

ออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติ

Design and Construction of an Automatic Grill Machine

จิระศักดิ์ สิ้นสุขอุดมชัย*, ชนภณ โคธิเสน และ สมชัย จิรรุ่งโรจน์กุล

19/1 ถนนเพชรเกษม แขวง หนองค้างพลู เขต หนองแขม กรุงเทพมหานคร รหัสไปรษณีย์ 10160

สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

* ติดต่อ : jirasaks@sau.ac.th, 0819435756

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและออกแบบสร้างเครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติ สำหรับใช้ย่างวัตถุดิบประเภทเนื้อสัตว์ เช่น ไก่ หมู กุ้ง และปลา ตัวเครื่องมีขนาด 50 x 100 x 130 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) ใช้ตะแกรงสำหรับหนีววัตถุดิบ ซึ่งควบคุมการหมุนด้วยมอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) ขนาด 220 V 50 Hz ขนาดกำลังไฟฟ้า 60 W ในส่วนของระบบความร้อน เลือกใช้ฮีตเตอร์สแตนเลสแบบท่อกลมขนาด 1,500 วัตต์ จำนวน 4 ตัว ควบคุมการตัดต่อวงจรทำความร้อนด้วยแมกเนติกคอนแทคเตอร์ และควบคุมอุณหภูมิด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ รุ่น PNC C100FK02-V ที่ทำงานร่วมกับเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค ผลการทดสอบพบว่าเครื่องสามารถควบคุมอุณหภูมิโดยอัตโนมัติได้สูงถึง 300 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถปรับตั้งค่าให้เหมาะสมกับวัตถุดิบที่นำมาปิ้งย่างได้

คำหลัก: เครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติ, การควบคุมอุณหภูมิ, ฮีตเตอร์ไฟฟ้า, มอเตอร์เกียร์, เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค

Abstract

The objective of this research is to study, design, and construct an automatic grilling machine for grilling meat products such as chicken, pork, shrimp, and fish. The machine dimensions are 50 x 100 x 130 cm (W x L x H). It utilizes a grilling rack for clamping raw materials, which is rotated by a gear motor (220 V, 50 Hz, Rated Power 60 W). For the heating system, four 1,500 Watts round tube stainless steel heaters were selected as the heat source. The heating circuit is controlled by a magnetic contactor, while the temperature is regulated using a temperature controller (Model PNC C100FK02-V) working in conjunction with a Type K thermocouple. The experimental results indicated that the machine could automatically control the temperature up to 300 degrees Celsius, which can be adjusted to suit the specific raw materials being grilled.

Keywords: Automatic Grilling Machine, Temperature Control, Electric Heater, Gear Motor, Type K Thermocouple

1. บทนำ

ในปัจจุบันอาหารประเภทปิ้งย่างได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยจากข้อมูลสถิติพบว่าผู้บริโภคในช่วงอายุ 15-35 ปี นิยมรับประทานอาหารประเภทนี้สูงถึงร้อยละ 70 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณความต้องการบริโภคเนื้อสัตว์สำหรับการปิ้งย่าง เช่น หมู และไก่ ที่มีปริมาณรวมกันมากกว่า 4.5 ล้าน ตันต่อปี อย่างไรก็ตาม การปิ้งย่างด้วยเตาถ่านแบบเดิมมีข้อจำกัดด้านการควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ ส่งผลให้อาหารอาจสุกไม่สม่ำเสมอหรือเกิดการไหม้เกรียม ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพและสารก่อมะเร็งจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ [1] นอกจากนี้ การควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการต่าง ๆ จำเป็นต้องอาศัยการควบคุมอุณหภูมิที่แม่นยำเพื่อให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการ [2] การเลือกใช้เทคโนโลยีการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ ด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบดิจิทัล (Digital Temperature Controller) [3] จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการการควบคุมความร้อนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จากปัญหาและความสำคัญดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิศวกรรมไฟฟ้ามาพัฒนา เครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติ โดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนผ่านฮีตเตอร์สแตนเลส และใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินงานวิจัยและออกแบบเครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติ ผู้วิจัยได้ศึกษาทฤษฎีและคุณสมบัติของอุปกรณ์หลักเพื่อให้ระบบทำงานสัมพันธ์กันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีรายละเอียดดังนี้

