



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการทอดสำหรับแซนกลทอดอัตโนมัติ

คมสัน ตันติชูเกียรติ¹ อภิชาติ ศรีชาติ¹ อิทธิพล สิงห์คำ² ชัยยันต์ จันทรศิริ³ สหสวรรษ ภูจิระ⁴ ศักรินทร์ วังคะฮาด⁵ กวีพงษ์ หงษ์ทอง¹ และวุฒิพงษ์ ทองแห้ว^{6*}

¹สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

²สาขาวิชาโยธาและสถาปัตยกรรม คณะเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

³ศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

⁴สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

⁵คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี 41000

⁶สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 31 ตุลาคม 2566

แก้ไข: 1 เมษายน 2567

ตอบรับการตีพิมพ์: 7 พฤษภาคม 2567

ตีพิมพ์ออนไลน์: 23 พฤษภาคม 2567

คำสำคัญ

เครื่องทอดอัตโนมัติ

แซนกล

เฟรนช์ฟรายส์

ปีกบนไก่

การแปรรูปอาหาร

บทคัดย่อ

การพัฒนาแซนกลสำหรับทอดอาหารต้นแบบที่ควบคุมด้วยบอร์ด Arduino เพื่อทำการทอดอาหารแทนการใช้คนทอด ในการทดลองใช้อาหารจำนวน 2 ชนิดที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน คือ เฟรนช์ฟรายส์ และ ปีกบนไก่ ที่อุณหภูมิเท่ากันและน้ำหนักของวัตถุดิบเท่ากัน การทอดที่เหมาะสมโดยกำหนดน้ำหนักวัตถุดิบเริ่มต้น 100 กรัม เท่ากัน กำหนดอุณหภูมิทอด 3 ระดับ 120 140 และ 160 องศาเซลเซียส ตามลำดับ โดยจากการทดลองใช้แซนกลต้นแบบสำหรับทอดอาหาร ในการทอดอาหารโดยการทอดเฟรนช์ฟรายส์ น้ำหนัก 100 กรัม ให้มีความสุกพอดี กรอบ มีสีเหลืองทอง และไม่ไหม้ น้ำมัน พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดจะเท่ากับ 300 วินาทีหรืออาจจะบวกลบไม่เกิน 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลาคืนทุนใช้เวลาในการขายเฟรนช์ฟรายส์ทั้งสิ้น 8 วัน จึงจะได้ทุนคืนในส่วนของการอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และยังคงเหลือกำไรสุทธิอยู่ที่ 688.48 บาท ในกรณีการทอดปีกบนไก่ น้ำหนัก 100 กรัม พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดจะเท่ากับ 1200 วินาทีหรืออาจจะบวกลบไม่เกิน 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ระยะเวลาคืนทุนใช้เวลาในการขายไก่ทอดโดยประมาณ 24 วัน จึงจะได้ทุนคืนในส่วนของการอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และยังคงเหลือกำไรสุทธิอยู่ที่ 144.64 บาท ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุนที่ค่อนข้างสั้นและสามารถลดค่าใช้จ่ายในส่วนของการแรงงานคนประกอบอาหารอีกด้วย

บทนำ

ระบบอัตโนมัติกำลังเข้าครอบครองทุกพื้นที่ของชีวิต ชีวิตที่เร่งรีบนี้ได้ขับเคลื่อนทุกสิ่งในพื้นที่ยังคงกล่าว เช่น ห้องครัวและการทำอาหาร โดยเฉพาะการใช้ระบบอัตโนมัติในการปรุงอาหารจะช่วยลดความซับซ้อนมากมายและนำมาซึ่งความเรียบง่าย เนื่องจากอาหารเป็นหนึ่งในปัจจัยพื้นฐานของมนุษย์ การทำอาหารจึงกลายเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับมนุษย์ เครื่องครัวถูกใช้งานหลากหลาย จึงพัฒนาไปสู่ความสะดวกสบายสมัยใหม่อย่างต่อเนื่อง ในสังคมยุคใหม่ พนักงานออฟฟิศและผู้หญิงที่ไม่มีเวลาทำอาหารเพิ่มมากขึ้น (Khillare & Ambudkar, 2023) ถึงตอนนี้ใคร ๆ ก็ยุ่งกับงาน แม้จะกลับบ้านแล้วก็ต้องหาอาหารอีก ซึ่งอาจทำให้เหนื่อยล้าได้ บางคนอาจจ้างคนรับใช้เพื่อทำอาหารซึ่งอาจเพิ่มค่าใช้จ่าย นอกจากนี้พวกเขาสวนใหญ่ยังเชื่อเพลิงฟอสซิล น้ำมันก๊าด แอลพีจี เพื่อผลิตความร้อนในการปรุงอาหารซึ่งอาจก่อให้เกิดมลพิษในอากาศ (Arjun & Meera, 2020) ในขณะที่การรับประทานอาหารนอกบ้านจะสะดวกและรวดเร็ว แต่ก็มี

ปัญหาเรื่องเกลือสูง น้ำมันสูง น้ำตาลสูง และวัตถุเจือปนในอาหารต่าง ๆ ทำให้เกิดภาวะต่อระบบหัวใจและหลอดเลือด ไต และลำไส้มากขึ้น ปัจจุบัน ผู้คนมากกว่า 50 % รับประทานอาหารนอกบ้านสามมื้อตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันศุกร์ เพื่อแก้ปัญหาไม่มีเวลาหรือทำอาหารไม่เป็นอุตสาหกรรมได้เปิดตัวชุดหม้อและกระทะ และอุปกรณ์ครัวขนาดเล็กเพื่อช่วยให้ผู้คนปรุงอาหารได้อย่างง่ายดายที่บ้าน เช่น เครื่องทำอาหารมัลติฟังก์ชัน มีฟังก์ชันการชั่งน้ำหนัก สับ ปรุงอาหาร บด กวน และเครื่องครัวอื่น ๆ (Lin et al., 2021) ปัจจุบันมีเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวมากมายในตลาด เช่น หม้อหุงข้าว หม้อหุงข้าว เต้าแม่เหล็กไฟฟ้า เต้าอบไมโครเวฟ เครื่องทำถั่วพวย เป็นต้น (Zhu, 2014)

ระบบห้องครัวอัจฉริยะได้รับการศึกษามากมาย แต่อุปกรณ์ทำอาหารในครัวเรือนที่สามารถปรุงอาหารเองได้ก็เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้ (Yan et al., 2006) ปัจจุบันอุปกรณ์ทำอาหารเป็นอุปกรณ์ที่ทันสมัยและเกือบทุกคนต้องการนำกระบวนการอัตโนมัติมาสู่สังคม

*Corresponding author

E-mail address: saphichat@udru.ac.th (W. Thonghaeo)

Online print: 23 May 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.13>

เพื่อสวัสดิภาพของมนุษย์ ระบบอัตโนมัติด้านอาหารเป็นกลไกที่เติบโตเร็วที่สุด (Livins et al., 2020) เป้าหมายสูงสุดของการวิจัยด้านหุ่นยนต์คือการแทนที่มนุษย์ด้วยหุ่นยนต์ในการทำงานบ้านในแต่ละวัน ถ้าหุ่นยนต์จะทำอาหารก็ต้องเข้าใจสูตรการทำอาหารด้วย ที่เขียนขึ้นด้วยมนุษย์และต้องแปรูปส่วนผสมอย่างเหมาะสมตามสูตรเหล่านั้น (Takata et al., 2022) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ความต้องการหุ่นยนต์ทำอาหารได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพื่อจัดการกับปัญหาการขาดแคลนแรงงานอันเป็นผลมาจากอัตราการเกิดและจำนวนประชากรสูงวัยที่ลดลง ตลอดจนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน หุ่นยนต์ทำอาหารได้รับการพัฒนาและจำหน่ายในประเทศต่าง ๆ แล้ว (Moley, 2023) โดยทั่วไป หุ่นยนต์ดังกล่าวสามารถปรุงอาหารตามสูตรที่ตั้งโปรแกรมไว้ได้ แต่การเขียนโปรแกรมสูตรอาหารในบริบทของแขนกลอาจเป็นเรื่องที่ท้าทายสำหรับผู้ที่ไม่มีความรู้ด้านหุ่นยนต์หรือการเขียนโค้ดมากนัก (Inagawa, 2021)

