

การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปผลิตข้าวยาคุสำเร็จรูปจากพื้นฐานภูมิปัญญา อาหารเชิงวัฒนธรรมท้องถิ่น

DEVELOPMENT A PROTOTYPE OF MOLDING EQUIPMENT FOR FORMING PRODUCING INSTANT KHAO YAKU BASED ON LOCAL CUTURAL FOOD

นัฐพงษ์ ทองปาน¹, ลัดดาวัลย์ จำปา^{2*}, นันทวัน หัตถมาศ³ และ พรอารีย์ ศิริผลกุล⁴

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี^{1,2}

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี³

คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก⁴

ผู้รับผิดชอบบทความ : laddawan.ch@kru.ac.th

Natthapong Thongpan¹, Laddawan Champa^{2*}, Nanthawan Hadthamad³

and Pornaree Siriphonkun⁴

Faculty of Industrial Technology, Kanchanaburi Rajabhat University^{1,2*}

Faculty of Science and Technology, Kanchanaburi Rajabhat University³

Faculty of Agricultural and Nature Resource, Rajamangala University of Technology Tawan-ok⁴

Corresponding author*: laddawan.ch@kru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปเพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์ในการผลิตข้าวยาคุสำเร็จรูปจากพื้นฐานภูมิปัญญาการใช้เครื่องมือในท้องถิ่น โดยศึกษาข้อมูลการออกแบบโครงสร้างต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ โดยประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาเกี่ยวกับการสร้างแม่พิมพ์อาหารของชุมชนร่วมกับเทคโนโลยีด้านเครื่องจักรกล ส่วนประกอบของตัวเครื่อง ประกอบด้วย 3 ส่วนประกอบ ได้แก่ 1) โครงสร้างรองรับชุดแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ 2) ชุดแม่พิมพ์มีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ ชุดแม่พิมพ์ตัวล่างและแม่พิมพ์ตัวบน มีช่องสำหรับบรรจุข้าวยาคุมีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวน 20 ช่อง 3) ระบบการทำความร้อนโดยใช้ฮีตเตอร์ กำลังไฟฟ้า 1,000 วัตต์ ไฟฟ้ากระแสสลับ: AC วิธีการทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปข้าวยาคุ นำข้าวยาคุ จำนวน 1 กิโลกรัม ใส่ลงในแม่พิมพ์แล้วทำการกดอัด

Received: 22 June 2024

Revised: 17 November 2024

Accepted: 6 December 2024

Online publication date: 21 December 2024



ขึ้นรูป ที่สภาวะอุณหภูมิ 4 ระดับ 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอดคั่ว กำหนดที่ 3, 5 และ 7 นาที

จากการทดสอบพบว่า การขึ้นรูปข้าวยาคุที่ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดคือ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทอดคั่วที่เหมาะสมที่สุดและเป็นที่ยอมรับจะอยู่ที่ 7 นาที ขึ้นข้าวยาคุอัดแท่ง จะมีการพองตัวสูงที่สุดที่ระดับความหนา 18.72 มิลลิเมตร และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นอยู่ในระดับร้อยละ 8 จะได้ขึ้นข้าวยาคุอัดแท่งจะมีลักษณะข้าวมีสีเหลืองอัตราการพองตัวอยู่ในระดับมากที่สุด สามารถขึ้นรูปข้าวยาคุออกมาได้ 171 ชิ้นต่อชั่วโมง การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ มีจุดคุ้มทุนอยู่ที่ 1,048.49 ขึ้นต่อปี มีระยะเวลาคืนทุนอยู่ที่ .14 ปี หรือ 52 วัน ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ คะแนนเฉลี่ยในภาพรวมเท่ากับ 4.29 คะแนน ด้วยความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : อุปกรณ์ขึ้นรูป / แม่พิมพ์ / ข้าวยาคุ

Abstract

The objective of this research is to develop a prototype molding equipment to be used as a mold for producing ready-made yaku rice based on the wisdom of using local tools. By studying information on the design of prototype structures, forming equipment and molds for forming yaku rice. By applying the community's wisdom about making food molds together with mechanical technology. The machine consists of 3 components: 1) a supporting structure for the mold set for forming yaku rice, 2) the mold set has 2 parts: the lower mold set and the upper mold set. There are 20 rectangular shaped compartments for packing yaku rice, 3) a Heating using a heater with an electrical power of 1,000 watts using Alternating current (AC). The testing method to determine suitable conditions for forming yaku rice. Put 1 kilogram of yaku rice into a mold and then cook. extrusion press At 4 temperature conditions of 150, 160, 170 and 180 degrees Celsius. the holding times are set at 3, 5 and 7 minutes.

