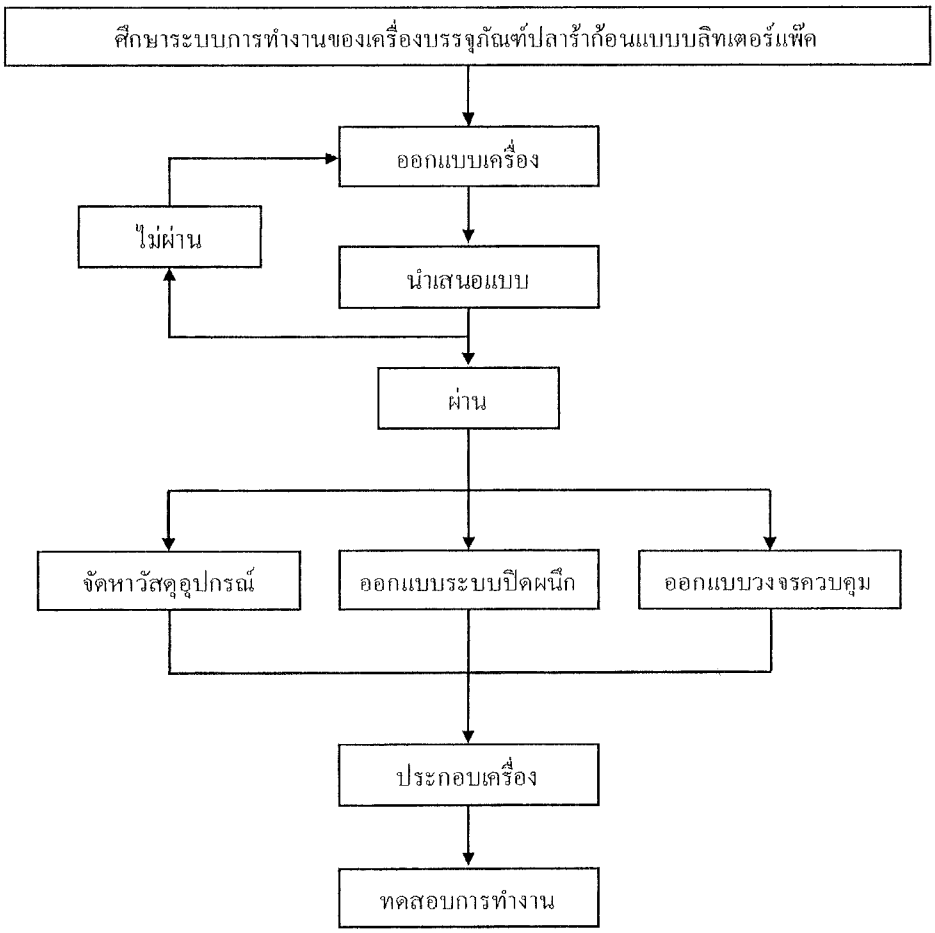
บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัย เรื่อง เครื่องสร้างบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิสเตอร์แพ็ค ได้ทำการศึกษา ออกแบบ สร้างเครื่อง และทดลองการใช้งานที่ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ และภาควิชาวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีขั้นตอนการดำเนินงาน อุปกรณ์และเครื่องมือ รวมถึงวิธีการทดลอง ดังรายละเอียดดังต่อไปนี้

3. 1 วิธีการดำเนินงาน

ในการดำเนินงานการออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็คมีแผนการดำเนินงานตามแผนผังที่แสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงขั้นตอนการสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็ค

วัตถุประสงค์การออกแบบและสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็ค นั้นเป็นโครงการที่สามารถนำเครื่องไปใช้งานได้จริง และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษารายละเอียดของโครงการอย่างรอบคอบ เพื่อที่จะทำให้โครงการสำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ที่วางเอาไว้เป็นอย่างดี การดำเนินการสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็ค มีการวางแผนและขั้นตอนการดำเนินการในการปฏิบัติตามระยะเวลาที่กำหนด โดยมีแผนการดำเนินโครงการ ดังนี้

1) ศึกษาค้นคว้ารูปแบบปลาร้าก้อนเก็บข้อมูล
2) รวบรวมและจัดหาวัสดุ อุปกรณ์ สำหรับสร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิสเตอร์แพ็ค
3) สร้างเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิสเตอร์แพ็ค
4) ทดลองการใช้เครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิสเตอร์แพ็ค
5) ปรับปรุงและแก้ไข ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่อง
6) วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง
7) จัดพิมพ์รายงานการทำโครงการ

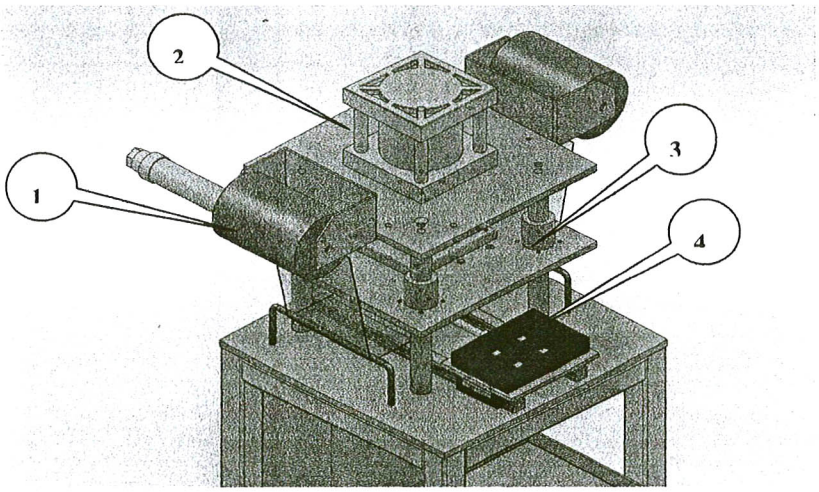
3. 2 การออกแบบเครื่อง

การออกแบบการทำงานของเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็ค ออกแบบในเบื้องต้นให้เครื่องมีการทำงาน แบ่งเป็น 4 ส่วน ดังรูปที่ 3.2 หลักการทำงานของเครื่องเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็ค แบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วนที่สำคัญ คือ

