

การพัฒนาเครื่องต้นแบบขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติท้องถิ่น Development of a Prototype for Container Forming from Local Natural

สุภารัตน์ ค้างสั้นเทียะ* จักรกฤษณ์ เจริญรัมย์ และ นิธิพน ทองวาสนาส่ง

สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม 73170
E-mail: Suparat.kha@rmutr.ac.th*

Suparat Khangsantia*, Jukkrid Jaremrnan and Nitinop Tongwassanasong

Logistics Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Rattanakosin,
Phuttamonthon, Nakornpathom, 73170, E-mail: Suparat.kha@rmutr.ac.th*

Received 18 Nov 2025; Revised 28 Jan 2026

Accepted 16 Jun 2026; Available online 30 Jun 2026

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและออกแบบการสร้างนวัตกรรมขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ เพื่อออกแบบภาชนะจากใบสักและใบหูกวาง โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปศึกษาการขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารและกรรมวิธีการเคลือบตัวประสาน การขึ้นรูปเครื่องอัดขึ้นรูปด้วยระบบนิวแมติกส์และใช้แม่พิมพ์อะลูมิเนียมขึ้นรูปได้ภาชนะที่มีขนาด (กว้างxยาวxสูง) 23 x 15 x 5 เซนติเมตร โดยใช้ฮีตเตอร์แผ่นในการให้ความร้อนและควบคุมด้วยเทอร์โมคัปเปิล จากนั้นทดสอบการขึ้นรูปภาชนะภายใต้อุณหภูมิ 120°C 130°C และ 150°C ผลการทดลองพบว่าภาชนะใบสักใช้อุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียสจำนวน 3 ใบใช้เวลา 120 วินาที และภาชนะใบหูกวางใช้ใบจำนวน 6 ใบ และใช้เวลา 190 วินาที อยู่ในสภาวะเหมาะสมผล คือมีความแข็งแรง ยึดเกาะของตัวประสานดี และรูปทรงสมบูรณ์ เครื่องใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 1.716 กิโลวัตต์ คิดเป็นค่าใช้จ่ายไฟฟ้าต่อเดือนประมาณ 1,029.6 บาท ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเครื่องต้นแบบนี้สามารถใช้งานได้จริงและมีศักยภาพในการพัฒนาเพื่อผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติในระดับชุมชนหรือต่อยอดเชิงพาณิชย์ได้

คำหลัก: นิวแมติกส์ เครื่องขึ้นรูป แม่พิมพ์ ฮีตเตอร์ เทอร์โมคัปเปิล

Abstract

This research focuses on the study and design of an innovative forming process for producing containers made from natural materials. The aim was to design containers made from teak and tropical almond leaves. The design and construction of a forming machine studied the forming of food containers and the bonding process. A prototype forming machine was designed and built using a pneumatics compression system, an aluminum mold (23 × 15 × 5 cm; W × L × H). Heat is supplied through flat-plate resistive heaters and Thermocouple control. Forming tests were conducted at temperatures of 120°C, 130°C, and 150°C to examine forming quality, bonding behavior, and shape accuracy. The results show that teak-leaf containers reached the best forming quality at 150°C using three leaves, requiring a forming time of 120 seconds. Indian-

almond containers required six leaves and a forming time of 190 seconds. Under these conditions, the containers showed good strength, proper adhesion, and acceptable shape consistency. The prototype machine used an average of 1.716 kW of power, resulting in a monthly electricity cost of about 1,029.6 THB. Overall, the findings indicate that the prototype thermoforming machine is practical and has potential for use in community-based production or commercial applications.

Keywords: Pneumatics, Forming machine, Mold, Heater, Thermocouple

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาสิ่งแวดล้อมจากการสะสมของขยะพลาสติกที่ย่อยสลายได้ยากถือเป็นความท้าทายสำคัญของประเทศ การลดการใช้วัสดุพลาสติกและการพัฒนาแนวทางทดแทนที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมจึงได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ซึ่งมีการใช้พลาสติกในปริมาณมาก [1,2] การประยุกต์ใช้วัสดุจากธรรมชาติ เช่น ใบสั๊ก ใบหูกวาง หรือวัสดุเหลือใช้จากธรรมชาติ ในท้องถิ่น เป็นทางเลือกที่ช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ [3] เนื่องจากวัสดุดังกล่าวสามารถย่อยสลายตามธรรมชาติและมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค[4]

กระบวนการผลิตภาชนะจากวัสดุธรรมชาติด้วยวิธีการดั้งเดิมยังประสบข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความไม่สม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ [5] คุณภาพที่ยากต่อการควบคุม [6,7] และเวลาในการผลิตที่ยาวนานเนื่องจากต้องพึ่งพาแรงงานคนเป็นหลัก การพัฒนาเครื่องจักรสำหรับขึ้นรูปวัสดุธรรมชาติ จึงเป็นแนวทางสำคัญที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดข้อผิดพลาดจากกระบวนการทำงาน และช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีมาตรฐานสม่ำเสมอ [8,9] นอกจากนี้ การพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวยังสอดคล้องกับแนวโน้มของผู้บริโภคยุคใหม่ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมและส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างยั่งยืน

ดังนั้นงานวิจัยฉบับนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องขึ้นรูปสำหรับแปรรูปวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ใบสั๊กและใบหูกวาง เพื่อนำมาใช้ในการผลิตภาชนะทดแทนพลาสติก รวมถึงศึกษาการทำงานของเครื่อง การกำหนดเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อ

การขึ้นรูปภาชนะ เช่น ระยะเวลาในการขึ้นรูปและความแข็งแรงของภาชนะที่ได้ เพื่อประเมินความสามารถของเครื่องในการผลิตภาชนะรูปแบบต่าง ๆ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ภาชนะจากธรรมชาติ โดยไม่ผ่านกระบวนการผลิตที่ใช้สารเคมีหรือพลาสติกสังเคราะห์สามารถย่อยสลายได้เองตามธรรมชาติเมื่อหมดอายุการใช้งานและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมซึ่งแตกต่างจากภาชนะพลาสติกที่ใช้เวลาหลายร้อยปีในการย่อยสลาย ภาชนะจากธรรมชาติมักถูกนำมาใช้แทนภาชนะที่ทำจากพลาสติกหรือโฟม เพื่อช่วยลดขยะและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ภาชนะที่ใช้สำหรับอาหารโดยทำจากใบไม้เช่น ใบหูกวาง ใบสั๊ก สามารถนำมาใช้รองอาหารหรือห่ออาหารได้ มีความยืดหยุ่น

2.1 ประเภทของแม่พิมพ์ขึ้นรูป

การอัดขึ้นรูปเป็นกระบวนการใช้แรงดันเพื่อบีบอัดวัสดุที่ผ่านการให้ความร้อนเข้าสู่โพรงแม่พิมพ์ เพื่อผลิตชิ้นส่วนทั้งแบบง่ายและซับซ้อนจากเทอร์โมเซตพลาสติก หรือคอมโพสิต เครื่องอัดขึ้นรูปที่ใช้กลไกเช่น สกรูและตัวสลับ สามารถให้แรงดันที่จำเป็นสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานขนาดใหญ่ได้อย่างเหมาะสม กระบวนการนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการประหยัดพลังงานและต้นทุนมากกว่าการควบคุมที่ละเอียดสูง [10]

2.1.2 แม่พิมพ์กึ่งบวก แม่พิมพ์อัดแบบกึ่งบวกเป็นรูปแบบพัฒนาจากแม่พิมพ์แฟลชและแม่พิมพ์บวก ทำให้มีราคาสูงกว่าแต่ให้ประสิทธิภาพที่เหนือกว่า เมื่อนำมาใช้จำเป็นต้องควบคุมปริมาณวัสดุที่ใส่เข้าแม่พิมพ์อย่างแม่นยำเพื่อหลีกเลี่ยงการสูญเสีย

2.1.2 แม่พิมพ์เชิงบวก แม่พิมพ์อัดเชิงบวกถูกออกแบบเฉพาะเพื่อขึ้นรูปวัสดุที่มีราคาสูงและควบคุมความหนาแน่นของชิ้นงานได้แม่นยำ แต่มีต้นทุนที่สูงกว่าแม่พิมพ์แฟลช

2.1.3 แม่พิมพ์แฟลช เหมาะสำหรับการขึ้นรูปชิ้นงานที่ไม่ซับซ้อนและวัสดุราคาถูก ใช้งานง่าย ราคาประหยัด แต่ต้องเติมวัสดุให้หล้นแม่พิมพ์ก็ตาม

2.2 ประเภทของฮีตเตอร์

[11-14] ฮีตเตอร์ (Heater) หรือ เครื่องทำความร้อน อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อน ใช้งานทั้งในอุตสาหกรรมและในครัวเรือนสำหรับกระบวนการที่ต้องการความร้อน เช่น อบแห้ง หลอม หรือซีลวัสดุ ดังนี้

2.2.1 ฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater) ฮีตเตอร์ที่ใช้ให้ความร้อนได้ทั้งกับอากาศและของเหลว มีลักษณะเป็นท่อกลมแท่งเดียวมีปลาย 2 ด้าน สำหรับต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า

2.2.2 ฮีตเตอร์ครีป (Finned Heater) การนำฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater) มาใส่ครีปหรือแผ่นโลหะแผ่นบาง ๆ จำนวนมากติดอยู่บนผนังด้านนอกของตัวท่อ

