บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ ซึ่งมีขั้นตอนการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร และการออกแบบแม่พิมพ์ และการขึ้นรูปภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ โดยการนำข้อมูลจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประกอบในการออกแบบ โดยมีวิธีการดำเนินงาน ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีดังนี้

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาข้อมูล คือ ผู้ประกอบการร้านค้า แม่บ้าน นักศึกษา เจ้าหน้าที่ ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี และชุมชนใกล้มหาวิทยาลัย จำนวน 50 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบเจาะจง (Purposive sampling)

2. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 วัสดุ

2.1.1 กาบหมาก

2.1.2 ใบตอง

2.1.3 ใบบัว

2.1.4 ใบผักตบชวา

2.1.5 ใบใผ่

2.1.6 แป้งมันสำปะหลัง

2.2 เครื่องมือและอุปกรณ์

2.2.1 เครื่องอัดขึ้นรูปร้อน

2.2.2 แม่พิมพ์สำหรับอัดขึ้นรูปภาชนะ

2.2.3 เครื่องชั่งละเอียด แบบดิจิตอล

2.2.4 ตู้อบลมร้อน

2.2.5 อุปกรณ์สำหรับเตรียมวัตถุดิบ

2.2.6 อุปกรณ์สำหรับการขึ้นรูป

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบสอบถาม เป็นเครื่องมือที่ในการเก็บข้อมูลของเป็นเครื่องมือที่ในการเก็บข้อมูลกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้สร้างแบบสอบถาม ซึ่งประยุกต์และสร้างแบบสอบถาม โดยอาศัยแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมาใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างเครื่องมือในการวิจัย แล้วนำเสนอขอข้อเสนอแนะจากที่ปรึกษา จำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบและปรับแก้ตามคำแนะนำเพื่อความสมบูรณ์ของเนื้อหา รวมทั้งการใช้ภาษาที่เหมาะสมและทำการทดสอบความน่าเชื่อถือของแบบสัมภาษณ์ในครั้งนี้โดยดำเนินการทดสอบใช้ (try out) จำนวน 30 ชุด กับกลุ่มตัวอย่างที่มีความใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างที่จะศึกษา แล้วทำการแก้ไขจนข้อคำถามมีความชัดเจน ถูกต้อง และง่ายแก่ความเข้าใจแล้วจึงนำไปทำการสอบถาม โดยแบบสอบถามที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
ส่วนที่ 2 การยอมรับต่อภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูล เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอสำหรับการวิจัย ซึ่งต้องใช้การศึกษาค้นคว้าจากเอกสารต่างๆ การสอบถาม การสำรวจ รวมทั้งการประชุมกลุ่มย่อย ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1) ศึกษาข้อมูลทุติยภูมิได้จากการค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้อง ประกอบด้วย เอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย บทความ วารสาร วิทยานิพนธ์ที่เกี่ยวข้อง และแหล่งข้อมูลทางอินเตอร์เน็ต เพื่อเป็นการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น

