การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ

ธนากร เมียงอารมณ์[1*], ธิติมา เกตุแก้ว[2]

[1]สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี กรุงเทพมหานคร
[2]สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี กรุงเทพมหานคร
[*]Corresponding author email: thanakorn.m@dru.ac.th

ได้รับบทความ: 4 กันยายน 2566
ได้รับบทความแก้ไข: 28 พฤศจิกายน 2566
ยอมรับตีพิมพ์: 15 ธันวาคม 2566

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารและแม่พิมพ์ที่เหมาะสมในการผลิตภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ เครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารถูกออกแบบเพื่อการขึ้นรูปวัสดุธรรมชาติโดยการใช้เครื่องอัดด้วยความร้อนจากขดลวดไฟฟ้าและระบบควบคุมกลไกการทำงานด้วยไฟฟ้า โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องขึ้นรูปภาชนะ รวมถึงและผลการทดสอบการคุณสมบัติของภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ สมบัติด้านกายภาพ การประเมินด้านความปลอดภัย และความพึงพอใจของผู้ใช้ภาชนะ วัสดุธรรมชาติจำนวน 5 ชนิดได้ถูกนำมาศึกษา ได้แก่ ใบบัว ใบตอง กาบหมาก ใบไผ่ และใบผักตบชวา พบว่าวัสดุทั้ง 5 ชนิดสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารได้ ภาชนะบรรจุจากกาบหมากแสดงสมบัติที่ดีกว่า โดยมีลักษณะแข็งแรง มีความหนา และใส่อาหารที่มีน้ำหนักได้มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับภาชนะบรรจุจากวัสดุธรรมชาติอื่น ๆ ด้วยความหนา 2.24 มิลลิเมตร ความหนาแน่น 0.81 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ร้อยละการซึมน้ำ 16 เปอร์เซ็นต์ และค่าความปลอดภัยมีค่าน้อยกว่า 1 ซีเอฟยู/มิลลิลิตร และจากการศึกษาด้านการยอมรับของผู้บริโภค โดยกาบหมากมีผลการยอมรับในด้านลักษณะทั่วไป ลักษณะโดยรวม ความเหมาะสม สี และเนื้อสัมผัส สรุปได้ว่าการขึ้นรูปภาชนะจากกาบหมากเหมาะสมสำหรับใส่อาหาร สามารถย่อยสลายได้ และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยชุมชนสามารถเลือกใช้วัสดุธรรมชาติที่ในชุมชนมาพัฒนาเป็นภาชนะบรรจุอาหารได้

คำสำคัญ: เครื่องขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร / ภาชนะใส่อาหาร / วัสดุธรรมชาติ

Development of Food Container Forming Machine from Natural Materials

Thanakorn Miengarrom[1*], Thitima Ketkaew[2]

[1]Industrial Management Technology Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University, Bangkok
[2]Environmental Management Program, Faculty of Science and Technology, Dhonburi Rajabhat University, Bangkok
[*]Corresponding author email: thanakorn.m@dru.ac.th

Received: 4 September 2023
Revised: 28 November 2023
Accepted: 15 December 2023

Abstract

The objectives of this research were to design and develop a food container forming machine and molds for fabricating food containers from natural materials. The food container forming machine was designed to fabricate natural materials by using an electric coil-heated hot press with an electrical operating mechanism control system. The heat transfer efficiency of the container forming machine was studied along with the properties of the natural materials containers, including physical properties, safety assessment, and user satisfaction. There are 5 types of natural materials studied including lotus leaves, banana leaves, spathe of betel nut, bamboo leaves, and water hyacinth leaves. It was found that they all could be used as raw materials for container fabrication. The spathe of betel nut containers showed superior properties for being strong, thick, and capable of containing foods with higher weight compared to other natural materials, with the thickness of 2.24 mm, a density of 0.81 g/cm^3, and a permeability percentage of 16%. Safety qualification experiments revealed less than 1 CFU/ml. A consumer acceptance study demonstrated that the spathe of betel nut containers received positive feedback for its general appearance, overall appearance, suitability, color, and texture. In conclusion, using the spathes of betel nut for forming food containers

proved to be suitable, biodegradable, and environmentally friendly, as it did not cause pollution to the environment.

Keywords: food container forming machine / food container / natural materials

บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญกับปัญหาจากขยะท่วมเมือง ในปี 2565 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 24.98 ล้านตัน [1] มีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปี 2564 เนื่องจากการขยายตัวของชุมชนเมือง และการปรับเปลี่ยนวิถีชีวิตจากสังคมเกษตรกรรมสู่สังคมเมือง การเพิ่มขึ้นของประชากร การส่งเสริมการท่องเที่ยว การบริโภคที่เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ปริมาณขยะมูลฝอยในหลายพื้นที่เพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะขยะจากบรรจุภัณฑ์จากโฟม และถุงพลาสติก ซึ่งมีสาเหตุจากวิถีชีวิตของผู้คนในสังคมไทยในปัจจุบันเต็มไปด้วยความเร่งรีบ จึงหันมานิยมใช้กล่องโฟม ถุงพลาสติก เป็นวัสดุที่ใช้บรรจุอาหารได้ง่าย เพื่อความสะดวกสบายจึงทำให้นิยมนำมาใช้บรรจุอาหารกันอย่างแพร่หลาย โดยโฟมมีความอันตรายจากสาร “สไตรีน” ที่เกิดจากการใส่อาหารร้อนจัดเป็นระยะเวลานาน อาจทำให้ภาชนะเสียรูป และอาจหลอมละลายสารสไตรีนซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งออกมาปนเปื้อนกับอาหารที่บรรจุอยู่ได้ [2-3] และยังเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน

จากผลกระทบสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสังคม และประชาชน ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ความต้องการของตลาดบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้รับความสนใจมากขึ้น เพื่อนำมาทดแทนผลิตภัณฑ์โฟม และพลาสติก โดยมีการพัฒนาและปรับเปลี่ยนการใช้วัสดุบรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ตามกระแสการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมทำให้ในปัจจุบันมีการนำวัสดุธรรมชาติ เช่น ใบตอง ใบบัว ใบเตย กาบหมาก เป็นต้น มาคิดประดิษฐ์เป็นบรรจุภัณฑ์ใส่อาหาร โดยบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติที่ออกแบบและประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อเป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม เป็นการช่วยลดปริมาณขยะและย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากการผลการศึกษาการรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร [4] พบว่า ผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครที่มีการซื้อ การใช้หรือเคยใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่ มีการรับรู้ว่าการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมให้ดีขึ้น และรับรู้ว่าการเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมช่วยลดปริมาณขยะ แต่ไม่ทราบว่าการออกแบบบรรจุภัณฑ์ให้มีการรวมห่อหลายชิ้นเป็นวิธีการหนึ่งของการพัฒนาบรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อม ทำให้มีการเลือกใช้วัสดุธรรมชาติที่มีมากในท้องถิ่นของตนเองหรือวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มาพัฒนาเป็นบรรจุภัณฑ์