2.2.3 ฮีตเตอร์จุ่มน้ำ หรือฮีตเตอร์จุ่ม (Immersion Heater) การนำฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater) หลาย ๆ ตัวมารวมกันในหัวฮีตเตอร์เดียวซึ่งมีทั้งแบบเกลียวและแบบหน้าแปลนตามลักษณะการติดตั้ง สามารถทำได้ทั้งแบบตรง ตัวแอล หรือตัวแซด

2.2.4 ฮีตเตอร์แท่ง (Cartridge Heater) มีลักษณะเป็นแท่งกลมแท่งเดียวปลายฝั่งหนึ่งจะมีสายไฟออก 2 หรือ 3 เส้น นิยมใช้ฮีตเตอร์แท่งเสียบเข้าไปในรูของโลหะเพื่อให้โลหะเกิดความร้อนขึ้น

2.2.5 ฮีตเตอร์บอบบิน (Bobbin Heater) ใช้ในการจุ่มเพื่อให้ความร้อนแก่ของเหลว ใช้การแผ่รังสีความร้อนไปยังชิ้นงานโดยมีความยาวคลื่นอยู่ในย่านอินฟราเรดการแผ่รังสีความร้อนจะให้ความร้อนได้ถึงเนื้อในของชิ้นงานจึงประหยัดเวลาในการทำงาน

2.2.6 ฮีตเตอร์อินฟราเรด (Infrared Quartz Heater) ใช้การแผ่รังสีความร้อนไปยังชิ้นงานโดยมีความยาวคลื่นอยู่ในย่านอินฟราเรดการแผ่รังสีความร้อนจะให้ความร้อนได้ถึงเนื้อในของชิ้นงานจึงประหยัดเวลาใน

การทำงาน

2.2.7 ฮีตเตอร์ฮอตรันเนอร์ (Hot runner Heater) เกิดจากการนำฮีตเตอร์ที่มีท่อกลมไปม้วนให้มีรูปร่างเหมือนขดสปริง มีสายไฟออกด้านเดียวคล้ายกับฮีตเตอร์แท่งแต่ในการม้วนจะออกแบบให้ท่อฮีตเตอร์ช่วงที่เป็นขดสปริงมีลักษณะเป็นท่อเหลี่ยมเพื่อให้ง่ายต่อการสวมใช้งาน

2.2.8 ฮีตเตอร์แผ่น (Strip Heater) มีลักษณะเป็นแผ่นบาง มีทั้งเป็นทรงแท่งเหลี่ยมและวงกลม ด้านนอกจะเป็นแผ่นโลหะเช่น สแตนเลสหรือสังกะสี ด้านในมีขดลวดฮีตเตอร์พันรอบ ๆ แผ่นฉนวนอาจเป็นไมก้าหรือเซรามิก ขั้วต่อไฟมีทั้งออกเป็นสาย ออกเป็นขั้วเทอร์มินอล หรือออกเป็นปลั๊ก

2.3 หลักการทำงานนิวเมติกส์

[15,16] กระบอกกลมนิวเมติกส์เป็นอุปกรณ์ที่แปลงความดันลมให้เป็นพลังงานกลเพื่อสร้างการเคลื่อนที่เชิงเส้นหรือแบบหมุน จึงเหมาะสำหรับงาน ขยับ ยก ดึง เปัด-ปิด และใช้งานร่วมกับระบบอัตโนมัติในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ระบบนิวเมติกส์มีข้อดีคือควบคุมง่าย ต้นทุนต่ำ และช่วยเพิ่มความรวดเร็วและประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตเมื่อเทียบกับระบบไฮดรอลิกหรือไฟฟ้า

2.3.1 กระบอกกลม พอร์ตปลายแกนคือส่วนฝาครอบของกระบอกลมที่ใช้ให้อากาศอัดเข้า-ออก ส่วนลูกสูบและก้านลูกสูบทำงานร่วมกันเพื่อเคลื่อนที่ภายในกระบอกสูบและสร้างการเคลื่อนที่เชิงเส้น. กระบอกสูบทำหน้าที่เป็นตัวถังหลักที่บรรจุลูกสูบและส่งกำลังไปยังโหลดที่ปลายก้านลูกสูบ

2.3.2 ประเภทของบีมลม สามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น บีมลมแบบลูกสูบ บีมลมประเภทไดอะเฟรม บีมลมประเภทสกรู บีมลมประเภทใบพัดเลื่อน บีมลมประเภทกังหัน บีมลมประเภทใบพัดหมุน เป็นต้น

2.4 ตัวประสาน

ตัวประสานสำหรับงานวัสดุธรรมชาติต้องเป็นสารจากธรรมชาติที่ปลอดภัย ใช้ง่ายกับอาหารได้ และไม่ก่อผลเสียต่อร่างกาย เช่น แป้งข้าวเหนียว และแป้งข้าวโพด เป็นต้น