The test found that the most suitable temperature for forming yaku rice is 180 degrees Celsius, the most suitable and acceptable hold time is 7 minutes. The



yaku rice pellets have the greatest swelling at the thickness level. 18.72 millimeters and the moisture percentage is at the level of 8 %. The yaku rice pellets will have the appearance of yellow rice and the swelling rate is at the highest level. The machine could produce 171 pieces per hour. Engineering economic analysis of prototype molding equipment and molds for forming yaku rice. There is a break-even point of 1,048.49 pieces per year, with a payback period of 0.14 years or 52 days. Results of the satisfaction assessment with a prototype of forming equipment and molds for forming yaku rice. The overall average score of 4.29, indicating a high level of satisfaction.

Keywords: Forming equipment / Mold / Yaku rice

บทนำ

หมู่บ้านวังกะ เทศบาลตำบลวังกะ อำเภอสังขละบุรี จังหวัดกาญจนบุรี เป็นที่อาศัยของชุมชนมอญขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นชาติพันธุ์ที่มีวิถีชีวิตอยู่กับความเรียบง่ายและความประณีตทางวัฒนธรรม อาหารท้องถิ่นของชาติพันธุ์มอญบางอย่างเกิดจากความเชื่อทางศาสนา ดังนั้นการปรุงอาหารและการเลือกใช้วัตถุดิบอาหาร จึงมีประวัติและความเป็นมาที่งดงามเป็นแบบแผน ที่แสดงให้เห็นถึงความเลื่อมใสทางศาสนาและความเคร่งครัดในประเพณีเทศกาล เช่น ข้าวแช่ ข้าวเหนียวแดง ผัดหมี่แดง และขนมผี เป็นต้น อาหารท้องถิ่นเหล่านี้ส่วนใหญ่จะปรุงขึ้นเฉพาะในเทศกาลงานสำคัญ และมีสืบทอดกันจากรุ่นต่อรุ่นเท่านั้น จากรายงานวิจัยของ ฉวีวรรณ สุวรรณภา และคณะ (2560) รายงานว่า ปัจจัยที่มีผลทำให้องค์ความรู้ในการประกอบอาหารท้องถิ่นบางรายการสูญหายไป คือ การขาดแนวทางการบริหารจัดการองค์ความรู้ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับคนรุ่นใหม่ ซึ่งเป็นกลุ่มบุคคลสำคัญในการสืบสานวัฒนธรรมสู่รุ่นต่อรุ่น

ข้าวยาคุ (อะคากกะน้ำ อะปักเป็งยิก) เป็นอาหารเชิงวัฒนธรรมที่แสดงให้เห็นถึงความเลื่อมใสทางศาสนาพุทธของชาวมอญ สังขละบุรี ซึ่งจะทำขึ้นเฉพาะวันมาฆบูชาเพื่อเก็บไว้ใส่บาตรพระตอนเช้า วัตถุดิบส่วนใหญ่ต้องเป็นของใหม่ที่เพิ่งเก็บเกี่ยวในฤดูกาลนั้น (สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดกาญจนบุรี, 2560) แต่จากการลงพื้นที่ในเทศบาลตำบลวังกะพบว่า คนรุ่นใหม่ส่วนใหญ่ไม่รู้จักประวัติความเป็นมาของอาหารท้องถิ่นตนเอง และไม่สามารถประกอบอาหารดังกล่าวได้ มีเพียงการเข้าร่วมกิจกรรมฉลองเท่านั้น นับเป็นสัญญาณ

ที่กำลังแสดงให้เห็นถึงอาหารเชิงวัฒนธรรมทางศาสนาของชาติพันธุ์มอญกำลังจะถูกกลืนไป โดยเฉพาะข้าวยาคุ ซึ่งมีรูปแบบที่ไม่สะดวกในการเก็บรักษาอายุในการเก็บรักษาสั้นและมีรูปทรงที่ไม่สวยงามเมื่อเปรียบเทียบกับอาหารสมัยใหม่ การสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์อาหารมีความหลากหลายมากขึ้นเพื่อตอบสนองพฤติกรรมผู้บริโภคและสอดคล้องกับรูปแบบการดำเนินชีวิตไม่ว่าเป็นอาหารพร้อมปรุง อาหารพร้อมทาน อาหารเสริมสุขภาพจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะสืบสานอาหารเชิงวัฒนธรรมสู่คนรุ่นใหม่

ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง (snack bar) เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งที่มีความนิยมเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีความสะดวกในการบริโภค ใหพลังงานและคุณค่าทางโภชนาการที่เพียงพอ การพัฒนาขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นมากขึ้นเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ มีคุณค่าทางโภชนาการ รับประทานง่ายและอร่อย สามารถพกพาไปรับประทานได้สะดวกในทุกๆ ที่ทุกเวลา จึงเป็นผลิตภัณฑ์ที่น่าจะมีศักยภาพในการแข่งขันทางการตลาดและตรงกับความต้องการของผู้บริโภค อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าและยกระดับการใช้ประโยชน์แก่วัตถุดิบในท้องถิ่นอีกด้วย (จักรินทร์ ตรีอินทอง และ อ้อยทิพย์ สมานรส, 2564)

กระบวนการการผลิตจะมีผลต่อผลิตภัณฑ์ที่ได้ทำให้คุณสมบัติที่เปลี่ยนไป การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับสถานะของกระบวนการการผลิต ซึ่งปัจจัยทางด้านอุณหภูมิ ระยะเวลา ถือเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพต่างๆ อาจเป็นที่ต้องการหรือไม่ต้องการของผู้บริโภค จึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะที่ดีและมีคุณภาพ (ชนิดา บุพตา และคณะ, 2562)

ดังนั้นหากมีการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวยาคุให้มีรูปลักษณะสวยงามและสะดวกต่อการเก็บรักษาสามารถเก็บรักษานานขึ้น เพื่อพร้อมสำหรับการผลิตเพื่อเชิงการค้าซึ่งสามารถเป็นแรงจูงใจให้คนทั่วไปผลิตข้าวยาคุเป็นอาชีพหรือรายได้เสริม และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับข้าวยาคุ ผู้วิจัยได้ออกแบบและคิดค้นพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปเพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์ในการผลิตข้าวยาคุสำเร็จรูปจากพื้นฐานภูมิปัญญาการใช้เครื่องมือในท้องถิ่นโดยอาศัยความร้อนจากฮีตเตอร์ในการช่วยลดความชื้นและทำให้ข้าวยาคุคงตัวเป็นการถนอมอาหารให้สามารถเก็บรักษานานขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปเพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์ในการผลิตข้าวยาคุสำเร็จรูปจากพื้นฐานภูมิปัญญาการใช้เครื่องมือในท้องถิ่น

2. เพื่อศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปเพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์ในการผลิตข้าวยาคุสำเร็จรูปจากพื้นฐานภูมิปัญญาการใช้เครื่องมือในท้องถิ่น

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปสำหรับเป็นแม่พิมพ์การผลิตข้าวยาคุ การวิจัยและศึกษาความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปเพื่อใช้เป็นแม่พิมพ์ในการผลิตข้าวยาคุสำเร็จรูปจากพื้นฐานภูมิปัญญาการใช้เครื่องมือในท้องถิ่น โดยสามารถแสดงกระบวนการดำเนินงานวิจัยได้ดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลอุปกรณ์ในการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปสำหรับเป็นแม่พิมพ์ผลิตข้าวยาคุ

ศึกษาข้อมูลการทำงานวิจัยจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือจากภูมิปัญญาในท้องถิ่นร่วมกับอาสาสมัครชาวบ้านในพื้นที่ตำบลปรางค์ อำเภอสองขันบุรี จังหวัดกาญจนบุรี โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นเกษตรกรและผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อมูลพื้นฐานในการพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุแบบมีส่วนร่วม ซึ่งในการลงพื้นที่ศึกษาข้อมูลในครั้งนี้ ได้ข้อมูลของวัฒนธรรมและกรรมวิธีในการทำข้าวยาคุของชุมชนมอญแบบดั้งเดิม และผู้วิจัยได้นำข้อมูลดังกล่าวมาร่วมกันพัฒนางานวิจัย



