

สภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูป ของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมาก

The Optimal Conditions for the Molding Process of the Betel Nut Husk Container Forming Machine

ชาญณรงค์ เรืองขจร*, อภิชาติ เกื้อนพรม และ ภูวสิษฐ์ เสียมสกุล

Channarong Rueangkachon*, Apichart Thueneron and Phuwasit Seiansakul

ภาควิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคลพบุรี สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 2

Department of Electrical Technology, Electrical Power Engineering Department,

Lopburi Technical College, Central Vocational Education Institute 2

E-mail : channarong@lbtech.ac.th*, apichart.T@lbtech.ac.th and phu0863926162@gmail.com

*Corresponding author

(Received: 22 August 2024, Revised: 28 November 2024, Accepted: 2 December 2024)

<https://doi.org/10.57260/stc.2025.941>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมาก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมาก ศึกษาระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัด ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะ ศึกษาความหนาของกาบหมากที่มีผลต่อการขึ้นรูปภาชนะ และศึกษาภาชนะที่ช่วยลดปัญหาขยะจากขยะพลาสติก โดยคณะผู้วิจัยได้สร้างเครื่อง 12 VDC 44 รอบต่อนาที สเตออร์ 18 ฟัน ลูกปืนคู่กตา 1.50 นิ้ว เพลสตัดเกลียวตลอด 1 นิ้ว โมลด์แม่พิมพ์ขนาด 3 กิโลกรัม พื้นที่หน้าตัด 200 มิลลิเมตร วัสดุจากธรรมชาติที่ใช้คือกาบหมาก ขณะเครื่องทำงานควบคุมอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส โดยใช้การควบคุมสั่งการผ่านโปรแกรม Arduino UNO รุ่น R3 แบ่งการทดลองออกเป็น 3 การทดลอง ได้แก่ ผลการทดลองที่ 1 ศึกษาระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัด โดยการทดลองเปลี่ยนระยะเวลาเป็น 11, 12, 13, 14 วินาที ทำให้ค่าเฉลี่ยระยะห่างของโมลด์มีค่า เท่ากับ 6.87, 3.41, 1.70, 0.85 เซนติเมตร จะได้ค่าความเค้นเท่ากับ 0.134, 0.190, 0.214, 0.224 N/m² ตามลำดับ การทดลองที่ 2 ศึกษาระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ โดยการทดลองระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะโดยมีระยะเวลาเป็น 0, 30, 60, 90, 120 วินาที พบว่า ที่ระยะเวลาในการขึ้นรูป 120 วินาที ลักษณะของภาชนะมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยวเล็กน้อย มีความโค้งงอของภาชนะเล็กน้อย การทดลองที่ 3 ศึกษาความหนาของวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อการขึ้นรูป ที่ความหนาของกาบหมากเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 0.5 – 0.9, 1.0 – 1.4, 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร พบว่าความหนา 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร ลักษณะของกาบหมากมีรูปทรงคงรูปตามมาตรฐาน จากการทดลองทั้ง 3 การทดลอง ในการกำหนดเงื่อนไขของเครื่องขึ้นรูปภาชนะ ได้ดังนี้ ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 14 วินาที ระยะเวลาในการขึ้นรูป

ภาชนะ 120 วินาที ความหนาของวัสดุจากธรรมชาติที่ 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร นำมาขึ้นรูปได้รูปทรงสวยตามต้องการ สามารถทำให้เราได้ภาชนะตามที่ต้องการ มีรูปทรงสวย พร้อมนำไปใช้ประโยชน์

คำสำคัญ: การขึ้นรูปภาชนะ กาบหมาก ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของโมลด์ ความหนาของวัสดุ กระบวนการบีบอัด