2) ศึกษาข้อมูลปฐมภูมิ โดยแบ่งการดำเนินการเก็บข้อมูล ได้แก่

2.1) การออกแบบและพัฒนาเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร

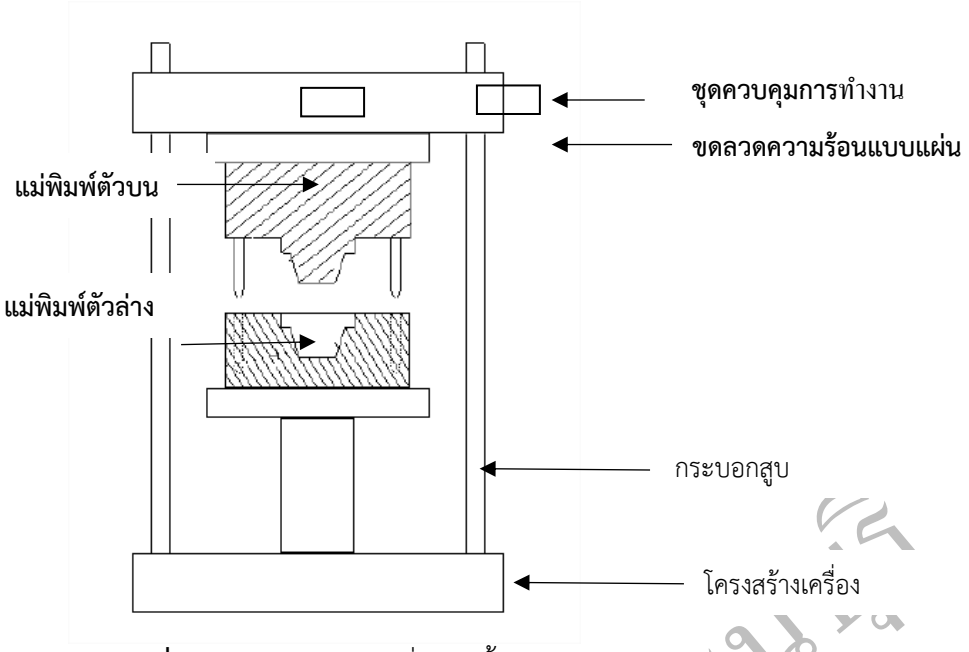
ขั้นตอนการออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร และการออกแบบแม่พิมพ์ โดยการนำข้อมูลจากงานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาประกอบในการออกแบบ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ง่าย

2.1.2) ออกแบบร่างเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร

การออกแบบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะใส่อาหาร เป็นการนำวัสดุจากธรรมชาติมาอัดในแม่แบบ (Mold) ภายใต้ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม เพื่อให้วัสดุขึ้นรูปภายในช่องว่างในแม่แบบ (Cavity) ส่วนประกอบหลักของเครื่อง คือ แผ่นเหล็กอัด (Platens) จำนวนสองชุด ซึ่งแผ่นหนึ่งจะสามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ (Movable platen) ส่วนอีกแผ่นหนึ่งจะถูกยึดติดกับที่ (Fixed platen) แม่แบบสำหรับเครื่องขึ้นรูปวัสดุจากธรรมชาติสามารถแสดงรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 3.1

เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติที่ออกแบบนั้นจะเน้นให้ทำงานด้วยระบบการกดขึ้นรูปด้วยความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า เนื่องจากใช้กับอาหารการออกแบบต้องคำนึงถึงแรงที่ใช้อัดขึ้นรูปภาชนะ ระบบควบคุมกลไกการทำงานใช้ระบบทางไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมการทำงาน และความแข็งแรงของโครงสร้างในส่วนต่างๆ ที่สำคัญของตัวเครื่องขึ้นรูปภาชนะฯ ส่วนประกอบโดยรวมประกอบด้วยชุดควบคุมความร้อนด้วยระบบไฟฟ้า

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

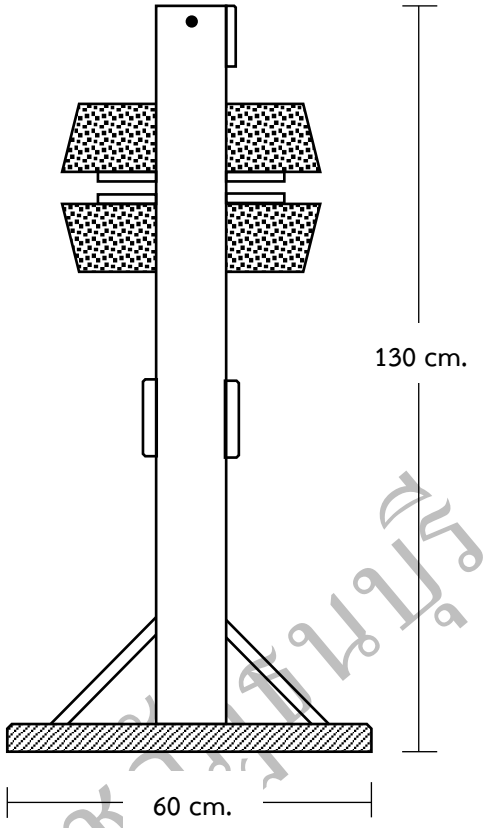


ภาพที่ 3.1 ส่วนประกอบเครื่องอัดขึ้นรูปภาชนะแบบไฟฟ้า

2.1.2 โครงสร้างของเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติ

ตัวเครื่องมีโครงสร้างทำจากเหล็กพ่นสีพาวเดอร์โค้ท ระบบส่งกำลังในการอัดขึ้นรูปใช้ระบบแรงดันแบบคันโยก ทำหน้าที่ควบคุมการขึ้นลงของกระบอกสูบด้วยวาล์วแบบมือเพื่อเลื่อนแม่พิมพ์ตัวล่างให้ประกบชิ้นงานกับแม่พิมพ์ตัวบน ดังแสดงในภาพที่ 3.2

