

เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ Healthy Semi Automatic Grill Machine

ธีรพงศ์ บริรักษ์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย

200 ม.1 ถ.รังสิต – นครนายก ต.รังสิต อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110

Theerapong Borirak

Faculty of Engineering, Eastern Asia University

200 m.1 Rangsit - Nakornnayok, Rangsit, Thanyaburi, Pathumtani, 12110

E-mail: t_borirak@eau.ac.th

(Received: September 9, 2019; Accepted: October 29, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตอาหารปิ้งย่าง ลดการเกิดควันและกลิ่นรบกวนจากการผลิตอาหารปิ้งย่าง โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ โครงสร้างภายในและภายนอกทำจากสแตนเลสชนิด 304 ขนาดกว้าง 60 cm ยาว 90 cm และสูง 450 cm ระบบการให้ความร้อนในการปิ้งใช้อินฟราเรดฮีตเตอร์พร้อมคอมสัทอน จำนวน 4 แท่ง กำลังไฟรวม ,2400 W ขับเคลื่อนชุดโซ่ลำเลียงด้วยมอเตอร์และใช้โซ่ลำเลียงทำจากสแตนเลสชนิด 304 พร้อมติดตั้งชุดหนีบไม้ ในการลำเลียงเนื้อสัตว์เพื่อทำการปิ้งระบบโซ่ลำเลียงจะมีลักษณะการหมุนเคลื่อนที่เป็นลักษณะวงรี เคลื่อนที่ผ่านอินฟราเรดฮีตเตอร์ในลักษณะที่ไม่เสียบแว่นบนชุดโซ่ลำเลียงตั้งฉากกับพื้นโลกและให้ชุดอินฟราเรดฮีตเตอร์วางขนานกับไม้เสียบทำให้ไม่เกิดควันจากการปิ้ง เมื่อคุณภาพเนื้อสัตว์ได้ตามต้องการจะมีชุดปลดไม้เสียบทางออกปลดให้ผลิตภัณฑ์ถูกส่งมาในช่องเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปจัดจำหน่าย ในการทดสอบทำการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ต้นกำลังที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ได้แก่ 0.32, 0.24 และ 0.19 รอบต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์ระหว่าง 210 - 240°C ใช้วัตถุดิบในการทดสอบ 5 ตัวอย่าง ได้แก่ เนื้อหมูหมักซอส เนื้อหมูหมักนมสดและซอส หมูสะเต๊ะ เนื้อไก่ และเนื้อวัว เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติมีอัตราการผลิตเนื้อสัตว์ปิ้งได้ตั้งแต่ 80 - 500 ไม้ต่อชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดและน้ำหนักต่อไม้ของเนื้อสัตว์ที่ปิ้ง ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 kWh สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้ร้อยละ 13.4 เมื่อเทียบกับการใช้ถ่านไม้ในการผลิต

คำสำคัญ: เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ อินฟราเรดฮีตเตอร์ ประสิทธิภาพเชิงความร้อน

ABSTRACT

The objective of this research aimed to develop low smoke and scent roasting food process by design and fabricate a healthy semi - automatic grill machine. The machine made by 304 stainless steel with dimension of 60 cm width, 90 cm length and 45 cm height. In the machine installed 4 sets of infrared heaters with the reflector total electrical power 2,400 W of the infrared heaters. A stainless chain conveyor with the jigs used for carrying roasted meat sticks. The chain conveyor transports meat to grill. The chain conveyor system features elliptical motion pass infrared heaters roasted meat sticks. The chain conveyor is set perpendicular to the ground and a series of infrared heaters are placed parallel to roasted meat sticks the prevent the smoke from the grill. The sticks of meat are released from the chain conveyer to the tray to distribute products after grill process. The machine used the 12 V DC motor for driving the conveyor gear 3 revolution speeds 0.32 rpm, 0.24 rpm and 0.19 rpm. The infrared heater temperature control is set at 210 - 240°C. The 5 samples of materials for testing are pork with sauce, pork with milk and sauce, pork satay, chicken and beef. The thermal efficiency depends on the size and weight of the meat. The healthy semi - automatic grill machine can make production rate 80 – 500 pieces of grill meat per hour. The average electricity consumption of the machine is 2.21 kWh. The machine can reduce energy costs by 13.4 percent compared to the use of charcoal production.

Keyword: Healthy Semi – Automatic Grill Machine, Infrared Heater, Thermal Efficiency

1. บทนำ

ในปัจจุบันอาหารประเภทปิ้งย่างเป็นอาหารจานด่วนที่นิยมรับประทาน โดยการรับประทานอาหารปิ้งย่างหรืออาหารรมควันเป็นประจำจะมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารอันตราย 3 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ สารไนโตรซามีน (nitrosamines) ที่พบในปลาหมึกย่าง ปลาทะเลย่าง และอาหารที่ใส่สารไนเตรต ซึ่งเป็นสารกันบูด เช่น แหนม ไส้กรอก เบคอน แฮม เป็นต้น สารพัยโรลัยเซต (Pyrolysates) พบมากในส่วนที่ไหม้เกรียมของอาหาร ปิ้งย่าง และสารพีเอเอช หรือสารกลุ่มโพลีไซคลิก อะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic aromatic hydrocarbon : PAHs) เป็นสารเริ่มต้นของสารกลายพันธุ์ (Premutagen) และสารเริ่มต้นของสารก่อมะเร็ง (Precarcinogen) ซึ่ง

เป็นสารชนิดเดียวกับที่ควันไฟไอเสียของเครื่องยนต์ ควันบุหรี่ และเตาเผาเชื้อเพลิงในโรงงานอุตสาหกรรม

สารพิษทั้ง 3 ชนิดนี้ เกิดขึ้นขณะการปิ้งย่างอาหาร เพราะไขมันหรือน้ำมันจะหยดลงบนเตาไฟ ทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และก่อให้เกิดสาร PAHs ลอยขึ้นมาพร้อมเขม่าควันเกาะที่บริเวณผิวของอาหาร และพบในปริมาณมาก ถ้าปิ้งย่างจนไหม้เกรียม หากรับประทานเป็นประจำจะมีโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง โดยเฉพาะมะเร็งตับ ซึ่งจากสถิติขององค์การอนามัยโลก (WHO) พบว่าในปี 2553 มีผู้ป่วยมะเร็งตับในประเทศไทย 23,410 ราย และเสียชีวิต 20,334 ราย คิดเป็นอัตราการเสียชีวิต 55 คนต่อวัน หรือ 2 คนต่อชั่วโมง

