

บทที่ 3 วิธีดำเนินงาน

3.1 แผนการดำเนินงาน

ในการดำเนินการสร้างเครื่องทอดขนมโดนัทได้คำนึงถึงความเหมาะสมและระยะเวลาในการปฏิบัติงานที่มีระยะเวลาค่อนข้างจำกัด เพื่อให้การดำเนินโครงการเกิดความสะดวกและรวดเร็ว ซึ่งการกำหนดแผนการดำเนินโครงการจะเป็นตัวช่วยบังคับให้โครงการที่กำลังดำเนินการเสร็จตามระยะเวลาที่กำหนด และการดำเนินโครงการในการออกแบบสร้างเครื่องทอดขนมโดนัทควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรPLC ก็ได้จัดทำแผนการดำเนินงานดังตารางในการปฏิบัติงานดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.1 แผนการดำเนินโครงการ

การดำเนินการ	พ.ศ.2551			พ.ศ.2552												พ.ศ.2553											
	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.การวางแผนดำเนินงานโครงการ																											
2.การออกแบบเครื่องจักร																											
3.การดำเนินการสร้างเครื่อง																											
4.ทดสอบระบบและปรับปรุง																											
5.สรุปผลและจัดทำเอกสาร																											
6.ตรวจสอบข้อบกพร่อง																											

 แผนการดำเนินงาน
 ระยะการดำเนินงานจริง

3.2 ขั้นตอนการออกแบบและสร้างเครื่องทอดขนมโดนัทควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ PLC

หลังจากที่ผู้วิจัยโครงการได้ศึกษาข้อมูลของกระบวนการทอดขนมโดนัทแบบเดิมโดยใช้คนทอดแล้วจึงได้ทำการออกแบบในส่วนของชิ้นประกอบต่างๆและตัวเครื่องทอดขนมโดนัทควบคุมการทำงานด้วยอุปกรณ์ PLC ขึ้นมารายละเอียดการออกแบบและสร้างดังต่อไปนี้

3.2.1 โครงเครื่อง



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทอดแบบเดิมโดยใช้แรงงานคน [1]



รูปที่ 3.2 เครื่องที่สร้างขึ้นใหม่จากเหล็กและ สแตนเลส เกรด 304



รูปที่ 3.3 ส่วนประกอบของเครื่องที่สัมผัสกับอาหารสร้างด้วยสแตนเลส เกรด 304

จากที่ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจและหาข้อมูลนั้นพบว่าอุปกรณ์ในส่วนของการทอดขนมโดนัทแบบเดิมดังรูปที่ 3.1 บางส่วนใช้วัสดุที่อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษต่ออาหารที่จะทำการผลิต ดังนั้น กระบวนการจะต้องเป็น วัสดุเกรดสำหรับอาหาร(Food grade) เช่น สแตนเลส เกรด 304 โดยคุณสมบัติคือมีความทนทานต่อการกัดกร่อนส่วนมากจะนำมาใช้ผลิตเป็นภาชนะหุงต้มง่ายต่อการทำความสะอาด ดังนั้นจึงทำการออกแบบตัวเครื่องและโครงเครื่องขึ้นมามีขนาด 70×130×70 เซนติเมตรโดยส่วนที่สัมผัสกับอาหารนั้นจะเป็น สแตนเลสเกรด 304 และสร้างโครงเครื่องที่สามารถขนย้ายได้สะดวกเหมาะสำหรับการทำงานในพื้นที่ต่างๆแสดงดังรูปที่ 3.2และ 3.3

3.2.2 ออกแบบสร้างชิ้นส่วนสแตนเลส

1) หม้อทอด

ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุสแตนเลส 304 เพราะต้องสัมผัสกับอาหารมีคุณสมบัติคือทนการกัดกร่อนได้สูงและ ทนความร้อนสูงในการทอดโดนัทจะใช้กระบวนการทอดแบบน้ำมันท่วม ซึ่งได้เลือกใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนเป็น ฮีตเตอร์แบบจุ่ม ติดตั้งโดยจุ่มในน้ำมันและวางขนานกับพื้นด้านในหม้อทอด การออกแบบหม้อทอดต้องเผื่อเนื้อที่ไว้สำหรับติดตั้งฮีตเตอร์ ด้วยทั้ง ความกว้าง ความยาว ความลึก การทอดแบบน้ำมันท่วมนั้นผิวอาหารจะต้องรับความร้อนใกล้เคียงกันโดยที่ส่วนของอาหารจะต้องจมอยู่ในน้ำมันประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ขณะทอดดังนั้นเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ แล้วระดับความลึกของน้ำมันที่ใช้ในการทอดจะต้องมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของขนาดอาหารที่ทอดขนาดของหม้อทอดที่ทางผู้วิจัยได้ทำการออกแบบไว้โดยคิดขนาดการออกแบบตามขนาด



รูปที่ 3.4 หม้อทอดที่สร้างจากสแตนเลส 304

ความโตของโดนัทซึ่งโดนัทโต 65 มิลลิเมตร ด้านความกว้างคิดจาก ความโตของโดนัท 2 ชั้นบวก ค่าเพื่อชดเชยโดนัทยาว 7 เซนติเมตร ซึ่งความยาวที่ได้คือ 20 เซนติเมตรดังรูปที่ 3.4

ความยาวของหม้อทอดโดนัทคิดจากความโตของนัท 65 มิลลิเมตรคูณ 6 ชั้น บวก กลับค่าเพื่อการลอยตัวทอดบนน้ำมันทอดกลับหัวคดเป้งอีก 21.5 เซนติเมตร ได้ความยาวรวม 60.5 เซนติเมตร

ขนาดของหม้อทอดที่ได้ = ความกว้าง × ความยาว × ความลึก

ความกว้าง = 20 เซนติเมตร

ความยาว = 65 เซนติเมตร

ความลึก = 12.5 เซนติเมตร

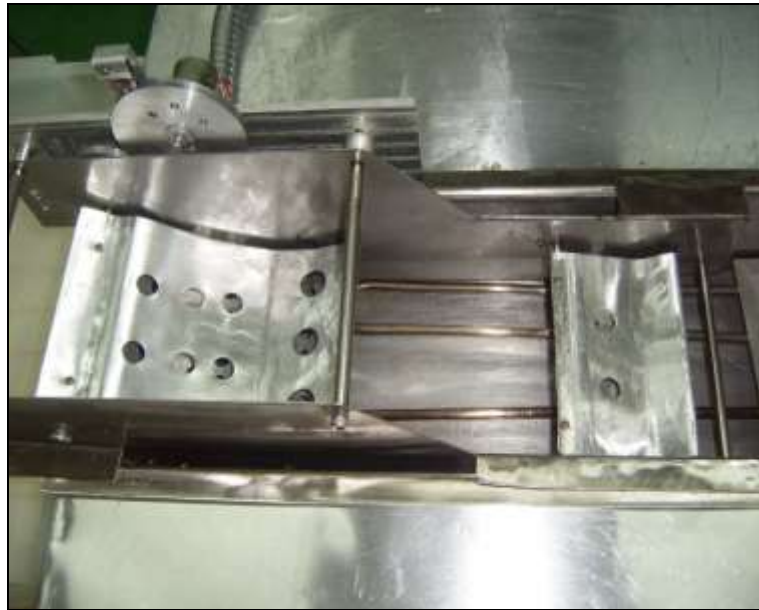
ขนาดของน้ำมันที่ใช้ในการทอดคิดที่ระยะที่น้ำมันอยู่สูงกว่าใบพลิกโดนัท 5 มิลลิเมตรระยะนี้เป็นระยะที่โดนัทลอยมาติดที่ใบพลิกโดนัทซึ่งสามารถพลิกโดนัทได้ดังรูปที่ 3.5 -3.7 ตามลำดับ และรูปที่ 3.8 แสดงถึงกระบอกหยอดเป้งโดนัท จากระยะนี้ถึงก้นหม้อทอดได้ระยะที่ 8 เซนติเมตร จากระยะทั้งหมดนี้สามารถหาปริมาตรน้ำมันที่จะต้องใส่ในหม้อทอดได้ดังนี้

จากสมการ (2.1) ปริมาตรน้ำมัน $V = 20 \times 65 \times 8$ เซนติเมตร

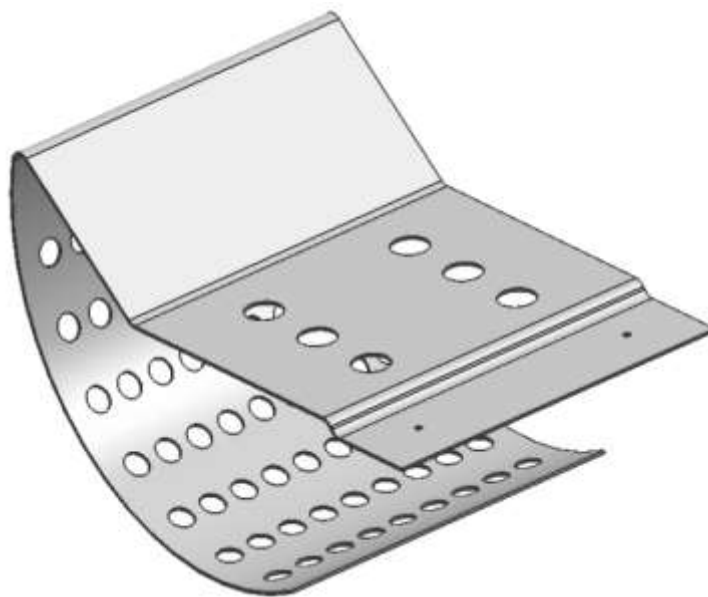
$= 10,400$ ลูกบาศก์ เซนติเมตร/1,000

$\therefore = 10.4$ ลิตร

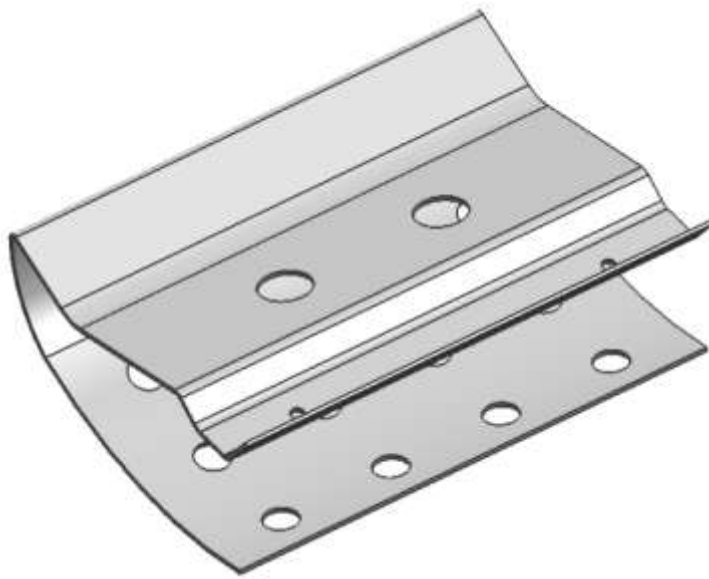
ดังนั้นน้ำมันที่ต้องใส่ในการทอดโดนัทที่เหมาะสมในหม้อทอดเท่ากับ 10.4 ลิตร



รูปที่ 3.5 ใบพัดกลับด้านและใบพัดตกโดนัทที่ติดตั้งในถัง



รูปที่ 3.6 ใบพัดตกที่สร้างจากสแตนเลส 304



รูปที่ 3.7 ใปกัดกลับด้านขนมที่สร้างจากสแตนเลส 304



รูปที่ 3.8 กระบอกหยอดแป้งโดนัท [1]