Abstract

This research was to study a machine for forming containers from Betel nut husk, with the objective of create a container forming machine from Betel nut. Study the duration and distance of mold movement that affect compression. To study the time taken to form the container. To study the thickness of the betel nut husk that affects the shaping of the container. To study containers that help reduce plastic waste, the experiments were divided into 3 parts. The results of the experiments are as follows: Experiment 1 studied the duration and distance of the mold movement affecting compression. The duration was changed to 11, 12, 13, and 14 seconds, resulting in average mold distances of 6.87, 3.41, 1.70, and 0.85 centimeters, respectively, with stress values of 0.134, 0.190, 0.214, and 0.224 N/m². Experiment 2 studied the duration of container formation, with durations of 0, 30, 60, 90, and 120 seconds. It was found that at 120 seconds, the container shape was as desired, with slight distortion at the edges and minor bending. Experiment 3 studied the thickness of the Betel nut husk sheath affecting formation, with thicknesses of 0.5 – 0.9, 1.0 – 1.4, and 1.5 – 2.0 millimeters. It was found that a thickness of 1.5 – 2.0 millimeters maintained the desired shape. From the three experiments, the optimal conditions for the container forming machine were determined: the mold movement duration affecting compression was best at 14 seconds, the container formation duration was 120 seconds, and the Betel nut sheath thickness of 1.5 – 2.0 millimeters resulted in a beautifully shaped container ready for use.

Keywords: Container forming, Betel nut husk, Mold movement time, Material thickness, Compression process

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา เนื่องจากมีความสำคัญต่อการลดการใช้พลาสติกและส่งเสริมความยั่งยืนทางสิ่งแวดล้อม (ลัดดาวัลย์ จำปา และคณะ, 2556) โดยผลิตจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ใบไม้ กาบหมาก ผักตบชวา และเส้นใยจากพืชต่างๆ ถูกนำมาใช้ในการผลิตภาชนะที่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อเทียบกับการใช้พลาสติก (วรพจน์ แสงบุญเรือง และคณะ, 2565) โดยกระบวนการผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติมีบทบาทสำคัญในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและสามารถนำมาใช้ในชีวิตประจำวันได้ (ณฐมน ทรัพย์บุญโต และคณะ, 2565) ทั้งนี้การขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาตินั้นเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เนื่องจากมีหลายปัจจัยที่ต้องพิจารณา เช่น ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล แรงดันในการบีบอัด และความหนาของวัสดุธรรมชาติ (ดิสร พิณทอง และคณะ, 2560) การควบคุมสภาวะที่เหมาะสมสำหรับแต่ละปัจจัยจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขั้นสุดท้าย รวมถึงความคงทน ความแข็งแรง และรูปร่างของภาชนะ (นาคกร เมียงอารมณ์ และ อธิติมา เกตุแก้ว, 2567) โดยแสดงให้เห็นว่าการปรับเปลี่ยนสภาวะเหล่านี้สามารถนำไปสู่การพัฒนาภาชนะที่มีคุณภาพดีขึ้น (เพชร บุตสีทา และ อำไพ แสงจันทร์ไทย, 2567) อย่างไรก็ตาม ยังมีความจำเป็นในการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติแต่ละประเภท (ไกรสร วงษ์บุ๋ม และ ปรีดา จีวปัญญา, 2564) มีการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การศึกษาระยะเวลาและระยะห่างของการเคลื่อนที่ของโมเลกุล การศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูป และการศึกษาความหนาของวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อคุณภาพของภาชนะ (ศุภชัย หลักคำ และ พลรัชต์ บุญมี, 2562) ทำให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติที่มีคุณภาพสูงสุด ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตเชิงพาณิชย์และส่งเสริมการใช้วัสดุธรรมชาติอย่างยั่งยืน (อังกาบ บุญสูง, 2566) ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมาก เพื่อสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมาก ศึกษาระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่มีผลต่อการบีบอัด ศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะ ศึกษาความหนาของกาบหมากที่มีผลต่อการขึ้นรูปภาชนะ และศึกษาภาชนะที่ช่วยลดปัญหาขยะจากขยะพลาสติก