สำหรับเทคโนโลยีในการผลิตอาหารประเภทปิ้งย่างมีการพัฒนากระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องเพื่อตอบสนองวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์จากการศึกษาทบทวนผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ชีรพงศ์ บริรักษ์ [1] ได้พัฒนากระบวนการผลิตหมูปิ้งเพื่อลดควันและกลิ่นรบกวนจากการผลิตหมูปิ้ง โดยทำการออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งหมูกึ่งอัตโนมัติ ทำจากสแตนเลส 304 ขนาดกว้าง 70 cm ยาว 60 cm และสูง 110 cm ระบบการให้ความร้อนในการปิ้งใช้อินฟราเรดฮีตเตอร์จำนวน 4 แท่ง กำลังไฟฟารวม 2,150 W ขับเคลื่อนชุดโซ่ลำเลียงด้วยมอเตอร์ขนาด 8 W 12V DC ใช้โซ่ลำเลียงพร้อมติดตั้งชุดหนีบไม้ทำจากสแตนเลสในการลำเลียงหมูปิ้ง โดยทำการควบคุมมอเตอร์ต้นกำลังที่ความเร็วรอบ 3 ระดับ ได้แก่ 0.16, 0.2, 0.24 รอบ/นาที ควบคุมอุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์ระหว่าง 210 – 220°C จากการทดสอบความเร็วรอบที่เหมาะสมของชุดลำเลียงอยู่ที่ 0.2 รอบต่อนาที สามารถผลิตหมูปิ้งได้สูงสุดเฉลี่ย 450 ไม้ต่อชั่วโมงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเท่ากับ 32%

อนุชัย วรรณจิตผ่องใส และคณะ [2] ได้ออกแบบและสร้างการออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งย่างเอนกประสงค์ ทำจากเหล็กชุบ ระบบการให้ความร้อนในการปิ้งใช้ฮีตเตอร์ โดยวางไม้เสียบในแนวนอนและติดตั้งฮีตเตอร์ด้านใต้ ระบบในการใส่ไม้ปิ้งและปลดไม้ปิ้งยังคงใช้แรงงานจากคน ทำการทดสอบโดยปิ้งผลิตภัณฑ์ได้แก่ ลูกชิ้น ไส้กรอก หมูปิ้ง หมูสะเต๊ะ ปีกไก่ และปลาหมึก ใช้เวลาในการผลิตระหว่าง 4 – 6 นาทีและใช้อุณหภูมิในการปิ้งย่างตั้งแต่ 100 – 250°C ขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์

ธนิต ภัคธนาเดชาพันธ์ [3] ได้ออกแบบและสร้างเตापิ้งย่างเพื่อสุขภาพสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการปิ้งย่าง โดยอาศัยหลักการแผ่รังสีความร้อนจากหลอดความร้อนไฟฟ้า แล้วเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนด้วยหลอดนิโครม ขนาด 1000 W โดยจัดวางชุดเสียบไม้ปิ้งหมูให้ไม้เสียบวางในแนวแกนตั้ง และติดตั้งอยู่ตรงกึ่งกลางของเครื่องและติดตั้งชุดฮีตเตอร์โดยรอบ ผลการทดลองใช้งานเตापิ้งย่างเพื่อสุขภาพสามารถปิ้ง-ย่างได้สะดวกและเร็ว

ลดควัน ลดการไหม้ของเนื้อในการปิ้งย่าง 1 รอบจะปิ้งย่างได้ 16 ไม้ โดยมีข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขใช้วัสดุอื่นที่ทนความร้อนได้สูงและไม่ทำให้ตัวเครื่องร้อน ออกแบบการจัดวางหลอดความร้อนให้อยู่ในระดับใกล้กับเนื้อมากขึ้น

ธีรศาสตร์ คณาศร และคณะ [4] ได้พัฒนาเตาอบย่างไก่อด้วยความร้อนจากเตาถ่านโดยใช้เทคนิคการสะสมความร้อนจากเตาถ่านในห้องอบย่างไก่อที่ออกแบบใช้ถังเหล็ก ขนาดความจุ 200 ลิตร มีขนาดความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลาง 58 cm และความสูง 140 cm พื้นด้านล่างเจาะเป็นช่องวงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 cm สำหรับวางเตาถ่านส่วนด้านบนมีฝาปิดเท่ากับขนาดความกว้าง 60 cm ภายในห้องอบมีราวเหล็กเป็นชั้นวางอบย่างไก่อมีระยะห่างจากผนัง 10 cm จำนวน 2 ชั้น เว้นระยะห่างแต่ละชั้นๆ ละ 30 cm ก่อนทดสอบนำตัวอย่างไก่ไปวางแขวนในห้องอบ แล้วจุดเตาถ่านไฟให้ติดเตาถ่านใช้ชนิดไม้ยูคาลิปตัส 1 kg จากนั้นทดสอบอบย่างไก่อแบบหิบบนไม้ที่แขวนบนชั้นๆ วางละ 4 ตัว ผลการทดสอบอบย่างไก่อพบว่าเตาอบย่างมีประสิทธิภาพเชิงความร้อน 31% อบย่างไก่อด้วยอุณหภูมิที่มากที่สุดอยู่ในช่วง 270 - 320°C

คมสันต์ แร้งจบ และกาญจนา นาคะพินธุ [5] ได้ทำการศึกษา การกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่เกิดจากกิจกรรมประเภทปิ้งย่างจากผลการศึกษา พบว่ามีปริมาณอนุภาคขนาดเล็กกว่า 10 μm ในบรรยากาศทั่วไป ในปริมาณที่สูงใน ช่วงเวลาที่มีการปิ้งย่าง โดยเฉพาะกิจกรรมการปิ้งย่างอาหารที่มีปริมาณไขมันสูง เช่น ไก่ย่าง และหมูปิ้ง และพบว่าปริมาณ ของอนุภาคจากการปิ้งย่างมีค่าลดลงเมื่อมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมควัน ได้แก่ พัดลมดูดควันและครอบดูดควัน (Hood) ดังนั้นควรมีการส่งเสริมให้ร้านค้าที่มีกิจกรรมปิ้งย่างมีการใช้อุปกรณ์ควบคุมควันเพื่อลดโอกาสเสี่ยงต่ออาการเจ็บป่วยของโรคระบบทางเดินหายใจและผลกระทบต่อด้านสุขภาพเนื่องจากอนุภาคที่เกิดจากกิจกรรมปิ้งย่างส่วนใหญ่เป็นอนุภาคที่มี ขนาดเล็กกว่า 2.5 μm ซึ่งมีโอกาสมากที่จะเข้าไปสะสมอยู่ภายในปอดมากกว่าอนุภาคขนาดใหญ่

ในปี 2556 สำนักสิ่งแวดล้อม [6] ได้ทำการเก็บ และวิเคราะห์ตัวอย่างอากาศจาก การปิ้งย่างเนื้อสัตว์ประเภท ไก่บนเตาไม้คั่นและเตาถ่าน เพื่อศึกษาหาระดับความเข้มข้นของสารเบนซีน (Benzene) ซึ่งจัดเป็นสารก่อมะเร็ง และ สารอินทรีย์ระเหยง่ายรวม (Total Volatile Compounds : Total VOCs) ผลการเก็บและวิเคราะห์ ตัวอย่างอากาศจากการปิ้งย่างไก่ ผลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างคือ พบสารเบนซีน พบในตัวอย่างอากาศบนทั้งสองเตา ส่วนใหญ่มีระดับความเข้มข้นเฉลี่ยของสารเบนซีนน้อยกว่า 0.03 ppm. ถึงแม้ว่าจะพบในระดับน้อยแต่ถ้าหากได้รับเป็นเวลานานอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยในระยะยาวได้ - สารอินทรีย์ระเหยง่ายรวม พบในตัวอย่างอากาศ มีระดับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ระเหยง่ายรวมเฉลี่ยของ เตาไม้คั่นเท่ากับ 6.66 ppm. และเตาถ่านเท่ากับ 1.96 ppm. - อัตราการปล่อยมลสารทางอากาศของสารอินทรีย์ระเหยง่าย พบว่าเตาถ่านสามารถลดการปล่อยมลสารทางอากาศของสารอินทรีย์ระเหยง่ายรวมเท่ากับ 18.70×10^{-3} g/kg ในห้องสเปกโตรโฟโตเมตริกประมาณ 4.6 เท่า