1) ชุดม้วนฝอยด์อะลูมิเนียมเป็นส่วนที่ใช้ในการเก็บฝอยด์อะลูมิเนียมมีลักษณะเป็นม้วน และมีลูกกลิ้ง (Roller) 2 ตัว เพื่อช่วยรีดแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียมให้เป็นแผ่นตรงเพื่อป้อนแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียมให้เข้าไปในส่วนของเครื่อง คือ ชุดให้ความร้อน (Heater), ชุดแผ่นจิ๊กรองรับ (Jig Tray plate) และชุดมีดตัดแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียม โดยใช้มอเตอร์หมุนปรับความเร็ว (Motor + Speed Control) เป็นตัวเลื่อนแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียมให้พร้อมปิดผนึกบรรจุภัณฑ์อีกครั้ง
2) ชุดกระบอกสูบ (Cylinder) ทำหน้าที่กดและยกชุดให้ความร้อน (Heater) ในการปิดผนึกแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียมและชุดมีดตัดสำหรับตัดแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียมเมื่อปิดผนึกบรรจุภัณฑ์เสร็จเรียบร้อย

3) ชุดแผ่นเพลทเลื่อนขึ้นลง (Slide plate) จะยึดติดกับชุดให้ความร้อน (Heater) เป็นส่วนให้ความร้อนแก่แผ่นฟอยด์อะลูมิเนียมในการปิดผนึกกับบรรจุภัณฑ์ หลังจากนั้นมีดตัดจะตัดแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียมเมื่อปิดผนึกบรรจุภัณฑ์เสร็จเรียบร้อย เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ต้องการ

4) ชุดแผ่นจิ๊กรองรับ (Jig Tray plate) จะเป็นหลุมเพื่อรองรับบรรจุภัณฑ์ ใช้ตัวนำร่องเลื่อน (Slide Guide) ยึดติดกับชุดแผ่นจิ๊กรองรับ (Jig Tray plate) โดยกระบอกสูบเป็นตัวเลื่อนเข้าออก ตามตัวนำร่องเลื่อน (Slide Guide)



รูปที่ 3.2 การออกแบบเครื่องเครื่องบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็คในเบื้องต้น

การสร้างความร้อนสำหรับกระบวนการปิดผนึกฟอยด์อะลูมิเนียมกับบรรจุภัณฑ์ นั้น ใช้แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนจากแท่งความร้อน ซึ่งจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานความร้อน โดยพลังงานความร้อนที่ทำให้ส่วนให้ความร้อนมีอุณหภูมิที่ต้องการสามารถคำนวณได้โดยสมการดังต่อไปนี้

$$Q = \frac{m \times cp \times (t_2 - t_1)}{860 \times T \times \eta} \qquad (3.1)$$

โดย Q = พลังงานความร้อนมีหน่วยเป็น (Watt)

m = มวลของอะลูมิเนียมมีหน่วยเป็น (Kg)

Cp = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอะลูมิเนียม (kcal /kg. °C)

t_1 = อุณหภูมิเริ่มต้นมีหน่วยเป็น (°C)

t_2 = อุณหภูมิที่ต้องการมีหน่วยเป็น (°C)

T = เวลาในการให้ความร้อนมีหน่วยเป็น (ชั่วโมง)

η = ประสิทธิภาพโดยทั่วไปใช้ 0.2 ถึง 0.5

เนื่องจากพลังงานความร้อนที่ต้องการ สำหรับการปิดผนึกฟอยด์อะลูมิเนียมกับบรรจุภัณฑ์นั้น จะให้ผลดีที่สุด ต้องเกิดจากการทดลอง ดังนั้นการคำนวณจะกำหนดอุณหภูมิเริ่มต้นที่ 25°C อุณหภูมิที่ต้องการใช้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ 200 °C, 210°C และ 230 °C คำนวณพลังงานความร้อนสำหรับวัสดุอะลูมิเนียม