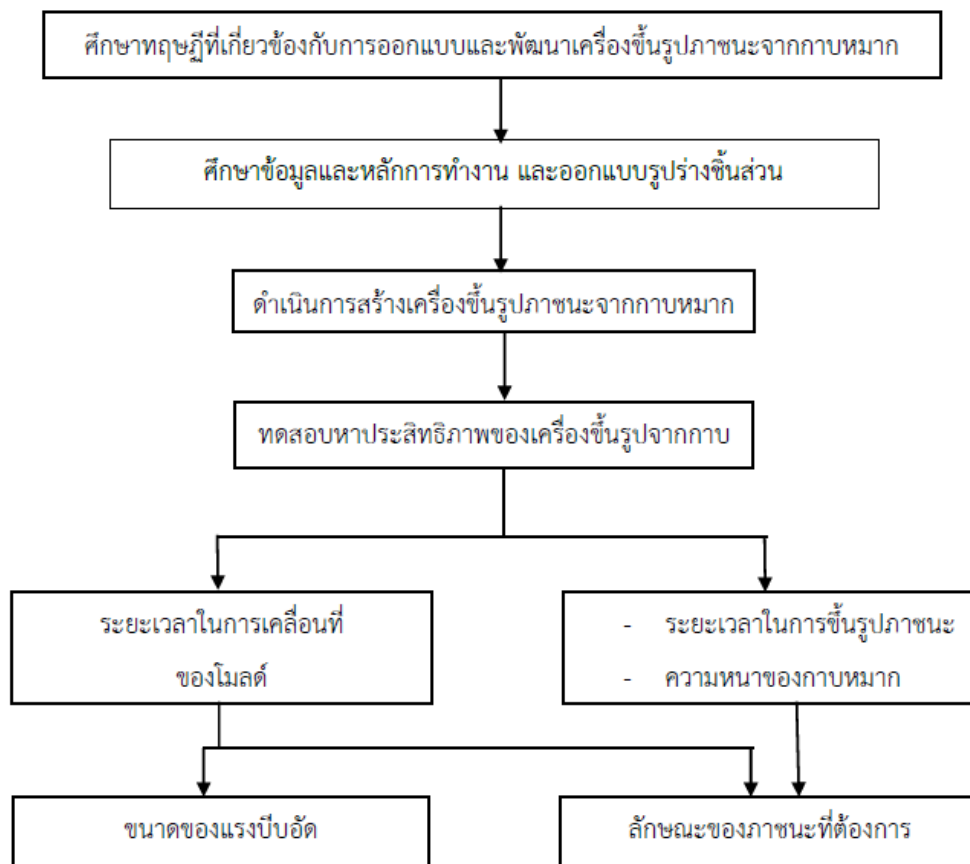
วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะ จากกาบหมาก
2. เพื่อศึกษาระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลที่มีผลต่อการบีบอัด
3. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะ
4. เพื่อศึกษาความหนาของวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อการขึ้นรูปภาชนะ
5. เพื่อศึกษาภาชนะที่ช่วยลดปัญหาขยะ จากขยะพลาสติก

สมมติฐานของการวิจัย

เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมาก สามารถนำมาขึ้นรูปได้รูปตามมาตรฐาน ตามระยะเวลา และระยะห่างของโมเลกุล ที่ทำให้ได้ภาชนะตามที่ต้องการได้มาตรฐาน มีรูปทรงสวย พร้อมนำไปใช้ประโยชน์

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดงานวิจัย (ที่มา: ผู้วิจัย, 2567)

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 สร้างเครื่องขึ้นรูปจากวัสดุจากกาบหมาก โดยเครื่องจะใช้ เหล็กกล่อง 2 นิ้ว มอเตอร์ 12 VDC 44 รอบต่อนาที สเตอร์ 18 ฟัน ลูกปืนตึกตา 1.5 นิ้ว เฟลาสดัดเกลียวตลอด 1 นิ้ว โมลด์แม่พิมพ์ ขนาด 3 กิโลกรัม พื้นที่หน้าตัด 200 มิลลิเมตร วัสดุจากธรรมชาติที่ใช้คือกาบหมาก ขณะเครื่องทำงานควบคุม อุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส โดยการใช้การควบคุมสั่งการผ่านโปรแกรม Arduino UNO รุ่น R3



ภาพที่ 2 เครื่องขึ้นรูปจากวัสดุจากธรรมชาติ (ที่มา: ผู้วิจัย, 2567)

ขั้นตอนที่ 2 ศึกษาระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัด

1. นำกาบหมากที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร ผึ่งแดดประมาณ 1 วัน
2. นำกาบหมากที่ผึ่งแดดแล้ว เพื่อเตรียมขึ้นรูปเป็นภาชนะ
3. นำกาบหมากเข้าเครื่องที่ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่ 11, 12, 13, 14 วินาที ใน การทดลองขึ้นรูปจะทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส แต่จะเปลี่ยนแปลงเวลาใน การทดลอง
4. สังเกตและบันทึกผลการทดลองของระยะที่เปลี่ยนแปลง แล้วนำค่าไปคำนวณหาความเค้น