3. วิธีดำเนินการวิจัย

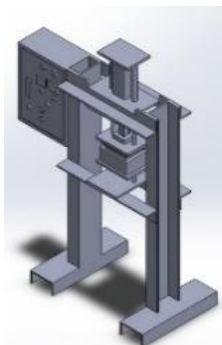
การพัฒนาต้นแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติท้องถิ่น ได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่อง โดยมีขั้นตอนดังนี้ (1) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัย (2) ออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูป (3) จัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์ (4) ผลิตชิ้นส่วนต่างตามที่ออกแบบ (5) ประกอบส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน (6) ทดสอบการทำงาน และ (7) สรุปผล ดังรูปที่ 1



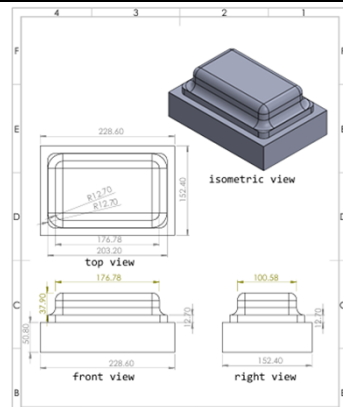
รูปที่ 1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.1 ออกแบบโครงสร้างเครื่องและแม่พิมพ์

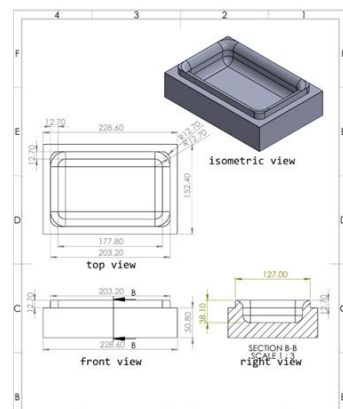
ออกแบบตัวเครื่องขนาดความสูง 120 เซนติเมตร หน้ากว้าง 60 เซนติเมตร และขึ้นรูปด้วยเหล็กยูเราน้ำขนาด 7.5x15x0.9 เซนติเมตร เหล็กฉากขนาด 7.5x7.5x0.9 เซนติเมตร ดังรูปที่ 2 และออกแบบแม่พิมพ์ที่ใช้ในการขึ้นรูป 3 มิติด้วยโปรแกรม SolidWorks ได้ขนาดรูปแบบภาชนะสำเร็จ (กว้างxยาวxสูง) 23 x 15 x 5 เซนติเมตร ดังรูปที่ 3 และรูปที่ 4



รูปที่ 2 โครงสร้างเครื่อง 3D จาก SolidWorks



รูปที่ 3 แม่พิมพ์ด้านล่าง



รูปที่ 4 แม่พิมพ์ด้านบน

การคำนวณวัสดุเตี๊ยม ขนาดของชิ้นงาน แม่พิมพ์มีขนาดของความกว้างความยาวความสูงอยู่ที่ 23 x 15 x 5 cm โดยคณะผู้จัดทำต้องการ อุณหภูมิ เริ่มต้นที่ 35 องศา ไปจนถึงอุณหภูมิที่ 160 องศา คำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

3.1.1 คำนวณหาปริมาตร 2

$$V = a \times b \times c \quad (1)$$

โดยที่ V = ปริมาตรวัสดุ (m³) a = ความกว้าง 0.15 m
b = ความยาว 0.23 m c = ความสูง 0.05 m
จากสูตรได้ว่า

$$V = 0.15 \times 0.23 \times 0.05 = 0.00172 \text{ m}^3$$

3.1.2 สมการคำนวณหามวล

$$M = pv \quad (2)$$

โดยที่ M = มวลของวัสดุ (kg) p = ความหนาแน่นของวัสดุ (kg/m^3) $= (2,700 \text{ (kg/m}^3\text{)})$ v = ปริมาตรวัสดุ (m^3) $= (0.00172 \text{ (m}^3\text{)})$
จากสูตรได้ว่า

$$M = (2700)(0.00172) = 4.60 \text{ kg}$$

3.1.2 กำลังที่ควรจัดสเปก

การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของแม่พิมพ์มีค่าเท่ากับ 125 K พลังงานความร้อนที่ต้องใช้เท่ากับ 5.17×10^5 J ระยะเวลาที่ต้องการให้เครื่องร้อนถึงเวลาที่ต้องการเท่ากับ 600 วินาที ค่าจากการคำนวณได้กำลังขั้นต่ำที่ต้องใช้เท่ากับ 0.862 kW และกำลังงานความร้อนรวมที่สูญเสียทั้งหมดเท่ากับ 0.38 kW

$$P_{\text{req}} \approx P_{\text{min}} + P_{\text{losses}} \quad (3)$$

โดยที่ P_{req} = กำลังที่ควรจัดสเปก (kW) P_{min} = กำลังขั้นต่ำที่ต้องใช้ (kW) P_{losses} = การสูญเสียรวม (W)
จากสูตรได้ว่า