จากการพัฒนาภาชนะที่ทำจากวัสดุธรรมชาติกันอย่างหลากหลาย ซึ่งชุมชนพูนบำเพ็ญ พื้นที่หมู่ที่ 4 แขวงคลองขวาง เขตภาษีเจริญ กรุงเทพมหานคร มีความต้องการที่จะนำวัสดุจากธรรมชาติที่มีอยู่ในชุมชนมาใช้แทนผลิตภัณฑ์จากโฟม และพลาสติก โดยวัสดุที่ใช้ที่หาง่ายและมีในพื้นที่ชุมชนสามารถนำมาใช้ได้ เช่น ผลิตภัณฑ์จากกาบหมาก เส้นใยกาบกล้วย เส้นใยทางปาล์มน้ำมัน เป็นต้น [5] จากการศึกษาการพัฒนาภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง [6] พบว่าการใช้เส้นใยต้นมันสำปะหลังขนาดเล็กและ

ปริมาณตัวประสานจากหัวมันสำปะหลังสดจะเป็นการปรับปรุงสมบัติของภาชนะย่อยสลายได้ โดยชิ้นงานที่มีสมบัติทางกลและสมบัติทางกายภาพเหมาะสมที่สุด คือ ชิ้นทดสอบที่มีขนาดเส้นใยต้นมันสำปะหลังเป็น 0.60-0.85 มิลลิเมตร และปริมาณของลำต้นมันสำปะหลังต่อหัวมันสำปะหลังสดในสัดส่วน 70:30 โดยน้ำหนักซึ่งจากการพัฒนาภาชนะที่ทำจากวัสดุธรรมชาติออกมาใช้อย่างมากมายในปัจจุบัน และมีจำนวนเพิ่มขึ้น

การอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งการสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติ จากการศึกษาวิจัยและพัฒนาเครื่องมือขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพ [7] พบว่า เครื่องมือขึ้นรูปแบบชีวมวลมีความต้องการแรงอัดชิ้นงานน้อยกว่า 200 บาร์ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอัดขึ้นรูป 160 องศาเซลเซียส สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์ชีวภาพแบบการอัดแบบแห้ง จากการศึกษาของ นพดล จันทรลักษณ์ [8] พบว่า การออกแบบและสร้างเครื่องจะเป็นในรูปแบบการทดลอง ประกอบด้วยอุปกรณ์ 3 ส่วนหลักประกอบด้วย แท่นกดควบคุมด้วยนิวแมติกส์ ชุดสุญญากาศสำหรับดูดน้ำออกจากแม่พิมพ์ และชุดควบคุมอุณหภูมิแผ่นความร้อนของแม่พิมพ์ และจากการศึกษาเครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหาร งานวิจัยของสมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ [9] ได้ทำการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมาก ด้วยระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า และควบคุมการทำงานด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable Logic Controller : PLC) จากงานวิจัยใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องขึ้นรูปให้เหมาะสมกับการใช้งานของชุมชน

จากที่กล่าวมาจึงทำให้ผู้วิจัยศึกษาการออกแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติที่ใช้ระบบการขึ้นรูปด้วยขดลวดความร้อนแบบแผ่นด้วยพลังงานไฟฟ้าและการกดแม่พิมพ์ด้วยระบบมือเพื่อลดต้นทุนการผลิตให้กับชุมชน ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการผลิตภาชนะใช้ในกิจกรรมของชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อตอบสนองกับความต้องการของชุมชน และทดสอบคุณสมบัติการขึ้นรูปภาชนะของวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในชุมชน เพื่อให้ได้วัสดุธรรมชาติที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมและให้เกิดประโยชน์ใช้เป็นผลิตภัณฑ์บรรจุอาหารมากกว่าปล่อยให้เป็นวัชพืชที่ก่อให้เกิดปัญหาต่าง ๆ รวมทั้งยังช่วยแก้ปัญหาการขยะที่มีการเพิ่มปริมาณมากขึ้น และไม่เป็นการทำลายสิ่งแวดล้อม รวมถึงการประเมินความพึงพอใจของชุมชนกับบรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติของชุมชน [10]

วัสดุและวิธีการ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร และการออกแบบแม่พิมพ์ และการขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ โดยการนำข้อมูลจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประกอบในการออกแบบ โดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาความพึงพอใจของบรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี จำนวน 50 คน สามารถจำแนกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรก ผู้ประกอบการร้านค้าในเขตชุมชนพูนบำเพ็ญ และผู้ประกอบการร้านค้าของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีที่มีความต้องการเปลี่ยนมาใช้บรรจุภัณฑ์อาหารจากธรรมชาติทดแทนพลาสติกบรรจุอาหารจำหน่ายเพื่อลดต้นทุน กลุ่มที่ 2 แม่บ้าน เจ้าหน้าที่ และนักศึกษาของมหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรีมีความต้องการเปลี่ยนมาใช้บรรจุภัณฑ์อาหารจากธรรมชาติ ในการใส่อาหาร ขนมในการประชุม และใช้ในการเรียนการสอนของสาขาอุตสาหกรรมอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างจะใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2. วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 วัสดุ ประกอบด้วย กาบหมาก ใบตอง ใบบัว ใบผักตบชวา ใบไผ่ และแป้งมันสำปะหลัง

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ ประกอบด้วย เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน แม่พิมพ์สำหรับอัดขึ้นรูปภาชนะ เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล ตู้อบลมร้อน อุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ และอุปกรณ์สำหรับการขึ้นรูป

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือที่ในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถามโดยอาศัยแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมาใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเครื่องมือในการวิจัย แล้วนำเสนอขอข้อเสนอแนะจากที่ปรึกษา จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบ และปรับแก้ตามคำแนะนำเพื่อความสมบูรณ์ของเนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาที่เหมาะสมและทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 การยอมรับต่อภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