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ

1. นำกาบหมากที่ฝั่งแดดแล้ว มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมขึ้นรูปภาชนะ
2. นำกาบหมากเข้าเครื่องที่ระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ 0, 30, 60, 90, 120 วินาที ในการทดลองขึ้นรูปจะทำการควบคุมอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส
3. สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาความหนาของวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อการขึ้นรูป

1. คัดเลือกกาบหมากให้ความหนาเป็น 3 ช่วงได้แก่ 0.5 – 0.9 , 1.0 – 1.4, 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร เพื่อเตรียมขึ้นรูปเป็นภาชนะ
2. ในการทดลองนี้จะใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่ 14 วินาที ควบคุมอุณหภูมิที่ 120 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะที่ 120 วินาที
3. สังเกตและบันทึกผลการทดลอง

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัด

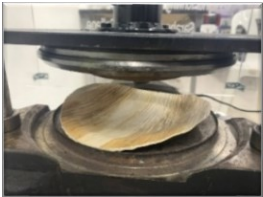
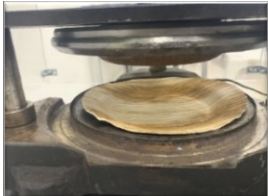
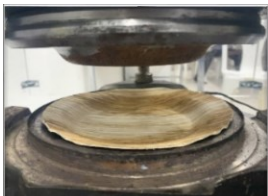
ตารางที่ 1 ระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัดที่อุณหภูมิ 120 องศา

ระยะเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของโมลด์ (วินาที)	ระยะห่างของโมลด์ (มิลลิเมตร)				ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าความเค้น (N/m ²)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย		
11	6.87	6.63	6.92	6.80	0.155	0.134
12	3.45	3.32	3.46	3.41	0.078	0.190
13	1.72	1.66	1.73	1.70	0.037	0.214
14	0.85	0.83	0.87	0.85	0.02	0.224

จากตารางที่ 1 ศึกษาระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัด โดยการทดลองเปลี่ยนระยะเวลาเป็น 11, 12, 13, 14 วินาที ทำให้ค่าเฉลี่ยระยะห่างของโมลด์มีค่า เท่ากับ 6.87, 3.41, 1.70, 0.85 เซนติเมตร ตามลำดับ พบว่า ที่ระยะเวลา 11 วินาที มีค่าเฉลี่ยของระยะห่างของโมลด์ เท่ากับ 6.80 เซนติเมตร มีค่าความเค้น 0.134 N/m² ที่ระยะเวลา 12 วินาที มีค่าเฉลี่ยของระยะห่างของโมลด์ เท่ากับ 3.41 เซนติเมตร มีค่าความเค้น 0.190 N/m² ที่ระยะเวลา 13 วินาที มีค่าเฉลี่ยของระยะห่างของโมลด์ เท่ากับ 1.70 เซนติเมตร มีค่าความเค้น 0.214 N/m² ที่ระยะเวลา 14 วินาที มีค่าเฉลี่ยของระยะห่างของโมลด์ เท่ากับ 0.85 เซนติเมตร มีค่าความเค้น 0.224 N/m²

2. ผลการศึกษาระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ

ตารางที่ 2 ศึกษาระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ ศึกษาระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ ใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่ 14 วินาที โดยจะมีความเค้น 0.45 N/m^2

ระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ (วินาที)	ลักษณะของภาชนะ	รูปภาชนะ
0	ภาชนะมีรูปทรงไม่สวยงาม บางส่วนมีลักษณะบิดเบี้ยว มีความโค้งงอของภาชนะมาก	
30	ภาชนะยังมีรูปทรงไม่สวยงาม บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยว มีความโค้งงอของภาชนะ	
60	ภาชนะเริ่มมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะ มีลักษณะบิดเบี้ยวบางส่วน มีความโค้งงอของภาชนะบางส่วน	
90	ภาชนะมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยวบางส่วน มีความโค้งงอของภาชนะ	
120	ภาชนะมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยวเล็กน้อย มีความโค้งงอของภาชนะเล็กน้อย	
มากกว่า 120	ภาชนะมีรูปทรงตามที่ต้องการ แต่จะมีรอยไหม้เนื่องจากได้รับความร้อนนาน	