$$P_{\text{req}} = 0.862 + 0.38 = 1.24 \approx 2 \text{ kW}$$

$$P_{\text{req}} = 1.75 + 0.225 = 1.975 \approx 2 \text{ kW}$$

3.2 การทดสอบการอัดขึ้นรูปภาชนะ

การทดสอบการอัดขึ้นรูปมีวัสดุจากธรรมชาติ 2 ชนิดได้แก่ 1.ใบสักและ 2.ใบหูกวาง ปัจจัยการออกแบบการทดลอง คือ อุณหภูมิการอัดขึ้นรูปมี 3 ระดับได้แก่ 120 130 และ 150 องศาเซลเซียส ทำการทดสอบโดยมีตัวประสาน 2 ชนิดคือ แป้งข้าวโพด 50 กรัม และแป้งข้าวโพด 50 กรัม น้ำ 150 กรัม รวมตัวประสานทั้งหมด 250 กรัม โดยมีเกณฑ์การวัดคุณภาพของภาชนะประเมินจากความแข็งแรง ความสวยงาม ความสะอาด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับได้แก่ ดี พอใช้ ปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การวัดคุณภาพของภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ

รายละเอียดของการประเมิน	ระดับดี	ระดับพอใช้	ระดับปรับปรุง
1. ความแข็งแรงของภาชนะ	ภาชนะมีความแข็งแรง ทนต่อแรงกดและแรงดึง	ภาชนะค่อนข้างแข็งแรง รับน้ำหนักได้ระดับหนึ่ง	ภาชนะไม่แข็งแรง ฉีกขาดหรือเสียรูปร่าง
2. ความสวยงามและความประณีต	รูปทรงสวยงาม เรียบเนียน ไม่มีรอยฉีก	รูปทรงพอใช้ มีรอยบังเล็กน้อย แต่ยังดูเรียบร้อย	รูปทรงไม่เรียบร้อย มีรอยฉีกหรือบิดเบี้ยวมาก
3. ความสะอาดและการใช้งาน	ภาชนะสะอาด ไม่มีเศษใบไม้หรือคราบสิ่งสกปรก	ภาชนะค่อนข้างสะอาด มีคราบเล็กน้อย	ภาชนะสกปรก หรือไม่เหมาะกับการใช้งาน

4. ผลการวิจัยและวิเคราะห์ผล

การทดลองอัดขึ้นรูปจากใบสักและใบหูกวาง ที่อุณหภูมิ 120 130 และ 150 องศาเซลเซียส ตัวประสานที่ 250 กรัม วัดผลจำนวนใบและเวลาที่ภาชนะจะขึ้นรูปได้สมบูรณ์ที่สุด พบว่า ที่อุณหภูมิ 120 °C ใช้จำนวนใบและเวลาในการขึ้นรูปแตกต่างกัน

กัน โดยใบสัก 1 ใบ (60 วินาที) ภาชนะขึ้นรูปไม่สมบูรณ์ บาง เปราะ และไม่แข็งแรง ใบสัก 2 ใบ (120 วินาที) ขึ้นรูปได้แต่ยังบางและไม่แข็งแรง ใบสัก 3 ใบ (180 วินาที) ขึ้นรูปได้ดีที่สุด แต่ยังคงมีความชื้นหรือน้ำหลงเหลือในเนื้อใบ อุณหภูมิ 130°C ใช้จำนวนใบและเวลาในการขึ้นรูปแตกต่างกัน พบว่า ใบสัก 1 ใบ (60

วินาที) บาง เบา และยังมีมากขึ้น ใบสีก 2 ใบ (75 วินาที) บาง เบา และมีความกรอบบริเวณขอบด้านข้าง และใบสีก 3 ใบ (105 วินาที) ขึ้นรูปได้ดีที่สุด แต่ยังมีกรอบบริเวณขอบภาษาะ และใบสีก อุณหภูมิ 150°C ใช้จำนวนใบและเวลาในการขึ้นรูปแตกต่างกัน พบว่า ใบสีก 1 ใบ (45 วินาที) ภาษาะบาง เบา กรอบ และแตกง่าย ไม่เหมาะสม ใบสีก 2 ใบ (90 วินาที) ภาษาะบางเล็กน้อย มีความกรอบ แต่ไม่แตก รูปทรงสวยพอใช้ และใบสีก 3 ใบ (120 วินาที) ภาษาะขึ้นรูปสมบูรณ์ แข็งแรง และมีรูปทรงสวยงามที่สุด และผลการทดลองของใบหูกวางที่อุณหภูมิ 120 °C พบว่า เมื่อใช้จำนวนใบเพียง 1-3 ใบ ภาษาะที่ได้มีลักษณะบาง เบา และเปราะบาง บางกรณีมีความกรอบจนแตก ทำให้ไม่เหมาะสำหรับการใช้งานจริง เมื่อเพิ่มจำนวนใบเป็น 4 ใบ แม้ว่ารูปทรงจะดีขึ้น แต่ยังพบการแตกเล็กน้อยบริเวณมุมล่างของภาษาะ แสดงให้เห็นว่ายังไม่ถึงเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุด ผลการทดลองเริ่มมีความสมบูรณ์เมื่อใช้ใบหูกวางจำนวน 5 ใบ ซึ่งสามารถขึ้นรูปได้ดี ไม่แตก และมีรูปทรงที่สวยงาม เมื่อเพิ่มเป็น 6 ใบ ภาษาะที่ได้มีลักษณะแข็งแรง สมบูรณ์ และพร้อมสำหรับการใช้งาน ถือเป็นจำนวนใบที่เหมาะสมที่สุด อุณหภูมิ 130 °C ผลของ