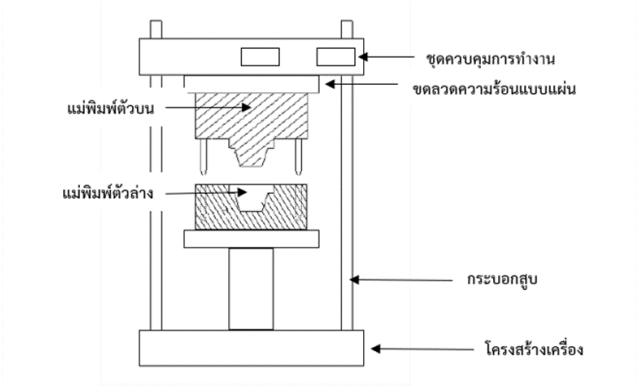
การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการวิจัย ซึ่งต้องใช้การศึกษาค้นคว้าจากเอกสารต่าง ๆ การสอบถาม การสำรวจ รวมทั้งการประชุมกลุ่มย่อย โดยแบ่งการดำเนินการเก็บข้อมูลซึ่งประกอบด้วย

3.1 การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร

ขั้นตอนการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร และการออกแบบแม่พิมพ์ โดยการนำข้อมูลจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประกอบในการออกแบบ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย

1) ออกแบบร่างเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุจากธรรมชาติ

การออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะเป็นการนำวัสดุจากธรรมชาติมาอัดในแม่แบบ (Mold) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้วัสดุขึ้นรูปภายในช่องว่างในแม่แบบ (Cavity) ส่วนประกอบหลักของเครื่อง คือ แผ่นเหล็กอัด (Platens) จำนวนสองชุด ซึ่งแผ่นหนึ่งจะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ (Movable Platen) ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะถูกยึดติดกับที่ (Fixed Platen) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะแบบไฟฟ้า

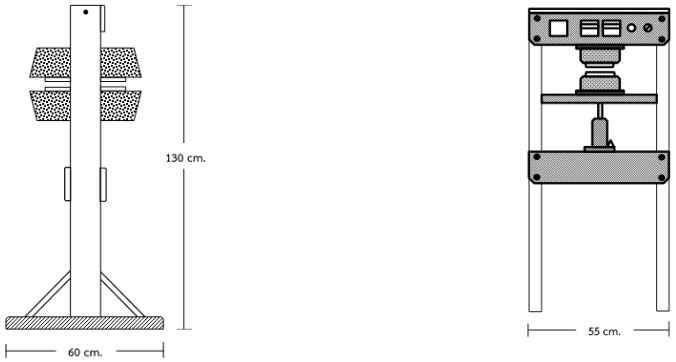
เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติที่ออกแบบนั้นจะเน้นให้ทำงานด้วยระบบการกดขึ้นรูปด้วยความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า เนื่องจากใช้กับอาหารการออกแบบต้องคำนึงถึงแรงที่ใช้อัดขึ้นรูปภาชนะ ระบบควบคุมกลไกการทำงานใช้ระบบทางไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมการทำงาน และความแข็งแรงของโครงสร้างในส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของตัวเครื่องขึ้นรูปภาชนะฯ ส่วนประกอบโดยรวมประกอบด้วยชุดควบคุมความร้อนด้วยระบบไฟฟ้า

2) โครงสร้างของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุจากธรรมชาติ

ตัวเครื่องมีโครงสร้างทำจากเหล็กพ่นสีพาวเดอร์โค้ท (Powder Coating) ระบบส่งกำลังในการอัดขึ้นรูปใช้ระบบแรงดันแบบคันโยก ทำหน้าที่ควบคุมการขึ้นลงของกระบอกสูบด้วยวาล์วแบบมือ เพื่อเลื่อนแม่พิมพ์ตัวล่างให้ประกบชิ้นงานกับแม่พิมพ์ตัวบน ดังแสดงในภาพที่ 2

เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติที่ออกแบบนั้นจะเน้นให้ทำงานด้วยระบบการกดขึ้นรูปด้วยความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า เนื่องจากใช้กับอาหารการออกแบบ

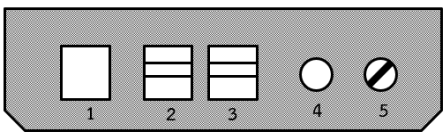
ต้องคำนึงถึงแรงที่ใช้อัดขึ้นรูปภาชนะ ระบบควบคุมกลไกการทำงานใช้ระบบทางไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมการทำงาน และความแข็งแรงของโครงสร้างในส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของตัวเครื่องขึ้นรูปภาชนะฯ ส่วนประกอบโดยรวมประกอบด้วยชุดควบคุมความร้อนด้วยระบบไฟฟ้าสามารถรักษาความร้อนในขณะปั๊มชิ้นงานด้วยอุณหภูมิคงที่ ± 1-2 องศาเซลเซียส ขดลวดความร้อนขนาด 500 วัตต์ กระบอกสูบ แม่พิมพ์ตัวบน และแม่พิมพ์ตัวล่าง ดังแสดงในภาพที่ 2 โดยแบ่งการคำนวนส่วนประกอบที่สำคัญนั้นได้ดังนี้ การออกแบบแม่พิมพ์ การออกแบบความแข็งแรง และการออกแบบการทำงาน



ภาพที่ 2 ภาพด้านข้างและภาพด้านหน้าของโครงสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

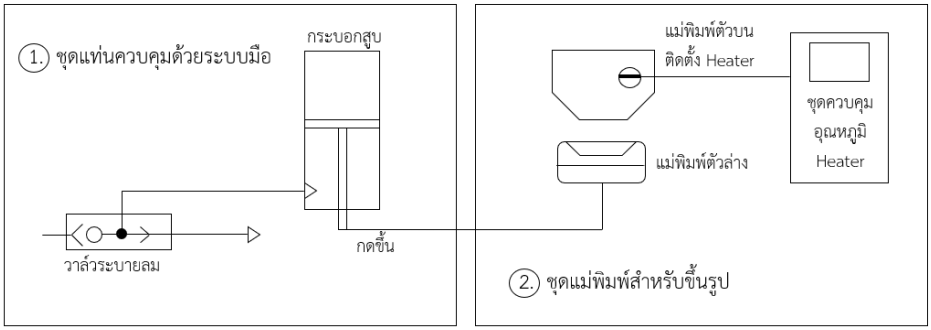
3) ระบบไฟฟ้าควบคุมของเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติ

ชุดควบคุมของเครื่องขึ้นรูปภาชนะประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ สวิตช์ปิด-เปิด ชุดควบคุมความร้อนของขนลวดของแม่พิมพ์ตัวบนและแม่พิมพ์ตัวล่าง ชุดตั้งเวลาในการพิมพ์ และแผนผังการทำงาน ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 การออกแบบการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจะควบคุมการทำงานด้วยระบบไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมความร้อนของขดลวดโดยใช้กำลังไฟฟ้า 1,000 วัตต์ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ กลไกการทำงานของกระบอกสูบใช้ระบบกดด้วยแรง เพื่อกดอัดวัตถุดิบที่อยู่ในแม่พิมพ์ด้านนล่าง เข้าสู่แม่พิมพ์ด้านบน โดยมีการส่งผ่านความร้อนจากขดลวดความร้อนแบบแผ่นเพื่อให้วัสดุจากธรรมชาติขึ้นรูปเป็นภาชนะด้วยความร้อน 500 วัตต์



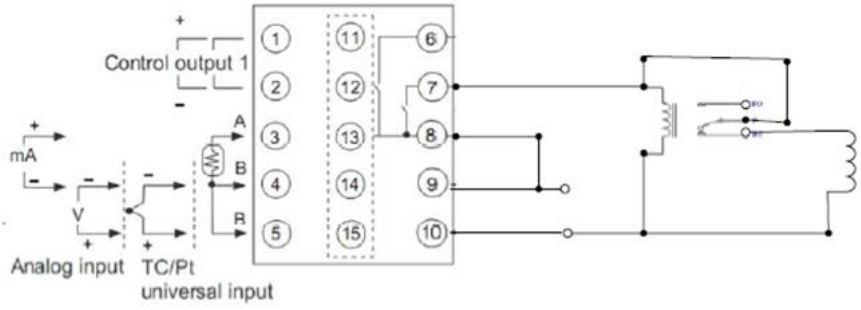
ภาพที่ 3 ชุดควบคุมการทำงานเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

โดยชุดการทำงานเครื่องขึ้นรรูปภาชนะ หมายเลข 1-5 คือ ชุดตั้งเวลาในการพิมพ์ ชุดควบคุมความร้อนของขนลวดของแม่พิมพ์ตัวบน ชุดควบคุมความร้อนของขนลวดของแม่พิมพ์ตัวล่าง หลอดไฟแสดงการทำงานและหยุดการทำงานของเครื่อง และสวิตช์ปิด-เปิด



ภาพที่ 4 แผนผังการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

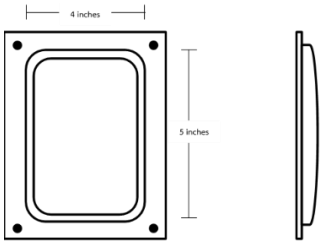
ชุดควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วยเครื่องตรวจจับอุณหภูมิความต้านทาน (Resistant Temperature Detector; RTD Sensor) เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับอุณหภูมิที่แม่พิมพ์ซึ่งต่อเข้ากับชุดควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) มีหน้าที่แสดงผลและควบคุมอุณหภูมิโดยมีรีเลย์ 220 โวลต์ ควบคุมการตัด/ต่อไฟฟ้าให้กับแผ่นขดลวดความร้อนที่แม่พิมพ์ โดยสามารถโปรแกรมควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ต้องการได้ มีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ ±2 องศาเซลเซียส โดยมีหลักการทำงานดังนี้ นำ RTD เสียบเข้าที่แม่พิมพ์ที่ติดตั้งขดลวดความร้อนเพื่อตรวจจับอุณหภูมิ โดยจะแสดงผลอุณหภูมิขณะวัดที่เครื่องควบคุมอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิถึงตามที่โปรแกรมไว้จะสั่งสั่งรีเลย์ตัดไฟฟ้าออกจากตัวทำความร้อน ตามแบบวงจรควบคุมอุณหภูมิดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 5 วงจรควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์

4) การออกแบบแม่พิมพ์

การออกแบบแม่พิมพ์โดยกำหนดให้ภาชนะที่อัดออกมามีลักษณะเป็นชามปากกว้าง ขนาดปากชามไม่เกิน 140 มิลลิเมตร ขนาดก้นชามไม่เกิน 90 มิลลิเมตร สูงไม่เกิน 25 มิลลิเมตร และมีความหนา 2 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยแม่พิมพ์เป็นวัสดุที่สามารถใช้กับอาหารได้ไม่เป็นสนิม และทนความร้อนได้ดี ดังนั้นจึงเลือกแม่พิมพ์เป็นแบบกดอัดชิ้นงานแบบกึ่งเปิด (Semi-positive Mold) โดยใช้วัสดุเป็นอลูมิเนียมเกรด 6063 และออกแบบให้มีส่วนโค้งให้มากที่สุด เพื่อป้องกันการแตกขาดของวัสดุจากธรรมชาติ



ภาพที่ 6 ขนาดของแม่พิมพ์โลหะ

5) การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเป็นค่าที่จะบอกกลจักรความร้อนที่สามารถเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับไปเป็นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด กลจักรความร้อนถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนความร้อนเป็นงาน [11] ดังสมการที่ (1)

$$\eta = \frac{E_w + E_{vap}}{E_{in}} \quad (1)$$

เมื่อ η = ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน (วัตต์)

E_w = พลังงานความร้อนสะสมที่แม่พิมพ์ (วัตต์)

E_{vap} = พลังงานความร้อนที่กลายเป็นไอน้ำ (วัตต์)

E_{in} = Energy Consumption (วัตต์)

3.2 การขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ

ขั้นตอนและวิธีการขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ ประกอบด้วย

1) การเตรียมวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ เริ่มจากนำวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ ใบตอง ใบผักตบชวา ใบบัว ใบไผ่ กาบหมาก นำไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วตากให้แห้งเพื่อเป็นวัตถุในการขึ้นรูปเป็นภาชนะต่อไป