จากตารางที่ 2 ศึกษาระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ โดยการ ทดลองระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะที่เปลี่ยนระยะเวลาเป็น 0, 30, 60, 90, 120 วินาที พบว่า ที่ระยะเวลาในการขึ้นรูป 0 วินาที ลักษณะของภาชนะมีรูปทรงไม่สวยงาม บางส่วนมีลักษณะบิดเบี้ยวมีความโค้งของภาชนะมาก ที่ระยะเวลาในการขึ้นรูป 30 วินาที ลักษณะของภาชนะยังมีรูปทรงไม่สวยงาม บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยว มีความโค้งของภาชนะ ที่ระยะเวลาในการขึ้นรูป 60 วินาที ลักษณะของภาชนะเริ่มมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยวบางส่วน มีความโค้งของภาชนะบางส่วน ที่ระยะเวลาในการขึ้นรูป 90 วินาที ลักษณะของภาชนะมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยวบางส่วน มีความโค้งของภาชนะ ที่ระยะเวลาในการขึ้นรูป 120 วินาที ลักษณะของภาชนะมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยวเล็กน้อย มีความโค้งของภาชนะเล็กน้อย

3. ผลการศึกษาความหนาของกาบหมากที่มีผลต่อการขึ้นรูป

ศึกษาความหนาของกาบหมากใช้เวลาในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่ 14 วินาที โดยจะมีความเค้น 0.45 N/m^2 ระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ 120 วินาที

ตารางที่ 3 ศึกษาความหนาของวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อการขึ้นรูป

ความหนาของกาบหมาก (มิลลิเมตร)	ลักษณะของภาชนะ	รูปภาชนะ
0.5 – 0.9	กาบหมากที่ขึ้นรูปยังไม่ได้รูปทรงของภาชนะ มีเพียงรอยของโมลด์เท่านั้น	
1.0 – 1.4	กาบหมากที่ขึ้นรูปเริ่มได้รูปทรงของภาชนะ มีรอยของโมลด์ชัดเจนขึ้นเล็กน้อย	
1.5 – 2.0	กาบหมากที่ขึ้นรูปได้รูปทรงของภาชนะตามที่ต้องการ รอยของโมลด์ชัดเจน สวยงาม	

จากตารางที่ 3 ศึกษาความหนาของวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อการขึ้นรูป ที่ความหนาของกาบหมากเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงความหนา 0.5 -0.9, 1.0 – 1.4, 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร พบว่า ที่ความหนา 0.5 -0.9 มิลลิเมตร ลักษณะของกาบหมากที่ขึ้นรูปยังไม่ได้รูปทรงของภาชนะ มีเพียงรอยของโมลด์เท่านั้น ความหนา 1.0 – 1.4 มิลลิเมตร ลักษณะของกาบหมากที่ขึ้นรูปเริ่มได้รูปทรงของภาชนะมีรอยของโมลด์ชัดเจนขึ้นเล็กน้อย และ

ความหนา 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร ลักษณะของกาบหมากที่ขึ้นรูปได้รูปทรงของภาชนะตามที่ต้องการ รอยของโมลด์ชัดเจน สวยงาม ตามมาตรฐานขนาดของจานขนาด 6 นิ้ว