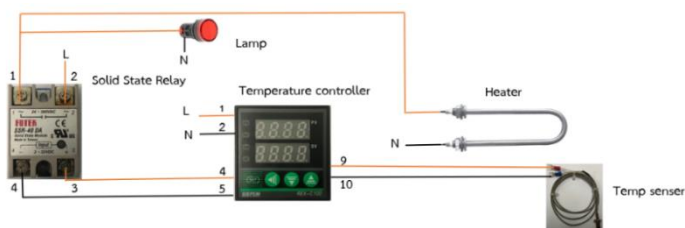
ภาพประกอบที่ 1 การศึกษาอุปกรณ์เครื่องมือจากภูมิปัญญาร่วมกับชุมชนในท้องถิ่น



ภาพประกอบที่ 2 ข้าวยาคุที่ร่วมกันทำกับชุมชน

2. ออกแบบต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปสำหรับเป็นแม่พิมพ์ผลิตข้าวยาคุ

การออกแบบโครงสร้างต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ จะประยุกต์ใช้ภูมิปัญญาเกี่ยวกับการสร้างแม่พิมพ์อาหารของชุมชนร่วมกับเทคโนโลยีด้านเครื่องกล โครงสร้างเป็นลักษณะเสาตั้งขึ้นด้านบน จำนวน 4 ขา มีโครงสร้างเป็นเหล็กกล่อง ขนาด $16 \times 48 \times 28$ เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ฐานรองรับแม่พิมพ์ทำจากสแตนเลสพับขึ้นรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด $15.5 \times 47 \times 12$ เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) แม่พิมพ์ตัวล่างมีขนาด $15.5 \times 47 \times 4$ เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) ฐานรองรับแม่พิมพ์ทำจากสแตนเลสพับขึ้นรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยม ขนาด $15.5 \times 47 \times 12$ เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) แม่พิมพ์ตัวล่างมีขนาด $15.5 \times 47 \times 4$ เซนติเมตร (กว้าง×ยาว×สูง) และวงจรระบบการทำความร้อนด้วยไฟฟ้า ประกอบด้วยฮีตเตอร์ เซนเซอร์อุณหภูมิ เครื่องควบคุมอุณหภูมิ และโซลิดสเตตรีรี



ภาพประกอบที่ 3 วงจรควบคุมการทำความร้อนด้วยไฟฟ้า

3. สร้างต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูป และแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปยาคุ

การสร้างต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูป และแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 งานโครงสร้างต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูป ส่วนที่ 2 งานสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปสำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุด้วยเครื่องกดซีเอ็นซี โดยมีแม่พิมพ์ตัวบน และแม่พิมพ์ตัวล่าง จำนวน 20 หลุม ส่วนที่ 3 งานสร้างตู้ควบคุมและติดตั้งชุดอุณหภูมิ ได้แก่ สวิตช์เปิด-ปิด เครื่องควบคุมอุณหภูมิ และหลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน ส่วนที่ 4 งานติดตั้งอุปกรณ์ฮีตเตอร์เข้ากับแม่พิมพ์เพื่อใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

4. ทดสอบสถานะการขึ้นรูปข้าวยาคุ

การศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปข้าวยาคุ ทำการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ จำนวน 4 ระดับ คือ 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส และปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับระยะเวลาตากแห้ง จำนวน 3 ระดับ คือ 3, 5 และ 7 นาที ทำการทดสอบ 5 ซ้ำ ในแต่ละสถานะ



5. สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

เกณฑ์การให้คะแนนแบบสอบถามความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ตัวเลือกทั้งหมดใช้หลักการ ให้คะแนนตั้งแต่ 1-5 เรียงตามลำดับ ดังนี้ 5 หมายถึง อยู่ในระดับ มาก ที่สุด 4 หมายถึง อยู่ในระดับ มาก 3 หมายถึง อยู่ในระดับ ปานกลาง 2 หมายถึง อยู่ในระดับ น้อย 1 หมายถึง อยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ในการแปลความหมายของค่าคะแนนเฉลี่ยของผู้ตอบแบบสอบถาม กำหนดช่วง คะแนนเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ของเบส (Best, 1970) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 มีความพึงพอใจมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 มีความพึงพอใจมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 มีความพึงพอใจปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 มีความพึงพอใจน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 มีความพึงพอใจน้อยที่สุด

การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

ขั้นตอนที่ 1 การศึกษารายละเอียด เอกสาร ทฤษฎี บทความ วารสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อศึกษาวิธีการเขียนรูปแบบของแบบสอบถาม ลักษณะของแบบสอบถาม และการสร้างแบบสอบถาม วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อให้ทราบแนวทาง และขอบเขตของข้อคำถาม