2) การเตรียมตัวประสาน นำแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำเปล่า (แป้งมัน:น้ำ อัตราส่วน 20 กรัม : 200 มิลลิลิตร) แล้วนำไปต้มโดยใช้ไฟอ่อนๆ จนแป้งสุก

3) หาสภาวะในการอัดรูปที่เหมาะสม เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้วจึงนำไปทำชิ้นทดสอบเพื่อทดสอบสมบัติต่าง ๆ และส่วนสุดท้ายจะเป็นกระบวนการอัดขึ้นรูปภาชนะสำหรับใช้งานจริง

3.3 การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

ทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ โดยทำการทดสอบตัวอย่าง 14 ตัวอย่าง ตัวอย่าละ 2 ชิ้น รวมเป็น 28 ตัวอย่าง และทำการทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย โดยทำการคุณสมบัติทางกายภาพ ดังพารามิเตอร์ต่อไปนี้

1) การวัดความหนา ภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ จะตรวจสอบด้วยดิจิตอลเวอร์เนียคาลิปเปอร์ (Vernier Caliper Digital) ความละเอียด d = 0.01 มิลลิเมตร โดยทำการวัดความหนาจากภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดที่ทดลอง

2) การวัดความหนาแน่น เพื่อเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของชิ้นงาน โดยตัดชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว ให้มีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตรแล้วหาปริมาตร หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักของชิ้นงาน [12] โดยค่าความหนาแน่นของชิ้นงานสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{2}$$

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศ์เซนติเมตร)

m = มวล (กรัม)

V = ปริมาตร (ลูกบาศ์เซนติเมตร)

3) การวัดค่าร้อยละการซึมน้ำ ใช้ตามมาตรฐาน ABNT NM ISO535 โดยตัดชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว ให้มีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร และหนา 2 มิลลิเมตร ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทดสอบจากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำขึ้นมาชั่งน้ำหนัก หลังการทดสอบบันทึกน้ำหนักทั้งก่อนและหลังแช่น้ำ โดยคำนวนร้อยละการซึมของน้ำ [8] คำนวณได้จากสมการที่ 3

$$\%\ Water\ Absorption = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1}\right) \times 100 \tag{3}$$

เมื่อ $\%\ WaterAbsorption$ = ร้อยละการซึมน้ำ

m_1 = มวลก่อนแช่น้ำ (กรัม)

m_2 = มวลหลังแช่น้ำ (กรัม)

3.4 การทดสอบคุณสมบัติความปลอดภัย

การทดสอบคุณสมบัติความปลอดภัย ซึ่งยึดหลักเกณฑ์การวิเคราะห์ตามมาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด โดยใช้วิธีการตรวจปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Plate Count) โดยทำการทดสอบตัวอย่างจำนวน 14 ตัวอย่าง ๆ ละ 2 ชิ้น รวมเป็น 28 ตัวอย่าง และทำการทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ดังนี้

ดูดตัวอย่างน้ำมาปริมาณ 1 มิลลิลิตร สำหรับวิธีการเทอาหารลงในจานเพาะเชื้อ (Pour Plate) ให้ดูดตัวอย่างน้ำใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เติมอาหารเลี้ยงเชื้อแบบแข็ง Plate Count Agar (PCA) ที่นำไปหลอมเหลวโดยมีอุณหภูมิอาหารประมาณ 44–46 องศาเซลเซียส ลงไปในจานเพาะเชื้อประมาณ 10–20 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วหมุนจานเพาะเชื้อไปมา เพื่อให้ตัวอย่างผสมกับอาหารให้ทั่วจาน ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว พลิกจานเพาะเชื้อคว่ำกลับอีกด้านแล้วนำไปบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส (สำหรับฟีคัลโคลิฟอร์มให้บ่มที่ 44.5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยการวิเคราะห์คุณภาพของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ และการยอมรับจากผู้บริโภค ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

ในการวิเคราะห์คุณภาพของภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ โดยนำผลทดสอบด้านกายภาพมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานมาตรฐานบรรจุภัณฑ์สัมผัสอาหาร และนำผลการทดสอบคุณภาพด้านความปลอดภัยเพื่อวิเคราะห์หาเชื้อแบคทีเรีย ตามมาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนดให้มี แบคทีเรีย < 1,000 CFU / 1 ชิ้นทดลอง โดยยึดหลักการทดสอบด้านความปลอดภัย ตามพรบ. อาหาร พ.ศ. 2522 ประกาศฉบับที่ 92 (2528) ข้อ 4

4.2 การวิเคราะห์การยอมรับจากผู้บริโภค

การวิเคราะห์การยอมรับจากผู้บริโภคเป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยดำเนินการหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำเอาข้อมูลมาประมวลผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ($\overline{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในข้อมูลทั่วไป และข้อมูลการยอมรับต่อภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติจากแบบสอบถามแบบสอบถามการประเมินทางประสาทสัมผัสภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ โดยเกณฑ์การให้คะแนนวัดระดับความชอบ จากการคำนวณอันตรภาคชั้น ได้เกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้ 5.00 - 4.21 หมายถึง มีทัศนคติในระดับมากที่สุด 4.20 - 3.41 หมายถึง มีทัศนคติในระดับมาก 3.40 - 2.61 หมายถึง มีทัศนคติในระดับที่ปานกลาง 2.60

- 1.81 หมายถึง มีทัศนคติในระดับน้อย และ 1.80 - 1.00 หมายถึง มีทัศนคติในระดับน้อยที่สุด

ผลการศึกษา

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ และผลการทดสอบการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุจากธรรมชาติ มีผลในการศึกษาข้อมูลโดยแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังต่อไปนี้

1. เครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

การออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติทำงานด้วยระบบการกดขึ้นรูปด้วยความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า โดยใช้แรงอัดขึ้นรูปภาชนะ ระบบควบคุมกลไกการทำงานใช้ระบบทางไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมการทำงาน และความแข็งแรงของโครงสร้างในส่วนต่าง ๆ ซึ่งจากการออกแบบและดำเนินการ ดังแสดงในภาพที่ 7

ภาพที่ 7 เครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

ในการทดลองประสิทธิภาพการทำงานของขดลวดไฟฟ้าของเครื่องขึ้นรูปภาชนะโดยทำการทดสอบการให้ความร้อนของขดลวดไฟฟ้าผ่านแบบการขึ้นรูป เพื่อหาค่าของประสิทธิภาพของการนำความร้อนผ่านขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า ดังแสดงผลในตารางที่ 1จากการทดสอบประสิทธิภาพการให้ความร้อนของขดลวดไฟฟ้าของเครื่องขึ้นรูปภาชนะโดยทำการทดสอบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าและการทำความร้อน พบว่ามีเครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติมีประสิทธิภาพของการให้ความร้อนเฉลี่ยร้อยละ 88.72 โดยทำการทดสอบผลการทดสอบการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุจากธรรมชาติในหัวข้อถัดไป

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำความร้อนและการถ่ายเทความร้อน

การทดสอบ	E_{in} (W)	$E_w + E_{vap}$ (W)	ร้อยละ ประสิทธิภาพการให้ความร้อน
1	988	879	89.00
2	994	872	87.70
3	996	852	85.50
4	985	819	83.20
5	993	947	95.30
6	979	897	91.60

2. ผลการทดสอบการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ

การทดสอบการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติโดยทำการขึ้นรูปใบบัว ใบตอง กาบหมาก ใบไผ่ และผักตบชวา โดยการนำวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดมาขึ้นรูปโดยใช้ตัวประสานจากธรรมชาติ ซึ่งใช้ความร้อนที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูป คือ 150 องศาเซลเซียส ทั้งด้านบนและล่าง เป็นเวลา 90 วินาที แสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุจากธรรมชาติ

วัสดุธรรมชาติ	การขึ้นรูป	คุณลักษณะทางกายภาพ
ใบบัว		ลักษณะภาชนะไม่แข็งแรง มีความบางและแตกง่าย เนื้อผิวภาชนะเรียบ ไม่สามารถใส่อาหารที่มีน้ำหนักได้
ใบตอง		ลักษณะภาชนะแข็งแรง มีความหนาเล็กน้อย เนื้อผิวภาชนะเรียบ สามารถใส่อาหารที่มีน้ำหนักได้
กาบหมาก		ลักษณะภาชนะมีลักษณะแข็งแรง มีความหนา เนื้อผิวภาชนะเรียบ สามารถใส่อาหารที่มีน้ำหนักได้
ใบไผ่		ลักษณะภาชนะแข็งแรง มีความหนาเล็กน้อย เนื้อผิวภาชนะเรียบ เนื้อผิวภาชนะไม่เรียบเรียบ มีรอยต่อของใบไผ่ สามารถใส่อาหารที่มีน้ำหนักเบาได้

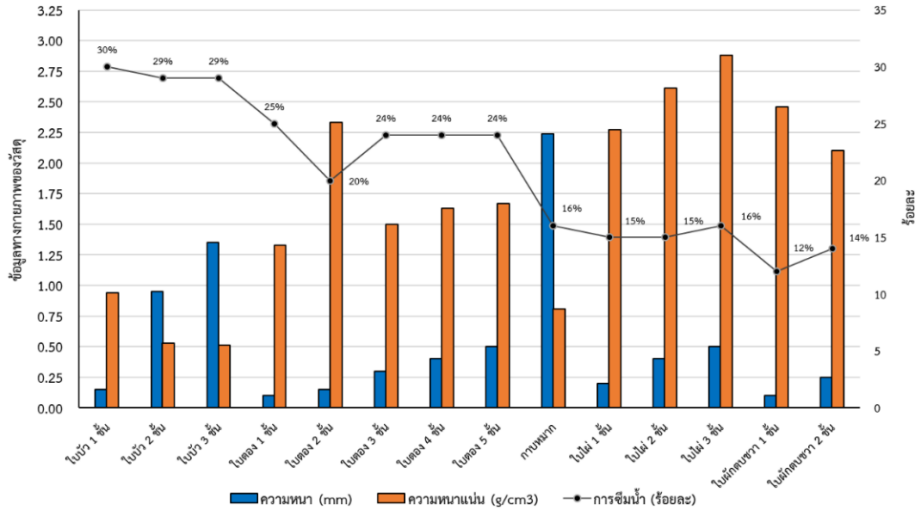
วัสดุธรรมชาติ	การขึ้นรูป	คุณลักษณะทางกายภาพ
ใบผักตบชวา		ลักษณะภาชนะไม่แข็งแรง มีความหนาเล็กน้อย เนื้อผิวภาชนะเรียบ ไม่สามารถใส่อาหารที่มีน้ำหนักได้

3. ผลการทดสอบคุณสมบัติของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

จากการทดสอบการขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ ใบบัว ใบตอง กาบหมาก ใบไผ่ และใบผักตบชวา ได้จำนวน 14 ตัวอย่าง ตัวอย่าละ 2 ชิ้น รวมเป็น 28 ตัวอย่าง และทำการทดสอบตัวอย่างละ 2 ครั้ง โดยนำมาทดสอบคุณสมบัติของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติทางด้านกายภาพ และด้านความปลอดภัย ดังนี้

3.1 ผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ ได้ผลการทดสอบ ดังแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 คุณสมบัติทางกายภาพของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

3.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติด้านความปลอดภัย

จากการทดสอบคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ โดยทดสอบจำนวนจุลินทรีย์มีค่าน้อยกว่า 1 ซีเอฟยู/มิลลิลิตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานกำหนดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งไม่เกิน 1000 ซีเอฟยู/มิลลิลิตร แสดงว่าภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติมีความปลอดภัยด้านการปนเปื้อนดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 จำนวนของจุลินทรีย์ทั้งหมดในตัวอย่างภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

ภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ	จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (ซีเอฟยู/มิลลิลิตร)	เกณฑ์มาตรฐาน (ซีเอฟยู/มิลลิลิตร)
ใบบัว 1-3 ชั้น	< 1	
ใบตอง 1-5 ชั้น	< 1	
กาบหมาก 1 ชั้น	< 1	ไม่เกิน 1,000
ใบไผ่ 1-3 ชั้น	< 1	
ใบผักตบชวา 1-2 ชั้น	< 1	

4. ผลการศึกษาด้านการยอมรับของผู้บริโภค

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ และผลการทดสอบการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุจากธรรมชาติ ทั้ง 14 ตัวอย่าง โดยการทดสอบจากการเก็บแบบสอบถาม จำนวน 50 คน มีผลดังนี้

4.1 ลักษณะทั่วไป

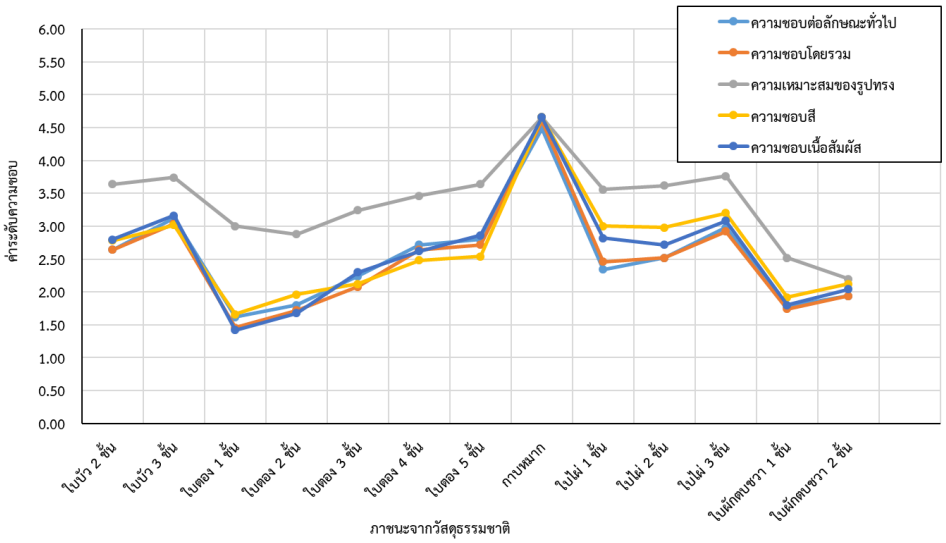
ผลการศึกษาพบว่า ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 62.00 รองลงมาเป็นเพศชาย จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38.00 อายุ พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ มีอายุ 31–40 ปี จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 38.00 น้อยที่สุด คือ อายุต่ำกว่า 20 ปี จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 สถานภาพ พบว่า ส่วนใหญ่มีสถานภาพโสด จำนวน 31 คน คิดเป็นร้อยละ 62.00 รองลงมา คือ สมรส จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 34.00 ระดับการศึกษา พบว่า ส่วนใหญ่ สำเร็จการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 23 คน คิดเป็นร้อยละ 46.00 รองลงมา คือ ระดับปริญญาตรี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 22.00 อาชีพ พบว่า ส่วนใหญ่เป็นกลุ่มพ่อค้า แม่ค้า จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 30.00 รองลงมา คือ นักศึกษา จำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 รายได้เฉลี่ยต่อเดือน พบว่า ส่วนใหญ่มีรายได้เฉลี่ยระหว่าง 10,001–20,000 บาท จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 32.00 รองลงมา คือ 5,001–10,000 บาท จำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 26.00 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ลักษณะทั่วไป

ลักษณะทั่วไป	จำนวน	ร้อยละ
1. เพศ		
- ชาย	19	38.00
- หญิง	31	62.00
2. อายุ		
- ต่ำกว่า 20 ปี	6	12.00
- 21 – 30 ปี	15	30.00
- 31 - 40 ปี	19	38.00
- มากกว่า 40 ปี	10	10.00
3. สถานภาพ		
- โสด	31	62.00
- สมรส	17	34.00
- แยกกันอยู่	2	4.00
4. ระดับการศึกษาสูงสุด		
- ประถมศึกษา	3	6.00
- มัธยมศึกษาตอนต้น	4	8.00
- มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	23	46.00
- ปวส./อนุปริญญา/เทียบเท่า	7	14.00
- ปริญญาตรี	11	22.00
- สูงกว่าปริญญาตรี	2	4.00
5. อาชีพ		
- พ่อค้า แม่ค้า	15	30.00
- แม่บ้าน/พ่อบ้าน	8	16.00
- นักศึกษา	10	20.00
- รับจ้าง	9	18.00
- ราชการ/พนักงานเอกชน	8	16.00
6. รายได้เฉลี่ยรวมของครัวเรือนต่อเดือน		
- ไม่เกิน 5,000 บาท	9	18.00
- มากกว่า 5,000-10,000 บาท	16	32.00
- 10,001-20,000 บาท	13	26.00
- มากกว่า 20,000 บาท	12	24.00

4.2 การยอมรับของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

ผลการศึกษาการยอมรับของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติที่ได้จากเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะแบบไฟฟ้า พบว่า ความพึงพอใจของรูปแบบภาชนะตามความชอบในลักษณะทั่วไป ส่วนใหญ่ชอบ กาบหมาก ดังแสดงในภาพที่ 9 โดยมีค่าการยอมรับในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.48) รองลงมา คือ ใบบัว 3 ชั้น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.12) ความชอบโดยรวม ส่วนใหญ่ชอบ กาบหมาก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.60) รองลงมา คือ ใบบัว 3 ชั้น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.04) ความเหมาะสมของภาชนะ ส่วนใหญ่ชอบ กาบหมาก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66) รองลงมา คือ ใบไผ่ 3 ชั้น อยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 3.76) ความชอบสีของภาชนะ ส่วนใหญ่ชอบสีของ กาบหมาก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66) รองลงมา คือ ใบไผ่ 3 ชั้น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.20) และความชอบเนื้อสัมผัส ส่วนใหญ่ชอบ กาบหมาก อยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66) รองลงมา คือ ใบบัว 3 ชั้น อยู่ในระดับปานกลาง ($\bar{x}$ = 3.16)



ภาพที่ 9 ค่าการยอมรับของรูปแบบของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

สรุปผลและอภิปรายการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ และผลการทดสอบการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากวัสดุจากธรรมชาติ สามารถสรุปและอภิปรายผลได้ดังนี้ การทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะด้วยการให้ความร้อนแบบไฟฟ้า สามารถปรับระดับความร้อนของเครื่องได้ของแม่พิมพ์ด้านบนและล่าง การจับยึดแม่พิมพ์ตัวบนและแม่พิมพ์ตัวล่างได้ถูกออกแบบเพื่อป้องการการส่งผ่านความร้อนไปยังโครงสร้างของเครื่องขดลวดความร้อน 500 วัตต์ แบบชนิดแผ่นว่างบนพิมพ์ทำให้การกระจายความร้อนไปทั่วพิมพ์ปั๊มอย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพการรักษาความร้อนในขณะปั๊มขึ้นรูปชิ้นงานซึ่งมีอุณหภูมิคงที่มากที่สุด คือ ±1-2 องศาเซลเซียส มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าและการทำความร้อนของขดลวดร้อยละ 88.72 โดยการออกแบบโดยคำนึงถึงความปลอดภัย สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพและต้นทุนเหมาะสมกับการใช้งานในชุมชน ซึ่งสามารถพัฒนาให้เป็นระบบไฮดรอลิกซึ่งมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นและสามารถพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมได้ ผลการทดสอบบรรจุภัณฑ์จากธรรมชาติของใบบัว ใบตอง กาบหมาก ใบไผ่ และใบผักตบชวาจากการอัดขึ้นรูปแบบขดลวดความร้อน พบว่า วัสดุธรรมชาติทั้ง 5 ชนิด สามารถขึ้นรูปได้โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการขึ้นรูป คือ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 วินาที ทั้งแม่พิมพ์ตัวบนและล่าง โดยลักษณะของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ พบว่า ใบบัว ใบตอง ใบไผ่ และใบผักตบชวา เนื้อผิวภาชนะเรียบ สามารถนำไปใช้ใส่อาหารที่มีน้ำหนักเบาได้ สำหรับกาบหมาก มีค่าความหนา 2.24 มิลลิเมตร มีความหนาแน่น 0.81 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และมีค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำ 16 เปอร์เซ็นต์ และมีคุณสมบัติด้านความปลอดภัยมีค่าน้อยกว่า 1 ซีเอฟยู/มิลลิลิตร สามารถใส่อาหารที่มีน้ำหนักได้ ผลการทดสอบการขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์จากกาบหมากและกาบกล้วยมีการขึ้นรูปได้สมบูรณ์และสามารถกันน้ำได้ดี เนื่องจากความแตกต่างของความหนาแน่นของเส้นใยของวัสดุธรรมชาติ โดยการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ ทั้ง 14 ตัวอย่าง พบว่า ภาชนะใส่อาหารวัสดุธรรมชาติ ที่มีความหนามากที่สุด คือ กาบหมาก มีความหนาเฉลี่ย 2.24 มิลลิเมตร ภาชนะใส่อาหารวัสดุธรรมชาติ ที่มีความหนาแน่นมากที่สุด คือ ใบไผ่ 3 ชั้น มีความหนาแน่นเฉลี่ย 2.88 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และภาชนะใส่อาหารวัสดุธรรมชาติที่มีค่าเปอร์เซ็นต์การซึมน้ำมากที่สุด คือ ใบบัว 1 ชั้น มีการซึมน้ำเฉลี่ยร้อยละ 0.30 สำหรับการทดสอบคุณสมบัติด้านความปลอดภัยของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ ทั้ง 14 ตัวอย่าง โดยทดสอบจำนวนจุลินทรีย์ ได้ผลการทดสอบ พบว่า ภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ ทั้ง 14 ตัวอย่าง พบน้อยกว่า 1 ซีเอฟยู/มิลลิลิตร ซึ่งไม่เกินมาตรฐานกำหนดของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่กำหนดให้จุลินทรีย์ ไม่เกิน 1,000 ซีเอฟยู/มิลลิลิตร จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ กาบหมากมี

ลักษณะทั่วไปอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.48) ความเหมาะสมของภาชนะอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66) สีของภาชนะอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66) และเนื้อสัมผัสอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{x}$ = 4.66) โดยที่วัสดุทางธรรมชาติของแต่ละชุมชนนั้นมีความแตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

ทุนสนับสนุนงานวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี สัญญาเลขที่ 28/2563

เอกสารอ้างอิง

1. กรมควบคุมมลพิษ. รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2564. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม; 2565.
2. พรทิพย์ กีระพงษ์. กล่องโฟมสำหรับบรรจุอาหาร. จุลสารสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ 2558.
3. สามารถ ใจเตี้ย, สิวลี รัตนปัญญา, จันจิราภรณ์ สท้านไตรภพ, เอมพิกา ตาใจ. การทบทวนแนวปฏิบัติการประเมินผลกระทบทางสุขภาพจากการจัดการขยะมูลฝอยชุมชนสำหรับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ 2566;23(1):11-26.
4. จริยา ศรีจรูญ. การรับรู้การเลือกใช้บรรจุภัณฑ์เพื่อสิ่งแวดล้อมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร. วารสารวิชาการเซาธ์อีสท์บางกอก 2559; 2(2):16–33.
5. ธีรภัทร หลิ่มบุญเรือง, นิตต์อลิน พันธุ์อภัย. การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะแบบย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากเส้นใยผักตบชวา. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย 2560, 4-7 กรกฎาคม 2560; ภูเขางานรีสอร์ท. นครนายก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ; 2560. น.31.
6. นที ฐานมั่น. การพัฒนาภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากลำต้นมันสำปะหลัง [วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต]. บัณฑิตวิทยาลัย: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2557.
7. ศิริพร เต็งรัง. วิจัยและพัฒนาบรรจุภัณฑ์: กรมวิชาการเกษตร; 2558.
8. นพดล จันทรลักษณ์, สมนึก วัฒนศรียกุล. การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ. การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ ประจำปี พ.ศ. 2555, 17-19 ตุลาคม 2555; โรงแรมเมธาวลัย. เพชรบุรี: มหาวิทยาลัยศรีปทุม; 2555. น.1770-5.

9. สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์, ธมยันตี ประยูรพันธ์. การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมาก เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ 2563;12(1):120-31.
10. จิราพัทธ์ แก้วศรีทอ, วิรัชยา อินทะกัณฑ์, กุลชญา สิ่วหงวน. การพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์จากวัสดุธรรมชาติ กลุ่มศิลปะประดิษฐ์โอทอป (OTOP) จังหวัดพิษณุโลก. วารสารวิชาการศิลปะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 2560; 8(2):163-73.
11. MacCarty, N., Still, D. and Ogle, D. Fuel use and emissions performance of fifty cooking stoves in the laboratory and related benchmarks of performance. Energy for Sustainable development 2010; 14(3):161-71.
12. มลสุดา ลิวไธสง, ทวิช จิตรสมบูรณ์. การผลิตภาชนะย่อยสลายได้ทางชีวภาพจากกาบกล้วย. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 27, มหาวิทยาลัยบูรพา, 16-18 ตุลาคม 2556; มหาวิทยาลัยบูรพา. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา; 2556. น.1-8.