- คำนวณช่วงอุณหภูมิแรกเริ่มต้นที่ 25°C ถึง 200 °C

$$Q = \frac{0.65 \times 0.230 \times (200 - 25)}{860 \times 0.5 \times 0.3}$$

Q = 0.20281 Kw = 202.81 watt

Q = 202.81 watt

- คำนวณช่วงอุณหภูมิแรกเริ่มต้นที่ 25°C ถึง 210 °C

$$Q = \frac{0.65 \times 0.230 \times (210 - 25)}{860 \times 0.5 \times 0.3}$$

Q = 0.21439 Kw = 214.39 watt

Q = 214.39 watt

- คำนวณช่วงอุณหภูมิแรกเริ่มต้นที่ 25°C ถึง 230 °C

$$Q = \frac{0.65 \times 0.230 \times (230 - 25)}{860 \times 0.5 \times 0.3}$$

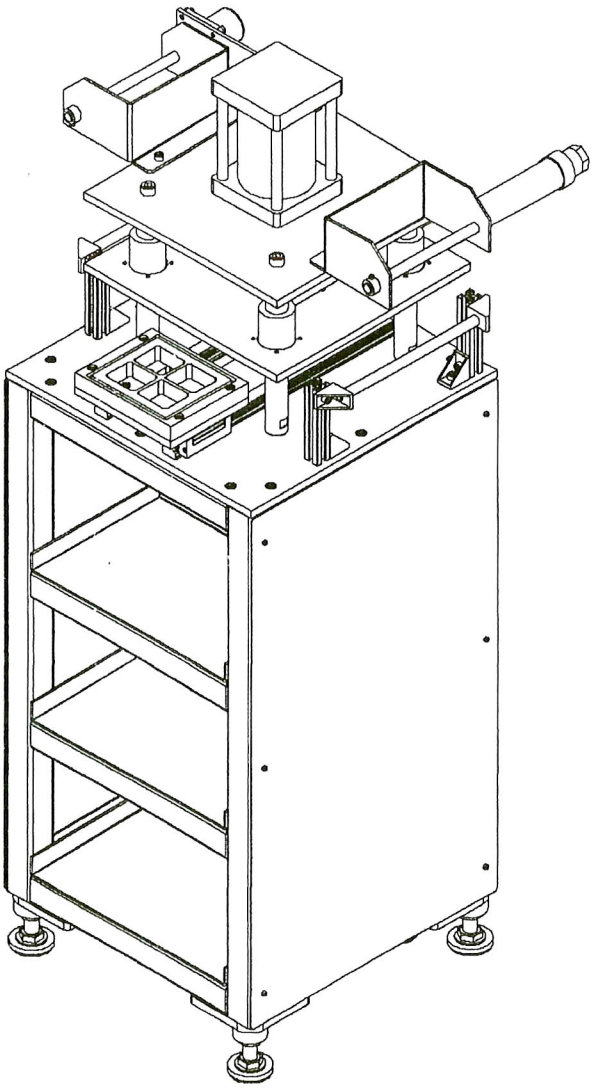
Q = 0.23757 Kw = 237.57 watt

Q = 237.57 watt

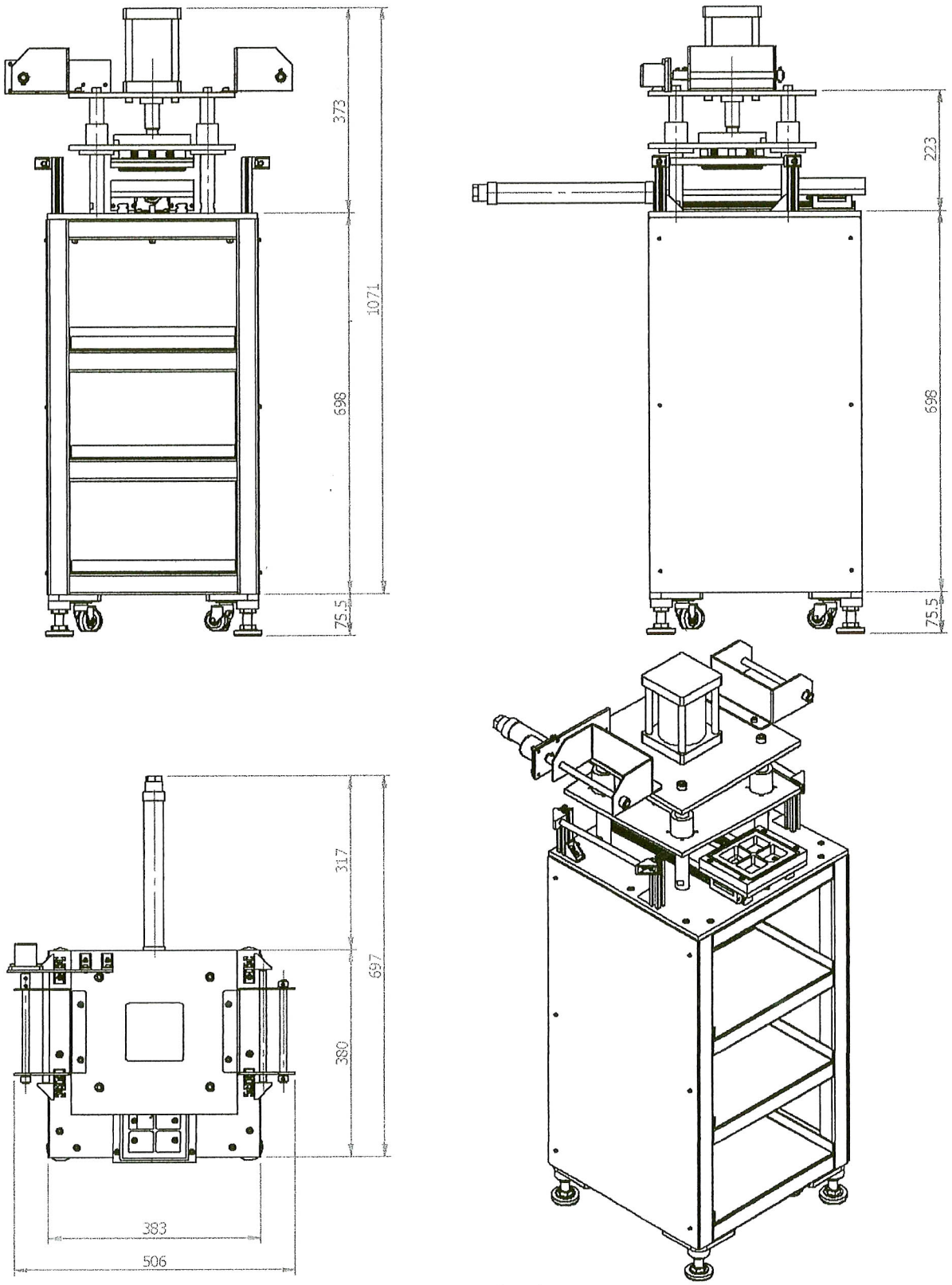
ผลการคำนวณพลังงานความร้อนที่ต้องการที่คำนวณโดยคำนวณจากน้ำหนักของวัสดุที่ใช้ทำ Heater คืออะลูมิเนียม ใช้อุณหภูมิที่ 200 °C, 210 °C, 230 °C คือ 202.81, 214.39 และ 237.57 watt ตามลำดับ

จากการคำนวนการให้ความร้อนกับอะลูมิเนียมที่ใช้ทำ Heater ทางผู้วิจัยทำได้ใช้แท่งความร้อนขนาด 400 วัตต์ ซึ่งจะทำให้ได้พลังงานความร้อนที่ต้องการรวดเร็วยิ่งขึ้น

