

การออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ DESIGN AND DEVELOPMENT OF BANANA FILLED WITH TAMARIND SEMI-AUTOMATIC FRYING MACHINE WITH TEMPERATURE CONTROL

วันที่รับ: 27 พฤษภาคม 2565

วันที่แก้ไข: 6 กันยายน 2565

วันที่ตอบรับ: 29 กันยายน 2565

ยศวรรธน์ จันทนา^{1*} และ นรตว์ รัตนวัย¹

Yotsawat Jantana^{1*} and Narat Rattanawai¹

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ 67000

¹Faculty of Agricultural Technology and industrial Technology,

Phetchabun Rajabhat University, Phetchabun 67000

*Corresponding author e-mail: yotsawat.j@pcru.ac.th



บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิเพื่อหาอุณหภูมิและเวลาที่มีความเหมาะสมในกระบวนการทอดกล้วย สำหรับวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตกล้วยไส้มะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์ โดยการวัดค่าสีและความกรอบของกล้วยไส้มะขามหลังผ่านกระบวนการทอด ซึ่งทำการออกแบบการทดลองจำนวน 9 ทดลอง และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมทางสถิติ ผลการวิจัยพบว่า เครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ ใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์ ขนาด 2.8 กิโลวัตต์ ในการให้ความร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ชุดใบพัดกวนใช้มอเตอร์ขนาด 25 วัตต์ และชุดยกกระทะใช้มอเตอร์ 60 วัตต์ ผลการทดสอบหาค่าอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมในการทอดกล้วย โดยกำหนดอุณหภูมิ 3 ค่า ได้แก่ 140, 150 และ 160 องศาเซลเซียส ผลการวัดค่าสีของกล้วยหลังการทอดที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำที่สุดในการทดลองทอดกล้วยมีค่าสีสว่างมากกว่า แต่มีน้ำมันที่อุณหภูมิ 150 และ 160 องศาเซลเซียส และผลการวัดค่าความกรอบของกล้วยหลังการทอดที่อุณหภูมิ 140 และ 150 องศาเซลเซียส ใช้เวลามากกว่า ไม่กรอบและอมน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยและมีความกรอบที่เหมาะสม ไม่อมน้ำมัน โดยการทอดกล้วยไส้มะขามที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมที่มีความสัมพันธ์ต่อค่าความกรอบของกล้วยหลังการทอด ซึ่งสามารถลดของเสียได้มากถึง 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการทอดกล้วยไส้มะขามแบบเดิม

คำสำคัญ: กล้วยไส้มะขาม, กึ่งอัตโนมัติ, ควบคุมอุณหภูมิ



Abstract

This research aimed to design and develop the banana filled with tamarind semi-automatic frying machine with temperature control, and to find the appropriate temperature and time for banana frying process by the Banana Filled with Tamarind Community Enterprise in Phetchabun Province. In this research, the color and the crispness of a banana with tamarind-stuffed after the frying process was measured. The study was designed to have nine experiments and analyzed the data with a statistical program. The results showed that the banana filled with tamarind semi-automatic fryer used 2.8 kW heater to generate heat that could control the temperatures. The stirring blade used a 25 W motor and the pan lifting unit used a 60 W motor as a driving force. There were three ranges of temperature sets: 140, 150, and 160 degrees Celsius. The result of banana crisps color measurement after fried at 140 degrees Celsius, that was the lowest temperature in this experiment, the color was brighter but oily than fried at 150 and 160 degrees Celsius. Moreover, the test on banana crispness after being fried at 140 and 150 degrees Celsius revealed that they took more time, had less crisps, and were oily. However, the test at 160 degrees Celsius consumed less time with more perfect crisps and the product was not oily. In addition, frying banana filled with tamarind at 160 degrees Celsius was the appropriate temperature that was related to the crispness of the banana after frying which also could reduce the waste by up to 20 percent compared to the other two temperature sets.

Keywords: Tamarind Filled Banana, Semi-Automatic, Temperature Control



บทนำ

กล้วยหิน (Saba Banana) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa sapientum* Linn หรือ *Musa* (ABB group) “Kluai Hin” จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae ปลูกมากในบริเวณภาคใต้ พบครั้งแรกประมาณปี พ.ศ. 2488 ที่ตำบลบาเจาะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา โดยจะพบทั่วไปตามธรรมชาติที่เป็นบริเวณหินกรวด (การยางแห่งประเทศไทย, 2560) มีลำต้นสูงประมาณ 3–4 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นประมาณ 15 เซนติเมตร ผลขนาดกลางถึงใหญ่มีลักษณะป้อมสั้น

กล้วยดอกบัวตูม ผิวด้านนอกจะมีสีแดงอมม่วง ส่วนด้านในมีสีแดง ผลกล้วยหีนในเครือหนึ่ง ๆ จะมีประมาณ 7–10 หวี โดยในหวีจะมีผลประมาณ 10–15 ผล ลักษณะเปลือกหนา ผลเรียงกันแน่นเป็นระเบียบ ปลายจุกป้าน ช่องว่างระหว่างหวีน้อย เมื่อผลสุกจะมีสีเหลือง กล้วยหีนใช้ประโยชน์ได้เกือบทุกส่วน ซึ่งผลของกล้วยหีนใช้ประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น ผลอ่อนใช้ประกอบอาหารจำพวกแกง ผลแก่ใช้เชื่อม ทอด ปิ้ง ต้ม ตาก ฉาบ โดยเฉพาะกล้วยหีนทอดเป็นที่นิยมเป็นอย่างมาก (ราฮีมา วาแมดีชา และสละมะแอ ดือราแม, 2554, น. 47–59)