พงศ์เทพ วรธรรมเดช [7] กล่าวว่าสามารถพบสารในกลุ่ม PAHs ในอาหารมากถึงร้อยละ 70 สารในกลุ่ม PAHs สามารถตรวจพบในอาหารได้แตกต่างกันตั้งแต่ระดับส่วนในล้านส่วน (parts per million-ppm) จนถึง $\mu\text{g/kg}$ โดยส่วนใหญ่เป็นอาหารที่ได้มาจากการรมควันหรือผ่านการปิ้งย่างด้วยถ่าน ฟืน เนื้อ และปลาปิ้งย่างมีสาร benzo[a]pyrene ได้มากถึง $2.0 \mu\text{g/kg}$

Lawrence Gyansah [8] ได้ทำการออกแบบเตาปิ้งย่างบาร์บีคิว แบบพกพา ขนาดความกว้างหน้าเตา 42 cm ความยาวหน้าเตา 62 cm ใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ เตาปิ้งย่างสามารถเคลื่อนย้ายได้อย่างง่ายดาย ลดอันตรายต่อสุขภาพจากการปิ้งย่างบาร์บีคิวแบบดั้งเดิมที่ใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิงในการให้ความร้อน ในการสร้างเปลือกเตาใช้สแตนเลสชนิด 304 และใช้เหล็กหล่อในการทำหัวเตาเผา ใช้ก๊าซ LPG เป็น

เชื้อเพลิงเพื่อลดปัญหาเขม่าถ่านไม้เกาะที่เนื้อสัตว์จากการใช้ถ่านไม้เป็นเชื้อเพลิง

Muna Turkey Mossa Al-Mossawei และคณะ[9] ได้ทำการศึกษาการลดการเกิดจุลินทรีย์ที่เกิดจากกระบวนการย่างเนื้อไก่ โดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการย่างแบบดั้งเดิมและการปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยใช้เครื่องปิ้งเนื้อไก่ ปัญหาที่พบเมื่อใช้วิธีการปิ้งย่างแบบดั้งเดิมคือของเหลวไหลออกจากเนื้อไก่ดิบที่ทำการปิ้งจากแกนบนสุดไหลไปสะสมในเนื้อไก่แถวด้านล่างของเตาย่างของเหลวที่ไหลออกมาเมื่อนำไปทดสอบพบว่ามีกรปนเปื้อนของเชื้อ Salmonella เมื่อทำการปรับปรุงโดยใช้เครื่องปิ้งเนื้อไก่ซึ่งแก้ไขข้อบกพร่องโดยการติดตั้งถาดรองน้ำมันและของเหลวที่เกิดจากการปิ้งย่าง และการติดตั้งพัดลมดูดควันในตู้ปิ้งย่างคุณภาพเนื้อไก่ที่ได้จากเครื่องปิ้งที่ปรับปรุงวิธีการปิ้งและการระบายควันพบว่าสารปนเปื้อนและเชื้อจุลินทรีย์ที่พบในเนื้อไก่ลดลง

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องจึงนำมาทำการออกแบบโดยมีหลักการซึ่งนำหลักการจากเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติ [1] มาทำการปรับปรุงโดยกระบวนการปิ้งย่างจะไม่มีการเกิดควันขาวจากการที่ไขมันในเนื้อสัตว์ที่ได้รับความร้อนหยดลงไปโดนชุดให้ความร้อนซึ่งไขมันที่เกิดจากกระบวนการปิ้งย่างจะตกลงไปในถาดรองรับสามารถนำไปทำความสะอาดได้และมีการเพิ่มชุดปลดไ้มเมื่อผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตามต้องการรวมทั้งเครื่องปิ้งย่างที่ทำการออกแบบและสร้างใช้วัสดุที่ปลอดภัยต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค

2. เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

2.1 อินฟราเรดฮีตเตอร์ (Infrared Heater)

ลักษณะการทำงานของอินฟราเรดฮีตเตอร์ดังรูปที่ 1 เป็นการส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสี (เหมือนกับที่ดวงอาทิตย์ส่งความร้อนมายังโลก) จึงมีประสิทธิภาพสูง ความสูญเสียต่ำ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 30 – 50% สามารถให้ความร้อนวัตถุได้ถึงเนื้อใน จึงทำให้ประหยัดเวลาได้ 1 – 10 เท่า (การให้ความร้อนแบบการพาและการนำความร้อนจะทำให้วัตถุร้อนเฉพาะที่ผิวแล้ว

ค่อยๆ ซึมเข้าไปเนื้อในจึงใช้เวลามาก) มีขนาดเล็กกว่าฮีตเตอร์แบบทั่วไปทำให้ประหยัดเนื้อที่การติดตั้งและการถอดเปลี่ยนเพื่อซ่อมบำรุงง่ายมีความปลอดภัยสูงเนื่องจากไม่มีเปลวไฟตัวเรือนมีความเป็นฉนวนสูงไฟไม่รั่วและให้รังสีช่วง 3 – 10 μm ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุเกือบทุกชนิดสามารถดูดซับรังสีได้ดี ลักษณะการแผ่รังสีความร้อนของอินฟราเรดฮีตเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 การแผ่รังสีความร้อนของอินฟราเรดฮีตเตอร์

ประโยชน์รังสีอินฟราเรดด้านอุตสาหกรรมอาหาร

1. การอบแห้ง รังสีอินฟราเรดไกลมีสามารถให้ความร้อนและทะลุผ่านเข้าไปในอาหารได้มาก จึงประยุกต์ใช้สำหรับการอบแห้งอาหารต่างๆ เช่น เมล็ดพันธุ์พืช ผลิตภัณฑ์ผัก และผลไม้ รวมถึงเนื้อสัตว์ ช่วยลดเวลาและพลังงานที่ใช้ในการอบแห้งลง

ข้อดีการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

- ระบบให้ความร้อนควบคุมได้ง่าย
- สามารถถ่ายเทความร้อนไปยังผลิตภัณฑ์ได้ดี และความร้อนสามารถทะลุผ่านเข้าไปในผลิตภัณฑ์ได้สูง
- มีราคาถูกเมื่อเปรียบเทียบกับแหล่งพลังงานบางชนิด เช่น ไดโอดีทริก และไมโครเวฟ
- มีอายุการใช้งานยาวนาน และมีค่าซ่อมบำรุงต่ำ
- ทั้งระบบน้ำหนักเบา ใช้ใช้พื้นที่ของอุปกรณ์น้อย ติดตั้งง่าย และสามารถใช้ร่วมกับเครื่องอบแห้งแบบทั่วไปได้
- ผลิตภัณฑ์มีความแห้งสม่ำเสมอ และมีความสะอาด

ข้อเสียการอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด

- สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่จะต้องเพิ่มขนาดหลอดรังสีอินฟราเรด ทำให้ต้นทุนสูงขึ้น