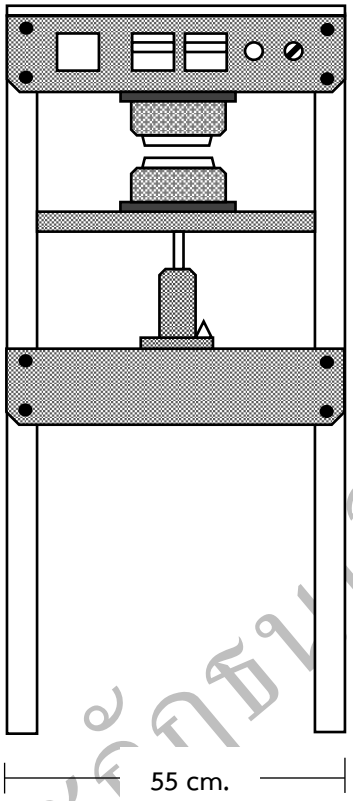
มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี



ภาพที่ 3.2 ภาพด้านข้างของโครงสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

เครื่องขึ้นรูปภาชนะจากวัสดุธรรมชาติที่ออกแบบนั้นจะเน้นให้ทำงานด้วยระบบการกดขึ้นรูปด้วยความร้อนจากขดลวดไฟฟ้า เนื่องจากใช้กับอาหารการออกแบบต้องคำนึงถึงแรงที่ใช้อัดขึ้นรูปภาชนะ ระบบควบคุมกลไกการทำงานใช้ระบบทางไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมการทำงาน และความแข็งแรงของโครงสร้างในส่วนต่าง ๆ ที่สำคัญของตัวเครื่องขึ้นรูปภาชนะฯ ส่วนประกอบโดยรวมประกอบด้วยชุดควบคุมความร้อนด้วยระบบไฟฟ้าสามารถรักษาความร้อนในขณะปั๊มชิ้นงานด้วยอุณหภูมิคงที่ ± 1 - 2 องศาเซลเซียส ขดลวดความร้อนขนาด 500 วัตต์ กระบอกสูบ แม่พิมพ์ตัวบน และแม่พิมพ์ตัวล่าง ดังแสดงในภาพที่ 3.3 โดยแบ่งการคำนวนส่วนประกอบที่สำคัญนั้นได้ดังนี้ การออกแบบแม่พิมพ์ การออกแบบความแข็งแรง และการออกแบบการทำงาน

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี



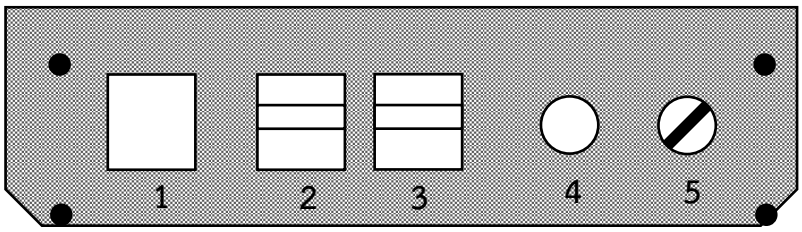
ภาพที่ 3.3 ภาพด้านหน้าของโครงสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะ

2.1.3 ระบบไฟฟ้าควบคุมของเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ใช้วัสดุจากธรรมชาติ

ชุดควบคุมของเครื่องขึ้นรูปภาชนะประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ สวิตช์ปิด-เปิด ชุดควบคุมความร้อนของขนลวดของแม่พิมพ์ตัวบนและแม่พิมพ์ตัวล่าง และชุดตั้งเวลาในการพิมพ์ ดังแสดงในภาพที่ 3.4