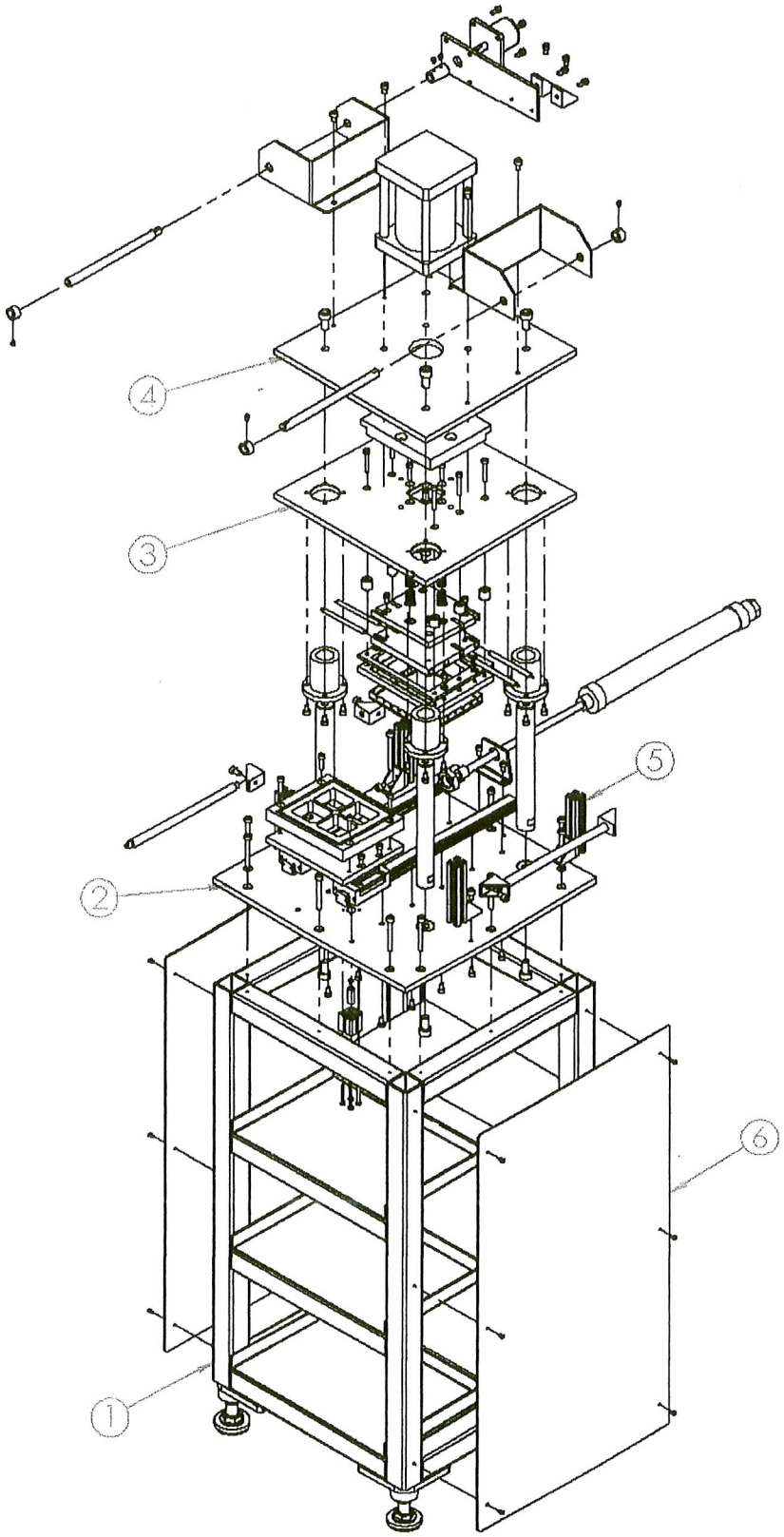
หลังจากได้ทำการออกแบบการทำงานในเบื้องต้น คำนวณพลังงานความร้อนที่จำเป็นต้องใช้ในการผิดผนึกจึงได้ทำการเขียนแบบโครงสร้างของเครื่องและชิ้นส่วนที่สำคัญต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.3-3.5 โดยรายละเอียดของแต่ละชิ้นส่วนแสดงดังภาคผนวก ก.



รูปที่ 3.3 ลักษณะของเครื่องที่ได้ทำการเขียนแบบและกำหนดรายละเอียดองค์ประกอบของเครื่อง



รูปที่ 3.4 มิติของเครื่องที่ออกแบบ

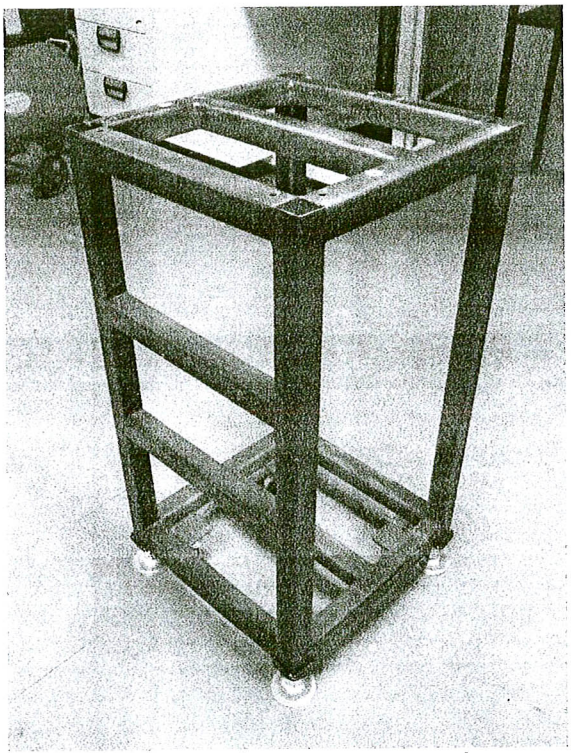


รูปที่ 3.5 ภาพแสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่อง

3.3 ขั้นตอนการดำเนินการสร้าง

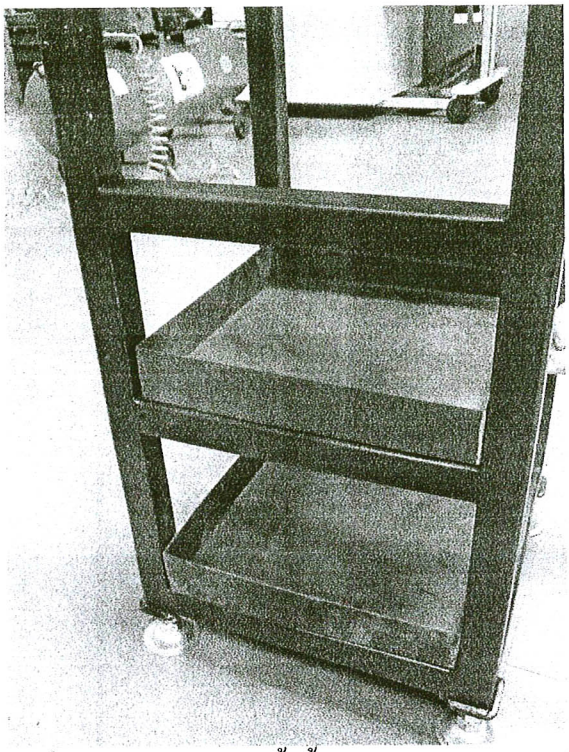
ขั้นตอนการดำเนินการสร้างหลังการที่ได้ทำการออกแบบ คำนวณ และจัดซื้อวัสดุและอุปกรณ์แล้วได้ดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