- ไม่เหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาแน่นมาก

2. การแปรรูปอาหารให้สุก การใช้รังสีอินฟราเรดแปรรูปอาหารให้สุก แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

-ระดับอุณหภูมิปานกลาง (Medium temperature radiate) ระดับอุณหภูมิปานกลาง ได้จากเครื่องกำเนิดรังสีอินฟราเรดแบบคลื่นสั้น ซึ่งใช้หลอดเป็นเส้นลวดหรือหลอดซิลิกา สามารถให้ความร้อนในช่วง 500 – 1000 $^{\circ}\text{C}$ และให้พลังงานประมาณ 15 kW/m^2 นิยมใช้กับอาหารที่ไม่ไวต่อความร้อน

-ระดับอุณหภูมิสูง (High temperature radiate) ระดับอุณหภูมิสูง ได้จากเครื่องกำเนิดรังสีอินฟราเรดแบบคลื่นสั้น ซึ่งใช้เป็นหลอดทั้งสแตน หรือหลอดควอทซ์ สามารถให้ความร้อนสูงสุดถึง 2,500 $^{\circ}\text{C}$ และให้พลังงานประมาณ 10 – 65 kW/m^2 นิยมใช้กับอาหารที่ไวต่อความร้อน

ตัวอย่างการใช้อินฟราเรดฮีตเตอร์ในการแปรรูปอาหาร ดังแสดงในรูปที่ 2

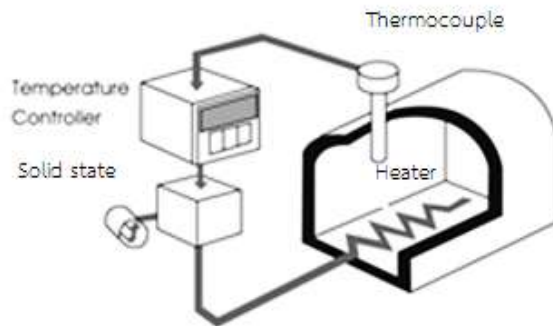


รูปที่ 2 การใช้อินฟราเรดฮีตเตอร์แปรรูปอาหาร

2.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิ

การควบคุมอุณหภูมิเป็นการควบคุมแบบระบบปิด โดยมีการตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการควบคุม (Set Point) ไว้ที่ตัวควบคุม out put ของตัวควบคุมจะถูกต่อเข้ากับอุปกรณ์ที่เป็นตัวตัด/ต่อกระแสไฟให้กับแหล่งจ่ายความร้อน เช่น ฮีตเตอร์อุณหภูมิของระบบจะถูกวัดโดยตัววัดอุณหภูมิ และส่งกลับมายังตัวควบคุมเพื่อเปรียบเทียบกับ set point ตัวควบคุมจะนำผลต่างที่ใช้ไปคำนวณเพื่อให้

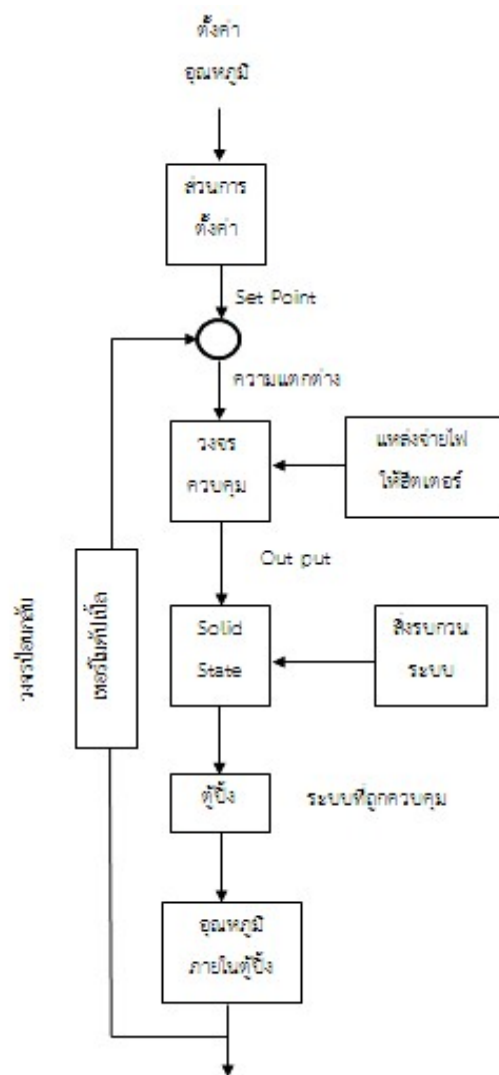
out put ออกมาเพื่อทำให้อุณหภูมิที่วัดได้มีค่าเท่ากับ set point



รูปที่ 3 การควบคุมอุณหภูมิของระบบตู้บั้งเนื้อสัตว์
กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

จากรูปที่ 3 ตู้บั้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ จะได้รับความร้อนจากอินฟราเรดฮีตเตอร์ เทอร์โมคัปเปิ้ลจะ ทำหน้าที่วัดอุณหภูมิในตู้แล้วส่งไปที่ตัวควบคุมที่ตั้งค่า set point ไว้ ถ้ามีความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้กับค่า set point (Deviation) ตัวควบคุมจะพยายามทำให้ความ แตกต่างนั้นเหลือน้อยจนเท่ากับ 0 โดยจะทำการให้ out put (Manipulate Variable: MV) ออกมา โดยตัวอย่างนี้ out put ของตัวควบคุมเป็นรีเลย์หรือหน้าสัมผัสทำหน้าที่ ตัดต่อไฟให้กับแมคเนติกคอนแทคเตอร์ที่เป็นตัวตัด/ต่อ ไฟฟ้าให้กับอินฟราเรดฮีตเตอร์ ไดอะแกรมของการ ควบคุมอุณหภูมิของระบบเครื่องบั้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติ เพื่อสุขภาพ ดังรูปที่ 4

การควบคุมแบบ PID เป็นการรวมเอาการ ควบคุมแบบ P, I และ D เข้าด้วยกันคุณสมบัติของแต่ละ การควบคุมจะช่วยให้การควบคุมมีประสิทธิภาพสูงสุด การควบคุมแบบ P ลด Overshoot และ Hunting การ ควบคุมแบบ I ลด Offset ส่วนการควบคุมแบบ D จะ ตอบสนองต่อสิ่งรบกวนจากภายนอก



รูปที่ 4 ไดอะแกรมของการควบคุมอุณหภูมิของตู้บั้ง
เนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

2.3 การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของ เครื่องบั้งเนื้อกึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

การคำนวณหาประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาบั้ง ได้จากสมการดังนี้

$$\text{ประสิทธิภาพเชิงความร้อน} = \frac{\text{ความร้อนที่ใช้ประโยชน์}}{\text{ความร้อนที่เข้าจากเชื้อเพลิง}} \times 100 \% \quad (1)$$

การหาความร้อนที่ใช้ประโยชน์

$$Q_{out} = MC_p (T_2 - T_1) + M_1 C_p (T_2 - T_1) + (M - M_1) L \quad (2)$$

โดยที่

Q_{out} คือ ค่าความร้อนใช้ประโยชน์ (kJ)

M คือ น้ำหนักหมูก่อนปิ้ง (kg)

C_p คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ (4.187 kJ/kg.K)

T_1 คือ อุณหภูมิของเตาด้านนอก (°C)