การออกแบบการทำงานของเครื่องขึ้นรูปภาชนะจะควบคุมการทำงานด้วยระบบไฟฟ้าผ่านชุดควบคุมความร้อนของขดลวดโดยใช้กำลังไฟฟ้า 1,000 วัตต์ 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ กลไกการทำงานของกระบอกสูบใช้ระบบกดด้วยแรง เพื่อกดอัดวัตถุดิบที่อยู่ในแม่พิมพ์ด้านนล่าง เข้าสู่แม่พิมพ์ด้านบน โดยมีการส่งผ่านความร้อนจากขดลวดความร้อนแบบแผ่นเพื่อให้วัสดุจากธรรมชาติขึ้นรูปเป็นภาชนะด้วยความร้อน 500 วัตต์

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

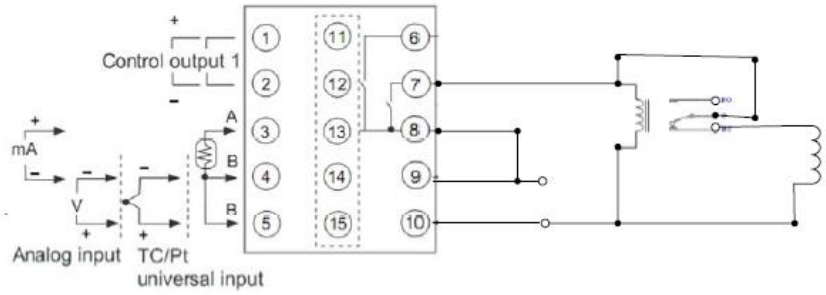


ภาพที่ 3.4 ชุดควบคุมการทำงาน

หมายเลข 1 ชุดตั้งเวลาในการพิมพ์
หมายเลข 2 ชุดควบคุมความร้อนของขนลวดของแม่พิมพ์ตัวบน
หมายเลข 3 ชุดควบคุมความร้อนของขนลวดของแม่พิมพ์ตัวล่าง
หมายเลข 4 หลอดไฟแสดงการทำงานและหยุดการทำงานของเครื่อง
หมายเลข 5 สวิตช์ปิด-เปิด

ภาพที่ 3.5 ชุดตั้งเวลาการทำงาน

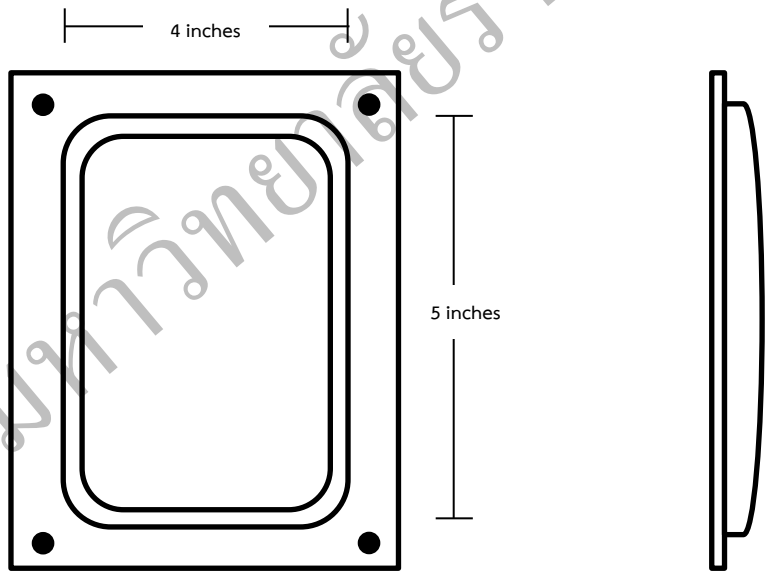
ชุดควบคุมอุณหภูมิประกอบด้วย RTD Sensor เป็นอุปกรณ์ในการตรวจจับอุณหภูมิที่แม่พิมพ์ซึ่งต่อเข้ากับ Temperature Controller ซึ่งมีหน้าที่แสดงผลและควบคุมอุณหภูมิโดยมีรีเลย์ 220 โวลต์ ควบคุมการตัด - ต่อไฟฟ้าให้กับแผ่น Heater ที่แม่พิมพ์โดยสามารถโปรแกรม ควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่ต้องการได้ และมีค่าคลาดเคลื่อนประมาณ ±2 องศาเซลเซียส โดยมีหลักการทำงานดังนี้ นำ RTD เสียบเข้าที่แม่พิมพ์ที่ติดตั้ง Heater เพื่อตรวจจับอุณหภูมิ โดยจะแสดงผลอุณหภูมิขณะวัดที่ Temperature Controller เมื่ออุณหภูมิถึงตามที่โปรแกรมไว้ Temperature Controller สั่งรีเลย์ตัดไฟฟ้าออกจาก Keater ตามแบบวงจรควบคุมอุณหภูมิตามภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 วงจรควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์