1) ตัดเหล็กกล่องขนาด 38 มิลลิเมตร ตามแบบด้วยเครื่องตัดไฟเบอร์ แล้วทำการเชื่อมประกอบเข้าด้วยกันเชื่อมเหล็กแผ่นขนาด 50×50×6 mm. 4 แผ่นที่มุม 4 มุมล่างสุดเพื่อเป็นฐานล้อ พ่นสีโครงทั้งหมดเพื่อป้องกันสนิม จากนั้นติดล้อและขาฉิ่งทั้ง 4 มุม ดังรูปที่ 3.6



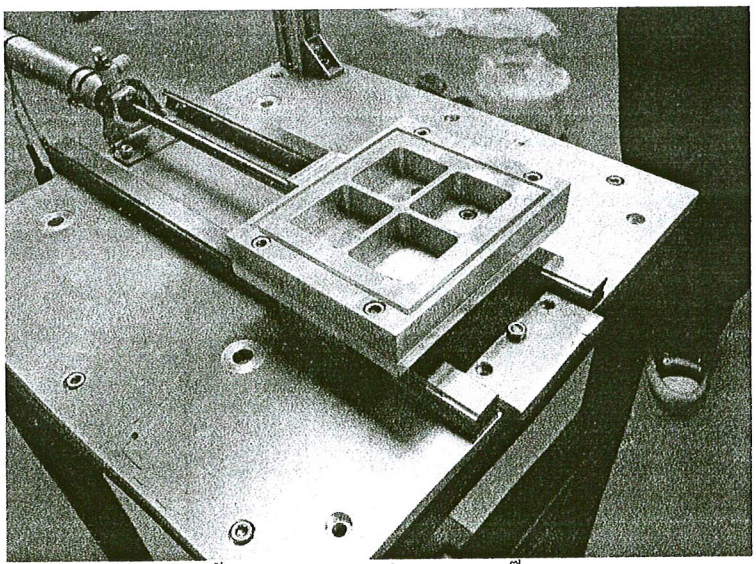
รูปที่ 3.6 แสดงโครงเครื่องหลังจากทำการเชื่อมและพ่นสี

2) ติดตั้งชั้นสำหรับวางผลิตภัณฑ์ ขนาด 200 × 304 × 3 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่นติดที่ชั้นล่าง ชั้นกลางและชั้นบน ดังรูปที่ 3.7



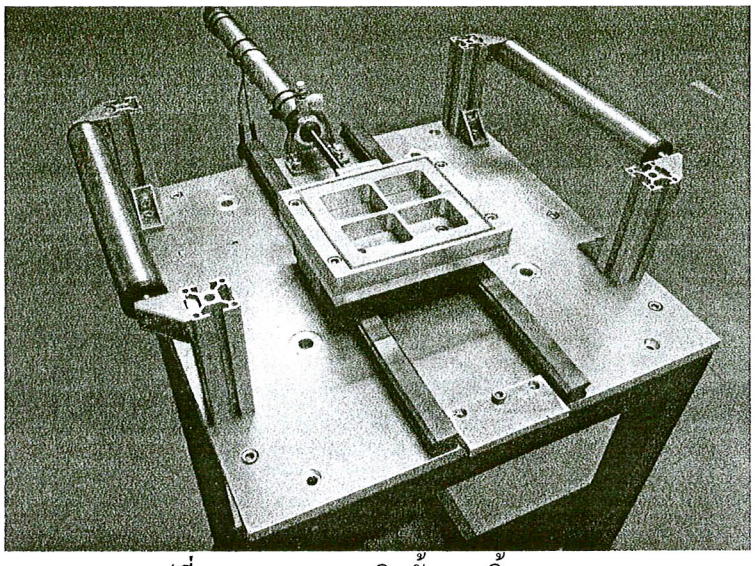
รูปที่ 3.7 แสดงการติดตั้งชั้นสำหรับวางผลิตภัณฑ์

3) นำแผ่นอะลูมิเนียมขนาด 380 × 380 × 10 มิลลิเมตร เจาะรูแล้วยึดน็อตที่ชั้นบนสุดของโครงเครื่องติดตั้งชุดตัวนำร่องเลื่อน (Slide Guide) เข้ากับแผ่นจิ๊กรองรับ (Jig Tray plate) พร้อมกระบอกสูบบนฐานของเครื่องเป็นส่วนที่ใช้ในการรองรับบรรจุภัณฑ์ก่อนทำการปิดผนึก ดังรูปที่ 3.8



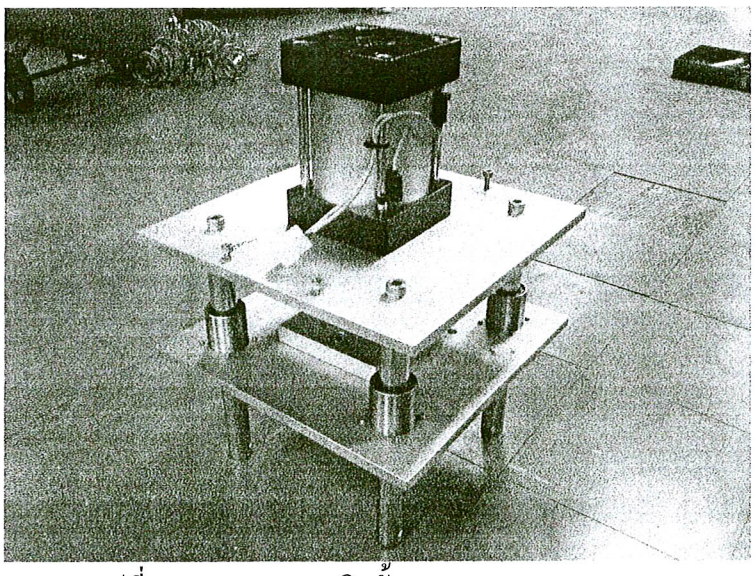
รูปที่ 3.8 แสดงการติดตั้งชุดตัวนำร่องเลื่อนเข้ากับจิ๊กรองรับพร้อมกระบอกสูบ