T_2 คือ อุณหภูมิของเตาด้านใน (°C)

M_1 คือ น้ำหนักหมูหลังปิ้ง (kg)

L คือ ค่าความร้อนแฝงของน้ำ (2,260.98 kJ/kg)

3.การออกแบบเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

3.1 เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

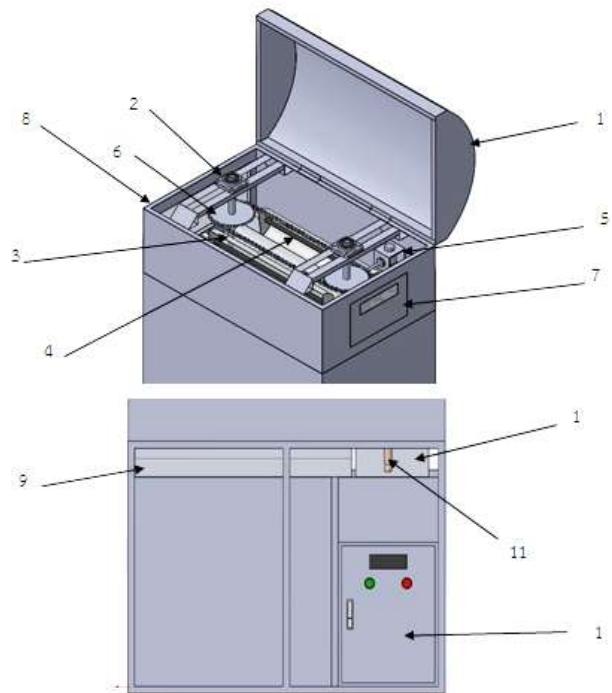
มีส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วนได้แก่ ตู้ปิ้ง ระบบขับเคลื่อนโซ่ลำเลียง และระบบปลดไม้เสียบผลิตภัณฑ์

ตู้ปิ้งของเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ ทำจากสแตนเลสชนิด 304 พนัก 2 ชั้นกั้นกลางด้วยฉนวน ทนความร้อนตัวตู้มีขนาดกว้าง 60 cm ความยาว 95 cm และความสูง 30 cm ทำการติดตั้งอินฟราเรดฮีตเตอร์ ขนาด 600 W จำนวน 4 แห่ง สามารถปรับตั้งอุณหภูมิในการปิ้งผลิตภัณฑ์ได้ตั้งแต่ 25 °C ถึง 400 °C

ระบบขับเคลื่อนโซ่ลำเลียงประกอบไปด้วยมอเตอร์ กระแสตรงขนาด 8 W 12 V ชุดอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ชุดโซ่ลำเลียงสแตนเลสชนิด 304 และตะขอเกี่ยวไม้เสียบ สเตอร์สแตนเลสชนิด แบร์ริงรองรับเพลลา ชุดเพลลาส่งกำลัง

ระบบปลดไม้เสียบผลิตภัณฑ์ ประกอบด้วยมอเตอร์ ขั้วแขนกลที่ใช้ในการกางไม้กั้นเปลือกนอกทำจากสแตนเลสชนิด 304 ชุดวงจรควบคุมมอเตอร์ และไม้กั้น รวมทั้งมีชุดถาดรองรับผลิตภัณฑ์อยู่ด้านล่างของชุดปลดไม้เสียบผลิตภัณฑ์

ในการออกแบบได้ทำการติดตั้งถาดรองรับน้ำมันจากไขมันสัตว์ไว้ที่ด้านใต้ของตัวตู้สามารถถอดออกไปทำความสะอาดได้เมื่อเสร็จสิ้นการใช้งาน



รูปที่ 5 แสดงส่วนประกอบหลักของเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

จากรูปที่ 5 ส่วนประกอบหลักของเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

- | | |
|---------------------|---------------------------------|
| 1.ฝาปิด-เปิด | 7. ประตูป้อนผลิตภัณฑ์ |
| 2.แบร์ริง | 8. กระบอกกันความร้อน |
| 3.โซ่ลำเลียง | 9. ถาดรองน้ำมัน |
| 4.อินฟราเรดฮีตเตอร์ | 10. ถาดรองรับผลิตภัณฑ์ |
| 5.ชุดปลดไม้ | 11. มอเตอร์ขับเคลื่อนโซ่ลำเลียง |
| 6.เฟืองส่งกำลัง | 12. ตู้ควบคุม |

3.2 ชุดเครื่องมือวัดที่ใช้ในการเก็บผลการทดสอบ

ในการเก็บบันทึกผลการทดสอบใช้เครื่องมือวัดค่าตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 รายการเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

เครื่องมือ	คุณสมบัติ
1. เครื่องชั่งน้ำหนัก 	เครื่องชั่งน้ำหนัก ใช้ในการชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ก่อนและหลังบึ่ง - ความละเอียดอ่านค่า 1 μg - ชั่งน้ำหนักต่ำสุด 3 mg - ชั่งน้ำหนักสูงสุด 300 g - อุณหภูมิขณะทำงาน 10 – 40 °C
2. นาฬิกาจับเวลา 	นาฬิกาจับเวลา ใช้จับเวลาการทำงานของเครื่อง - ความละเอียด 1/100 วินาที - สามารถเรียกดูค่าการจับเวลาจากหน่วยความจำได้
3. อินฟราเรด เทอร์มิเตอร์ 	ช่วงการวัด IR Temp -40 to 550°C Type K 0 to 100°C ความละเอียดการวัด 0.1°C ค่าความผิดพลาด : ±(1.0°C + 0.1%/1°C) (below 0°C) / ±1% or ±1.0°C (above 0 °C) Type K ±2.2 °C
4. ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ fluke 325 	วัดกระแสไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 40 A – 400 A ค่าความผิดพลาด 2%± ค่าความละเอียด 5 digit วัดแรงดันไฟฟ้าได้ 600 V

3.3 ตัวแปรที่การศึกษาและเก็บผลการทดสอบ

ในการทำการทดสอบและวิเคราะห์ผลเครื่องบึ่งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพที่ทำการออกแบบมีตัวแปรต่างๆ ที่ทำการบันทึกเพื่อใช้ในการคำนวณหาอัตราการผลิตที่เหมาะสม ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน และคุณภาพทางกายภาพของเนื้อสัตว์บึ่ง ดังต่อไปนี้

ตัวแปรต้น

1. ขนาดและชนิดของเนื้อสัตว์ที่ใช้ในการทดสอบ
2. น้ำหนักเริ่มต้นของเนื้อสัตว์

ตัวแปรตาม

1. ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต
2. น้ำหนักสุดท้ายหลังผลิต
3. ลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์
4. ค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน

ตัวแปรควบคุม

1. ความเร็วรอบของมอเตอร์ลำเลียง
2. อุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์