จังหวัดเพชรบูรณ์ปลูกกล้วยหีนในพื้นที่ 4 อำเภอ ได้แก่ อำเภอหนองไผ่ อำเภอวังโป่ง อำเภอชนแดน และอำเภอเมืองเพชรบูรณ์ ซึ่งวิสาหกิจชุมชนในจังหวัดเพชรบูรณ์มีความต้องการกล้วยหีนเป็นอย่างมาก เนื่องจากวิสาหกิจชุมชนต่าง ๆ นิยมนำผลของกล้วยหีนมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยไส้มะขาม เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและนักท่องเที่ยว จนผลิตไม่ทันต่อความต้องการของตลาด (กล้วยหีนแดนใต้ไปได้ดีที่เพชรบูรณ์...แปลงร่างเป็น “กล้วยหีนไส้มะขามหวาน-บัวโฮม”, 2563) จากการลงพื้นที่สัมภาษณ์ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน OTOP ไส้เมี่ยงสมุนไพร พบว่าทางกลุ่มมีผลิตภัณฑ์มากมาย ผลิตภัณฑ์ที่มีความโดดเด่นมากที่สุดของกลุ่ม คือ กล้วยไส้มะขาม เพราะมีรสชาติที่อร่อยเป็นที่ต้องการของตลาด ซึ่งทางกลุ่มไม่สามารถที่จะผลิตได้ทันตามความต้องการของตลาดได้ เนื่องจากขาดแรงงานคนที่มีความชำนาญในกระบวนการทอดกล้วย ยังไม่มีเวลามาตรฐานและอุณหภูมิที่เหมาะสมในกระบวนการทอดกล้วยทำให้เกิดของเสียจำนวนมาก น้ำมันกระเด็นโดนผิวหนังแก่ผู้ปฏิบัติงาน และมีความเมื่อยล้าในการปฏิบัติงาน จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทอด มีงานวิจัยของ จงกล สุภารัตน์ และคนอื่น ๆ (2560) ออกแบบและพัฒนาเครื่องทอดหอมเจียวให้มีคุณภาพเพื่อลดการใช้แรงงานและลดต้นทุนในการทอดหอมเจียว สำหรับใช้ในวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิในการทอด 170 องศาเซลเซียส ที่ความเร็วรอบของใบกววน 45 รอบต่อนาที มีความสามารถในการทอดหอมเจียว 3 กิโลกรัม ด้วยเวลา 28.4 นาที สามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ถึง 6 ครั้ง โดยที่ปริมาณสารโพลาร์ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ผลิตหอมเจียวที่มีคุณภาพ และปลอดภัยต่อผู้บริโภค (สุชาสินี พานทอง และอัษฎางค์ พลนอก, 2561, น. 130–139) ปีต่อมา ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ และเพชรรัตน์ วิยะแก้ว (2562) ได้ศึกษาวิธีการทอดต่อด้านเนื้อสัมผัสและประสาทสัมผัสของถั่วทองทอดกรอบ ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการต้มส่งผลต่ออัตราการขยายตัวและความแข็งของผลิตภัณฑ์ ไพศาล ทองสงค์ และคนอื่น ๆ (2561) ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องทอดหมูฝอยต้นแบบ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้แรงงาน มีคุณภาพ และลดต้นทุนในการทอดหมูฝอยโดยใช้ความร้อนจากเตาแก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิง ผลการทดลองพบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ดีที่อุณหภูมิ 121–130 องศาเซลเซียส โดยการทอดแบบน้ำมันที่ผ่านการกรอง มีความ

สามารถในการทอดหมูฝอย 3 กิโลกรัม ด้วยเวลา 16 นาที สามารถใช้น้ำมันทอดซ้ำได้ถึง 13 ครั้ง โดยที่ปริมาณสารโพลาร์ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ได้หมูฝอยที่มีคุณภาพและปลอดภัยต่อผู้บริโภค (ไพศาล ทองสงค์ และคนอื่น ๆ, 2561, น. 117–131; Goh et al., 2021) และยุทธชัย เกียรติสันเทียะ (2564) ได้ออกแบบและทดสอบตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาสซีฟ ที่มีปริมาณความชื้น 11.28 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีความเหมาะสมในเก็บรักษา อีกทั้งยังสามารถลดเวลากระบวนการอบกล้วยเมื่อเทียบกับวิธีการตากกล้วยแบบเดิม

ดังนั้น คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดนำงานวิจัยข้างต้นมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามแบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ เพื่อให้กระบวนการทอดมีคุณภาพ อำนวยความสะดวก มีความปลอดภัยและลดความเมื่อยล้าในการปฏิบัติงาน ลดต้นทุนในการผลิตและเพิ่มผลผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของตลาด เพื่อปรับปรุงและพัฒนายกระดับขีดความสามารถของวิสาหกิจชุมชนผู้ผลิตกล้วยไส้มะขามในจังหวัดเพชรบูรณ์



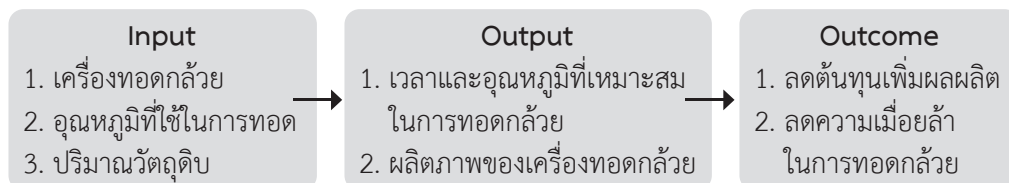
วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ
2. เพื่อหาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในกระบวนการทอดกล้วย



กรอบแนวคิดในการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ ได้มุ่งเน้นไปยังความต้องการของตลาด ซึ่งเป็นข้อมูลจากการสัมภาษณ์ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน และได้สอบถามถึงกระบวนการทอดเดิมที่ทำให้เกิดปัญหา จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ลดความเมื่อยล้าและมีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ซึ่งเครื่องทอดกล้วยที่พัฒนาขึ้นต้องมีผลผลิตที่ดีกว่ากระบวนการทอดแบบเดิม โดยที่ค่าของความกรอบของกล้วยหลังการทอดต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 450.00 ± 15.00 – 500.00 ± 15.00 g ตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของผู้บริโภค ดังภาพ 1



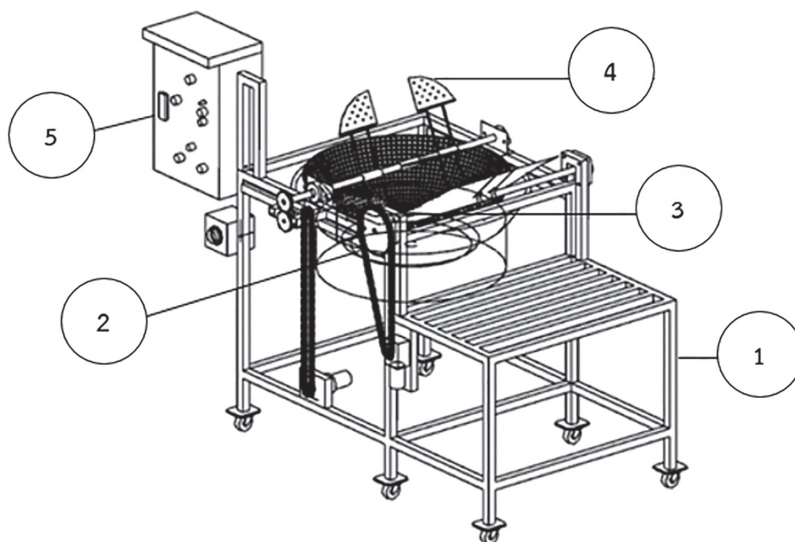
ภาพ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ

1.1 การออกแบบเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ เลือกใช้สแตนเลส 304 ทั้งหมด เนื่องจากมีความปลอดภัยในการประกอบอาหาร เนื้อสแตนเลส ไม่ทำปฏิกิริยากับสารใด ๆ ในอาหาร (รัฐพล ดุลยะลา, 2563, น. 121) โดยการออกแบบและ ส่วนประกอบของเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ มีส่วนประกอบ ดังนี้ หมายเลข 1 โครงสร้างเครื่อง ขนาดความกว้าง 700 มิลลิเมตร ความยาว 1,346 มิลลิเมตร ความสูง 1,261 มิลลิเมตร หมายเลข 2 ชุดกระทะ ขนาดความกว้าง 680 มิลลิเมตร ความสูง 200 มิลลิเมตร ความหนา 2 มิลลิเมตร หมายเลข 3 ชุดตะแกรงยก ขนาดความกว้าง 600 มิลลิเมตร ความสูง 200 มิลลิเมตร สามารถยกขึ้นและลงได้ หมายเลข 4 ชุดใบพัดกววน ขนาดความกว้าง 62 มิลลิเมตร ความหนา 20 มิลลิเมตร หมายเลข 5 ชุดควบคุมอุณหภูมิ ขนาดความกว้าง 100 มิลลิเมตร ความยาว 100 มิลลิเมตร ความสูง 100 มิลลิเมตร ดังภาพ 2



ภาพ 2 แบบเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ

1.2 หลักการทำงานของเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ ใช้พลังงานไฟฟ้าแบบ 220 โวลต์ ในการควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยการให้ความร้อน จากฮีตเตอร์ ขนาด 2.8 กิโลวัตต์ ใช้มอเตอร์ขนาด 25 วัตต์ ทำหน้าที่ส่งกำลังให้ชุดใบพัดกววน และใช้มอเตอร์ขนาด 60 วัตต์ ทำหน้าที่ขับเคลื่อนชุดตะแกรงยกขึ้นและลง

2. วัตถุดิบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

- 2.1 กล้วยดิบที่ผ่านแล้ว จำนวน 9 กิโลกรัม ความหนาประมาณ 2 มิลลิเมตร
- 2.2 น้ำมันปาล์ม จำนวน 20 ลิตร
- 2.3 เครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ
- 2.4 เครื่องวัดค่าสี (Color Meter) รุ่น WR10 ยี่ห้อ FRU
- 2.5 เครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer) รุ่น XT Plus
- 2.6 เครื่องวัดอุณหภูมิ รุ่น TP330
- 2.7 นาฬิกาจับเวลา (Stop Watch) รุ่น ZSD-009