ในปัจจุบันพบว่ามีการทำการศึกษาเกี่ยวกับระบบอัตโนมัติผลิตอาหารหรือเครื่องผลิตอาหารอัตโนมัติ เช่น Kumar et al. (2019) เสนอการนำเครื่องทำอาหารอัตโนมัติแบบ PLC มาใช้ โดยมีจุดมุ่งหมายหลักคือทำให้การทำอาหารง่ายขึ้น ง่ายดาย และใช้เวลา น้อยลง เครื่องนี้สามารถเตรียมอาหารได้ใกล้เคียงกับอาหารที่มนุษย์สามารถเตรียมได้ Reema et al. (2016) เสนอเครื่องทำอาหารอัตโนมัติโดยใช้ตัวควบคุมลอจิกแบบโปรแกรมได้ (plc) และเครื่องทำอาหารอัตโนมัติแบบ HMI ซึ่งใช้ในระดับอุตสาหกรรมในอุตสาหกรรมอาหาร โดยพื้นฐานแล้ว เครื่องนี้ขึ้นอยู่กับชิ้นส่วนเครื่องกลและไฟฟ้าด้วยการเขียนโปรแกรมของ PLC เครื่องนี้จะรักษา ระยะห่างเชิงกลยุทธ์จากการสัมผัสของวัสดุและต้นทุนงานจะลดลงเช่นกันโดยใช้เครื่องทำอาหารอัตโนมัติ Syamsudduha et al. (2013) เสนอการออกแบบระบบเครื่องทำอาหารอัจฉริยะในอนาคตซึ่งมีพื้นฐานมาจากกลไกปัญญาประดิษฐ์ มีการวางแผนเครื่องทำอาหารอัจฉริยะแห่งอนาคตที่สามารถจำกัดเวลาในการปรุงอาหารและทำให้ผู้คนทำอาหารได้ง่ายขึ้น เครื่องมือนี้นี้มีขนาดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดใหญ่ และมีช่องมากมายสำหรับใส่อาหาร ในอุปกรณ์นั้นจะมีแขนหุ่นยนต์ซึ่งมีประโยชน์ในการเตรียมอาหารในช่องที่เข้าถึงได้สำหรับอาหารที่ต้องการ หากต้องการแสดงผลต้องใช้หน้าจอสัมผัส Rakshitha et al. (2019) เสนอการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตอาหารอัตโนมัติซึ่งสร้างอาหารชนิดใหม่ที่สามารถถนอมและนำไปใช้ได้ ข้อกำหนดของผู้ผลิตอาหารอัตโนมัติคือการรวมอุปกรณ์พื้นฐานเข้าด้วยกัน แล้วเลือกเมนูที่ตั้งไว้ล่วงหน้าของอาหารต่าง ๆ พวกเขาใช้ภาษาแบบระบุส่วนผสมที่เป็นของแข็งและของเหลว ในการใช้งาน อุปกรณ์ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ Arduino Mega ยังใช้เพื่อควบคุมกิจกรรมทั้งหมดของเครื่องทำอาหารอัตโนมัติ

อย่างไรก็ตาม เครื่องทอดส่วนใหญ่ในห้องทดลองยังมีข้อบกพร่อง เช่น ระดับของระบบอัตโนมัติต่ำ มาตรฐาน ฟังก์ชันที่ไม่สมบูรณ์ หรือโครงสร้างที่ไม่เหมาะสม ผล ข้อบกพร่องเหล่านี้ทำให้ยากต่อการนำไปใช้กับสถานการณ์การใช้งานเฉพาะ Liu (2019) โดยเฉพาะตอนนี้เครื่องทำอาหารอัตโนมัติในห้องทดลองมีฟังก์ชันการควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติและการทอดขั้นพื้นฐานแล้ว แต่เครื่องทำอาหารยังคงต้องอาศัยการทำงานแบบใช้มนุษย์ในการเติมเครื่องปรุงและขนส่งวัตถุดิบในการปรุงอาหาร Wu (2017) ในขณะที่เกี่ยวกับการ

ใช้งานก็ยุ่งยากและระดับความรู้ก็ไม่สูง ตัวอย่างเช่น เมื่อทำอาหารผู้ใช้จำเป็นต้องเลือกโปรแกรมสูตรอาหาร กำลังไฟ และเวลาทำความร้อน ซึ่งส่งผลต่อประสบการณ์ของผู้คน Zhang et al. (2021) อย่างไรก็ตามในการประกอบอาหารประเภททอดแม้จะมีขั้นตอนเพียงเล็กน้อยไม่ยุ่งยากสามารถทำได้แทบทุกช่วงวัยและสามารถประกอบอาหารได้ แม้ไม่อยู่ในพื้นที่ห้องห้องครัว ใช้อุปกรณ์แค้มก็ได้อย่าง แต่การประกอบอาหารโดยใช้น้ำมันที่มีอุณหภูมิสูงประมาณหนึ่งอย่างการทอดก็มีข้อเสียและอันตรายต่อผู้ประกอบอาหาร ไม่ว่าจะเป็นการกระเด็นของน้ำมันขณะทำการทอด การสูดดมไอน้ำมันถึงของอาหาร น้ำมันมีอุณหภูมิสูงเกินไปสำหรับการประกอบอาหารประเภทนั้น ๆ ทำให้อาหารเกิดการไหม้แทนที่จะสุกพอดี ด้วยปัญหาเหล่านี้จึงมีแนวความคิดในการสร้างแขนกลขึ้นมาเพื่อทำการทอดแทนคน โดยเลือกใช้หม้อทอดสำเร็จรูปและนำมาต่อตรงเข้ากับบอร์ดควบคุม ติดตั้งตัววัดอุณหภูมิจากบอร์ดควบคุมมายังหม้อทอดเพื่อวัดอุณหภูมิของน้ำมัน ซึ่งจะใช้การควบคุมจากบอร์ดและมอเตอร์เป็นหลัก มีกระบวนการการทำงานตั้งแต่ นำอาหารลงหม้อทอด รออาหารสุกและนำอาหารกลับไปเทใส่ภาชนะที่เตรียมไว้

ระบบอัตโนมัติเริ่มเข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันในปัจจุบันมากขึ้นไม่ว่าจะเป็นตู้กดน้ำอัตโนมัติ ตู้ขายสินค้าอัตโนมัติ ซึ่งที่กล่าวมาล้วนเป็นระบบอัตโนมัติ รวมไปถึงในโรงงานอุตสาหกรรมที่นำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้งาน ดังนั้น การศึกษาหรือการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับระบบอัตโนมัติ กลายเป็นสิ่งที่จำเป็นในการต่อยอดทักษะที่จะนำไปใช้ในอนาคต จึงเป็นที่มาของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อศึกษาการทำงานของแขนกลทอดอาหารต้นแบบด้วยระบบ บอร์ด Arduino ออกแบบและสร้างแขนกลทอดอาหารต้นแบบด้วยระบบบอร์ด Arduino และศึกษาความสามารถของแขนกลทอดต้นแบบกับอาหาร โดยการศึกษาการทอดเฟรนช์ฟรายส์ เพื่อเป็นแนวทางในการต่อยอดสู่อุตสาหกรรมในอนาคต