3.3 วิธีการทำการทดสอบ

การทดสอบใช้เนื้อสัตว์จำนวน 5 ตัวอย่าง ได้แก่

1. เนื้อหมูเสียบไม้ ชนิดหมักด้วยซอสปรุงรสขนาดเฉลี่ยกว้าง 4.5 cm ยาว 7.5 cm หนา 1.2 cm
2. เนื้อหมูเสียบไม้ชนิดหมักด้วยนมสดและซอสปรุงรสขนาดเฉลี่ยกว้าง 6.5 cm ยาว 7 cm หนา 1.4 cm
3. หมูสะเต๊ะ ขนาดเฉลี่ยกว้าง 2 cm ยาว 7 cm หนา 1.0 cm
4. เนื้อไก่ ขนาดเฉลี่ยกว้าง 5 cm ยาว 7.5 cm หนา 1.5 cm
5. เนื้อวัว ขนาดเฉลี่ยกว้าง 2.5 cm ยาว 7.5 cm หนา 1.1 cm

เงื่อนไขในการทดสอบมีดังนี้

1. ทำการปรับความเร็วรอบเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมโดยการปรับตั้งความเร็วรอบของมอเตอร์ลำเลียงที่ 0.32 รอบ/นาที 0.24 รอบ/นาที และ 0.19 รอบ/นาที
2. ทำการปรับอุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์ เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมโดยทำการปรับตั้งอุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์ที่ 200°C, 210°C และ 220°C

3.4 ขั้นตอนทำการทดสอบ

- 3.4.1 เตรียมเนื้อสัตว์เสียบไม้ดังรูปที่ 6 พร้อมชั่งน้ำหนักก่อนทำการทดสอบดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 แสดงการเตรียมตัวอย่างวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ



รูปที่ 7 การชั่งน้ำหนักวัตถุดิบก่อนทำการปิ้ง

3.4.2 นำเนื้อสัตว์เสียบไม้แล้วนำไปใส่เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติ โดยทำการบรรจุเนื้อสัตว์ ครั้งละ 10 ไม้ และทำการปิ้งจนเนื้อสัตว์สุกพอดี เริ่มทดสอบที่อุณหภูมิ 200 °C, 210 °C , 220 °C ตามลำดับและเริ่มจากความเร็ว 0.32 รอบ/นาที



รูปที่ 8 ตู้ควบคุมอุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์

3.4.3 จับเวลาต่อรอบ และตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่อรอบว่าสุกหรือไม่ ทำการชั่งน้ำหนักหลังปิ้ง

3.4.4 เปลี่ยนความเร็วของชุดลำเลียงเป็น 0.24 รอบ/นาที และ 0.19 รอบ/นาที ตามลำดับ

3.4.5 บันทึกผลการทดสอบและสรุปผลการทดสอบ

3.4.6 เปลี่ยนวัตถุดิบที่ใช้ในการทดสอบ ทำตามข้อ

3.4.1 – 3.4.5

4. ผลและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากการทดสอบเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ ได้ผลการทดสอบดังนี้

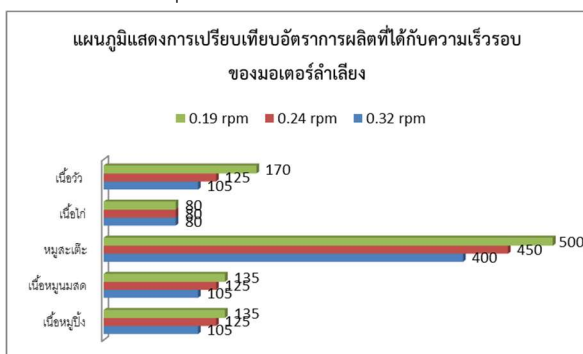
1. ด้านการออกแบบและสร้างได้เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพที่มีคุณสมบัติเป็นไปตามวัตถุประสงค์การวิจัย ทำการทดสอบตามเงื่อนไขในการทดสอบโดยใช้เนื้อสัตว์ตัวอย่างในการทดสอบจำนวน 5 ตัวอย่างได้แก่ เนื้อหมูหมักซอส เนื้อหมูหมักนมสดและซอส หมูสะเต๊ะ เนื้อไก่ และเนื้อวัว เมื่อทำการทดสอบไม่เกิดควันสีขาวจากกระบวนการผลิตและได้ผลการทดสอบโดยสรุปดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 สรุปผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

ลำดับที่	ผลิตภัณฑ์	ขนาด/ไม้ ก x ย x หนา (cm)	เวลาในการผลิต (min)/ไม้	อัตรา การ ผลิต เฉลี่ย ไม้ต่อ ชั่วโมง	กำลัง ไฟฟ้า ที่ใช้ kWh	ค่าใช้จ่าย ด้าน พลังงาน บาท/ชิ้น
1.	หมูปิ้ง	4.5 x 7.5 x 1.2	5.2	135	2.27	0.03 – 0.04
2.	หมูปิ้ง นมสด	6.5 x 7 x 1.4	16.8	125	2.17	0.04 – 0.05
3.	หมู สะเต๊ะ	2 x 7 x 1.0	3.15	400 – 500	2.18	0.02 – 0.03
4.	เนื้อไก่ ย่าง	5 x 7.5 x 1.5	25.3	80	2.24	0.06 – 0.07
5.	เนื้อวัว ย่าง	2.5 x 7.5 x 1.1	12.4	105	2.19	0.035– 0.04

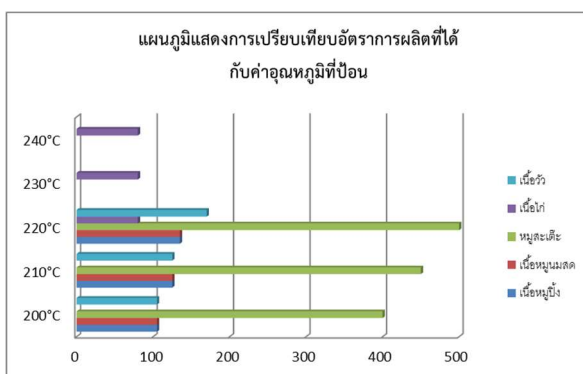
จากตารางที่ 2 แสดงสรุปผลการทดสอบผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการใช้เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพโดยเฉลี่ย ซึ่งแสดงชนิดผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ โดยเปรียบเทียบระยะเวลาในการผลิต อัตราการผลิต กำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยเครื่องปิ้งสามารถทำการปิ้งเนื้อสัตว์เสียบไม้ที่มีขนาดตั้งแต่ความกว้าง 2 cm ยาว 7 cm และ หนา 1.0 cm ขึ้นไป ใช้เวลาในการผลิตขั้นต่ำ 5 นาที และใช้กำลังไฟฟ้าขั้นต่ำ 2.17 kWh คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานขั้นต่ำ 0.02 บาท/ชิ้น

ทั้งนี้ค่าจำนวนการผลิต เวลาที่ใช้ กำลังไฟฟ้าที่ใช้และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ได้จะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดชนิด และปริมาณไขมันที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์นั้นๆ และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพกับการใช้ถ่านไม้พบว่าสามารถลดต้นทุนการผลิตได้ร้อยละ 13.4



รูปที่ 9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราการผลิตกับความเร็วยรอบของมอเตอร์ลำเลียง