2.1.4 การออกแบบแม่พิมพ์

การออกแบบแม่พิมพ์โดยกำหนดให้ภาชนะที่อัดออกมามีลักษณะเป็นชามปากกว้าง ขนาดปากชามไม่เกิน 140 มิลลิเมตร ขนาดก้นชามไม่เกิน 90 มิลลิเมตร สูงไม่เกิน 25 มิลลิเมตร และมีความหนา 2 มิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 3.7 โดยแม่พิมพ์เป็นวัสดุที่สามารถใช้กับอาหารได้ไม่เป็นสนิม และทนความร้อนได้ดี ดังนั้นจึงเลือกแม่พิมพ์เป็นแบบกดอัดชิ้นงานแบบกึ่งเปิด (Semi-positive Mold) โดยใช้วัสดุเป็นอลูมิเนียมเกรด 6063 หรือ 6061 CNC และออกแบบให้มีส่วนโค้งให้มากที่สุด เพื่อป้องกันการแตกขาดของวัสดุจากธรรมชาติ



ภาพที่ 3.7 ขนาดของภาชนะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

2.1.5 การหาค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะเป็นค่าที่จะบอกให้ทราบว่า กลจักรความร้อนสามารถเปลี่ยนความร้อนที่ได้รับไปเป็นงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากน้อยเพียงใด กลจักรความร้อนถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการเปลี่ยนความร้อนเป็นงาน ดังนั้นวิศวกรจึงพยายามปรับปรุงพัฒนาประสิทธิภา พของอุปกรณ์ให้สูงขึ้น (MacCarty, N., Still, D. and Ogle, D., 2010) ดังแสดงสมการ (1)

$$\eta = \frac{E_w + E_{vap}}{E_{in}} \qquad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ E_w = พลังงานความร้อนสะสมที่แม่พิมพ์ (วัตต์)

E_{vap} = พลังงานความร้อนที่กลายเป็นไอน้ำ (วัตต์)

E_{in} = Energy Consumption (วัตต์)