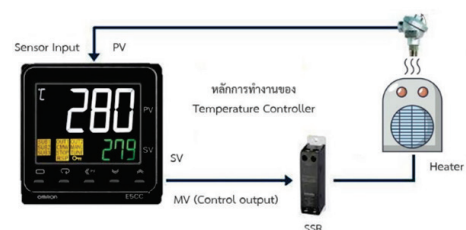
2.1 ฮีตเตอร์(Heater) [4] เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นความร้อนผ่านขดลวดตัวนำที่มีความต้านทานสูง นิยมใช้ทั้งในงานอุตสาหกรรมและเครื่องใช้ในครัวเรือน ฮีตเตอร์ที่นิยมใช้งานมีหลายชนิด เช่น 1) ฮีตเตอร์แบบอินฟราเรด (Infrared Heater) มีข้อดีคือทำความร้อนได้รวดเร็ว แต่อาจมีข้อเสียคือเปราะบางแตกหักง่าย 2) ฮีตเตอร์แบบครีป (Finned Heater) มี

ข้อดีคือกระจายความร้อนสู่อากาศได้ดี แต่ใช้พื้นที่ในการติดตั้งมากกว่า และ 3) ฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater) นอกจากนี้ฮีตเตอร์มาตรฐานควรผ่านการทดสอบค่าความเป็นฉนวนที่แรงดันไม่ต่ำกว่า 1500 VDC และมีค่าความต้านทานฉนวนไม่น้อยกว่า 500 เมกะโอห์ม เพื่อความปลอดภัยและป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่วไหลขณะใช้งานแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ลักษณะฮีตเตอร์แบบต่างๆ

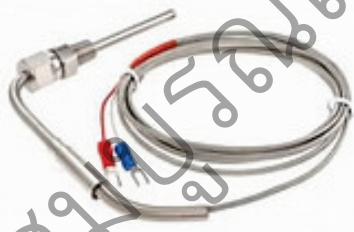
2.2 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) [5] เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปรียบเทียบกับอุณหภูมิที่วัดได้จริงจากเซ็นเซอร์ กับค่าเป้าหมายที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ (Set Point) โดยอาศัยหลักการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback Control) เพื่อรักษาความร้อนให้คงที่ รูปที่ 2 แสดงการทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เมื่อมีสัญญาณอินพุตจากเทอร์โมคัปเปิลหรืออาร์ทีดี (RTD) ระบบจะนำมาประมวลผลผ่านอัลกอริทึมการควบคุม เช่น แบบเปิด-ปิด (ON-OFF Control) หรือแบบพีไอดี (PID Control) เพื่อส่งสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมอุปกรณ์เช่น แมกเนติกคอนแทคเตอร์หรือโซลิดสเตตรีเลย์ทำหน้าที่ตัดต่อการทำงานให้กับฮีตเตอร์ทำให้ระดับอุณหภูมิอยู่ในย่านที่ต้องการ การเลือกวิธีการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสม จะช่วยลดการแกว่งของอุณหภูมิในสภาวะคงตัว และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิ



รูปที่ 2 แสดงระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

2.3 เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ ชนิดเค

(Thermocouple Type K) [6] เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิมีหลายประเภทเพื่อความเหมาะสมกับช่วงอุณหภูมิที่ใช้ งาน เช่น ชนิด J (Type J) เหมาะกับอุณหภูมิปานกลาง แต่เกิดสนิมได้ง่าย, ชนิด T (Type T) มีความแม่นยำสูงในอุณหภูมิต่ำและเซ็นเซอร์ที่ผู้วิจัยเลือกใช้ในระบบนี้คือ เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (Type K) โครงสร้างประกอบด้วย โลหะต่างชนิดกันคือ โครเมิล (Chromel) และอลูเมล (Alumel) เชื่อมปลายเข้าด้วยกัน เมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิจะเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าตามหลักการของ Seebeck Effect ส่งกลับไปยังเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เซ็นเซอร์ชนิดนี้มีความเหมาะสมเนื่องจากมีช่วงการวัดที่กว้างย่านการวัดอุณหภูมิ 0 - 1,350 °C และมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่มีความร้อนสูงภายในเครื่องปิ้งย่าง แสดงดังในรูปที่ 3



รูปที่ 3 เทอร์โมคัปเปิลชนิดเค (Type K)

2.4 มอเตอร์เกียร์และชุดควบคุมความเร็ว (Gear Motor and Speed Control) [7]