3. กระบวนการในการทอดกล้วยโดยใช้เครื่องทอดกล้วยไส้มะขามแบบควบคุมอุณหภูมิ

การทอดกล้วยเริ่มต้นจากการเปิดเครื่องการใช้งานเครื่องทอดกล้วย เทน้ำมันปาล์มจำนวน 20 ลิตร ลงในชุดกระทะ โดยไม่เปลี่ยนน้ำมันปาล์มที่ใช้ในการทดลอง ทำการทดลองทั้งหมด 9 ครั้ง ครั้งละ 1 กิโลกรัม แบ่งเป็นกำหนดอุณหภูมิ 3 ค่า คือ 140, 150 และ 160 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองทุกช่วงอุณหภูมิ อุณหภูมิละ 3 ครั้ง ทำการปรับตั้งค่าอุณหภูมิที่ต้องการในการทดลอง ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิวัดค่าความร้อนของน้ำมันปาล์มจนถึงอุณหภูมิค่าที่ตั้งไว้ เมื่อได้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการในการทำการทดลองแล้ว นำกล้วยดิบจำนวน 1 กิโลกรัม เทลงในชุดกระทะ เริ่มทำการจับเวลาและทอดกล้วย ปฏิบัติงานด้วยผู้เชี่ยวชาญทอดกล้วยจนได้กล้วยตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของผู้บริโภค หลังจากนั้นยกชุดตะแกรงขึ้นให้พ้นน้ำมันหยุดเวลาพร้อมทั้งบันทึกเวลาที่ใช้ในการทอดกล้วย และทำการสุ่มตัวอย่างในการวัดค่าสีและความกรอบของกล้วยหลังกระบวนการทอด กลุ่มตัวอย่างได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยทำการสุ่ม จำนวน 20 ชิ้นต่อ 1 ครั้งในการทดลอง ทำการวัดค่าสีด้วยเครื่องวัดค่าสีและค่าความกรอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส หาค่าเฉลี่ยเวลาและอุณหภูมิของการทดลองในแต่ละครั้งเพื่อหาค่าเวลามาตรฐานและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดกล้วย

4. วิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

ได้ทำการวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis) บนโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 140, 150 และ 160 องศาเซลเซียส โดยทำการทดลองทุกช่วงอุณหภูมิ อุณหภูมิละ 3 ครั้ง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิมีผลต่อค่าความกรอบของกล้วยหรือไม่ ซึ่งผลการทดสอบดังตาราง 1

ตาราง 1 ผลการทดสอบ

อุณหภูมิ	ค่าความกรอบ
140	316 ± 25.50
140	370 ± 12.45
140	390 ± 13.80
150	420 ± 14.27
150	450 ± 12.38
150	427 ± 13.45
160	472 ± 11.74
160	485 ± 12.72
160	483 ± 11.35

จากผลการทดสอบบนโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 ได้ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน ดังตาราง 2

ตาราง 2 วิเคราะห์ความแปรปรวน

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	2	20930	10464.8	18.61	0.003
Linear	6	3375	562.4		
Total	8	24304			

จากตาราง 2 ค่า P-Value มีค่าเท่ากับ 0.003 น้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่าอุณหภูมิที่ใช้ในการทอดกล้วยส่งผลต่อค่าความกรอบ จึงทำการศึกษาอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมในการทอดกล้วยที่มีความสัมพันธ์กับค่าความกรอบ

5. การทดสอบสมมติฐาน

การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) คือ การทดสอบเพื่อยืนยันค่าที่ได้จากการปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ และการตั้งเวลาในการทอดเฉลี่ยที่ได้ผลจากการทดลอง โดยการสุ่มจำนวนตัวอย่างและสร้างสถิติทดสอบเกี่ยวกับพารามิเตอร์นั้น ๆ ว่ามีความถูกต้องทางสถิติหรือไม่ ซึ่งจะแบ่งสมมติฐานเป็นสองส่วนหลัก ดังนี้

5.1 สมมติฐานหลัก (Null Hypothesis) แทนด้วย H_0

5.2 สมมติฐานรอง (Alternative Hypothesis) ซึ่งแทนด้วย H_1 หรือ H_a
หากผลการทดสอบสมมติฐานปฏิเสธการยอมรับสมมติฐานหลัก หรือ H_0 การทดสอบสมมติฐานจะต้องยอมรับสมมติฐานรอง หรือ H_1 โดยปริยาย (ปรัชญา พละพันธ์, 2560)

6. วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การทอดกล้วยไส้มะขามนั้นสามารถนำผลดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาจุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุนด้วยอัตราดอกเบี้ยเงินกู้ 8.00 เปอร์เซ็นต์ต่อปี สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (1) (ไพบูลย์ แยมเพื่อน, 2548) ซึ่งรายละเอียดรายการค่าใช้จ่ายแสดงดังตาราง 3

ตาราง 3 รายการค่าใช้จ่าย

รายการค่าใช้จ่าย	การทอดกล้วยไส้มะขามแบบเดิม เครื่องทอดกล้วยไส้มะขาม	
ราคาอุปกรณ์ & เครื่องจักร (บาท)	5,000	50,000
ค่าใช้จ่ายต่อปี (บาท)	120,000	6,000
มูลค่าซาก	50	3,000
อายุ (ปี)	10	10

$$\begin{aligned} \text{ผลรวมของเงินในอนาคต (F)} = \\ -\text{ราคาเครื่อง} - \text{ค่าใช้จ่ายต่อปี (P/A, i, n)} + \text{มูลค่าซาก (P/F, i, n)} \end{aligned} \quad (1)$$

โดยที่ P = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในช่วงเวลาที่กำหนดให้เป็นปัจจุบัน
หรือที่เวลา $t = 0$
 F = มูลค่าหรือผลรวมของเงินในอนาคต
 A = มูลค่าของเงินรายเดือนหรือรายปี ที่มีค่าสม่ำเสมอเท่ากัน
 i = อัตราดอกเบี้ย หรืออัตราผลตอบแทนต่อช่วงเวลา หน่วย เปอร์เซ็นต์ต่อปี
 n = จำนวนช่วงเวลาสำหรับการวิเคราะห์ หน่วย ปี เดือน หรือวัน

$$\begin{aligned} \text{การทอดกล้วยไส้มะขามแบบเดิม} &= -5,000 - 120,000 (6.710) + 50(0.4632) \\ &= -810,176.84 \text{ บาท} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เครื่องทอดกล้วยไส้มะขาม} &= -50,000 - 6,000 (6.710) + 3,000(0.4632) \\ &= -88,870 \text{ บาท} \end{aligned}$$

จากการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในการลงทุน พบว่าเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ มีความคุ้มค่าในการลงทุนมากกว่าการทอดกล้วยไส้มะขามแบบเดิม เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ต่ำกว่า