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การออกแบบ

แขนกลทอดอัตโนมัติที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นการสร้างแขนกลให้เป็นแบบ Cylindrical Robot ซึ่งเป็นหุ่นยนต์อุตสาหกรรมทรงกระบอก (Cylindrical) มีลักษณะการเคลื่อนไหวแบบหมุนรอบแกนมีแท่งใช้ในการยกจับ เพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมและใช้งาน หม้อทอดที่นำมาใช้ในการทดสอบเป็นหม้อทอดสำเร็จรูปที่นำมาใช้ในการทอดอาหารทั่วไป นำแขนกลมาต่อเข้าโดยตรงบอร์ดควบคุมที่มีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานโดยใช้มอเตอร์ไฟฟ้าและกระแสสลับไฟฟ้าทำการติดตั้งเซนเซอร์วัดอุณหภูมิที่มีการส่งค่าการวัดไปยังบอร์ดควบคุมเพื่อทำการควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันในหม้อทอดตามที่ต้องการ โดยแขนกลสามารถหมุนรอบตัวเองได้ 180 องศา สามารถยกแขนกลขึ้น-ลงได้ 70 องศา และหมุนเกลียวทอดได้ 360 องศา

มอเตอร์เกียร์ (Gear Motor) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งโดยอาศัยหลักการทำงานจากมอเตอร์ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกลเพื่อทำให้วัตถุเคลื่อนที่ และมีฟันเฟืองหรือเกียร์ทำหน้าที่ลดรอบความเร็วหรือตรอบ และเพิ่มแรงบิดเพื่อให้สามารถใช้งานได้ตามต้องการ การคำนวณหากระแสและกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ ดังสมการ (1) และ (2)

หากระแสไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 1;

$$I = \frac{P}{V \times \text{eff}} \quad (1)$$

หากำลังไฟฟ้า สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2;

$$P = V \times I \times \text{eff} \quad (2)$$

โดยที่ I = กระแสมอเตอร์ (A)

V = แรงดันไฟฟ้า (V)

P = กำลังไฟฟ้า (Watt)

Eff = ประสิทธิภาพของมอเตอร์ สามารถหาค่าได้จากเนมเพลทของมอเตอร์ หรือที่ data sheet หากไม่ทราบค่า eff. อาจใช้ค่าประมาณ คือ ค่าประสิทธิภาพหรือ eff เท่ากับ 0.85

สูตรคำนวณแรงบิดของกระปุกเกียร์ : อัตราส่วนการลด=รอบการส่งออกของมอเตอร์/ รอบการส่งออกของตัวลด ("อัตราส่วนการลด" เรียกอีกอย่างว่า"อัตราทดเกียร์")

กำหนดกำลังมอเตอร์ อัตราส่วน และปัจจัยการบริการ
คำนวณแรงบิด สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3:

$$T = \frac{9550 \times P}{\text{eff}} \quad (3)$$

แรงบิด การหมุนรอบเอาต์พุตของกระปุกเกียร์ และรอบการทำงาน
คำนวณกำลังมอเตอร์ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 4:

$$P = \frac{T \times \text{RPM}}{\text{eff}} \quad (4)$$

โดยที่ T = แรงบิด (N.m)

rpm = รอบของมอเตอร์ไฟฟ้า (rpm)

การต่อวงจรควบคุมการทำงาน

แผนผังการต่อวงจรไฟฟ้าในการทดสอบ วงจรการทำงานของบอร์ด Arduino ที่แสดงใน Figure 1 โดยการใช้หลอดไฟ LED แทน Relay, Magnetic Contactor, และ Buzzer ในการทำงานของวงจรการทำงานของบอร์ด Arduino

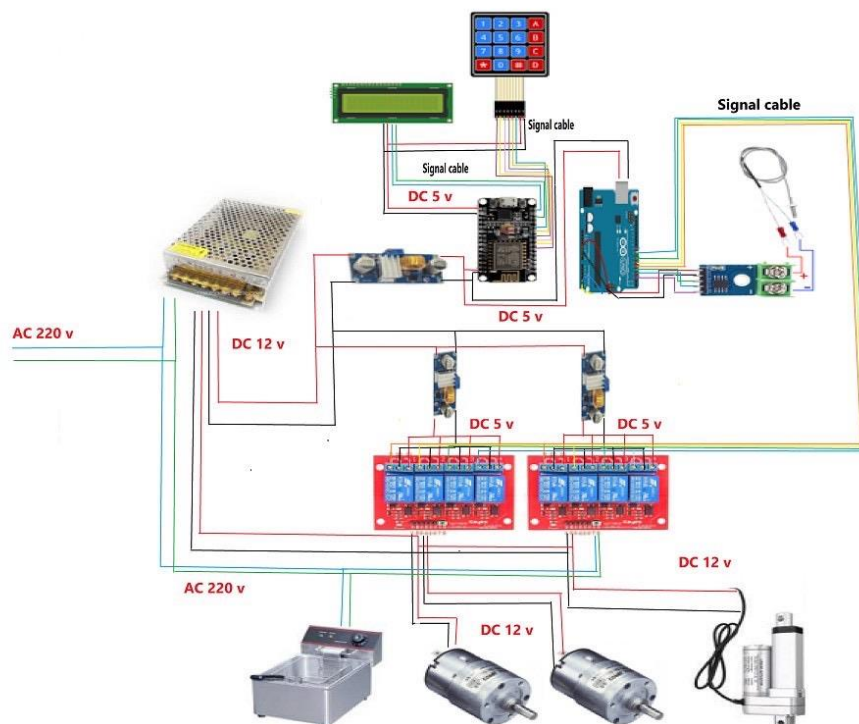


Figure 1 Circuit diagram.

การทำงานของวงจร Figure 1 เริ่มต้นด้วย 1) เมื่อกดสวิตช์ STEP 1 หลอดไฟ LED Magnetic Contactor และหลอดไฟ LED LAMP 1 จะ ติดพร้อมกัน เมื่อสิ้นสุดการทำงาน หลอดไฟ LED Buzzer จะติด และเมื่อกดสวิตช์STEP 1 อยู่จะไม่สามารถ กดสวิตช์STEP 2, STEP 3 ได้นอกจากต้องกดสวิตช์ STOP หยุดการทำงานก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการ ทำงานซ้อน 2) เมื่อกดสวิตช์STEP 2 หลอดไฟ LED Magnetic Contactor และหลอดไฟ LED LAMP 2 จะ ติดพร้อมกัน เมื่อสิ้นสุดการทำงาน หลอดไฟ LED Buzzer จะติด และเมื่อกดสวิตช์STEP 2 อยู่จะไม่สามารถ กดสวิตช์STEP 1, STEP 3 ได้นอกจากต้องกดสวิตช์

STOP หยุด การทำงานก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการ ทำงานซ้อน 3) เมื่อกดสวิตช์STEP 3 หลอดไฟ LED Magnetic Contactor และ หลอดไฟ LED LAMP 3 จะ ติดพร้อมกัน เมื่อสิ้นสุดการทำงาน หลอดไฟ LED Buzzer จะติด และเมื่อกดสวิตช์STEP3 อยู่จะไม่สามารถกด สวิตช์STEP1, STEP 2 ได้นอกจากต้องกดสวิตช์ STOP หยุดการทำงานก่อน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการ ทำงานซ้อน 4) เมื่อกดสวิตช์ STOP จะหยุดการทำงานของวงจร

อุปกรณ์

การศึกษาและทดลองหม้อทอดอัตโนมัติ ดังแสดงใน Figure 2

ผู้ศึกษาได้ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยต่าง ๆ ที่มีความเกี่ยวข้อง เพื่อนำมาใช้เป็นกรอบแนวคิดการจัดสร้างเพื่อหาประสิทธิภาพการใช้ แขนกลในการประกอบอาหาร ที่มีการควบคุมด้วยโปรแกรมอาร์ดูโน โดยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้ 1) โครงฐานเป็นโต๊ะสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ของ หม้อทอดอัตโนมัติทั้งหมด 2) หม้อทอดอาหารวางบนโต๊ะโครงฐานอีก ที่ เช่นเดียวกับ 3) แขนกลซึ่งทำจากสแตนเลสท่งวางบนโต๊ะโครง