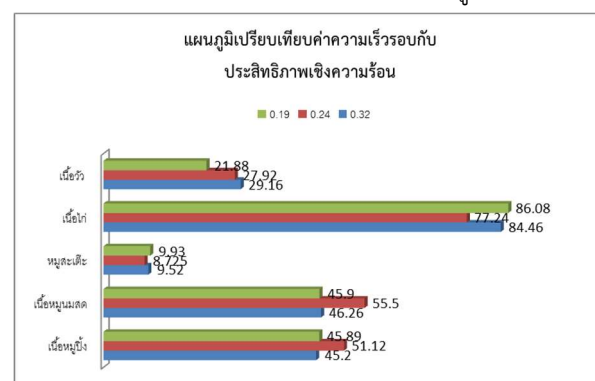
จากรูปที่ 9 แสดงแผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราการผลิตที่ได้เปรียบเทียบกับจำนวนไม้/ความเร็วรอบของเนื้อสัตว์แต่ละชนิด จากการทำการทดสอบพบว่าความเร็วรอบในการหมุนของโซ่ลำเลียงมีผลต่อจำนวนการผลิตที่ได้จากการใช้เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ เมื่อความเร็วในการหมุนเร็วขึ้นจำนวนผลผลิตที่ได้จะสูงขึ้นแต่ต้องทำการปรับเพิ่มค่าอุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์เพิ่มขึ้นตาม



รูปที่ 10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบอัตราการผลิตที่ได้กับค่าอุณหภูมิที่ป้อน

จากรูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตที่ได้กับค่าอุณหภูมิที่ป้อนให้กับอินฟราเรดฮีตเตอร์ การทดสอบจะเริ่มทำการให้ความร้อนแก่อินฟราเรดฮีตเตอร์จากอุณหภูมิห้องจนอุณหภูมิภายในตู้เป็นไปตามค่าที่ต้องการทดสอบซึ่งจะเริ่มทำการทดสอบที่ 200°C สำหรับเนื้อสัตว์ 4 ชนิด ยกเว้นเนื้อไก่ที่เริ่มทำการทดสอบที่ 220°C เนื่องจากหากทดสอบที่อุณหภูมิต่ำกว่า 220°C จะไม่สามารถทำให้เนื้อไก่สุกได้ ในการทดสอบการเปลี่ยนแปลงระดับอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนผลผลิตที่ได้สูงขึ้นตาม ยกเว้นเนื้อไก่ซึ่งมีขนาดความกว้างยาวและหนามากกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ จึงทำให้ได้ค่าผลผลิตคงที่ ในการเพิ่มค่าอุณหภูมิมีผลกระทบกับคุณภาพเนื้อสัตว์ สีและความฉ่ำของเนื้อหากมีปริมาณสูงมากไม่สัมพันธ์กับความเร็วยรอบจะทำให้เนื้อสัตว์เกิดการไหม้เกรียมขึ้นได้

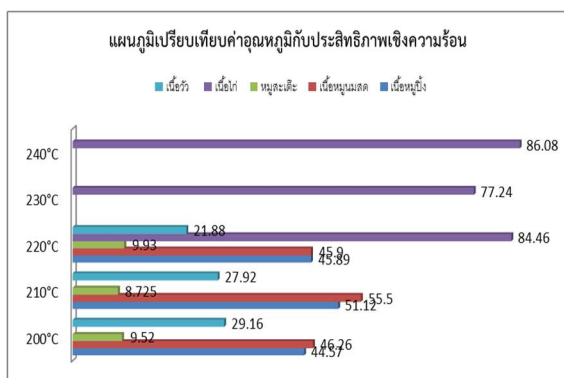
2. ด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อน ในการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ ในด้านประสิทธิภาพเชิงความร้อนปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนได้แก่ ความเร็วยรอบของโซ่ลำเลียง ค่าอุณหภูมิของอินฟราเรดฮีตเตอร์ และขนาดของเนื้อสัตว์ที่นำมาทำการทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเร็วยรอบกับประสิทธิภาพเชิงความร้อน

จากรูปที่ 11 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเร็วยรอบกับประสิทธิภาพเชิงความร้อน จากผลการทดสอบพบว่าเนื้อสัตว์ที่มีความหนาขึ้นเนื้อมากกว่า 1.4 cm เช่น เนื้อไก่ จะมีค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูง

เนื่องจากค่าน้ำหนักต่อไม่มีผลต่อค่าความร้อนในการนำไปใช้ประโยชน์ ความเร็วรอบในการหมุนของโซ่ลำเลียงสำหรับการปิ้งเนื้อไก่ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอัตราการผลิต ส่วนเนื้อสัตว์ที่มีความหนาต่ำกว่า 1.2 cm เช่นหมูสะเต๊ะ ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะต่ำเนื่องจากค่าน้ำหนักต่อไม่สูง รวมทั้งค่าความเร็วรอบไม่มีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนแต่จะมีผลต่ออัตราการผลิต สำหรับเนื้อสัตว์ที่มีความหนามากกว่า 1.2 cm แต่ไม่เกิน 1.4 cm อันได้แก่ เนื้อหมูหมักซอส เนื้อหมูหมักนมสดและซอส และเนื้อวัว ค่าความเร็วรอบมีผลต่อประสิทธิภาพเชิงความร้อนและอัตราการผลิต



รูปที่ 12 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิกับประสิทธิภาพเชิงความร้อน

จากรูปที่ 12 แสดงแผนภูมิเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่ใช้ในการปิ้งเปรียบเทียบกับค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนที่ได้จากการปิ้ง จากผลการทดสอบพบว่า ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงขึ้นตามค่าความร้อนที่ป้อนตั้งแต่ค่าอุณหภูมิ 200°C - 210°C สำหรับเนื้อสัตว์ที่มีความหนาไม่เกิน 1.2 cm ได้แก่ เนื้อหมูหมักซอส เนื้อหมูหมักนมสดและซอส หมูสะเต๊ะ และเนื้อวัว แต่เมื่อเพิ่มความร้อนเกิน 210°C ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะต่ำลงเนื่องจากค่าความร้อนในการใช้ประโยชน์จะสูงขึ้นในขณะที่ค่าความร้อนที่ให้เพิ่มขึ้น สาเหตุเนื่องมาจากน้ำหนักของเนื้อสัตว์ที่ได้จากการผลิตมีค่าลดลงจากการระเหยของน้ำในตัวเนื้อสัตว์ที่ได้รับค่าอุณหภูมิจากอินฟราเรดฮีตเตอร์นั่นเอง สำหรับเนื้อไก่นั้น ขนาดของ

เนื้อสัตว์ที่เสียบไม้มีความหนาทำให้มีค่าน้ำหนักก่อนและหลังปิ้งสูง ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อน จึงสูงกว่าเนื้อสัตว์ชนิดอื่นๆ

3. ด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการผลิต จากรูปที่ 13 - 17 แสดงเนื้อสัตว์ที่ได้จากการผลิตโดยใช้เครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ เนื้อสัตว์ที่ได้มีสีและคุณภาพเนื้อที่ไม่เกิดรอยไหม้และเขม่าจากการปิ้งย่างเนื้อ ซึ่งจะแตกต่างจากรูปที่ 18 ซึ่งเป็นเนื้อสัตว์ที่ได้จากกระบวนการผลิตโดยใช้เตาถ่าน ทั้งนี้การผลิตจากเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติมีข้อดีกว่าการผลิตจากเตาถ่านเนื่องมาจากการออกแบบให้การวางไม้เสียบอยู่ในแนวตั้งฉากกับพื้นโลกและให้อินฟราเรดฮีตเตอร์ซึ่งเป็นแหล่งให้ความร้อนอยู่ในแนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 19 เมื่อให้ความร้อนกับเนื้อสัตว์จึงไม่เกิดการไหม้จากไขมันสัตว์เมื่อได้รับความร้อน ไขมันที่เกิดจากกระบวนการผลิตจะตกลงในถาดรองรับไขมันซึ่งสามารถนำออกไปกำจัดและสามารถล้างทำความสะอาดได้ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีความสะอาดปลอดภัยทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคเนื่องจากไม่ได้รับควันสีขาวซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง เนื้อหมูปิ้งที่ใช้เตาถ่านจะมีเขม่าและรอยไหม้ดำที่ชิ้นเนื้อ