ผลการวิจัย

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ

การทำงานของเครื่องจะเป็นตัวคอนโทรลในการสั่งการทำงานทั้งหมดของเครื่อง โดยมีเซฟตี้เบรกเกอร์ เปิด-ปิดการทำงานของเครื่อง ออกแบบพิเศษให้เหมาะสมต่อการใช้งาน การใช้งานเครื่องให้ยกเซฟตี้เบรกเกอร์ขึ้น โดยจะมีไฟสีแดงขึ้นมาแสดงสถานะเครื่องพร้อมเริ่มใช้งาน ในขั้นตอนแรกเทน้ำมันปาล์มลงกระทะ หลังจากนั้นปรับอุณหภูมิตามที่เรากำหนดไว้ เมื่อปรับอุณหภูมิได้ตามที่ต้องการแล้วจะมีไฟสีส้มแสดงขึ้น คือการเริ่มทำงานของฮีตเตอร์ ในการปรับอุณหภูมิน้ำมันเพื่อทำการทอด พอน้ำมันร้อนได้ที่ตามต้องการจึงเปิดชุดใบพัดกวน โดยกดสวิตช์ให้ไฟสีเหลืองขึ้นและไปที่ตัวหมุนปรับความเร็วใบพัดกวน และมีสวิตช์ขึ้น-ลง เพื่อให้ใบพัดกวนหมุนไปหน้าและหมุนกลับ พอกล้วยสุกพอดีแล้ว กดสวิตช์ขึ้นสีดำ เพื่อยกตะแกรงทอดกล้วย และกดสวิตช์ลงเพื่อให้ตะแกรงลงมายังกระทะที่เดิม พร้อมจะทำการทอดในครั้งต่อไป ดังภาพ 3 เครื่องทอดกล้วยไส้มะขาม ดังภาพ 4



ภาพ 3 ตัวคอนโทรลเครื่อง



ภาพ 4 เครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ

2. ผลการทดลองทอดกล้วยที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ผลการวัดค่าสีของกล้วยหลังผ่านการทอดจากเครื่องทอดกล้วย โดยปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบคืออุณหภูมิที่แตกต่างกัน ได้แก่ 140, 150 และ 160 องศาเซลเซียส กล้วยดิบที่ผ่านแล้ว จำนวน 9 กิโลกรัม ปฏิบัติงานโดยผู้เชี่ยวชาญ ทำการจับเวลาตอนทอดกล้วยลงในชุดกระทะเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันปาล์มมีความร้อนตามที่ตั้งไว้ในกาทดลอง ทำการทอดกล้วยจนสีของกล้วยเปลี่ยนเป็นเหลืองทอง โดยสังเกตจากผู้เชี่ยวชาญในการทอดกล้วย (Ayustaningwarno et al., 2021) และทำการหยุดเวลาพร้อมบันทึกเวลาที่ใช้ในการทอดแต่ละครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ยของเวลามาตรฐานในการทอดกล้วย ทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสี ซึ่งผลของการทอดที่อุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส สีจะมีความสว่างมากกว่าอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส และ 160 องศาเซลเซียส แต่จะอมน้ำมันมากกว่า ดังตาราง 4

ตาราง 4 ผลการวัดค่าสีของกล้วยหลังการทอด

อุณหภูมิ (°C)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)	L*	a*	b*
140	1	538	56.57 ± 3.22	2.87 ± 1.31	21.26 ± 2.95
	2	523	57.26 ± 5.60	3.59 ± 1.25	20.49 ± 5.00
	3	556	49.76 ± 2.00	2.02 ± 0.58	15.93 ± 2.77
ค่าเฉลี่ย		539	54.53 ± 3.61	2.83 ± 1.05	19.23 ± 3.57
150	1	465	55.35 ± 5.20	2.05 ± 0.95	19.12 ± 8.00
	2	461	53.22 ± 2.50	2.66 ± 1.13	21.06 ± 3.67
	3	453	52.50 ± 2.16	4.12 ± 0.62	22.27 ± 3.67
ค่าเฉลี่ย		460	53.69 ± 3.29	2.94 ± 0.90	20.82 ± 5.11
160	1	448	47.11 ± 1.65	4.73 ± 1.42	27.56 ± 4.17
	2	460	48.58 ± 3.98	3.22 ± 1.47	22.12 ± 4.47
	3	433	50.53 ± 4.64	3.51 ± 1.05	20.61 ± 1.62
ค่าเฉลี่ย		447	48.74 ± 3.42	3.82 ± 1.31	23.43 ± 3.42

หมายเหตุ: L* คือ ใช้กำหนดค่าความสว่าง (lightness) ได้แก่ L = 0 สีที่ได้จะมีมืดเป็นสีดำ,

L = 100 สีที่ได้จะสว่างเป็นสีขาว

a* คือ ใช้กำหนดสีแดงหรือสีเขียว ได้แก่ a เป็น + วัดภูมิสีออกแดง,

a เป็น - วัดภูมิสีออกเขียว

b* คือ ใช้กำหนดสีเหลืองหรือสีน้ำเงิน ได้แก่ b เป็น + วัดภูมิสีออกเหลือง,

b เป็น - วัดภูมิสีออกน้ำเงิน

จากตาราง 4 ผลการวัดค่าสีของกล้วยหลังการทอด พบว่ามีค่า L^* ลดลง จากอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ลดลง 0.84 และอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส ลดลง 4.95 อุณหภูมิที่น้อยสีจะสว่างกว่าอุณหภูมิที่มาก กล้วยมีค่า a^* เพิ่มขึ้น จากอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 0.11 และอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 0.88 และกล้วยมีค่า b^* เพิ่มขึ้น จากอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 1.59 และอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 2.61 แสดงว่าอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ที่ต่ำที่สุดในการทอดกล้วยมีค่าสีที่สว่างมากกว่าอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส แต่อ่อนนุ่มนวล ดังภาพ 5