เพื่อให้วัตถุดิบได้รับความร้อนสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้น และป้องกันการไหม้เกรียม จึงติดตั้งชุดขับเคลื่อนตะแกรงอย่างด้วยมอเตอร์เกียร์ ที่มีอัตราทดสูงเพื่อให้ได้แรงบิดที่เหมาะสมในการหมุนตะแกรง ทำงานร่วมกับชุดควบคุมความเร็ว (Speed Control) ที่ช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถปรับรอบการหมุน ให้ช้าหรือเร็วได้ตามประเภทของอาหาร เช่น เนื้อหมู หรือปลา เพื่อผลลัพธ์การปิ้งย่างที่ดีที่สุด แสดงดังในรูปที่ 4

3. การออกแบบระบบควบคุมความร้อนและวงจรไฟฟ้า (Thermal Control System and Electrical Circuit Design)



รูปที่ 4 ชุดมอเตอร์เกียร์และชุดควบคุมความเร็วรอบระบบควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วยฮีตเตอร์สแตนเลสแบบท่อกลมขนาด 1,500 วัตต์ จำนวน 4 ตัว ติดตั้งในลักษณะขนานข้างตะแกรงเพื่อแผ่ความร้อนแบบกระจายตัว ในส่วนของวงจรควบคุม (Control Circuit) ได้ออกแบบการต่อใช้งานดังนี้

3.1 ฮีตเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater) แสดง

ในรูปที่ 5 ได้เลือกใช้แบบสแตนเลส 304 ขนาด 288 x 420 มิลลิเมตร กำลังไฟ 1500 W , แรงดัน 220 V , กระแสไฟฟ้า 6.81 A จำนวน 4 ตัว โดยนำมาเป็นแหล่งกำเนิดความร้อน การคำนวณหา กำลังไฟของฮีตเตอร์จากสมการ [8]

$$kW = \frac{CF \times \Delta T (^\circ F)}{3000 \times \text{Heatup time (hr)}} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้:

ปริมาตรตุ๋น (CF) = 8.82 ft³

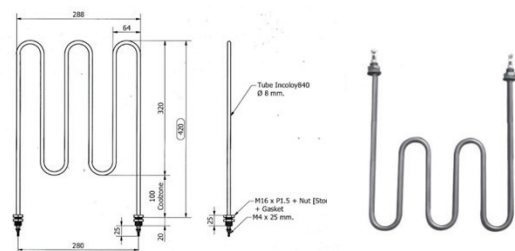
ผลต่างอุณหภูมิที่ต้องการ (ΔT) = 572°F – 77°F

ระยะเวลาทำความร้อน (Heat-up time) = 0.25 ชม.

แทนค่าในสมการ

$$kW = \frac{8.82 \text{ ft}^3 \times (572^\circ\text{F} - 77^\circ\text{F})}{3000 \times 0.25} = 5.82 \text{ kW}$$

≈ 6 kW



รูปที่ 5 ฮีตเตอร์แบบสมบูร์นที่ใช้งาน

3.2 ระบบขับเคลื่อน โดยการเลือกขนาด

มอเตอร์และอัตราทดได้จากการคำนวณภาระโหลดของตะแกรงปิ้งย่างและน้ำหนักวัตถุดิบรวมสูงสุดที่ 10 กิโลกรัม รัศมีการหมุน 0.2 เมตร ซึ่งต้องการแรงบิดขับเคลื่อนที่คำนวณได้จากสมการ $T = (F)(r)$ เมื่อเผื่อค่าความปลอดภัย (Safety Factor) แล้วจึงเลือกใช้มอเตอร์เกียร์ ขนาด 220 V 50 Hz ขนาดกำลังไฟฟ้า 60 W ความเร็วรอบ 9 – 135 rpm ที่ให้แรงบิดสูงสุด 3.29 นิวตัน-เมตร พร้อมชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ โดยนำมาใช้ในการหมุนตะแกรงปิ้งย่าง พร้อมชุดควบคุมความเร็ว เพื่อรองรับน้ำหนักของวัตถุดิบและปรับความเร็วรอบให้เหมาะสมกับประเภทเนื้อสัตว์ แสดงดังในรูปที่ 6