รูปที่ 13 เนื้อหมูปิ้ง



รูปที่ 14 เนื้อไก่อ่าง



รูปที่ 17 หมูสะเต๊ะ



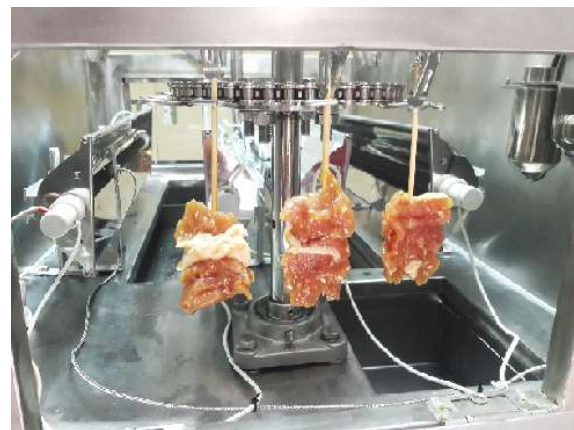
รูปที่ 15 เนื้อวัวย่าง



รูปที่ 18 หมูปิ้งที่ใช้เตาถ่านในการผลิต



รูปที่ 16 หมูปิ้งนมสด



รูปที่ 19 กระบวนการให้ความร้อนของเครื่องปิ้ง
เนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

5. สรุป

ปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะและอัตราการผลิตของเครื่องปิ้งเนื้อสัตว์กึ่งอัตโนมัติเพื่อสุขภาพ

1. อุณหภูมิที่ใช้เป็นตัวกำหนดในการปิ้ง

การปรับอุณหภูมิของอินฟราเรดหลอดตั้งค่าต่ำกว่า 190°C กับเนื้อสัตว์บางชนิดจะมีผลทำให้สุกช้า อัตราการผลิตจะลดลง และหากปรับอุณหภูมิของอินฟราเรดสูงเกินกว่า 230°C ในเนื้อสัตว์บางชนิดจะมีผลทำให้คุณภาพของเนื้อแห้งและเกิดการไหม้เกรียมของส่วนที่เป็นไขมันในตัวชิ้นเนื้อ การปรับอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าผลการทดสอบที่แนะนำกับเนื้อสัตว์ชนิดและขนาดที่ทำการทดสอบควรใช้ ในกรณีที่ต้องเพิ่มกำลังการผลิตให้ทันต่อผู้บริโภค ซึ่งการปรับค่าอุณหภูมิที่สูงกว่าค่าแนะนำจะมีผลต่อคุณภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของความฉ่ำของเนื้อและคุณภาพของสีชิ้นเนื้ออาจจะคล้ำกว่าปกติ

2. ความเร็วรอบในการหมุนของโซ่ลำเลียง การปรับความเร็วรอบในการหมุนของโซ่ลำเลียงไม่สัมพันธ์กับค่าการตั้งอุณหภูมิจะมีผลต่อการสุกของชิ้นเนื้อ การปรับความเร็วรอบในการหมุนให้มีค่าความเร็วในการหมุนสูงกว่าค่าที่แนะนำอาจทำให้เนื้อที่นำมาปิ้งสุกแต่เพียงผิวภายนอก

3. ขนาดและความหนาบางของวัตถุดิบ มีผลต่อการผลิต จากการทดสอบพบว่าชิ้นเนื้อที่มีขนาดความหนา มากกว่า 1.2 cm. จะใช้เวลาในการผลิตมากกว่าชิ้นเนื้อที่มีความหนาน้อยกว่า 1.2 cm. รวมทั้งถ้าชิ้นเนื้อมีความหนาต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าชิ้นเนื้อที่มีความบางมากกว่า

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซียที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยซึ่งทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณนายสิทธิศักดิ์ สุขรอดและนายวัชรกร ชระสุ ในการช่วยเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยนี้

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชีรพงศ์ บริรักษ์, “การออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งหมูกึ่งอัตโนมัติ โดยใช้อินฟราเรดฮีตเตอร์,” *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยรังสิต*, ปีที่ 20 ฉบับที่ 2, 1 – 13, 2560.
- [2] อนุชัย วรรณจิตผ่องใส, พูลศักดิ์ ฐิติเบญจพล, วรากร สิริบุญยชาติ และภาสวีร์ ผลดี, “การออกแบบและสร้างเครื่องปิ้งย่างเอนกประสงค์,” *โครงการวิศวกรรมไฟฟ้า, วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, วิศวกรรมศาสตร์และอุตสาหกรรมวิจัย, มหาวิทยาลัยสยาม*, 2560.
- [3] ธนิต ภัคธนาเดชาพันธ์. (2019, August 10). เตาปิ้งย่างเพื่อสุขภาพ. [Online]. Available: http://202.29.232.198/files/20130005_18021615150245.pdf
- [4] ชีรศาสตร์ คราคร. “เตาอบย่างไก่ความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า,” *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี*, ปีที่ 4 ฉบับที่ 1, 35 – 47, 2559.
- [5] คมสันต์ แรจจบ และกาญจนา นาถะพินธุ. “การกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่เกิดจากกิจกรรมประเภทปิ้งย่าง,” *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, ปีที่ 5 ฉบับที่ 2, 11 – 20, 2555.
- [6] สำนักสิ่งแวดล้อม. (2019, August 10). ลดมลพิษทางอากาศจากการปิ้งย่าง...ทำได้อย่างไร. [Online]. Available: <http://www.foodsanitation.bangkok.go.th/pdf>.
- [7] พงศ์เทพ วรรณะเดช. (2019, August 10). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs). [Online]. Available: http://www.med.cmu.ac.th/dept/commed/2015/images/3153042560/7Polycyclic_Aromatic_Hydrocarbons.pdf

- [8] Lawrence Gyansah, “Design, Construction and Modeling of a Mechanical Portable Barbecue Machine,” *Global Journal of Researches in Engineering Mechanical and Mechanics Engineering*, vol.12, pp.42–60, 2012.
- [9] Muna Turkey Mossa Al-Mossawei, Abdulrazzak Abdullatif Jasim and Khalid Zemam Amer, “Reducing The Microbialled Of Chicken Meat by Improving Grill Machine Design,” *Kufa Journal For Agricultural Sciences*, vol.10, pp.26– 45, 2018.
- [10] ไพศาล นาผล, *การถ่ายเทความร้อนและการระบายความร้อนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์*, กรุงเทพฯ : ทริปเพิล เอ็ดดูเคชั่น, 2558.
- [11] สมชัย อัครทิวา และขวัญจิต วงษ์ขาริ, *เทอร์โมไดนามิกส์*, กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แมคกรอ – ฮิล, 2554.