การอัดขึ้นรูปใบหูกวางพบว่า เมื่อใช้จำนวนใบเพียง 1-2 ใบ ภาษาะที่ได้มีลักษณะบาง กรอบ และเกิดการฉีกขาด โดยเฉพาะบริเวณมุม ทำให้ไม่เหมาะต่อการใช้งานจริง เมื่อเพิ่มจำนวนใบเป็น 3-4 ใบ ภาษาะสามารถขึ้นรูปได้ดีขึ้น แต่ยังคงมีความอ่อนหรือบางบริเวณขอบภาษาะ แสดงให้เห็นว่ายังไม่ใช่สภาวะที่ให้ความแข็งแรงสมบูรณ์ เมื่อใช้ใบจำนวน 5 ใบ ภาษาะมีความสมบูรณ์มากขึ้น ขอบและมุมแข็งแรง ไม่มีการแตกหรือฉีกขาด ส่วนการใช้ใบจำนวน 6 ใบ ให้ผลที่ดีที่สุด โดยภาษาะมีความแข็งแรง รูปทรงสวยงาม และขอบขึ้นรูปได้ดี และการทดลองอัดขึ้นรูปใบหูกวางที่อุณหภูมิ 150 °C พบว่า การใช้จำนวนใบเพียง 1-2 ใบไม่สามารถขึ้นรูปได้อย่างสมบูรณ์ ภาษาะบาง กรอบ และมีการฉีกขาดหรือไม่เป็นรูปทรง เมื่อเพิ่มจำนวนใบเป็น 3 ใบ พบว่าภาษาะเริ่มขึ้นรูปได้แต่ยังมีความอ่อนบริเวณขอบและมีจุดที่บางเกินไป ส่วนการใช้ใบจำนวน 4-5 ใบ ทำให้ภาษาะขึ้นรูปได้ดีขึ้น แต่ยังพบความบางหรือกรอบในบางตำแหน่งของชิ้นงาน เมื่อใช้ใบหูกวางจำนวน 6 ใบ สามารถขึ้นรูปได้สมบูรณ์ มีความแข็งแรง และรูปทรงภาษาะคงรูปดี ไม่มีจุดแตกหรือบางผิดปกติ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองจากใบสีกและใบหูกวางที่อุณหภูมิ 120 130 และ 150 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิ (°C)	ชนิดใบไม้	จำนวน (ใบ)	เวลาที่ใช้อัดขึ้นรูป (วินาที)	คุณภาพของภาษาะที่อัดได้		
				ดี	พอใช้	ปรับปรุง
120°C	ใบสีก	1	60			✓
	ใบสีก	2	120		✓	
	ใบสีก	3	180	✓		
	ใบหูกวาง	1	60			✓
	ใบหูกวาง	2	90			✓
	ใบหูกวาง	3	120		✓	
	ใบหูกวาง	4	150		✓	
	ใบหูกวาง	5	180	✓		
	ใบหูกวาง	6	210	✓		
130°C	ใบสีก	1	60			✓
	ใบสีก	2	75		✓	
	ใบสีก	3	150	✓		

อุณหภูมิ (°C)	ชนิดใบไม้	จำนวน (ใบ)	เวลาที่ใช้อัดขึ้นรูป (วินาที)	คุณภาพของภาชนะที่อัดได้		
				ดี	พอใช้	ปรับปรุง
	ใบหูกวาง	1	50			✓
	ใบหูกวาง	2	80			✓
	ใบหูกวาง	3	110			✓
	ใบหูกวาง	4	140		✓	
	ใบหูกวาง	5	170	✓		
	ใบหูกวาง	6	200	✓		
150°C	ใบสัก	1	45			✓
	ใบสัก	2	90		✓	
	ใบสัก	3	120	✓		
	ใบหูกวาง	1	40			✓
	ใบหูกวาง	2	70			✓
	ใบหูกวาง	3	100			✓
	ใบหูกวาง	4	130		✓	
	ใบหูกวาง	5	160		✓	
	ใบหูกวาง	6	190	✓		