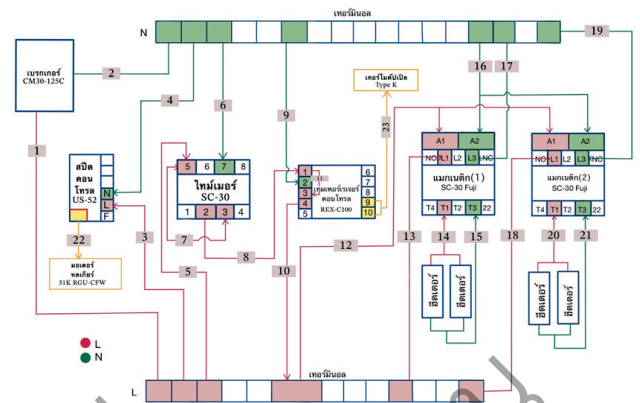
รูปที่ 6 ชุดมอเตอร์ที่นำมาขับเคลื่อนให้หมุน

3.3 วงจรกำลัง (Power Circuit) ใช้เบรกเกอร์

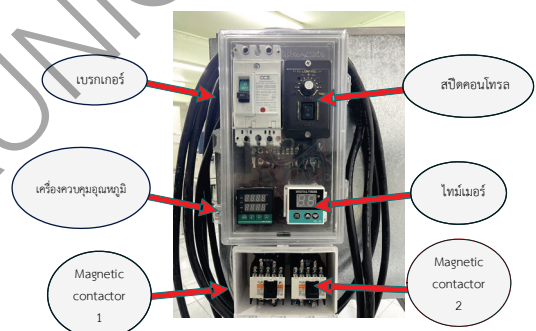
ควบคุมการจ่ายไฟไปยังแมกเนติกคอนแทคเตอร์ เพื่อสลับการทำงานของฮีตเตอร์

3.4 วงจรควบคุม (Control Circuit) เชื่อมต่อ

เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (REX-C100) เข้ากับเทอร์โมคัปเปิลชนิดเค เพื่อตรวจจับอุณหภูมิภายในเตาและส่งสัญญาณสั่งงานคอยล์ของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ วงจรควบคุมเครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติแสดงดังในรูปที่ 7 เมื่อระบบได้รับแรงดันไฟฟ้า อุปกรณ์ตั้งเวลา (Timer) จะเริ่มนับเวลาตามค่าที่ผู้ใช้งานกำหนด เพื่อกำหนดช่วงเวลาการทำงานรวมของระบบ จากนั้นสัญญาณจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Controller) เพื่อเริ่มกระบวนการควบคุมตามค่าอุณหภูมิเป้าหมาย (Set Value) โดยตัวควบคุมจะสั่งการให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) ทำงาน เพื่อจ่ายกำลัง



รูปที่ 7 วงจรควบคุมเครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติ ไฟฟ้าให้แก่ชุดฮีตเตอร์ในการแผ่รังสีความร้อนเข้าสู่ตู้เครื่องปิ้งย่าง ในระหว่างการทำงานเทอร์โมคัปเปิลจะตรวจวัดอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิภายในถึงค่าที่กำหนด ระบบจะสั่งตัดการทำงานของฮีตเตอร์ และหากอุณหภูมิลดต่ำกว่าค่าที่กำหนด เครื่องควบคุมอุณหภูมิที่มีการตั้งค่าควบคุมแบบเปิด-ปิด (ON-OFF Control) จะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงาน เพื่อรักษาความร้อนให้คงที่ในลักษณะการทำงานแบบเปิด-ปิด ไปอย่างต่อเนื่อง จนกระทั่งสิ้นสุดระยะเวลาที่ปรับตั้งไว้ในอุปกรณ์ตั้งเวลา ระบบจึงจะหยุดการทำงานทั้งหมด รูปที่ 8 แสดงแผนควบคุม

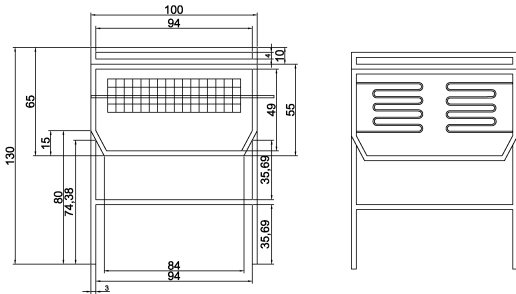


รูปที่ 8 แสดงแผนควบคุมการทำงาน

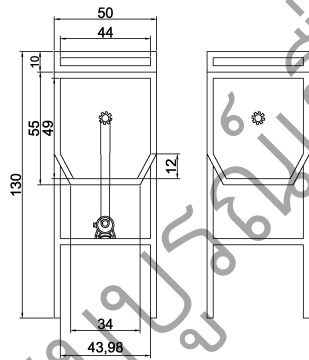
3.5 การออกแบบโครงสร้าง (Structural design)

ออกแบบโครงสร้างเครื่องโดยเน้นความแข็งแรงและความปลอดภัยด้านสุขอนามัย โดยเลือกใช้สแตนเลสเกรด 304 ซึ่งทนทานต่อการกัดกร่อนและไม่เป็นสนิม ตัวเครื่องมีขนาดความกว้าง 50 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร และสูง 130 เซนติเมตร ภายในติดตั้งตะแกรง

สำหรับหีบวัตถุดิบที่สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้ ด้านล่างออกแบบให้มีถาดรองรับน้ำมันจากการปิ้งย่าง เพื่อความสะดวก แสดงดังในรูปที่ 9 - 12



รูปที่ 9 แสดงขนาดต่างๆภาพด้านข้างและภาพด้านหน้า



รูปที่ 10 แสดงขนาดต่างๆภาพด้านหน้า



รูปที่ 11 แสดงตะแกรงภายในตัวเครื่อง



รูปที่ 12 แสดงตัวเครื่องเสร็จสมบูรณ์

4. การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 ในขณะให้เครื่องทำงานตัวเปล่า (No Load) ได้ทำการทดสอบโดยตั้งค่าอุณหภูมิไว้ที่ 100 และ 300 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 1 - 2 ตารางที่ 1 ตารางบันทึกผลการทดลองที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระแสไฟฟ้า ที่ป้อนให้กับตัวเครื่อง(แอมป์)	การทำงานของฮีตเตอร์
เริ่ม	35	25.60	ON
2	51	25.70	ON
3	66	25.54	ON
4	81	25.81	ON
5	97	25.50	ON
6	100	0	OFF

ตารางที่ 2 ตารางบันทึกผลการทดลองที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระแสไฟฟ้า ที่ป้อนให้กับตัวเครื่อง(แอมป์)	การทำงานของฮีตเตอร์
เริ่ม	35	25.70	ON
2	44	25.54	ON
4	69	25.50	ON
6	100	25.77	ON
8	124	25.87	ON
10	145	25.73	ON
12	163	25.64	ON
14	180	25.77	ON
16	196	25.78	ON
18	212	25.62	ON
20	227	25.61	ON
22	243	25.83	ON
24	257	25.68	ON
26	271	25.68	ON
30	295	25.77	ON
31	300	0	OFF

4.2 ในขณะปิ้งย่างวัตถุดิบต่างๆ

การที่ผู้วิจัยเลือกใช้วัตถุดิบที่มีน้ำหนักและขนาด ขึ้นแตกต่างกัน เพื่อเป็นการจำลองสภาวะการใช้งานจริง ที่ผู้บริโภคมีความหลากหลาย และเพื่อทดสอบสมรรถนะ การรับโหลดของมอเตอร์เกียร์ในสภาวะต่างๆ

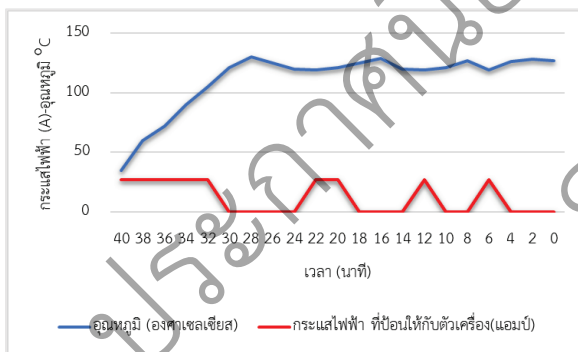
4.2.1 ผลการทดลองในตารางที่ 3 ได้จากการนำ เนื้อหมูสดสันนอก น้ำหนัก 0.395 กิโลกรัม หั่นเป็นชิ้น หนาประมาณ 1 เซนติเมตร จำนวน 6 ชิ้น ใส่ตะแกรงตั้ง อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส และตั้งเวลา 40 นาที ให้ เครื่องปิ้งย่างทำงานจนครบเวลาที่ตั้งไว้ และบันทึกผลลง ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางบันทึกผลการปิ้งย่างหมู