3.2.3 การออกแบบระบบให้ความร้อน

การเลือกใช้อุปกรณ์ให้ความร้อนในการทอดโดนัท ผู้วิจัยได้เลือกใช้ฮีตเตอร์แบบจุ่ม (Immersion heater) ซึ่งเหมาะกับการนำมาใช้ให้ความร้อนแก่น้ำมันในการทอดโดนัท ในการเลือกใช้น้ำหนักของฮีตเตอร์ที่เหมาะสมนั้นเพื่อให้ความร้อนแก่น้ำมัน 10.4 ลิตร ได้คำนวณกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ต้องใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำมัน จากอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็น 180 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิสูงสุดจากทฤษฎีการทอดขนมโดนัทยีสต์) ดังสมการที่ (2.2)

คำนวณหาขนาดของฮีตเตอร์

น้ำหนักของน้ำมัน

$$\text{จากสมการ (2.2)} \quad W = V \cdot \rho$$

V คือ ปริมาตรน้ำมัน 10.4 ลิตร

ρ คือ ค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมัน 0.9210 g/cm^3

น้ำหนักของน้ำมัน

$$W = 10.4 \times 0.9210$$

$$\therefore = 9.57 \text{ kg/m}^3$$

ขนาดของฮีตเตอร์

$$\text{จากสมการ (2.5)} \quad Q_s = W C_p \Delta T$$

$$W = 9.57 \text{ kg/m}^3$$

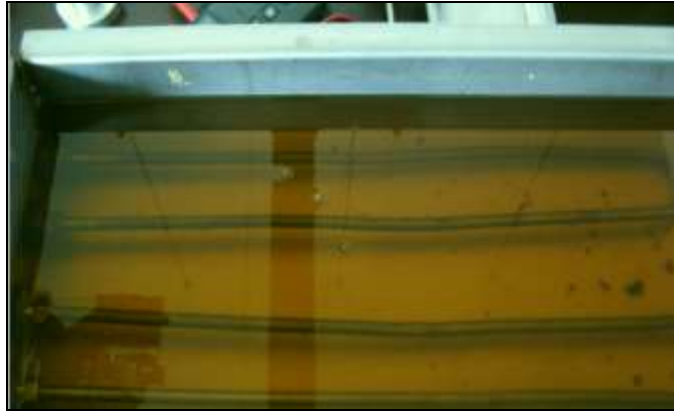
$$C_p = 1.8 \text{ kg.k}$$

$$\Delta T = 180 - 37 = 143 \text{ องศาเซลเซียส}$$

$$Q_s = 9.57 \times 1.8 \times 143$$

$$\therefore = 2,463 \text{ วัตต์}$$

ในการเลือกใช้ฮีตเตอร์ให้ความร้อนแก่น้ำมันในการทอดโดนัททางกลุ่มเลือกใช้ฮีตเตอร์ขนาด 3,000 วัตต์ เพราะค่าที่คำนวณได้จากสมการนั้นอุปกรณ์ไม่มีขายตามท้องตลาด และทางกลุ่มได้เลือกใช้ขนาด 2,000 วัตต์ 1 เส้น และ ขนาด 1,000 วัตต์ 1 เส้น แสดงดังรูปที่ 3.9 และรูปที่ 3.10 เป็นการทดสอบการรั่วของไฟฟ้าระหว่างติดตั้งฮีตเตอร์



รูปที่ 3.9 ฮีตเตอร์แบบจุ่ม (Immersion heater) [10]



รูปที่ 3.10 แสดงการทดสอบการรั่วของไฟฟ้าระหว่างติดตั้งฮีตเตอร์

ผู้วิจัยได้เลือกใช้ขดลวดทำความร้อนขนาด 3,000 วัตต์ เป็นตัวให้ความร้อนแก่น้ำมัน และเมื่อเปิดเครื่องใช้งานเป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะใช้พลังงานไฟฟ้าดังนี้

$$\text{พลังงานไฟฟ้า} = \text{กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)} \times \text{เวลา (ชั่วโมง)}$$

$$\begin{aligned} \text{กำลังไฟฟ้า P} &= (3,000 \text{ วัตต์} / 1,000) \times 1 \\ &= 3 \text{ กิโลวัตต์} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{พลังงานไฟฟ้า} &= \text{กำลังไฟฟ้า} \times \text{เวลา} \\ &= 3 \text{ กิโลวัตต์} \times 1 \text{ hr} \\ &= 3 \text{ หน่วย} \end{aligned}$$

3.2.5 การออกแบบระบบส่งกำลัง

จากการศึกษากระบวนการทำงานแบบเดิมโดยใช้แรงคนในการกดแป้งขนมโดนัทนั้นทางผู้วิจัยได้มีการออกแบบการหยอดแป้งใหม่โดยกระบอกหยอดแป้งที่มีขายตามท้องตลาด จึงได้ทำการแก้ไขจากเดิมที่ใช้คนกดหยอดเป็นการกดหยอดแป้งโดยใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังโดยใช้หลักการเปลี่ยนแนวแรงในการเคลื่อนที่แบบเส้นรอบวงของมอเตอร์เป็นแบบขึ้นลงการออกแบบ पुलย์อาศัยการเจาะยึดแบบเยื้องศูนย์กลางกับหลักการหมุนของลูกเบี้ยวโดยกำหนดระยะดังนี้

1) กำหนดระยะหมุนขึ้น-ลงของหัวหยอดแป้งโดยระยะต่ำสุด = 0 มิลลิเมตร และระยะสูงสุด = 30 มิลลิเมตร โดยคำนวณจากระยะของแผ่นดันแป้งลง 15 มิลลิเมตรแล้วกลับที่ตำแหน่งเดิมของหัวกดรวมเป็น 30 มิลลิเมตร

2) วัดความยาวของระยะรัศมีวัดจากจุดศูนย์กลางออกมา = 15 มิลลิเมตร ของแป้นหมุนแล้วทำการเจาะรูเพื่อยึดสกรู

3) นำ पुलย์ที่ได้ไปประกอบเข้ากับแกนมอเตอร์หัวกดแป้งและเมื่อมอเตอร์ทำงานก็จะมี การเปลี่ยนแนวแรงแบบหมุนเป็นการเคลื่อนที่ขึ้นลงตามระยะที่ใช้หยอดแป้งตามขนาดที่กำหนด คือ 30 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ



รูปที่ 3.11 पुलย์ที่สร้างขึ้นมีระยะช่วงชัก 30 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.12 ชุดหัวหยอดแป้งที่สร้างขึ้นใหม่มีมอเตอร์เป็นต้นกำลังขับเคลื่อน



รูปที่ 3.13 อุปกรณ์วัดแรงดึงใช้วัดแรงในการหยอดแป้งขนมโดนัท

3.2.6 การเลือกขนาดมอเตอร์หัวหยอดแป้งโดนัท

ขนาดของมอเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการหมุนเพื่อขับโหลด และการเลือกความเร็วที่เหมาะสมในการหมุน จากการไปสังเกตการทอดโดยใช้คนกดแป้งโดนัททางผู้วิจัยได้ทำการบันทึกการกดไว้ 5 ครั้งนำมาหาค่าเฉลี่ย ซึ่งใช้เวลาเฉลี่ยในการกดที่ 2 วินาทีต่อการกดโดนัท 1 ครั้ง

และแรงที่ใช้ในการกดหาได้จากการใช้เครื่องมือวัดแรงดึง ทดสอบในขณะที่มีโหลด วัดค่าออกมาได้ 0.7 กิโลกรัม ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาหาค่าของ แรงบิดมอเตอร์ กำลังของมอเตอร์ และภาระโหลดที่มอเตอร์สามารถรับได้