4) ติดตั้งลูกกลิ้ง (Roller) เพื่อช่วยรีดแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียม ให้เป็นแผ่นตรงที่พร้อมปิดผนึกบรรจุภัณฑ์อีกครั้ง ดังรูปที่ 3.9



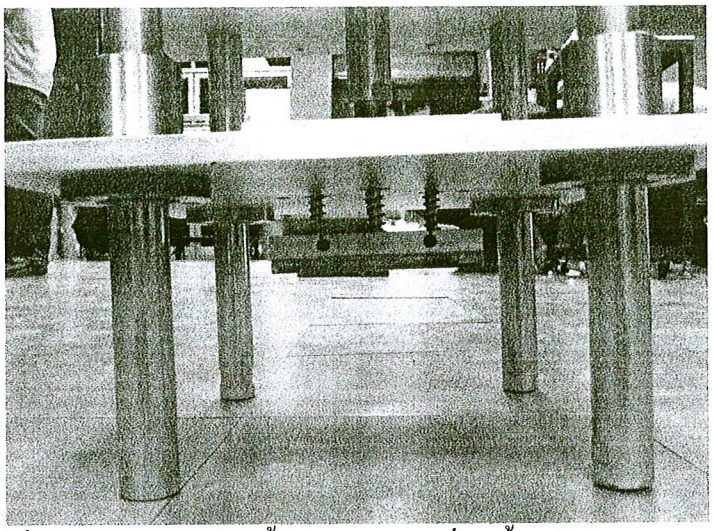
รูปที่ 3.9 แสดงการติดตั้งลูกกลิ้ง (Roller)

5) ติดตั้งกระบอกสูบ (Cylinder) เพื่อใช้กดและยกแผ่นเพลทเลื่อนขึ้นลง (Slide plate) ในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์และตัดแผ่นฟอยด์อะลูมิเนียม ดังรูปที่ 3.10



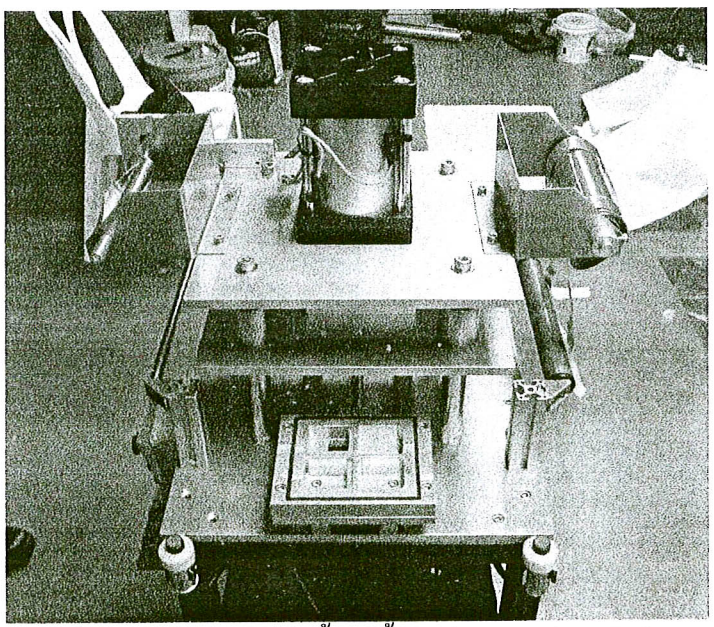
รูปที่ 3.10 แสดงการติดตั้งกระบอกสูบ (Cylinder)

6) ติดตั้งชุดแผ่นเพลทเลื่อนขึ้นลง (Slide plate) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้เลื่อนชุดให้ความร้อน (Heater) กับชุดมีดตัด ขึ้นและลง ไปยังตำแหน่งของการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ ชุดแผ่นเพลทเลื่อนขึ้นลง (Slide plate) จะติดตั้งอยู่กับบูชเคลื่อนที่แนวตรง (Linear bushing) ทั้ง 4 ด้าน ซึ่งเป็นส่วนที่เลื่อนขึ้นและเลื่อนลง ดังรูปที่ 3.11



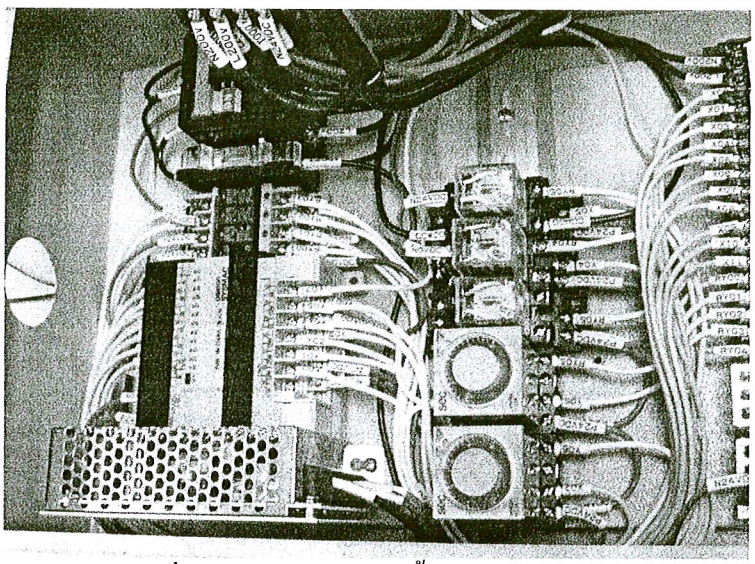
รูปที่ 3.11 แสดงการติดตั้งชุดแผ่นเพลทเลื่อนขึ้นลงได้ (Slide plate)

7) การติดตั้งชุดม้วนฝอยด์อะลูมิเนียม จะติดตั้งชุดม้วนฟอยด์อะลูมิเนียมไว้ทั้ง 2 ข้าง เพื่อใช้ในการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์และม้วนเก็บฟอยด์อะลูมิเนียมหลังจากตัดเรียบร้อยแล้ว ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 แสดงการติดตั้งติดตั้งชุดม้วนฟอยด์อะลูมิเนียม