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระแสไฟฟ้าเข้า (A)	กระแสไฟฟ้าเข้า แมกเนติก 1 (A)	กระแสไฟฟ้าเข้า แมกเนติก 2 (A)	กระแสไฟฟ้าเข้า มอเตอร์ (A)	การทำงานของฮีตเตอร์
40	35	26.70	12.76	13.48	0.24	ON
38	60	26.76	12.76	13.48	0.24	ON
36	72	26.82	12.76	13.48	0.24	ON
34	90	26.80	12.76	13.48	0.24	ON
32	105	26.70	12.76	13.48	0.24	ON
30	121	0	0	0	0.24	OFF
28	130	0	0	0	0.24	OFF
26	125	0	0	0	0.24	OFF
24	120	0	0	0	0.24	OFF
22	119	26.77	12.76	13.48	0.24	ON
20	121	26.84	12.76	13.48	0.24	ON
18	125	0	0	0	0.24	OFF
16	129	0	0	0	0.24	OFF
14	120	0	0	0	0.24	OFF
12	119	26.78	12.76	13.48	0.24	ON
10	121	0	0	0	0.24	OFF
8	127	0	0	0	0.24	OFF
6	119	26.83	12.76	13.48	0.24	ON
4	126	0	0	0	0.24	OFF
2	128	0	0	0	0.24	OFF
0	127	0	0	0	0.24	OFF



รูปที่ 13 แสดงเนื้อหมูก่อนและหลังปิ้งย่างที่สุกถึงเนื้อใน



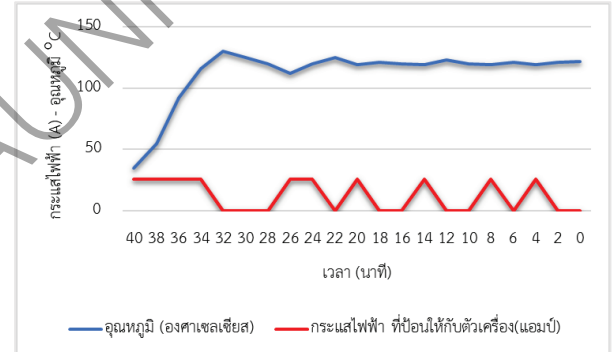
4.2.2 ผลการทดลองในตารางที่ 4 ได้จากการ นำเนื้ออกไก่ น้ำหนัก 0.435 กิโลกรัม หั่นเป็นชิ้นหนาประมาณ 1 นิ้ว จำนวน 2 ชิ้นใส่ตะแกรงตั้งอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ตั้งเวลา 40 นาที ให้เครื่องปิ้งย่างทำงานจนครบเวลาที่ตั้งไว้ และบันทึกผลลงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ตารางบันทึกผลการปิ้งย่างไก่

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระแสไฟฟ้าเข้า (A)	กระแสไฟฟ้าเข้า แมกเนติก 1 (A)	กระแสไฟฟ้าเข้า แมกเนติก 2 (A)	กระแสไฟฟ้าเข้า มอเตอร์ (A)	การทำงานของฮีตเตอร์
40	35	25.70	12.58	13.42	0.23	ON
38	55	25.93	12.58	13.42	0.23	ON
36	92	25.90	12.58	13.42	0.23	ON
34	116	25.84	12.58	13.42	0.23	ON
32	130	0	0	0	0.24	OFF
30	125	0	0	0	0.24	OFF
28	120	0	0	0	0.24	OFF
26	112	25.75	12.58	13.42	0.23	ON
24	120	25.77	12.58	13.42	0.23	ON
22	125	0	0	0	0.24	OFF
20	119	25.81	12.58	13.42	0.23	ON
18	121	0	0	0	0.24	OFF
16	120	0	0	0	0.24	OFF
14	119	25.79	12.58	13.42	0.23	ON
12	123	0	0	0	0.24	OFF
10	120	0	0	0	0.24	OFF
8	119	25.87	12.58	13.42	0.23	ON
6	121	0	0	0	0.24	OFF
4	119	25.90	12.58	13.42	0.23	ON
2	121	0	0	0	0.24	OFF
0	122	0	0	0	0.24	OFF



รูปที่ 15 แสดงเนื้อไก่ก่อนและหลังปิ้งย่างที่สุกถึงเนื้อใน



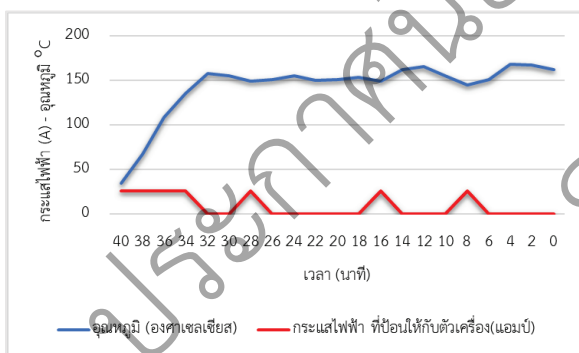
4.2.3 ผลการทดลองในตารางที่ 5 ได้จากการนำปลาห่อด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ น้ำหนัก 0.656 กิโลกรัม จำนวน 1 ตัว ใส่ตะแกรงตั้งอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ตั้งเวลา 40 นาที ให้เครื่องปิ้งย่างทำงานจนครบเวลาที่ตั้งไว้ และบันทึกผลลงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ตารางบันทึกผลการปิ้งย่างปลา

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระแสไฟฟ้า เข้า (A)	กระแสไฟฟ้า เข้าแมก เนติก 1 (A)	กระแสไฟฟ้า เข้าแมก เนติก 2 (A)	กระแสไฟฟ้า เข้ามอเตอร์ (A)	การทำงานของฮีตเตอร์
40	35	26.20	12.84	13.18	0.17	ON
38	67	26.25	12.84	13.18	0.17	ON
36	109	26.17	12.84	13.18	0.17	ON
34	135	26.09	12.84	13.18	0.17	ON
32	158	0	0	0	0.17	OFF
30	155	0	0	0	0.17	OFF
28	149	25.98	12.84	13.18	0.17	ON
26	151	0	0	0	0.17	OFF
24	155	0	0	0	0.17	OFF
22	150	0	0	0	0.17	OFF
20	151	0	0	0	0.17	OFF
18	153	0	0	0	0.17	OFF
16	149	26.18	12.84	13.18	0.17	ON
14	162	0	0	0	0.17	OFF
12	165	0	0	0	0.17	OFF
10	155	0	0	0	0.17	OFF
8	145	26.24	12.84	13.18	0.17	ON
6	151	0	0	0	0.17	OFF
4	168	0	0	0	0.17	OFF
2	167	0	0	0	0.17	OFF
0	162	0	0	0	0.17	OFF



รูปที่ 17 แสดงเนื้อปลาก่อนและหลังปิ้งย่างที่สุกถึงเนื้อใน



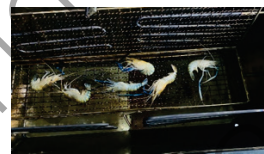
รูปที่ 18 อุณหภูมิและกระแสไฟฟ้าการปิ้งย่างปลาตามเวลาที่นับถอยหลังของชุดควบคุม

4.2.4 ผลการทดลองในตารางที่ 6 ได้จากการนำกุ้ง จำนวน 6 ตัว น้ำหนัก 0.336 กิโลกรัม ใส่ตะแกรงตั้งอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ตั้งเวลา 10 นาที ให้เครื่อง

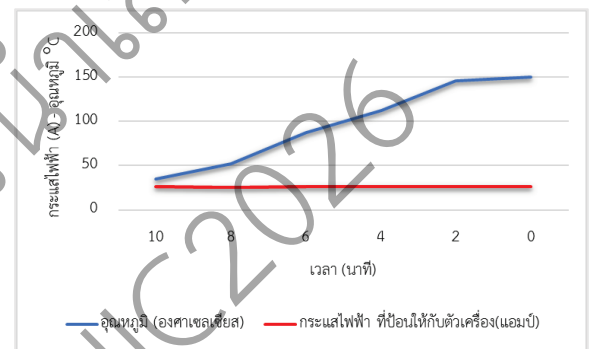
ปิ้งย่างทำงานจนครบเวลาที่ตั้งไว้ และบันทึกผลลงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ตารางบันทึกผลการปิ้งย่างกุ้ง

เวลา (นาท)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระแสไฟฟ้า เข้า (A)	กระแสไฟฟ้า เข้าแมก เนติก 1 (A)	กระแสไฟฟ้า เข้าแมก เนติก 2 (A)	กระแสไฟฟ้า เข้ามอเตอร์ (A)	การทำงานของฮีตเตอร์
10	35	26.10	12.84	13.54	0.24	ON
8	52	25.90	12.84	13.54	0.24	ON
6	87	26.00	12.84	13.54	0.24	ON
4	112	26.14	12.84	13.54	0.24	ON
2	146	26.09	12.84	13.54	0.24	ON
0	150	25.97	12.48	13.54	0.24	OFF



รูปที่ 19 แสดงเนื้อกุ้งก่อนและหลังปิ้งย่างที่สุกถึงเนื้อใน



รูปที่ 20 แสดงอุณหภูมิและกระแสไฟฟ้าการปิ้งย่างกุ้งตามเวลาที่นับถอยหลังของชุดควบคุม

5. สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองเครื่องปิ้งย่างอัตโนมัติพบว่าสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามค่าที่ตั้งไว้ โดยทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 100, 200 และ 300 องศาเซลเซียสในสถานะไม่มีโหลด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่กำหนด ตัวควบคุมอุณหภูมิจะสั่งให้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ตัดการทำงานของฮีตเตอร์ และอุณหภูมิภายในเครื่องปิ้งย่างจะเพิ่มขึ้นจากความร้อนสะสมก่อนจะลดลงเข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้ จากนั้นระบบจะสั่งให้ฮีตเตอร์ทำงานแบบเปิด-ปิดเพื่อรักษาอุณหภูมิให้คงที่ในส่วนการทดลองในการปิ้งย่าง พบว่าเครื่องสามารถปิ้งย่าง

วัตถุดิบประเภทดังนี้ หมู ไก่ ปลาและกุ้ง ได้อย่างดี โดย หมูและไก่ใช้เวลาในการปิ้งย่าง 40 นาที ที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ปลาใช้เวลา 40 นาที ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และกุ้งใช้เวลา 10 นาที ที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าเครื่องปิ้งย่าง ที่สร้างขึ้นนี้สามารถรักษาอุณหภูมิการทำงานได้อย่าง ต่อเนื่องเมื่อพิจารณาถึงความคุ้มค่า (Cost-effectiveness) พบว่าเครื่องปิ้งย่างอัตโนมัตินี้มีข้อ ได้เปรียบเหนือเตาถ่านหรือเตาปิ้งย่างทั่วไป เนื่องจากระบบควบคุมอุณหภูมิแบบตัดต่ออัตโนมัติช่วยประหยัด การใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ พื้นที่ตะแกรงขนาดใหญ่และระบบมอเตอร์ขับเคลื่อน ยัง ช่วยให้สามารถย่างวัตถุดิบได้ครั้งละปริมาณมากๆ ลด ภาระแรงงานคนในการพลิกกลับด้านเนื้อสัตว์ และ เครื่อง ปิ้งย่างนี้ทำให้อาหารสุกทั่วถึงทั้งชิ้นโดยไม่ไหม้เกรียม จึง มีคุณภาพและมาตรฐานด้านสุขอนามัยที่เหมาะสมต่อการ นำไปใช้งานจริง ในการนำไปต่อยอดสร้างในเชิงพาณิชย์ ที่มีต้นทุนในการสร้างเครื่องในราคาที่ไม่แพง

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการช่วยเหลือและ สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] TruePlookpanya. (2563). การถายโอนความร้อน, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.trueplookpanya.com/learning/detail/33069>, เข้าดูเมื่อวันที่ 20/09/2566.
- [2] ประยงค์ มีแจ้ง (2558). ทฤษฎีเครื่องมือวัดและการ ควบคุมอุณหภูมิในงานอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์สกายบุ๊กส์.
- [3] RKC Instrument Inc. (n.d.). REX- C100/C400/C410/C700/C900 Instruction Manual, URL:<http://www.rkcinst.com>, access on 01/05/2568.
- [4] Pomew. (2565). หลักการทำงานของฮีตเตอร์, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.pomew.com/about-us/>, เข้าดูเมื่อ วันที่ 13/09/2566.
- [5] Sangchaimeter. (2563). เทมเพอร์เรเจอร์ คอนโทรล, [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.sangchaimeter.com/article/46MD-A-DIGICON>, เข้าดูเมื่อวันที่ 01/10/2566.
- [6] Aball Techno. (2560). หลักการและทฤษฎีของ เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple), [ระบบออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.aballtechno.com>, เข้าดู เมื่อวันที่ 14/09/2566.
- [7] Sun Robotics. (2563). Speed Control, [ระบบ ออนไลน์], แหล่งที่มา <https://www.sunrobotics.co.th/th/products/150046-speedcontrol>, เข้าดูเมื่อวันที่ 02/10/2566.
- [8] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2561). การออกแบบระบบ ไฟฟ้า (Electrical System Design), พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ประวัติผู้เขียนบทความ



ผศ. จิระศักดิ์ สิ้นสุขอุดมชัย
อาจารย์ประจำ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



อ.ธนภณ โคธิเสน
อาจารย์ประจำ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์



อ.สมชัย จิรรุ่งโรจน์กุล
อาจารย์ประจำ
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า