การอภิปรายผล

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมากที่ได้สร้างขึ้น พบว่า ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัดที่เหมาะสมที่สุดคือ 14 วินาที ที่ค่าความเค้นที่ 0.224 N/m^2 และใช้ระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ 120 วินาที ความหนาของวัสดุจากธรรมชาติที่ 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร นำมาขึ้นรูปได้รูปทรงสวยตามต้องการ สามารถทำให้เราได้ภาชนะตามที่ต้องการ มีรูปทรงสวย พร้อมนำไปใช้ประโยชน์สอดคล้องกับ จริยญา มีมุสึทธีและคณะ (2564) ซึ่งได้สร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหาร ภาชนะบรรจุภัณฑ์ธรรมชาติปลอดสารพิษ สามารถขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารขนาดเล็ก โดยใช้จากวัสดุธรรมชาติ หลักการทำงานจะใช้แม่พิมพ์อลูมิเนียมในการอัดใบไม้ใบหูกวางและใบสักให้มีลักษณะเป็นรูปจานและถ้วยโดยใช้ฮีตเตอร์แผ่นให้ความร้อนโดยตรงกับแม่พิมพ์และสามารถปรับระดับอุณหภูมิของแม่พิมพ์ได้เป็นอย่างดี และใช้แรงกดจากแม่แรงเมื่อฮีตเตอร์ให้ความร้อนกับแม่พิมพ์จนถึงอุณหภูมิที่ได้ตั้งเกณฑ์ไว้ จากนั้นทำการกดแม่พิมพ์เพื่อทำการขึ้นรูปถ้วยและจานให้มีลักษณะตามต้องการ สามารถอัดขึ้นรูปครั้งเดียวได้ภาชนะสองรูปแบบ คือ ภาชนะแบบกลม และภาชนะแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า และยังสามารถปรับเปลี่ยนรูปแบบของแม่พิมพ์ได้ โดยการตัดแต่งใบไม้ให้ได้ขนาดของแม่พิมพ์ ตามความต้องการ กำลังการผลิต เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากใบไม้จะเท่ากับ 11 ชิ้นต่อชั่วโมง 77 ชิ้นต่อวัน หรือประมาณ 80 ชิ้นต่อวัน และ กิตติศักดิ์ เมืองกลาง และคณะ (2564) เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ สามารถอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารได้ที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 140 มิลลิเมตร ได้ครั้งละ 1 ชิ้น จากการทดลองขึ้นรูปที่ความดัน 6 บาร์ ขึ้นรูปวัสดุจากกาบหมาก ด้วยขนาด 5 นิ้ว ที่แช่น้ำในเวลา 15 นาที พบว่า ความชื้นที่มีค่าร้อยละ 2.74 – 5.71 นั้นทำให้ชิ้นงานมีความเสถียร ไม่บิดงอหลังจากการขึ้นรูป โดยเวลาที่น้อยที่สุด 3 นาทีที่อุณหภูมิ 140 องศา และการขึ้นรูปถ้วย ขนาด 5 นิ้ว ใช้กับวัสดุจากกล้วย แช่น้ำใช้เวลา 20 วินาที พบว่า ความชื้นที่มีค่าร้อยละ 2.25-6.41 นั้น ทำให้ชิ้นงานมีความเสถียร ไม่บิดงอหลังจากการขึ้นรูป (ลัดดาวัลย์ จำปา และคณะ, 2556)

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย ระยะเวลาและระยะห่างในการเคลื่อนที่ของโมลด์ที่มีผลต่อการบีบอัด ระยะเวลา 11, 12, 13, 14 วินาที ทำให้ค่าเฉลี่ยระยะห่างของโมลด์มี 6.87, 3.41, 1.70, 0.85 เซนติเมตร ความเค้นเท่ากับ 0.134, 0.190, 0.214, 0.224 N/m^2 ตามลำดับ ระยะเวลาในการขึ้นรูปภาชนะ 0, 30, 60, 90, 120 วินาที พบว่า ที่ระยะเวลาในการขึ้นรูป 120 วินาที ลักษณะของภาชนะมีรูปทรงตามที่ต้องการ บริเวณขอบภาชนะมีลักษณะบิดเบี้ยวเล็กน้อย มีความโค้งงอของภาชนะเล็กน้อย และ ความหนาของวัสดุธรรมชาติที่มีผลต่อการขึ้นรูป ที่ความหนาของกาบหมากเป็น 3 ช่วง ได้แก่ 0.5 – 0.9, 1.0 – 1.4, 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร พบว่าความหนา 1.5 – 2.0 มิลลิเมตร ลักษณะของกาบหมากที่ขึ้นรูปได้รูปทรงของภาชนะตามที่ต้องการ ได้ตามมาตรฐานขนาดจานขนาด 6 นิ้ว

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ทำให้ได้เครื่องที่สามารถขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมากสามารถนำไปใช้ได้
2. ภาชนะที่ได้จากงานวิจัยนี้ปลอดภัยต่อผู้บริโภค และเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
3. เพิ่มมูลค่าของกาบหมาก ด้วยการนำมาผลิตเป็นภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพ
4. ลดปัญหาการปล่อยมลภาวะสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากการใช้โฟมและพลาสติกสังเคราะห์