8) ติดตั้งชุดอุปกรณ์ไฟฟ้าและวงจรการทำงานต่างๆของเครื่อง เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของเครื่องปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนแบบบลิทเตอร์แพ็ค ดังรูปที่ 3.13



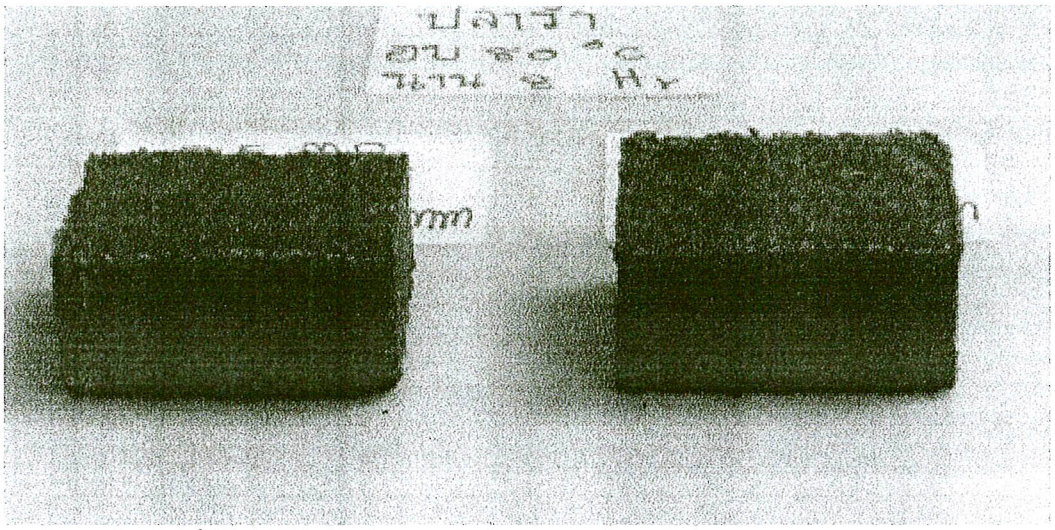
รูปที่ 3.13 แสดงการติดตั้งชุดอุปกรณ์ไฟฟ้า

3.4 วัสอุ อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

3.4.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

1) ปลาร้าก้อน

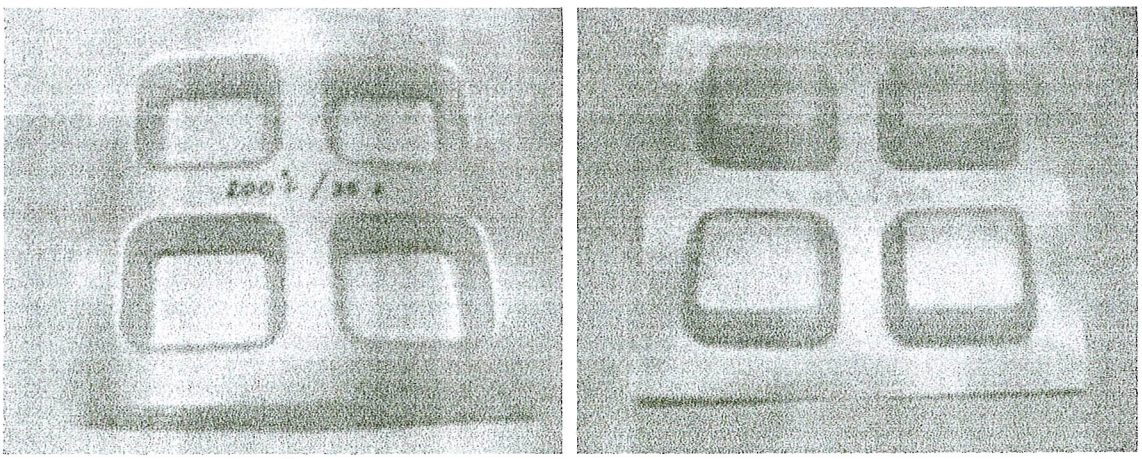
ปลาร้าก้อนใช้ปลาร้าปลากระดี่ที่เพิ่มส่วนผสมด้วยเกลือป่น 15 กรัม และข้าวคั่ว 100 กรัม ต่อปลาร้า 1 กิโลกรัม ผ่านการอบในเตาอบไฟฟ้าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส อัดด้วยแรงดันลม 0.6 MPa น้ำหนัก 7 กรัมต่อก้อน ซึ่งทำการอัดด้วยเครื่องต้นแบบอัดก้อนปลาร้าด้วยระบบนิวแมติกที่สร้างขึ้นมีขนาด 40 x 40 x 80 เซ็นติเมตร โดยได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ปีงบประมาณ 2552 ลักษณะของปลาร้าก้อนที่ได้จะมีกลิ่นหอมกว่าปลาร้าที่ไม่ได้ผ่านการอบ รวมทั้งไม่มีกลิ่นคาว ปลาร้าที่จะนำมาใช้สำหรับการอัดก้อนต้องไม่เปียกหรือไม่แห้งเกินไปจึงต้องอบด้วยความร้อน ปลาร้าอบที่อัดก้อนได้ขนาดที่เหมาะสมและมีรูปทรงที่สวยงาม ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ที่วางจำหน่ายในท้องตลาด ก้อนปลาร้าอัดที่ได้จะมีขนาด 29 x 35 x 12 มิลลิเมตร ลักษณะของปลาร้าก้อนที่อัดก้อนแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 ลักษณะของปลาร้าอัดก้อนขนาด 29 x 35 x 12 มิลลิเมตร

2) ถาดหลุมพลาสติกโพลิพรอพิลีน

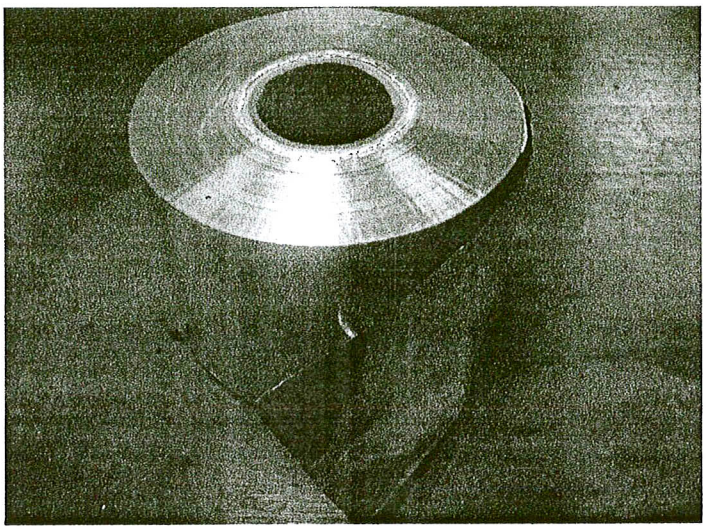
ปลาร้าก้อนขนาด 29 x 35 x 12 มิลลิเมตร จะถูกบรรจุลงในถาดหลุมที่ขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปด้วยความร้อน (Thermoforming) จากโพลีพรอพิลีนหนา 0.5 มิลลิเมตร โดยถาดหลุมประกอบไปด้วยสี่หลุมสำหรับบรรจุปลาร้าก้อน ถาดหลุมพอลิพรอพิลีนมีขนาด 110 x 110 มิลลิเมตร ลักษณะของถาดหลุมแสดงดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 ถาดหลุมโพลิพรอพิลีนสำหรับบรรจุปลาร้าก้อน

3) อะลูมิเนียมฟอยล์

แผ่นฟอยด์อะลูมิเนียม ขนาดกว้าง 150 มิลลิเมตร และหนา 0.06 มิลลิเมตร ลักษณะขอฟอยล์อลูมิเนียมสำหรับปิดผนึกแสดงดังรูปที่ 3.16



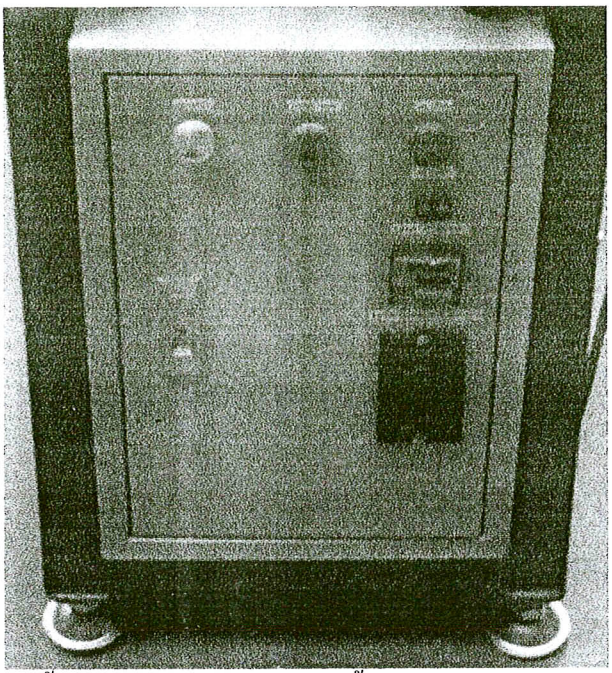
รูปที่ 3.16 ลักษณะของฟอยล์อลูมิเนียมสำหรับปิดผนึกถาดหลุมโพลิพรอพิลีน

3.4.2 วิธีการทดสอบ

1) การทดสอบหาช่วงเวลาและระดับความร้อนในการปิดผนึก

ในการปิดผนึกฟอยล์อลูมิเนียมกับถาดหลุมโพลิพรอพิลีน จะทำการทดสอบหาระดับอุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมในการกดปิดผนึก เพื่อให้ได้บรรจุภัณฑ์ปลาร้าก้อนที่สมบูรณ์ไม่เกิดการรั่วซึม ซึ่งจะส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ปลาร้าก้อนถูกเก็บรักษาได้เป็นอย่างดีในบรรจุภัณฑ์ที่ได้ออกแบบ

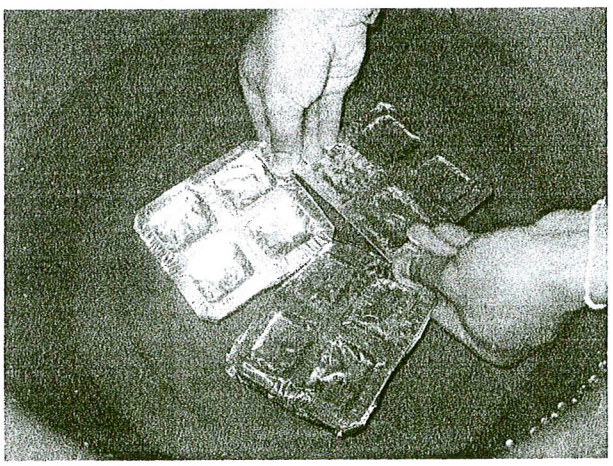
- ระดับอุณหภูมิปรับตั้งที่ชุดควบคุมอุณหภูมิสำหรับฮีตเตอร์ และทำการกดปิดผนึกด้วยเวลาคงที่ 10 วินาที และปรับตั้งอุณหภูมิในการทดลอง 5 ระดับ ได้แก่ 180, 190, 200, 210 และ 220 °C การปรับตั้งระดับอุณหภูมิสามารถปรับได้ที่ชุดควบคุมดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงปุ่มปรับตั้งระดับอุณหภูมิปุ่มสำหรับตั้งเวลาในการปิดผนึกฟอยล์อลูมิเนียมกับถาดหลุมโพลิพรอพิลีน

2) การทดสอบสมบัติของบรรจุภัณฑ์

ทำการทดสอบการรั่วซึมของบรรจุภัณฑ์ ทดสอบโดยการจุ่มน้ำ เมื่อปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ที่อุณหภูมิทดสอบเรียบร้อยแล้ว นำบรรจุภัณฑ์หลังการปิดผนึกมาทดสอบโดยการจุ่มน้ำ เพื่อหาการรั่วซึมของน้ำหลังการปิดผนึกบรรจุภัณฑ์ ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการทดสอบการรั่วซึมของบรรจุภัณฑ์