หมายเหตุ : พิจารณาจากเกณฑ์การวัดคุณภาพของภาชนะจากวัสดุธรรมชาติทั้ง 3 ด้าน

จากผลการทดลองพบว่า ใบสักจำนวน 3 ใบ ใช้เวลาในการขึ้นรูปแตกต่างกันตามระดับอุณหภูมิ โดยที่ 120 องศาเซลเซียสใช้เวลา 180 วินาที เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 130 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้เวลา 150 วินาที ก่อนจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิสูงถึง 150 องศาเซลเซียสที่ใช้เวลา 120 วินาที ส่วนการทดสอบใบหูกวางจำนวน 6 ใบพบว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

เวลาการขึ้นรูปมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง โดยใช้เวลา 210 วินาทีที่ 120 องศาเซลเซียส ลดลงเป็น 200 วินาทีที่ 130 องศาเซลเซียส และลดลงอีกเป็น 190 วินาทีที่ 150 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับงานของนริทรและคณะ [17] อุณหภูมิในการขึ้นรูปและจำนวนชั้นของใบไม้มีผลต่อเวลาในการขึ้นรูป ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการขึ้นรูปภาชนะจากใบสักและใบหูกวางที่อุณหภูมิต่างกัน

ชนิดใบไม้	อุณหภูมิ (°C)	จำนวนใบไม้ (ใบ)	เวลาขึ้นรูป (วินาที)	ลักษณะการขึ้นรูป
ใบสัก	120	3	180	

ชนิดใบไม้	อุณหภูมิ (°C)	จำนวนใบไม้ (ใบ)	เวลาขึ้นรูป (วินาที)	ลักษณะการขึ้นรูป
ใบสัก	130	3	150	
ใบสัก	150	3	120	
ใบहुกวาง	120	6	210	
ใบहुกวาง	130	6	200	
ใบहुกวาง	150	6	190	

จากการทดสอบการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติใบสักและใบहुกวางค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างการอัดขึ้นรูปภาชนะคิดได้จากอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้า จากสมการ

$$P = V \times I \quad (4)$$

โดย P = กำลังไฟฟ้าหน่วยเป็น (W), V = แรงดันหน่วยเป็น (V), และ I = กระแสหน่วยเป็น (A)
พบว่า วัดกระแสไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 120 130 และ 150

องศาเซลเซียส แรงดันไฟฟ้าเท่ากับ 220 V และกระแสเท่ากับ 7.8 A จะได้ว่า

$$220 \times 7.9 = 1,738 \text{ W} = 1.738 \text{ kW}$$

เครื่องขึ้นรูปจากวัสดุธรรมชาติวัดกระแสไฟได้อยู่ที่ 7.9 แอมแปร์ เวลาที่ใช้วัดกระแสไฟคือ 1 ชั่วโมง กำลังไฟฟ้าอยู่ที่ 1.716 กิโลวัตต์ และพลังงานไฟฟ้าต่อวันอยู่ที่ 8.58 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ค่าไฟ 4 บาทต่อหน่วย ค่าไฟต่อเดือนจะอยู่ที่ 1,029.6 บาท

5. สรุป

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิในการขึ้นรูปและจำนวนชั้นของใบไม้มีผลต่อเวลาในการขึ้นรูปและคุณภาพของภาชนะอย่างมีนัยสำคัญ ผลทดลองอุณหภูมิ 150°C เป็นจุดสมดุลที่เหมาะสมสำหรับวัสดุทั้งสองชนิดโดยภาชนะที่ผลิตจากใบสักจำนวน 3 ใบใช้เวลาในการขึ้นรูป 120 วินาที ให้คุณภาพของชิ้นงานที่แข็งแรงและรูปทรงสมบูรณ์ ขณะที่ภาชนะจากใบหูกวางจำนวน 6 ใบที่อุณหภูมิเดียวกันมีความเหมาะสมแต่ใช้เวลาในการขึ้นรูป 190 วินาที เนื่องจากมีความหนามากกว่า ส่งผลให้ต้องการเวลาในการกระจายความร้อนและการยืดเกาะของเส้นใยเพิ่มขึ้น การเพิ่มอุณหภูมิจำเป็นต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงการเสื่อมสภาพของวัสดุ ดังนั้นการออกแบบการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติจำเป็นต้องพิจารณาทั้งอุณหภูมิ เวลา และจำนวนชั้นของวัสดุ ซึ่งเป็นปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้การวิเคราะห์อายุการใช้งานของแม่พิมพ์อย่างละเอียดจะเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการศึกษาในอนาคต

สำหรับตัวประสานที่ใช้ในการขึ้นรูปภาชนะ ผู้วิจัยเลือกใช้สารจากธรรมชาติที่ปลอดภัยต่อการสัมผัสอาหาร ย่อยสลายได้ และไม่ก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น แป้งข้าวเหนียวและแป้งข้าวโพด ซึ่งช่วยเสริมจุดเด่นด้านความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี ที่ให้ข้อมูลและให้การศึกษาดูงาน และขอขอบคุณการสนับสนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ และนักศึกษสาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ในดำเนินงานครั้งนี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุขณิษา ทองคำ. การเปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมพลาสติกไทยจากกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต] [Internet]. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์; 2566 [cited 2025 Nov 17]. Available from: https://ethesisarchive.library.tu.ac.th/thesis/2023/TU_2023_6404010446_18185_27956.pdf
- [2] Thai Post | อีสราภาพแห่งความคิด [Internet]. [cited 2024 May 5]. 'พลาสติก'ความจำเป็นที่เลี่ยงไม่ได้ในสถานการณ์โควิด. Available from: <https://www.thaipost.net/main/detail/106333>
- [3] ชีรภัทร หล่มบุญเรือง, นิตต์อลิน พันธุ์อภัย. การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะแบบย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเส้นใยผักตบชวา. In: การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 31. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2560. p. 31.
- [4] สมเกียรติ สุทธิยาพิพัฒน์ และคณะ. การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก [Internet]. 2561; [cited 2025 Nov 17]. Available from: สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

- [5] กิตติศักดิ์ เมืองกลาง ญัฐพงษ์ รักด่านกลา ญัฐวุฒิ ดงกระโทก ทักษ์ดนัย จันทันนอก วรรณธร ชิตการ เมืองกลาง. เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์. 2021 Dec 29;6(2):65–76.
- [6] Kumar V, Gupta S, Kalra JS, Patil PP. Improvement in quality of handmade paper materials by recycling of waste papers and PPE kits. Mater Today Proc. 2021;46:11274–8.
- [7] ศิริพร เต็งรัง. วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์. โครงการวิจัย. 2558;
- [8] Damanian SV, Sandeep Soni. Development of hydraulically operated energy efficient machines for eco-friendly brick manufacturing. Int J Sustain Build Technol Urban Dev. 2023 Dec 30;14(4):455–66.
- [9] Aguilar GJ, De Oliveira AM, Augusto PED, Tapia-Blácido DR. Advances in Eco-friendly Materials for Sustainable Packaging and Single-Use Utensils: A Decade of Innovation in Preparation, Characterization, and Applications. ACS Appl Mater Interfaces. 2025 Oct 29;17(43):59032–50.
- [10] tsinfa. Compression Molding – The Ultimate Guide [Internet]. TSINFA. 2024 [cited 2025 Nov 17]. Available from: <https://www.tsinfa.com/compression-molding/>
- [11] ประเภทของฮีตเตอร์ และ ลักษณะการใช้งาน [Internet]. [cited 2025 Nov 17]. Available from: <https://www.tic.co.th/th/news/detail/1418>
- [12] Thailand M. MISUMI Thailand. 2022 [cited 2025 Nov 17]. ฮีตเตอร์ อุปกรณ์ทำความร้อนในอุตสาหกรรม. Available from: https://th.misumi-ec.com/th/pr/recommend_category/heater201904/
- [13] สถาพร หมั่นสิน. การเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบแผ่นความร้อนเครื่องอบชิ้นงานพรมในรถยนต์.[วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาวิทยาลัยศิลปกร; 2557.
- [14] เฉลียว เกตุแก้ว. การออกแบบและจัดสร้างเตาทำทองม้วนสำหรับงานผลิตอาหาร OTOP. รายงานการวิจัยงบประมาณเงินกองทุนส่งเสริมงานวิจัย; มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 2557.
- [15] รุ่งโรจน์ แก้วศรีงาม และจันทิมา หิรัญอ่อน.การพัฒนาเครื่องต้นแบบการตัดกล้วยแบบกึ่งอัตโนมัติด้วยระบบนิวแมติกส์. รายงานวิจัยงบประมาณจากเงินกองทุนส่งเสริมงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ. 2559.
- [16] Siamseimitsu. ระบบนิวแมติกส์คืออะไร และมีหลักการทำงานอย่างไร? - SIAM SEIMITSU CO., LTD. [Internet]. 2021 [cited 2025 Nov 17]. Available from: <https://www.siamseimitsu.co.th/blog/what-is-pneumatic-system-and-how-does-it-work/>
- [17] นธีร ม่วงเอี่ยม, พัฒนพงษ์ เพชรโต, พิษณุ ขาวพิจิตร, ปิยณัฐ ขุนทอง. การศึกษาลักษณะทางกายภาพของภาชนะจากธรรมชาติ. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม. 2021 Apr 30;3(1):1–9.