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาเปรียบเทียบชนิดของวัสดุจากธรรมชาติในท้องถิ่น เพื่อนำมาใช้เป็นภาชนะใส่อาหาร
2. การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการยืดอายุการใช้งาน วิธีการเก็บรักษา และการนำกลับมาใช้ใหม่ของภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ
3. การวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นๆ นอกเหนือจากที่ได้ทำการวิจัย เพื่อเป็นการส่งเสริมขั้นอุตสาหกรรมต่อไป
4. การวิจัยนี้ควรนำไปทดสอบความปลอดภัยและมาตรฐานอื่นๆ ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กิตติศักดิ์ เมืองกลาง, ณัฐพงษ์ รักด่านกลา, ณัฐวุฒิ ดงกระโทก, ทักษิณัย จันทินอก และ ธรณธร ชิดการ เมืองกลาง. (2564). เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม*, 6(2), 65-76. สืบค้นจาก <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/journalindus/article/view/245508>
- ไกรสร วงษ์บุ๋ และ ปรีดา จิวปัญญา. (2564). การออกแบบและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากใบบัว. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา*, 6(1), 19-27. สืบค้นจาก <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/RMUTLEngJ/article/view/244627>
- จริญญา มีมุสิทธิ์, ศิริวรรณ ชูช่วย, จิระพงศ์ แก้วเจริญ และ เกษมสิทธิ์ ตั้งจรัสสุวรรณ. (2564). เครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารภาชนะบรรจุภัณฑ์ธรรมชาติปลอดสารพิษ. *วิทยานิพนธ์หลักสูตรวิศวกรรมการผลิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*.
- ณฐมน ทรัพย์บุญโต, รสริน จอห์นสัน, นพรัตน์ เตชะพันธ์รัตนกุล และ มงคลกร ศรีวิชัย. (2565). ปัจจัยส่วนประสมทางการตลาดที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการเลือกซื้อภาชนะที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติของผู้บริโภคในจังหวัดเชียงราย. *วารสารบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 11(2), 33-53. สืบค้นจาก https://so03.tci-thaijo.org/index.php/jms_ubu/article/view/256320
- ดิสร พินทอง, พิชัย สดภิบาล และ ทรงวุฒิ เอกวุฒิจวงศา. (2560). การพัฒนาเครื่องอัดแผ่นจากวัสดุธรรมชาติ. *วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 8(1), 98-111. สืบค้นจาก <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/ajnu/article/view/91022>

- นากร เมียงอารมณ และ ชิตีมา เกตุแก้ว. (2567). การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ. *วารสารก้าวหน้าโลกวิทยาศาสตร์*, 24(1), 181- 201. สืบค้นจาก <https://li02.tci-thaijo.org/index.php/adscij/article/view/647>
- เพชร บุดสีทา และ อำไพ แสงจันทร์ไทย. (2567). การพัฒนาและออกแบบผลิตภัณฑ์วัสดุธรรมชาติจากกากกล้วย เพื่อเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร จังหวัดกำแพงเพชร. *วารสารสกวียาเพื่อการพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์*, 14(2), 1-17. สืบค้นจาก <https://so06.tci-thaijo.org/index.php/GRAURU/article/view/275484>
- ลัดดาวัลย์ จำปา, นัฐพงษ์ ทองปาน, นันทวัน หัตถมาศ, มลฤดี โอปมาวุฒิกุล, กัญญา ภัทรกุลอมร และ พรอารีย์ ศิริผลกุล. (2566). การถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากเยื่อเศษอ้อยในรูปแบบการจัดการความรู้เพื่อการเติบโตของชุมชนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยปทุมธานี*, 15(2), 24-38. สืบค้นจาก <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/ptujournal/article/view/267736>
- วรพจน์ แสงบุญเรือง, ฤกษ์กมล ศรีโชค, อัครวุฒิ เตือนเพ็ญ และ ชานนท์ แนวจำปา. (2565). การออกแบบการทดลองและพัฒนาสร้าง รูปแบบถ้วยจากผักตบชวา. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี*, 12(1), 53-66. สืบค้นจาก <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/jitubru/article/view/243242>
- ศุภชัย หลักคำ และ พลรัชต์ บุญมี. (2562). การศึกษาความสามารถการรับความเค้นดัดของวัสดุผนังหนาและการดูดซับพลังงานของวัสดุสี่เหลี่ยมตันที่ผลิตจากวัสดุธรรมชาติ. *วารสารวิจัยราชชมงคลกรุงเทพ*, 14(1), 40-51. สืบค้นจาก <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/rmutk/article/view/221206>
- อังกาบ บุญสูง. (2566). การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจากฟางข้าวด้วยกระบวนการ BCG. *วารสารดีไซน์เอกโค*, 4(2), 2-16. สืบค้นจาก <https://so02.tci-thaijo.org/index.php/jdecho/article/view/266436>