ฐานเช่นเดียวกัน 4) มอเตอร์เกียร์ DC 12V 5RPM 2 ตัวและลิเนียร์ แอคชูเอเตอร์ 1 ตัว ติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งระหว่างแขนกลขึ้นบนและขึ้น ล่าง ปลายของแขนกลขึ้นบนติดตั้ง 5) ตะแกรงสำหรับใส่อาหาร ใน เวลาที่ทำการทอด โดยอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ควบคุมด้วย 6) บอร์ด ควบคุมการทำงานและสั่งการ ที่วางไว้บนโต๊ะโครงฐานและข้างฐาน ของแขนกล

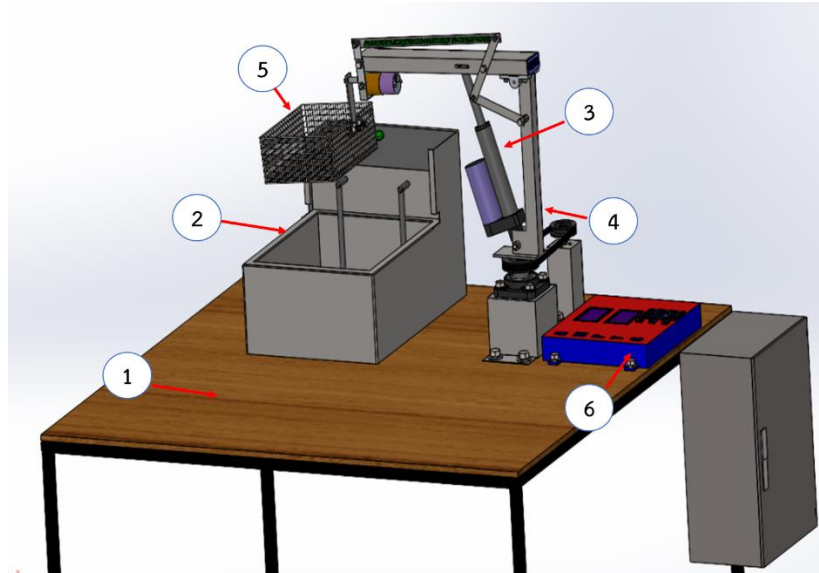


Figure 2 Experimental equipment.

การทำงานของเครื่องทอดอาหารอัตโนมัติ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง Figure 2 ขั้นตอนแรก นำวัตถุดิบที่ต้องการทอดใส่ตะแกรง ต่อมากำหนดอุณหภูมิและเวลาในการทอดด้วยการกดปุ่มที่ติดตั้งตามความต้องการ จากนั้นหม้อทอดจะเริ่มทำงาน หม้อทอดจะอุณหภูมิสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงค่าที่กำหนด ต่อมาแขนกลจะเริ่มทำงานอีกครั้ง โดยการนำวัตถุดิบในตะแกรงไปทอดตามเวลาที่กำหนดไว้ หลังจากทอดตามเวลาที่กำหนดแล้วนั้น แขนกลจะยกและหมุนตะแกรง มาที่จุดวางภาชนะ โดยต้องเตรียมภาชนะสำหรับใส่อาหารวางในจุดที่กำหนด แขนกลจะเทอาหารใส่ภาชนะ เมื่อเสร็จแขนกลจะหมุนไปยังตำแหน่งเริ่มต้นการทำงาน เป็นอันจบขั้นตอนการทำงาน

วัตถุดิบ

แบ่งประเภทของอาหารในการทดสอบออกเป็น 2 ประเภท ของทานเล่น และเนื้อสัตว์ โดยของทานเล่น คือ เฟรนช์ฟรายส์ (มันฝรั่ง) ลักษณะเป็นเส้นตรงเล็ก แข็งแข็ง "ทาลลีย์" นิยมนำมาทอดโดยวิธีการทอดกรอบและปรุงรสด้วยเกลือเพียงเล็กน้อยพร้อมทาน และเนื้อสัตว์ คือ เนื้อไก่ในส่วน ปีกบน (Drumette) หลายคนเรียกว่าส่วนน่องเล็ก เพราะมีลักษณะคล้ายกับส่วนของน่อง แต่ที่จริงคือส่วนปีกนะทุกคน นิยมนำมาทอดเป็นเมนูกินเล่น เพราะมีขนาดกะทัดรัดพอดีคำ จึงกลายเป็นส่วนที่นิยม เหมาะกับเมนูที่รสชาติเข้มข้น

ขั้นตอนการทดลอง

- 1) เตรียมวัตถุดิบที่ต้องการทดลอง คือ เฟรนช์ฟรายส์และชิ้นส่วนไก่
- 2) ชั่งน้ำหนักวัตถุดิบ 100 กรัม
- 3) นำวัตถุดิบใส่ตะแกรง

4) กำหนดอุณหภูมิและเวลา กดสวิทช์เครื่องหมายดอกจันเพื่อเริ่มการทำงาน

5) ทอดเฟรนช์ฟรายส์โดยกำหนดอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทอดเป็นเวลา 180, 300, 420 วินาที

6) ทอดเฟรนช์ฟรายส์โดยกำหนดอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ทอดเป็นเวลา 180, 300, 420 วินาที

7) ทอดเฟรนช์ฟรายส์โดยกำหนดอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ทอดเป็นเวลา 180, 300, 420 วินาที

8) ทอดไก่โดยกำหนดอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ทอดเป็นเวลา 600, 900, 1200 วินาที

9) ทอดไก่โดยกำหนดอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ทอดเป็นเวลา 600, 900, 1200 วินาที

10) ทอดไก่โดยกำหนดอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ทอดเป็นเวลา 600, 900, 1200 วินาที

11) สังเกตสี ผิวสัมผัส พร้อมบันทึกลักษณะวัตถุดิบที่นำมาทดลอง

12) สรุปผล

การวิเคราะห์เศรษฐศาสตร์

ระยะเวลาคืนทุนจะเป็นผลที่นำมาใช้ในการพิจารณาถึงระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิจากการดำเนินงาน หรือผลกำไรที่ได้รับแต่ละปีต่อต้นทุนทั้งหมด มีความเหมาะสมที่ต้องการจะลงทุนหรือไม่ โดยเป็นกำไรสุทธิหลังหักภาษี ดอกเบี้ย และค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มแรก จะทำให้สามารถทราบจำนวนปีที่ได้รับผลประโยชน์คุ้มกับค่าใช้จ่ายในการลงทุน หากการดำเนินงานแล้วทำให้

เกิดผลประโยชน์ที่คุ้มค้ำกับปริมาณงบประมาณที่ลงทุนมีระยะเวลาคืนทุนที่รวดเร็วก็จะเป็นผลดี ทำให้เกิดความเสียน้อยและผู้ลงทุนได้รับเงินลงทุนคืนที่จะสามารถนำเงินไปลงทุนในกิจการอื่น ๆ ได้ต่อไป

ระยะเวลาคืนทุนเป็นสัดส่วนการคำนวณของจำนวนเงินของการลงทุนเริ่มต้นต่อผลตอบแทนสุทธิในแต่ละปี สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 5 (Udcharchon, 2021)

$$RC = \frac{IIC}{NRY} \quad (5)$$

โดยที่ RC = ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
IIC = เงินลงทุนเริ่มแรก (บาท)
NRY = ผลตอบแทนสุทธิต่อปี (บาท/ปี)