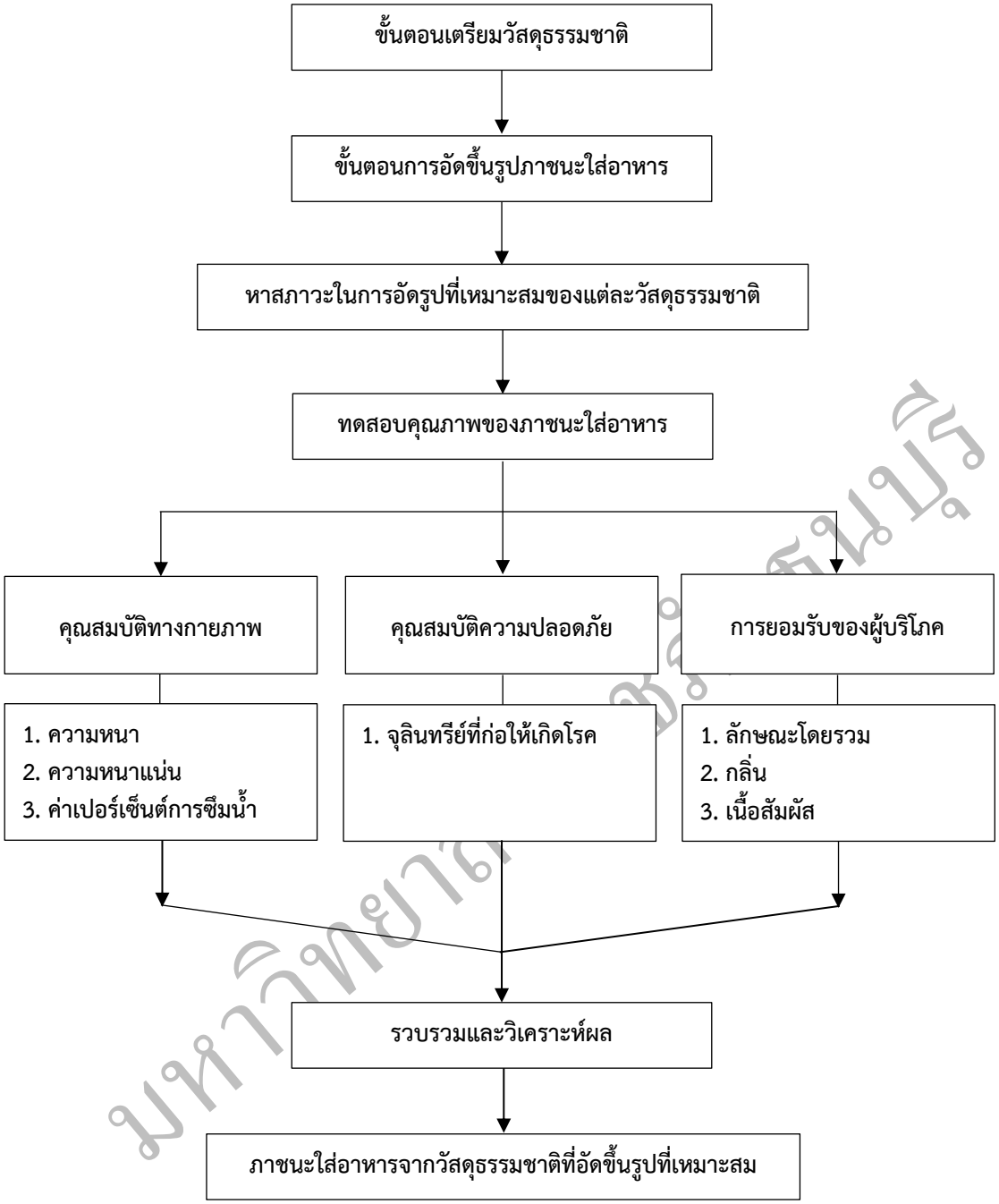
2.2) การขึ้นรูปภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ แบ่งออกเป็นดังนี้

2.2.1) การเตรียมวัสดุที่ได้จากธรรมชาติเริ่มจากนำวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ ใบตอง ใบผักตบชวา ใบบัว ใบไผ่ กาบหมาก นำไปล้างน้ำให้สะอาด แล้วตากให้แห้งเพื่อเป็นวัตถุในการขึ้นรูปเป็นภาชนะต่อไป

2.2.2) การเตรียมตัวประสานจะนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับน้ำเปล่า (แป้งมัน:น้ำ คือ 20 กรัม : 200 มิลลิลิตร) แล้วนำไปต้มโดยใช้ไฟอ่อนๆ จนแป้งสุก

2.2.3) หาสภาวะในการอัดรูปที่เหมาะสม จากนั้นเมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมแล้วจึงนำไปทำชิ้นทดสอบเพื่อทดสอบสมบัติต่างๆ และส่วนสุดท้ายจะเป็นกระบวนการอัดขึ้นรูปภาชนะสำหรับใช้งานจริง ดังแสดงภาพที่ 3.8

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี



ภาพที่ 3.8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.3) การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

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

2.3.1) การวัดความหนา

ภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ จะตรวจสอบด้วยดิจิตอลเวอร์เนียคาลิปเปอร์ ความละเอียด d = 0.01 มิลลิเมตร โดยทำการวัดความหนาจากภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติแต่ละชนิดที่ทดลอง

2.3.2) การวัดความหนาแน่น

เพื่อเป็นการวัดมวลต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของชิ้นงาน โดยตัดชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว ให้มีขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร หนา 2 เซนติเมตรแล้วหาปริมาตร หลังจากนั้นชั่งน้ำหนักของชิ้นงาน (มลสุดา ลิวไธสง และทวิช จิตรสมบูรณ์, 2551) โดยค่าความหนาแน่นของชิ้นงานสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\rho = \frac{m}{V}$$ สมการที่ 2

เมื่อ ρ = ความหนาแน่น (กรัม/ลูกบาศ์เซนติเมตร)

m = มวล (กรัม)