อุณหภูมิที่ 140°C



อุณหภูมิที่ 150°C



อุณหภูมิที่ 160°C

ภาพ 5 กล้วยหลังผ่านกระบวนการทอดที่อุณหภูมิแตกต่างกัน

ผลการวัดค่าความกรอบของกล้วยหลังการทอด ทำการวัดค่าความกรอบด้วยเครื่องวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัส หาค่าเฉลี่ยเวลาของการทดลองในแต่ละครั้งเพื่อหาค่าเวลามาตรฐานและอุณหภูมิที่เหมาะสมในการทอดกล้วย ทำการวัดสีด้วยเครื่องวัดค่าสี โดยที่วัดค่าความกรอบของกล้วยหลังการทอดต้องมีค่าอยู่ระหว่าง 450.00 ± 15.00 – 500.00 ± 15.00 g ตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของผู้บริโภค ดังตาราง 5

ตาราง 5 ผลการวัดค่าความกรอบกล้วยหลังการทอด

อุณหภูมิ (°C)	ครั้งที่	เวลา (วินาที)	ความแข็ง (g)
140	1	538	310.00 ± 26.55
	2	523	408.35 ± 10.65
	3	556	423.36 ± 13.70
ค่าเฉลี่ย		539	380.57 ± 16.93
150	1	465	403.37 ± 14.28
	2	461	417.50 ± 11.39
	3	453	443.54 ± 13.64
ค่าเฉลี่ย		460	421.47 ± 13.05
160	1	448	462.94 ± 10.03
	2	460	490.93 ± 10.80
	3	433	480.98 ± 13.31
ค่าเฉลี่ย		447	478.28 ± 11.38

จากตาราง 5 ผลการวัดค่าความกรอบของกล้วยหลังการทอด พบว่ากล้วยมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้นจากอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 40.90 และอุณหภูมิที่ 150 องศาเซลเซียส ไปอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส เพิ่มขึ้น 56.81 แสดงว่าอุณหภูมิที่ 140 องศาเซลเซียส ใช้เวลามากและไม่กรอบ อมน้ำมัน ส่วนอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยและมีความกรอบที่ 478.28 ± 11.38 อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ 450.00 ± 15.00 – 500.00 ± 15.00 g และไม่อมน้ำมัน

ผลของการทดสอบการใช้เครื่องทอดกล้วยเมื่อเทียบกับกระบวนการทอดกล้วยแบบเดิม ทำการปรับตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส จับเวลา 447 วินาที ในกระบวนการทอด พบว่าเครื่องทอดกล้วยสามารถทอดกล้วยได้โดยไม่เกิดของเสียเนื่องจากการปรับตั้งค่าอุณหภูมิและเวลาในการทอดที่ได้จากการทดลอง และสามารถลดเวลาใน 1 รอบของการทดลองลง 11 นาที 47 วินาที โดยใช้กล้วยดิบที่ผ่านแล้ว 9 กิโลกรัม ดังตาราง 6

ตาราง 6 เปรียบเทียบกระบวนการทอดกล้วยแบบเดิมกับเครื่องทอดกล้วย

	ทอดกล้วยแบบเดิม	เครื่องทอดกล้วย	ความแตกต่าง
เวลาที่ใช้ (นาที)	36:13	24:26	11:47
ผลผลิตที่ได้ (กิโลกรัม)	7.2	9	20 เปอร์เซ็นต์

3. ผลของการทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis Testing) คือ การทดสอบเพื่อยืนยันผลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งเมื่อทำการทอดกล้วยโดยใช้เครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ ทำการปรับตั้งค่าควบคุมอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส เริ่มใส่กล้วยที่ผ่านแล้วลงกระทะที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จับเวลา 447 วินาที โดยการสุ่มจำนวนตัวอย่างและตั้งค่าสมมติฐานแบบสองหาง (Two Tail Test, Not equal) ตั้งค่าเป้าหมาย (ค่าความกรอบ) ไว้ที่ 475.00 ± 15.00 g การทอด 1 กิโลกรัมต่อ 1 ครั้งในการทดสอบ

ทำการทดสอบโดยทำการทดลองแบบ 1-Sample t-test ด้วยการทดสอบสมมติฐานจากการสุ่มได้จำนวน Sample Size เท่ากับ 13 ครั้ง ครั้งละ 1 กิโลกรัม ซึ่งการทอดกล้วยที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส จะทำให้กล้วยมีความกรอบใกล้เคียง 475.00 ± 15.00 g อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบบนโปรแกรม Minitab เวอร์ชัน 17 ได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.435 มีค่ามากกว่า 0.05 ซึ่งสรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดสอบชุดนี้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการทดสอบสมมติฐาน

Test	
Null hypothesis	$H_0: \mu = 475$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu \neq 475$
T-Value	0.81
P-Value	0.435

4. ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่วิสาหกิจชุมชน

คณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่ถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ ที่วิสาหกิจชุมชน OTOP ไส้เมี่ยงสมุนไพร อำเภอเมืองเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์ วันที่ 17 ตุลาคม พ.ศ. 2564 พร้อมทั้งอธิบายระบบการทำงานของเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ โดยให้ความรู้เกี่ยวกับการใช้งาน ขั้นตอน

ในการปฏิบัติงานและความปลอดภัยในการใช้งานเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ และประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของผู้ปฏิบัติงาน ดังภาพ 6