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

หม้อทอดอัตโนมัติที่ใช้ในการทดลอง เป็นระบบการทำงานแบบอัตโนมัติที่ควบคุมด้วย Arduino Program มีการใช้คำสั่งจากโค้ดที่เขียนขึ้นในโปรแกรม ในงานของเราจะใช้มอเตอร์จำนวน 2 ตัวและลิเนียร์แอกชูเอเตอร์ 1 ตัว ในการขับเคลื่อนแขนกลและลำเลียงวัตถุดิบเมื่อใช้โค้ดควบคุมแขนกลทำการทดลองเพื่อหาระยะเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบชนิด ทำให้การทอดอาหารแต่ละชนิดที่นำมาทดลองมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด ดังแสดงใน Figure 3

ผลการทดสอบอุณหภูมิและเวลา

ผลการทดลองการทอดเฟรนช์ฟรายส์ ด้วยอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน สามารถแสดงผลการดังใน Table 1- 3

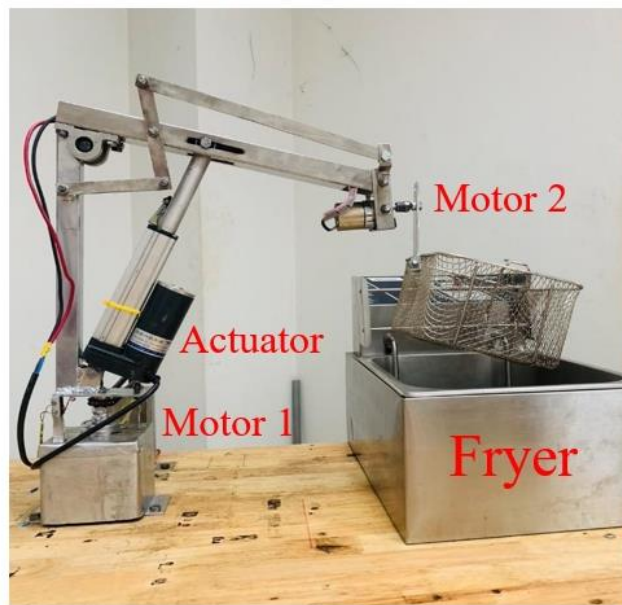


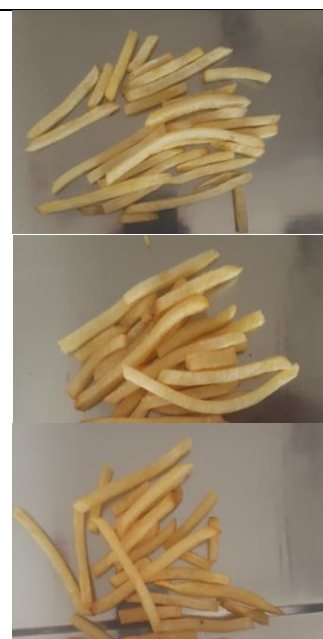
Figure 3 Automatic frying machine in the experiment.

Table 1 Experiment with French fries at 120 degrees Celsius

Weight (gram)	temperature (C)	time (second)	Results (Compare with sight and touch)	
100	120	180	Not ripe, the touch is still soft, it is white color and very oily.	
100	120	300	Not ripe, starting to crisp, some parts are starting to have a yellowish white color and oily.	
100	120	420	Not ripe, the crispiness increases, some parts it started to have a yellowish color, but it oily in some parts.	

Table 2 Experiment with French fries at 140 degrees Celsius

Weight (gram)	temperature (C)	time (second)	Results (Compare with sight and touch)
100	140	180	Nearly ripe, texture is crisper, white in the middle, the edges are starting to turn yellow and white, but oily.
100	140	300	Nearly ripe, texture is crisper, in some parts it started to yellow, the center edge is white and yellowish, Not oily.
100	140	420	Ripe, crispy but not hard, it is golden yellow and does not oily.

**Table 3** Experiment with French fries at 160 degrees Celsius

Weight (gram)	temperature (C)	time (second)	Results (Compare with sight and touch)
100	160	180	Nearly ripe, some pieces begin to crisp up, yellowish white and does not oily.
100	160	300	Ripe, crisp, it is golden yellow and does not oily.
100	160	420	Ripe, crisp, some pieces are hard, dark yellow and does not oily.



Table 1 – 3 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทอดเฟรนช์ฟรายส์ แม้วัตถุดิบจะต่างชนิดกันแต่แนวโน้มที่เวลาจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักหรือปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ทดลองในแต่ละครั้ง โดยจากการทดลองการหาช่วงเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดเฟรนช์ฟรายส์ให้มีความสุขพอดี กรอบ มีสีเหลืองทองและไม่อมน้ำมัน (วิธีการทดสอบโดยการเทียบกับสายตากับลักษณะกับสินค้ามาตรฐานเฟรนช์ฟราย KFC) พบว่าทั้งอุณหภูมิ ขนาด และระยะเวลาเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพในการทอด ซึ่งทั้งสองอย่างจะต้องมีค่าที่แปรผกผันกัน เช่น หากใช้อุณหภูมิสูง เวลาที่ใช้ในการทอดจะต้องลดลง และหากใช้อุณหภูมิต่ำเวลาที่ใช้ก็ต้องมากขึ้น จากตารางดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ในวัตถุดิบและอุณหภูมิที่ใช้ทอดเฟรนช์ฟรายส์ปริมาณเท่านี้ เวลาที่เหมาะสมที่สุดจะเท่ากับ 300 วินาทีหรืออาจจะ

บวกไม่เกิน 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ทำได้จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบว่ามีความสุขหรือมีสีส้มตามความต้องการ นอกจากนี้ผลการทดลองการทอดไก่ ด้วยอุณหภูมิและเวลาที่แตกต่างกัน สามารถแสดงผลการดังใน Table 4-6

Table 4 Experiment with fried chicken at 120 degrees Celsius

Weight (gram)	temperature (C)	time (second)	Results (Compare with sight and touch)
100	120	600	Not ripe, the chicken meat is white color, inside isn't yet ripe.
100	120	900	Not ripe, There is still water in the chicken meat, inside is not ripe and has a light brown color.
100	120	1200	Not ripe, chicken meat is light brown, inside isn't yet ripe.

Table 5 Experiment with fried chicken at 140 degrees Celsius

Weight (gram)	temperature (C)	time (second)	Results (Compare with sight and touch)
100	140	600	Not ripe, crispiness increases, in some parts, the flesh inside is not yet ripe and has a light brown color.
100	140	900	Nearly ripe, some of the meat is crispy, chicken meat inside Starting to ripen and have a brown color.
100	140	1200	Ripe, It's crispy on the outside and soft on the inside.

Table 6 Experiment with fried chicken at 160 degrees Celsius.

Weight (gram)	temperature (C)	time (second)	Results (Compare with sight and touch)
100	160	600	Ripe, some of the meat is crispy, outside of the chicken meat is starting to turn brown.
100	160	900	Ripe, crispiness increases. Some of the chicken meat is beginning to dry out, starting to have a dark brown color.
100	160	1200	Ripe, crispy chicken meat, completely dry inside, it is dark brown.