V = ปริมาตร (ลูกบาศ์เซนติเมตร)

2.3.3) การวัดค่าร้อยละการซึมน้ำ

ใช้ตามมาตรฐาน ABNT NM ISO535 โดยตัดชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอัดขึ้นรูปแล้ว ให้มีขนาดกว้าง 4 cm. ยาว 6 cm. หนา 2 mm. ทำการชั่งน้ำหนักชิ้นงานก่อนทดสอบจากนั้นนำชิ้นงานแช่ในน้ำเปล่าที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 60 วินาที แล้วนำขึ้นมาชั่งน้ำหนัก หลังการทดสอบ บันทึกน้ำหนักทั้งก่อนและหลังแช่น้ำ โดยคำนวนร้อยละการซึมของน้ำ (นพดล จันทรลักษณ์ และสมนึก วัฒนศรียกุล, 2555) สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3

$$\%\ \text{water absorption} = \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1}\right) \times 100$$ สมการที่ 3

เมื่อ % water absorption = ร้อยละการซึมน้ำ

m_1 = มวลก่อนแช่น้ำ (กรัม)

m_2 = มวลหลังแช่น้ำ (กรัม)

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

2.4) การทดสอบคุณสมบัติความปลอดภัย

การทดสอบคุณสมบัติความปลอดภัย ซึ่งยึดหลักเกณฑ์การวิเคราะห์ตามมาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนด โดยใช้วิธี Total Plate Count โดยทำการทดสอบตัวอย่าง จำนวน 14 ตัวอย่าง ตัวอย่าละ 2 ชิ้น รวมเป็น 28 ตัวอย่าง และทำการทดสอบตัวอย่างละ 2 ซ้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ย ดังนี้

ให้ดูตัวอย่างน้ำ มา 1 มิลลิลิตร สำหรับวิธีการเทอาหารลงในจานเพาะเชื้อ (Pour plate) ให้ดูดตัวอย่างน้ำใส่ลงในจานเพาะเชื้อที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เติมอาหารแข็ง Plate count agar ที่นำไปหลอมเหลวโดยมีอุณหภูมิอาหารประมาณ 44 – 46 องศาเซลเซียส ลงไปในจานเพาะเชื้อประมาณ 10 – 20 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วหมุนจานเพาะเชื้อไปมาเพื่อให้ตัวอย่างผสมกับอาหารให้ทั่วจาน ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว พลิกจานเพาะเชื้อคว่ำกลับอีกด้านแล้วนำไปบ่มในตู้เพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส (สำหรับฟีคัลโคลิฟอร์มให้บ่มที่ 44.5 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4. การวิเคราะห์และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยการวิเคราะห์คุณภาพของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ และการยอมรับจากผู้บริโภค ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การวิเคราะห์คุณภาพของภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ โดยนำผลทดสอบด้านกายภาพมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานมาตรฐานบรรจุภัณฑ์สัมผัสอาหาร และนำผลการทดสอบคุณภาพด้านความปลอดภัยเพื่อวิเคราะห์หาเชื้แบคทีเรีย ตามมาตรฐานที่กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์กำหนดให้มี แบคทีเรีย < 1000 CFU / 1 ชิ้นทดลอง โดยยึดหลักการทดสอบด้านความปลอดภัย ตามพรบ. อาหาร พ.ศ. 2522 ประกาศฉบับที่ 92 (2528) ข้อ 4

4.2 การวิเคราะห์การยอมรับจากผู้บริโภค เป็นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ โดยดำเนินการหลังจากการเก็บรวบรวมข้อมูลเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนำเอาข้อมูลมาประมวลผลทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อหาค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ในข้อมูลทั่วไป และข้อมูลการยอมรับต่อภาชนะใส่อาหารจากวัสดุธรรมชาติ จากแบบสอบถามแบบสอบถามการประเมินทางประสาทสัมผัสภาชนะบรรจุอาหารจากวัสดุธรรมชาติ (ภาคผนวก ก) โดยเกณฑ์การให้คะแนนวัดระดับความชอบ จากการคำนวณอัตรภาคชั้น 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

1.80 - 1.00 หมายถึง มีทัศนคติในระดับน้อยที่สุด

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี