเกษตร ท่ายาง จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์วัตถุดิบในท้องถิ่นและการลงพื้นที่เพื่อเก็บข้อมูลวิจัย จึงทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] รัชดาภรณ์ สรษณะ. (2555). การพัฒนาภาชนะบรรจุอาหารจากใบตองตามหลักแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียง. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต คณะอาชีวศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[2] สุนทรี เด่นเทศ. (2557).การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของบรรจุภัณฑ์อาหารจากฟางข้าวที่พัฒนาเพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจ. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์. 57, 14.

[3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2560). คู่มือการพัฒนาและการลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2. ค้นข้อมูล 11 ธันวาคม 2564, จาก https://www.dede.go.th/article_attach/h_solar.pdf/.

[4] ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง และ นิตต์อลิน พันธุ์อภัย. (2560). การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะแบบย่อยและสลายได้ทางชีวภาพจากเส้นใยผักตบชวา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. 4-7 กรกฎาคม 2560 จังหวัดนครนายก.

[5] ชานุ แสงคำ และคณะ. (2556). เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ. ปริญญานิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคนิคศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ.

[6] นที ฐานมั่น. (2557). การพัฒนาภาชนะบรรจุย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

[7] นิพนธ์ ตันไพบูลย์กุล และ ธรพร บุศย์น้ำเพชร (2559). ลักษณะการขึ้นรูปและตัวประสานที่แตกต่างกันต่อสมบัติของเชื้อเพลิงที่ผลิตจากผักตบชวา. Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn UniversityVolume 3 Number 6 November –December 2016 ISSN 2408 -1248.

[8] นพดล จันทรลักษณ์. (2555). การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555. 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำเพชรบุรี. 1770-1775.

[9] จันทิมา ชั่งสิริพร, พฤกระยา พงศ์ยี่หล้า และนิรณา ชัยฤกษ์. 2565, การผลิตบรรจุภัณฑ์เยื่อกระดาษขึ้นรูปจากฟางข้าวและชานอ้อยโดยใช้ไคโตซานเคลือบผิว. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 27. 20-30.