ภาพ 6 ถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่วิสาหกิจชุมชน



อภิปรายผลการวิจัย

การออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิสามารถใช้ในการทอดกล้วยไส้มะขามได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูล ปัญหา และความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน OTOP ไส้เมี่ยงสมุนไพร แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบและสร้างเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิที่สามารถใช้งานได้จริงตรงความต้องการของผู้ใช้งาน คณะผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยการออกแบบและพัฒนาเครื่องทอดหอมเจียว (จงกล สุภารัตน์ และคนอื่น ๆ, 2560, น. 51–57) การทอดหอมเจียวนั้นใช้แก๊สทุ้มในการทอดซึ่งแตกต่างจากเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิที่ใช้พลังงานไฟฟ้า จึงสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตามความต้องการที่แม่นยำกว่า ซึ่งเมื่อเครื่องเสร็จสมบูรณ์ได้นำเครื่องไปทดสอบจริงกับผู้ใช้งาน ได้รับคำแนะนำในการปรับปรุงเล็กน้อยในเรื่องของชุดใบพัดกวน ทางคณะผู้วิจัยจึงกลับมาพัฒนาปรับปรุงตามคำแนะนำ ซึ่งหลังจากพัฒนาเสร็จได้นำเครื่องไปทดสอบยังผู้ใช้งานอีกครั้ง พบว่าเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ มีความสะดวกสบายในการใช้งาน ใช้งานง่าย สามารถตั้งอุณหภูมิตามที่ต้องการได้เนื่องจากในปัจจุบันวิสาหกิจชุมชนยังใช้เตาผิวนในการทอดกล้วยไส้มะขามจึงไม่สามารถควบคุมไฟได้ ผู้ใช้งานมีความพอใจในการใช้งานเครื่องเป็นอย่างมาก

ผลของการวัดค่าสีและค่าความกรอบของกล้วยหลังจากกระบวนการทอดกล้วยด้วยเครื่องทอดกล้วยไส้มะขาม พบว่าค่าสีของกล้วยหลังจากทอดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ทุกอุณหภูมิในการทอด เนื่องจากสีของกล้วยมาจากหลายปัจจัย เช่น น้ำมันที่ใช้ในการทอด น้ำมันเก่า เพราะความเป็นจริงแล้วน้ำมันในการทอดจะเติมน้ำมันใหม่ลงไปน้ำมันทอดที่ใช้แล้วซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุชาสินี พานทอง และอัมภาวศ์ พลนอก (2561, น. 130–139)

ผลจากการวัดค่าสีที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส จะมีค่าความสว่างมากกว่าที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส และ 160 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แต่อาจเป็นผลมาจากการทอดที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นการทอดน้ำมันใหม่ในครั้งแรกซึ่งอาจเป็นปัจจัยร่วมที่ส่งผลต่อค่าสีของกล้วยหลังการทอด ผลจากการวัดค่าความกรอบที่ 140 องศาเซลเซียส และ 150 องศาเซลเซียส ค่าความกรอบไม่ได้ตามเงื่อนไขและข้อกำหนดของผู้บริโภค ซึ่งที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส มีค่าความกรอบเฉลี่ย 478.28 ± 11.38 g เป็นค่าที่ยอมรับได้ เพราะช่วงค่าความกรอบที่เหมาะสมอยู่ช่วง 450.00 ± 15.00 – 500.00 ± 15.00 g ตรงกับความต้องการของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เพื่อที่จะนำกล้วยที่ผ่านการทอดทำเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยไส้มะขามในกระบวนการถัดไป

ผลการวิเคราะห์เพื่อหาอุณหภูมิที่มีความเหมาะสมในการเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ สามารถลดของเสียได้ 20 เปอร์เซ็นต์ และลดเวลาใน 1 รอบการทำงานได้ประมาณ 1.5 เท่า ซึ่งการใช้อุณหภูมิในการทอดที่ 160 องศาเซลเซียส มีการทดสอบเพื่อยืนยันผลการทดลองโดยใช้ 1-Sample t-test ด้วยการทดสอบสมมติฐานจากการสุ่มได้จำนวน Sample Size ได้ค่า P-Value เท่ากับ 0.435 มีค่ามากกว่า 0.05 สรุปได้ว่าข้อมูลที่ได้จากการทดสอบชุดนี้ไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ ซึ่งการทอดกล้วยไส้มะขามแบบดั้งเดิมไม่สามารถควบคุมไฟได้ทำให้มีของเสีย เนื่องจากการทอดที่อุณหภูมิที่สูงเกินไปทำให้กล้วยไส้มะขามไหม้หรือดำเกินไปส่งผลให้กล้วยอมน้ำมันและไม่กรอบ จึงไม่สามารถนำมาใช้ได้ ซึ่งเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิมีความปลอดภัยในการใช้งาน ใช้แรงงานคนในการควบคุมในการทอดน้อยลง สีและความกรอบของกล้วยไส้มะขามตรงตามความต้องการของตลาด



สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบการหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการใช้งานเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ คือ สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน พบว่าผลการทดสอบโดยกำหนดอุณหภูมิ 3 ค่า ได้แก่ 140, 150 และ 160 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่กำหนดแต่ละค่าทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยใช้กล้วยหินที่ผ่านแล้วจำนวน 1 กิโลกรัมต่อครั้ง และใช้น้ำมันปาล์มใหม่ จำนวน 20 ลิตร พบว่าอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส มีความเหมาะสมในการทอดมากที่สุด เพราะมีค่าความกรอบที่อยู่ในช่วง 450.00 ± 15.00 – 500.00 ± 15.00 g ตรงกับความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งผลการวัดค่าสีของกล้วยหลังการทอดที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส อุณหภูมิที่ต่ำที่สุดในการทดลองทอดกล้วยมีค่าสีที่สว่างมากกว่าอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส แต่อมน้ำมันมากกว่า ค่าสีที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส มีค่าสีที่สว่างมากกว่าอุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส อมน้ำมันน้อยกว่าอุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส

ซึ่งอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส กล้วยไม่ไหม้น้ำมัน และผลการวัดค่าความกรอบของกล้วย หลังการทอดที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้เวลามากกว่า ไม่กรอบและไหม้น้ำมัน ส่วนอุณหภูมิที่ 160 องศาเซลเซียส ใช้เวลาน้อยและมีความกรอบที่เหมาะสม ไม่ไหม้น้ำมัน การทอดที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส สามารถลดของเสียได้ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการทอดกล้วยไส้มะขามแบบเดิมและผลิตผลที่ได้ยังตรงความต้องการของตลาด ซึ่งเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามสามารถทอดผลิตภัณฑ์ได้อย่างหลากหลาย เช่น ทอดมัน เผือก ข้าวเกรียบ เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทย มีผลิตภัณฑ์มากมายที่เกิดจากกระบวนการทอดในธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก สามารถนำเครื่องทอดกล้วยไส้มะขามไปใช้ในกระบวนการทอดเพื่อลดต้นทุนและเพิ่มผลผลิตได้

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ ยังมีข้อจำกัดในการใช้งาน ด้านความสามารถในการทอดกล้วยไส้มะขามได้สูงสุดเพียงครั้งละ 3 กิโลกรัมต่อครั้ง เท่านั้น
2. เครื่องทอดกล้วยไส้มะขามกึ่งอัตโนมัติแบบควบคุมอุณหภูมิ ใช้พลังงานไฟฟ้าได้เพียงชนิดเดียว

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรออกแบบกระทะให้มีขนาดใหญ่มากขึ้นเพื่อรองรับปริมาณในการทอดกล้วยไส้มะขามได้ต่อครั้งมากกว่าเครื่องดังกล่าว
2. ควรทำการศึกษาปัจจัยของน้ำมันในการทอดซ้ำต่อการเกิดสารโพลาร์
3. การใช้พลังงานแสงอาทิตย์ร่วมกับการใช้ไฟฟ้า
4. ออกแบบและพัฒนาเครื่องที่สามารถผ่านและทอดกล้วยได้



กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนทุนในการวิจัย และขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชน OTOP ไส้เมี่ยงสมุนไพรมะขาม ที่ได้ให้ความร่วมมือในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้



เอกสารอ้างอิง

- กล้วยหินแดนใต้ไปได้ดีที่เพชรบูรณ์...แปลงร่างเป็น “กล้วยหินไส้มะขามหวาน-บัวโฮม”. (2563, 7 กรกฎาคม). ฟาร์ม แชนแนล. <https://farmchannelthailand.com/main/กล้วยหินแดนใต้ไปได้ดีที่/>
- การยางแห่งประเทศไทย. (2560, 7 ธันวาคม). *อาชีพเสริมเพิ่มรายได้ให้สวนยาง*. การจัดการองค์ความรู้ กยท. <https://km.raot.co.th/km-knowledge/detail/378>

- จกมล สุภารัตน์, ขวลิต อินปัญญา, และศิริชัย ต่อสกุล. (2560). การออกแบบและพัฒนาเครื่องทอดหอมเจียว. *วารสารวิศวกรรมศาสตร์ ราชภัฏวชิรญาณ*, 15(2), 51–57.
- ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ และเพชรรัตน์ วียะแก้ว. (2562). ผลของการเตรียมก่อนทอดและวิธีการทอดต่อสมบัติด้านเนื้อสัมผัสและประสาทสัมผัสของกล้วยทอดกรอบ. *วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)*, 11(21), 141–152.
- ปรัชญา พละพันธ์. (2560). *คู่มือวิเคราะห์และจัดการข้อมูลสถิติด้วย Minitab ฉบับมืออาชีพ*. ไอตซี พรีเมอร์.
- ไพบูลย์ แยมเผื่อน. (2548). *เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม*. ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- ไพศาล ทองสงค์, สฤษฎีชัย เข้มเจริญ, และศิริชัย ต่อสกุล. (2561). การออกแบบและพัฒนาเครื่องสกัดน้ำมันหมูฝอยต้นแบบสำหรับ OTOP กลุ่มสตรีอาสาพัฒนาบ้านหนองหลวงเพื่อการส่งออกสู่ประชาคมอาเซียน. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 8(3), 89–100.
- ยุทธชัย เกี้ยวสันเทียะ. (2564). การออกแบบและทดสอบตู้อบกล้วยพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดพาสซีฟ. *วารสารมหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล*, 34(1), 60–74.
- รัฐพล ดุลยะลา. (2563). การออกแบบและพัฒนาเครื่องตัดกระยาสารแบบกึ่งอัตโนมัติ. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์*, 15(2), 117–131.
- ราธิมา วาแมตชีชา และสมะแอ ดือราแม. (2554). การเพิ่มจำนวนกล้วยหินโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์*, 3(3), 47–59.
- สุชาสนี พานทอง และอัษฎางค์ พลนอก. (2561). การศึกษาวิธีการทอดอาหารของร้านขายกล้วยทอดและการเกิดสารโพลาร์. *วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน*, 14(3), 130–139.
- Ayustaningwarno, F., Fogliano, V., Verkerk, R., & Dekker, M. (2021). Surface color distribution analysis by computer vision compared to sensory testing: Vacuum fried fruits as a case study. *Food Research International*, 143, 110230. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110230>
- Goh, K. M., Wong, Y. H., Tan, C. P., & Nyam, K. L. (2021). A Summary of 2-, 3-MCDP esters and glycidyl ester occurrence during frying and baking processes. *Current Research in Food Science*, 4, 460–469. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2021.07.002>