Table 4 – 6 แสดงให้เห็นว่าเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทอดไก่ แม้วัตถุดิบจะต่างชนิดกันแต่แนวโน้มที่เวลาจะมากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับน้ำหนักหรือปริมาณของวัตถุดิบที่ใช้ทอดลงในแต่ละครั้ง โดยจากการทดลองการหาช่วงเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดไก่ให้มีความสุกพอดี ไม่ดิบและไม่ไหม้เกรียมจนเกินไป พบว่าทั้งอุณหภูมิ ขนาด และระยะเวลาที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการทอด ซึ่งทั้งสองอย่างจะต้องมีค่าที่แปรผกผันกัน เช่น หากใช้อุณหภูมิสูง เวลาที่ใช้ในการทอดจะต้องน้อย และหากใช้อุณหภูมิต่ำเวลาที่ใช้ก็ต้องมากขึ้น จากตารางดังกล่าวจะเห็นว่าในวัตถุดิบและอุณหภูมิที่ใช้ทอดไก่ ปริมาณเท่านี้ เวลาที่เหมาะสมที่สุดจะเท่ากับ 1200 วินาทีหรืออาจจะ

บวกลบไม่เกิน 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ทำได้จากการสังเกตการเปลี่ยนแปลงของวัตถุดิบว่ามีความสุกหรือมีสีส้มตามความต้องการ

การคำนวณหาระยะเวลาต้นทุนของอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ จากการขายวัตถุดิบที่ทดสอบ

คำนวณหาต้นทุนเฟรนช์ฟรายส์ การทอด 1 รอบจะใช้เวลาในการเตรียมอุปกรณ์ วัตถุดิบ และรออุณหภูมิของหม้อทอดให้ถึงตามที่กำหนด รวมถึงเวลาในการทอดประมาณ 20 นาที โดยการทอด 1 รอบ จะใช้วัตถุดิบ 500 กรัม จะแบ่งได้เป็น 5 ถ้วย (ถ้วยละ 100 กรัม) ใน 1 ชั่วโมงจะสามารถทอดได้ 3 รอบ ซึ่งเท่ากับเฟรนช์ฟรายส์ 15 ถ้วย

Table 7 Equipment list/other costs

Equipment list/other costs	Price (baht)
Food fryer	600
Motor DC 12V 5RPM 2 piece	760
Linear actuators 1	1,450
stainless steel	300
Steel and wood for making tables	650
Electronic equipment for control boards	1,660
Labor cost	2,500
Other expenses (Electricity cost, additional equipment cost for damaged parts, expenses during operation)	800
Total	8,720

Table 8 Cost of French fries (baht)

Quantity (unit)	Cost of French fries (baht)
1 bowl	8.75
1 round	43.75
1 day	1,050

การคำนวณหาต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์ จาก Table 8 ใน 1 วัน หม้อทอดสามารถทอดได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับว่าจะสามารถทอดได้ 24 รอบ แบ่งเป็น 120 ถ้วย หากขาย เฟรนช์ฟรายส์ แซ่แข็ง เส้นตรง ขนาด 7 มม. แพ็ค 2 กิโลกรัม 175 บาท (13 มิถุนายน 2566) สามารถแบ่งขายเป็นถ้วยถ้วยละ 100 กรัม ได้ 20 ถ้วย (ราคาถ้วยละ 20 บาท) โดยหากคำนวณหาต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์ต่อถ้วย จะได้ว่าเฟรนช์ฟรายส์ ราคา 175 บาท ทหารด้วยจำนวนถ้วย 20 ถ้วย เท่ากับ $175 \div 20 = 8.75$ บาทต่อถ้วย (ต้นทุนค่าเฟรนช์ฟรายส์ 1 ถ้วย เท่ากับ 8.75 บาท) ซึ่งคำนวณหาต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์ ต่อวัน จะได้ว่าราคาต่อ 1 ถ้วย คูณด้วย 120 ถ้วย เท่ากับ $8.75 \times 120 = 1,050$ บาทต่อวัน ดังนั้น ต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์ ต่อ 1 วันเท่ากับ 1,050 บาท คำนวณหาค่าไฟฟ้า ดังตารางที่ 9 ค่าไฟฟ้าในการทอด 1 รอบ จะใช้ไฟฟ้า 0.5 kWh คิดเป็นเงินจะได้ $0.5 \times 4.2218 = 2.1109$ บาทต่อรอบ (ค่าไฟฟ้าต่อ 1 ถ้วย เท่ากับ 1.055 บาท) ใน 1 ชั่วโมงจะสามารถทอดได้ 3 รอบ จะใช้ไฟฟ้า 1.5 kWh คิดเป็นเงินจะได้ $1.5 \times 4.2218 = 6.3327$ บาทต่อชั่วโมง หากใน 1 วันใช้งานในการทอด 8 ชั่วโมง จะสามารถทอดได้ 24 รอบ ซึ่งจะใช้ไฟฟ้า 12 kWh คิดเป็นเงินจะได้ $12 \times 4.2218 = 50.6616$ บาทต่อวัน

การคำนวณหาต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์ ดัง Table 9 ต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์ต่อ 1 ถ้วย + ค่าไฟฟ้าต่อ 1 ถ้วย จะได้เท่ากับ $8.75 + 1.055 = 9.805$ บาทต่อถ้วย ดังนั้นต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์และค่าไฟฟ้าต่อ 1 ถ้วยเท่ากับ 9.805 บาท ใน 1 วันสามารถทอดได้ 120 ถ้วย $= 120 \times 9.805 = 1,176.06$ บาทต่อวัน ดังนั้นต้นทุนของเฟรนช์ฟรายส์และค่าไฟฟ้าต่อ 1 วันจะได้เท่ากับ 1,176.06 บาท คำนวณหากำไร ดัง Table 9 โดยใน 1 วันสามารถขายได้ 120 ถ้วยจะได้เท่ากับ $120 \times 20 = 2,400$ บาท หากกำไรต่อถ้วยจะได้ว่า ราคาขายต่อ 1 ถ้วย - ต้นทุนต่อ 1 ถ้วย เท่ากับ $20 - 9.805 = 10.195$ บาทต่อถ้วย ดังนั้น กำไรจากการขายเฟรนช์ฟรายส์ 1 ถ้วยเท่ากับ 10.195 บาท กำไรต่อ 1 วัน จะได้ว่าจำนวนเงินที่ขายได้ต่อวัน - ต้นทุนเฟรนช์ฟรายส์และค่าไฟฟ้าต่อวัน ได้เท่ากับ $2,400 - 1,176.06 = 1,223.94$ บาท ในกรณีใช้แรงงานคน 1 คนในการขายเฟรนช์ฟรายส์ 1 วันคิดค่าแรงตาม อัตราค่าแรงขั้นต่ำ ของกรมแรงงาน (ฉบับที่ 12 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2567) เท่ากับ 350 ต่อวัน จะได้เท่ากับ $1,223.94 - 350 = 873.94$ บาท สรุปได้ว่า กำไรจากการขายเฟรนช์ฟรายส์ใน 1 วัน จะได้เท่ากับ 873.94 บาท

Table 9 Profit from French fries sales

Quantity (unit)	Cost and electricity cost (Baht)	Sale price (baht)	Profits (baht)
1 bowl	9.805	20	13.995
1 round (5 bowl)	49.025	100	27.99
1 day (8 Hour)	1,176.06	2,400	1,223.94
1 month	35,281.8	72,000	36,718.2
1 year	423,381.6	864,000	440,618.4

The above calculation does not include the cost of rental fees. Cost of various sauces or toppings. The price will vary in each area.

คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน Table 9 คำนวณจากต้นทุนของการทำหม้อทอดอาหารอัตโนมัติจากค่าอุปกรณ์ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้า และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ระหว่างดำเนินการเท่ากับ 8,720 บาท จะได้ว่า ต้นทุนอุปกรณ์ ÷ กำไรจากการขายเฟรนช์ฟรายส์ 1 วัน เท่ากับ 8,720 ÷ 873.94 = 9.97 สรุปได้ว่า จะใช้เวลาในการขายเฟรนช์ฟรายส์อยู่ที่ 10 วัน จึงจะได้ทุนคืนในส่วนของคุณค่าอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

และยังคงเหลือกำไรสุทธิอยู่ที่ 19.4 บาท

คำนวณหาต้นทุนของชิ้นส่วนไก่ ในการทอด 1 รอบจะใช้เวลาในการเตรียมอุปกรณ์ วัตถุดิบ และรออุณหภูมิของหม้อทอดให้ถึงตามที่กำหนด รวมถึงเวลาในการทอดประมาณ 20 นาที โดยการทอด 1 รอบจะใช้วัตถุดิบ 500 กรัม จะแบ่งได้เป็น 2 ถ้วย (ถ้วยละ 250 กรัม)

Table 10 Cost of fried chicken

Quantity (unit)	Cost of fried chicken (baht)
1 bowl	21.25
1 round	42.5
1 day	1,020

คำนวณหาต้นทุนของไก่ทอด จากTable 10 โดยใน 1 ชั่วโมงจะสามารถทอดได้ 3 รอบ เท่ากับ 6 จาน และใน 1 วันหม้อทอดสามารถทอดได้ 8 ชั่วโมง เท่ากับว่าจะสามารถทอดได้ 24 รอบ แบ่งเป็น 48 จาน ปีกไก่ ขนาด 1 กิโลกรัม ราคา 85 บาท (13 มิถุนายน 2566) สามารถแบ่งขายเป็นจานจานละ 250 กรัม ได้ 4 ถ้วย ขายที่ราคาจานละ 30 บาท หากคำนวณหาต้นทุนของปีกไก่ต่อจานจะได้ว่า ปีกไก่ราคา 85 บาท หารด้วยจำนวนจาน 4 จาน เท่ากับ 85 ÷ 4 = 21.25 บาทต่อจาน (ต้นทุนค่าปีกไก่ 1 จานเท่ากับ 21.25 บาท) ซึ่งคำนวณหาต้นทุนของปีกไก่ต่อวัน จะได้ว่า ราคาต่อ 1 ถ้วยคูณด้วย 48 จาน เท่ากับ 21.25 X 48 = 1,020 บาทต่อวัน ดังนั้นต้นทุนของเนื้อหมูต่อ 1 วันเท่ากับ 1,020 บาท คำนวณหาค่าไฟฟ้า ดังตารางที่ 11 ค่าไฟฟ้าในการทอด 1 รอบ จะใช้ไฟฟ้า 0.5 kWh คิดเป็นเงินจะได้ 0.5 X 4.2218 = 2.1109 บาทต่อรอบ (ค่าไฟฟ้าต่อ 1 จาน เท่ากับ 1.055 บาท) ใน 1 ชั่วโมงจะสามารถทอดได้ 3 รอบ จะใช้ไฟฟ้า 1.5 kWh คิดเป็นเงินจะได้ 1.5 X 4.2218 = 6.3327 บาทต่อชั่วโมง หากใน 1 วันใช้งานในการทอด 8 ชั่วโมง จะสามารถทอดได้ 24 รอบ ซึ่งจะใช้ไฟฟ้า 12 kWh คิดเป็นเงินจะได้ 12 X 4.2218 = 50.6616 บาทต่อวัน

คำนวณหาต้นทุนของไก่ทอด ดังตารางที่ 11 ต้นทุนของไก่ทอดต่อ 1 จาน + ค่าไฟฟ้าต่อ 1 จาน เท่ากับ 21.25 + 1.055 = 22.305 บาทต่อจาน โดยต้นทุนของไก่ทอดและค่าไฟฟ้าต่อ 1 จาน เท่ากับ 22.305 บาท ซึ่งใน 1 วันสามารถทอดได้ 48 จาน = 48 X 22.305 = 1,070.64 บาทต่อวัน ดังนั้นต้นทุนของเนื้อหมูและค่าไฟฟ้าต่อ 1 วันเท่ากับ 1,070.64 บาท คำนวณหากำไร Table 11 (กำหนดราคาขายที่ 30 บาทต่อ 1 จาน) โดยใน 1 วันสามารถขายได้ 48 จาน เท่ากับ 48 X 30 = 1,440 บาท หากหากกำไรต่อจาน จะได้ว่า ราคาขายต่อ 1 จาน - ต้นทุนต่อ 1 จาน เท่ากับ 30 - 22.305 = 7.055 บาทต่อจาน ดังนั้นกำไรจากการขายไก่ทอด 1 จานเท่ากับ 7.055 บาท ซึ่งหากหากกำไรต่อ 1 วัน จะได้ว่า จำนวนเงินที่ขายได้ต่อวัน - ต้นทุนไก่ทอดและค่าไฟต่อวัน เท่ากับ 1,440 - 1,070.64 = 369.36 บาท ในกรณีใช้แรงงานคน 1 คนในการขายเฟรนช์ฟรายส์ 1 วันคิดค่าแรงตามอัตราค่าแรงขั้นต่ำ ของกรมแรงงาน (ฉบับที่12 ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ.2567) เท่ากับ 350 ต่อวัน จะได้เท่ากับ 369.36 - 350 = 19.36 บาท สรุปได้ว่า กำไรจากการขายไก่ทอดใน 1 วัน เท่ากับ 19.36 บาท

Table 11 Profit from fried chicken sales

Quantity (unit)	Cost and electricity cost (baht)	Sale price (baht)	Profits (baht)
1 dish	22.305	30	7.055
1 round (2 dish)	44.61	60	14.1122
1 day (8 Hour)	1,070.64	1,440	369.36
1 month	32,119.2	43,200	11,080.8
1 year	385,430.4	518,400	132,969.6

Note: The above calculation does not include the cost of rental fees and there may be daily fluctuations in chicken prices.

คำนวณหาระยะเวลาคืนทุน Table 11 คำนวณจากต้นทุนของการทำหม้อทอดอาหารอัตโนมัติจากค่าอุปกรณ์ ค่าแรงงาน ค่าไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ระหว่างดำเนินการ อยู่ที่ 8,720 บาท โดยจะได้ว่า ต้นทุนอุปกรณ์ ÷ กำไรจากการขายไก่ทอด 1 วัน เท่ากับ 8,720 ÷ 19.36 = 450.41 สรุปได้ว่า จะใช้เวลาในการขายไก่ทอด

โดยประมาณ 451วัน จึงจะได้ทุนคืนในส่วนของคุณค่าอุปกรณ์ และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และยังคงเหลือกำไรสุทธิอยู่ที่ 11.36 บาท

วิจารณ์ผลการวิจัย

ปัญหาของการทอดทั่วไปโดยใช้เครื่องทอดคือ ผู้ทอดสามารถ

กำหนดอุณหภูมิไว้ได้ตามค่าที่ต้องการแต่ไม่สามารถกำหนดเวลาที่เหมาะสมในการทอดทิ้งได้ ทำให้เมื่อผู้ทอดอาหารทำหน้าที่หลายอย่างจะทำให้ในห้องอาหารอาจจะทำให้ไหม้ได้ การทอดอาหารด้วยแขนกลทอดอาหารจะช่วยให้ผู้ทอดสามารถกำหนดอุณหภูมิและเวลาในการทอดได้ ดังนั้นการทอดด้วยระบบอัตโนมัติจะทำให้ได้ผลผลิตจากการทอดที่มีความเทียบเท่ากันตลอดทั้งทุกการทอดและได้วัตถุดิบที่ไม่มีความแตกต่างกัน แตกต่างจากการทอดด้วยผู้ทอด ดังนั้นการทอดด้วยระบบนี้จะช่วยให้สามารถกำหนดคุณภาพของการทอดได้ดีกว่าการทอดด้วยคน และยังสามารถลดอันตรายที่จะเกิดขึ้นกับผู้ทอดได้อีกด้วย

สรุปผลการวิจัย

การสร้างและทดลองใช้เครื่องทอดอัตโนมัติที่ควบคุมโดย Arduino เพื่อทำการประกอบอาหารแทนการใช้คน โดยใช้อาหารจำนวน 2 ประเภท ซึ่งมีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันในการทดลองได้ผลทดลองดังต่อไปนี้ การทดลองการหาช่วงเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดเฟรนช์ฟรายส์ให้มีความสุกพอดี สุกสัมผัสรอบมีสีเหลืองทองไม่อมน้ำมัน พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดจะเท่ากับ 300 วินาทีหรืออาจจะบวกลบไม่เกิน 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ระยะเวลาคืนทุนใช้เวลาในการขายเฟรนช์ฟรายส์ทั้งสิ้น 10 วัน จึงจะได้ทุนคืนในส่วนของค่าอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และยังคงเหลือกำไรสุทธิอยู่ที่ 19.36 บาท การทดลองการหาช่วงเวลาและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดไก่ให้มีความสุกพอดี ไม่ดิบและไม่ไหม้เกรียมจนเกินไป พบว่าทั้งอุณหภูมิ ขนาด และระยะเวลามีผลต่อคุณภาพในการทอด พบว่าเวลาที่เหมาะสมที่สุดจะเท่ากับ 1,200 วินาที หรืออาจจะบวกลบไม่เกิน 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ระยะเวลาคืนทุน คำนวณจะใช้เวลาในการขายไก่ทอดโดยประมาณ 451 วัน จึงจะได้ทุนคืนในส่วนของค่าอุปกรณ์และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ และยังคงเหลือกำไรสุทธิอยู่ที่ 11.36 บาท การคำนวณด้านเศรษฐศาสตร์ พบว่า การลงทุนนำหม้อทอดอัตโนมัติมาใช้ในการทอดอาหารเพื่อจำหน่าย ถือเป็นทางเลือกที่ดีเนื่องจากทำงานได้ตามเป้าหมายในทุก ๆ วันและผู้ประกอบการมีเวลาว่างไปทำอย่างอื่นในบางวัตถุดิบที่ใช้ในการทอดอาจจะมีเวลาในการคืนทุนที่ยาวนานแต่ถ้าเมื่อเทียบกับคุณภาพอาหารที่ได้และการลดในส่วนองแรงงานคนในการทำงานก็ถือว่าคุ้มในส่วนที่ลงทุนไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่อนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์และศูนย์วิจัยเครื่องจักรกลเกษตรและวิทยาการเก็บเกี่ยว สาขาวิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย

References

Arjun V. A., & Khalid, M. (2020). Futuristic model of automatic electric cooking machine. *Proceeding of the international conference on power, instrumentation,*

control and computing (PICC) (pp. 1-6). Thrissur, India, IEEE. doi: 10.1109/PICC51425.2020.9362400

Inagawa, M., Takei, T., & Imanishi, E. (2021). Analysis of cooking recipes written in Japanese and motion planning for cooking robot. *ROBOMECH Journal*, 8(1), 17. doi: 10.1186/s40648-021-00204-6

Khillare, R., & Ambudkar, B. (2023) Survey of various automated cooking System, *Journal of Data Acquisition and Processing*, 38(2) , 513-519. doi: 10.5281/zenodo.7766374

Kumar, A., Prakash, A., Datta, P., Kumar, R., & Sharma, G. (2019). Automatic cooking machine using Arduino. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2), 2277-3878.

Lin, C., Pan, Y., Kuo, Y., Chen, C., & Tien, C. (2021). A Study of automatic judgment of food color and cooking conditions with artificial intelligence technology. Accessed September 9, 2023. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/pr9071128>

Liu, H. C. (2019). *Design and research of intelligent cooking robot*. Beijing, China: Beijing Forestry University.

Livinsa, Z. M., Valantina, G. M., Premi, M. S. G., & Sheeba, G. M. (2021). A modern automatic cooking machine using Arduino Mega and IOT. *Journal of Physics: Conference Series*. 1770(1), 012027. doi:10.1088/1742-6596/1770/1/012027

Rakshitha, M. J., Madan, G., Prakash, K. R., & Shivaraj, C. S. (2019). Design and development automated food maker. *International Research Journal of Engineering and Technology*, 6(6), 599-603.

Reema, P., Shewale, A. N., & Patil, C. S. (2016). Automated cooking machine using Programmable Logic Controller (PLC). *International journal of Computer Science Trends and Technology*, 4(4), 16-18.

Syamsudduha, A. A., Pratiwi, D., Yudistari, A. R., Hindharta, J., & Dewi, A. R. (2013). Future smart cooking machine system design. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 11(4), 827. doi:10.12928/telkomnika.v11i4.1207

Takata, K., Kiyokawa, T., Yamanobe, N., Ramirez-Alpizar, I. G., Wan W., & Harada, K. (2022). Graph-based framework on bimanual manipulation planning from cooking recipe. *Robotics*, 11(6), 123. doi: 10.3390/robotics11060123

Udcharchon, S., (2021). *Economic feasibility analysis and risk analysis for waste to energy power plant project investment in Phichit Province* (Master's thesis). Phitsanulok, Thailand: Naresuan University. (in Thai)

- Wu, Y. Q., (2017). *Study on the key technology of intelligent cooking machine*. Xii An, China: Xi'an Polytechnic University. doi: 10.1109/COASE.2006.326938
- Yan, W. X., Fu, Z., Liu, Y. H., Liu, R. Q., Zhao, Y. Z., Zhou, X. Y., Tang, J. H., & Yan, P. (2006). A new automatic cooking machine for Chinese dishes. *Proceeding of the international conference on automation science and engineering* (pp. 534-539). Shanghai, China: IEEE.
- Zhang, J., Bao, S., & Luo, B. (2021). Design of a fully automatic intelligent cooking robot. *Journal of Physics: Conference Series*, 1986, 012101. doi:10.1088/1742-6596/1986/1/012101
- Zhu, J. (2014). *Intelligent cooking machine and the key technology study*. Wuhan, China: Wuhan Institute of Technology.

Research article

Effect of temperature and frying time for automatic frying arm

Komsan Tantichukiad¹ Aphichat Srichat¹ Ittipol Singkum² Chaiyan Junsiri³
Sahassawas Poojeera⁴ Sakkarin Wangkahart⁵ Kaweepong Hongtong⁶ and
Wuttiiphong Thonghaeo^{6*}

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Mueang district, Udon thani, 41000

²Department of Civil and Architecture, Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Mueang district, Udon thani, 41000

³Agricultural Machinery and Postharvest Technology Center, Khon Kaen University, Mueang district, Khon Kaen, 40002

⁴Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus, Mueang district, Khon Kaen, 40000

⁵Faculty of Management Science, Udon Thani Rajaphat Univesity, Mueang district, Udon thani, 41000

^{6*}Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Mueang district, Khon Kaen, 40002

ARTICLE INFO

Article history

Received: 31 October 2023

Revised: 1 April 2024

Accepted: 7 May 2024

Online published: 23 May 2024

Keyword

Automatic fryer

Robot arm

French fries

Drumette

Food processing

ABSTRACT

The research involved developing a prototype mechanical arm for frying food, controlled by an Arduino board, to fry food instead of using a fryer. In the experiment, two types of food with different physical characteristics, namely French fries and chicken wings, were used at the same temperature and with the same weight of ingredients, ensuring proper frying with an initial weight of 100 grams for each. Three levels of frying temperatures were set: 120, 140, and 160 degrees Celsius, respectively, using the prototype mechanical arm for frying food. French fries, weighing 100 grams each, were fried to achieve a cooked, crispy, golden-yellow appearance without being soaked in oil. It was found that the most appropriate frying time was 300 seconds, with a tolerance of plus or minus 30 seconds, at a temperature of 160 degrees Celsius. The payback period for selling French fries to recover the investment in part was 8 days, considering the cost of equipment and other expenses, with a net profit of 688.48 baht. For chicken wings weighing 100 grams each, the most suitable frying time was found to be 1200 seconds, with a tolerance of plus or minus 30 seconds, at a temperature of 140 degrees Celsius. The payback period for selling fried chicken to recover the capital for equipment and other expenses was approximately 24 days, with a net profit of 144.64 baht. This approach offers a relatively short payback period and can reduce labor costs for cooking staff as well.

*Corresponding author

E-mail address: saphichat@udru.ac.th (W. Thonghaeo)

Online print: 23 May 2024 Copyright © 2024. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2024.13>