การคำนวณหาแรงบิดมอเตอร์ (Torque) หัวกด

$$\text{จากสมการ(2.3)} \quad T = F \times r$$

$$F = 0.7 \text{ กิโลกรัม} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 6.87 \text{ นิวตันเมตร}$$

$$r = 0.03 \text{ เมตร}$$

$$T = 6.87 \times 0.03$$

$$\therefore \text{แรงบิดมอเตอร์} = 0.2061 \text{ นิวตันเมตร}$$

การกดหยอดแป้งในแต่ละครั้งใช้เวลาเฉลี่ยที่ 2 วินาที/ครั้ง จากการจับเวลาจากการกดหยอดแป้งแบบเดิมโดยใช้มือกดดังนั้นความเร็วรอบของมอเตอร์ใน 1 นาที ที่ทางกลุ่มเลือกใช้คือ 20 รอบ/นาที

การคำนวณหา กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

$$\text{จากสมการ(2.6)} \quad P = (2 \pi TN)$$

$$T = 0.2061 \text{ นิวตันเมตร}$$

$$N = 20 \text{ รอบ/นาที}$$

$$P = (2 \pi \times 0.2061 \times 20)$$

$$= 25.89 \text{ วัตต์}$$

จากผลการคำนวณน้ำหนักที่มอเตอร์ต้องรับภาระคือ 0.7 กิโลกรัม จากการทดสอบจากการกดที่มีโหลดจากอุปกรณ์การวัดแรงดึง จึงได้เลือกใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรง 12 โวลต์ 30 วัตต์ หมุน 20 รอบ/นาที ที่มีสามารถรับโหลดได้ ตั้งแต่ 1 กิโลกรัม ถึง 10 กิโลกรัม

3.2.7 การเลือกขนาดมอเตอร์พลิกกลับด้านขนมโคนัท

ขนาดของมอเตอร์ที่จะนำมาใช้ในการหมุนเพื่อพลิกโคนัท และการเลือกความเร็วที่เหมาะสมในการหมุน มอเตอร์พลิกโคนัท ในขณะที่มีโหลด แสดงดังรูปที่ 3.14 วัดค่าออกมาได้ 0.3 กิโลกรัม ซึ่งค่าที่ได้จะนำมาหาค่าของ แรงบิดมอเตอร์ กำลังของมอเตอร์ และภาระโหลดที่มอเตอร์สามารถรับได้มอเตอร์ไปพลิกกลับด้านทอด



รูปที่ 3.14 มอเตอร์ใช้สำหรับกระบอกหยอดแป้ง

ทางผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าของน้ำหนักรวมทั้งหมดที่มอเตอร์ต้องรับภาระในการกลับด้านและตักขนมขึ้นจากหม้อทอดดังนี้

- 1) น้ำหนักใบพัดทั้งหมด 160 กรัม
- 2) น้ำหนักแป้ง 2 ช้อน 40 กรัม
- 3) น้ำหนักเป็นลูกเบียร์ กับคันโยกใบพัด 100 กรัม

การคำนวณหาแรงบิดมอเตอร์

$$\text{จากสมการ(2.3)} \quad T = F \times r$$

$$\begin{aligned} F &= 0.3 \text{ กิโลกรัม} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \\ &= 2.94 \text{ นิวตันเมตร} \end{aligned}$$

$$r = 0.08 \text{ เมตร (รัศมีมูเลย์)}$$

$$T = 2.94 \times 0.08$$

$$\therefore \text{แรงบิดมอเตอร์} = 0.2352 \text{ นิวตันเมตร}$$

การกดหยอดแป้งในแต่ละครั้งใช้เวลาเฉลี่ยที่ 3 วินาที/ครั้ง จากการจับเวลาจากการกดหยอดแป้งแบบเดิมโดยใช้อีกทอดดังนั้นความเร็วรอบของมอเตอร์ใน 1 นาที จึงเลือกใช้คือ 10 รอบ/นาที

การคำนวณหากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์

$$\text{จากสมการ(2.6)} \quad P = (2\pi TN)$$

$$T = 0.2352 \text{ นิวตันเมตร}$$

$$N = 10 \text{ รอบ/นาที}$$

$$P = (2\pi \times 0.2352 \times 10)$$

$$= 14.770 \text{ วัตต์}$$

แปลงแรงบิดมาเป็นน้ำหนักที่มอเตอร์สามารถหุ้ได้

$$\text{จากสมการ(2.4)} \quad F = (\text{torque}/9.8) \times r$$

$$\text{Torque} = 0.2352 \text{ นิวตันเมตร}$$

$$r = 0.08 \text{ เมตร (รัศมีมูเลย์)}$$

$$F = (0.2352/9.8) \times 0.08$$

$$\therefore \text{ มอเตอร์รับภาระขับโหลด} = 0.192 \text{ กิโลกรัม}$$

จากผลการคำนวณน้ำหนักที่มอเตอร์ต้องรับภาระคือ 0.192 กิโลกรัม ทางกลุ่มจึงได้เลือกใช้มอเตอร์เกียร์กระแสตรง 12 โวลต์ 20 วัตต์ หมุน 10 รอบ/นาที ที่สามารถรับโหลดได้ตั้งแต่ 1 กิโลกรัม ถึง 2 กิโลกรัม ซึ่งมีขายตามท้องตลาดเพื่อความเหมาะสม ดังรายละเอียดรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 มอเตอร์ที่ใช้กับชุดใบพัดกลับด้านและดักขนมโดนัท [20]

3.2.4 อัตราค่าสิ้นเปลืองไฟฟ้าหาได้จาก

เมื่อเปิดเครื่องทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมงสามารถคำนวณอัตราสิ้นเปลืองไฟฟ้าจากอุปกรณ์ที่ใช้ได้ดังนี้

1) ขนาดมอเตอร์หัวหยอดแป้ง 25 วัตต์ ขนาดมอเตอร์ใบพัดกลับด้านใช้กำลังไฟฟ้า

ขนมใช้กำลังไฟฟ้า 20 วัตต์ ฮีตเตอร์ใช้กำลังไฟฟ้า 3,000 วัตต์

$$\text{กำลังไฟฟ้ารวม} = 25 + 20 + 3,000 = 3.035 \text{ กิโลวัตต์}$$

$$\text{อัตราสิ้นเปลือง} = \text{กิโลวัตต์} \times 1 \text{ ชั่วโมง}$$

$$= 3.035 \text{ หน่วย}$$

3.3 อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร PLC

ผู้วิจัยเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องจักร เพราะปัจจุบันมีการนิยมนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมเนื่องจากมาจากข้อดีของ PLC เมื่อเทียบกับการใช้รีเลย์แบบเก่า คือขนาดของระบบเล็กลง ใช้โปรแกรมแทนการเดินสาย เปลี่ยนแปลงลักษณะการควบคุมและขยายระบบได้ง่าย ลดเวลาในการออกแบบและการติดตั้ง มีเสถียรภาพดีกว่าการควบคุมด้วยรีเลย์ มีหน่วยอินพุต/เอาต์พุตหลายแบบและสามารถติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกได้โดยเลือกใช้ SIEMENS LOGO 12/24RC

3.3.1 คุณสมบัติของ PLC ที่ทางกลุ่มนำมาใช้ คือ

- 1) ใช้ควบคุมการทำงานของมอเตอร์หัวหยอดแป้งและมอเตอร์ใบพัดกลับด้านขนมโดนัท
- 2) ใช้ทำงานร่วมกับอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ
- 3) ใช้โปรแกรม Simulation สำหรับทดสอบการทำงานบนคอมพิวเตอร์ก่อนทำงานจริงทำให้ลด ความผิดพลาดในการทำงาน
- 4) นำมาใช้แทนอุปกรณ์รีเลย์เพื่อตั้งเวลาการทำงานของมอเตอร์