ขั้นตอนที่ 2 นำแบบสอบถามที่สร้างขึ้นไปขอคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยให้คะแนน ซึ่งมีวิธีการให้คะแนน ดังนี้ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2547)

ให้ 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์

จากนั้นนำผลการพิจารณาคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ (IOC) โดยแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นมีค่าเท่ากับ 1.00 หลังจากนั้นนำแบบสอบถามความพึงพอใจไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มชุมชนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 15 คน เพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจ โดยใช้วิธีการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาตามวิธีของครอนบาค (Cronbach, 1990) และค่าเชื่อมั่นของแบบสอบถามความพึงพอใจทั้งฉบับ คือ .82

ขั้นตอนที่ 3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผ่านการตรวจสอบความเชื่อมั่น และมีความสมบูรณ์ใช้ในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป



การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. การวัดความหนาของชิ้นงาน (Thickness)

ทำการวัดขนาดของแผ่นข้าวยาคุ้ที่ขึ้นรูปด้วยเวอร์เนียคลิปปเปอร์ ความละเอียด .05 มิลลิเมตร วัดความกว้าง และความหนา 3 ตำแหน่ง รอบแผ่นข้าวยาคุ้ที่ขึ้นรูปแล้วต่อหนึ่งตัวอย่าง วัดจำนวน 5 ชิ้นต่อสภาวะ ตามวิธีของ Sharma (2012)

2. การทดสอบความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุ้

นำต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุ้ไปสาธิตการใช้งาน และให้ทดลองใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูป จากนั้นจึงประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุ้ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็นเกษตรกรและผู้ใช้งานชุมชนในพื้นที่ตำบลปรางค์มณี อำเภอสว่างวีรกรรม จังหวัด กาญจนบุรี จำนวน 30 คน โดยทำการเลือกแบบเจาะจง หลังจากประเมินผลความพึงพอใจได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ในการหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนจากการตอบแบบสอบถามความพึงพอใจเป็นคำถามแบบประมาณค่า (Ration Scale) 5 ระดับ

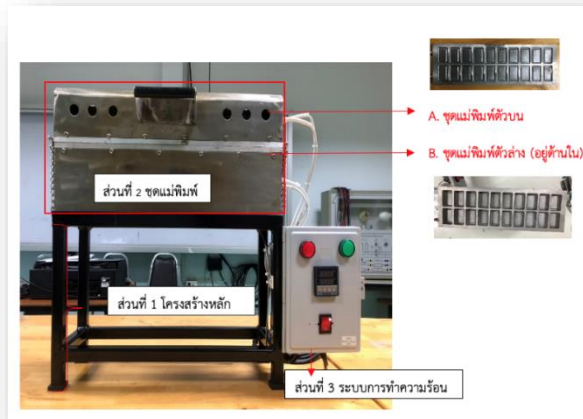
3. การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูป

การวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุ้ คำนวณจากจุดคุ้มทุน และระยะเวลาในการคืนทุน อ้างอิงตามคำอธิบายของวีรัช แสงสุริยฤทธิ์ (ม.ป.ป.) โดยทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed cost: F) ค่าใช้จ่ายแปรผัน (Variable cost: V) ค่าใช้จ่ายรวม (Total cost: T) รายได้รวม (Total revenue: TR) กำไรรวมต่อหน่วย (Total profit: TP) จุดคุ้มทุน (Break-even point: BEP) และระยะคืนทุน (Pay-back period: PBP)

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปสำหรับเป็นแม่พิมพ์การผลิตข้าวยาคุ้

การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปสำหรับเป็นแม่พิมพ์การผลิตข้าวยาคุ้ตามที่ได้ ออกแบบไว้ โครงสร้างปลักระบบการทำงานของอุปกรณ์ขึ้นรูป แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือส่วนของ โครงสร้างหลักที่เป็นตัวอุปกรณ์ขึ้นรูปโดยตัวโครงสร้างมีลักษณะเป็นโต๊ะ ขาโต๊ะ 4 ขา ทำจาก เหล็กกล่องที่มีความแข็งแรงรองรับการวางอุปกรณ์แม่พิมพ์ขึ้นรูป ส่วนที่ 2 เป็นชุดแม่พิมพ์สำหรับ ขึ้นรูป โดยฐานรองรับแม่พิมพ์ทำจากสแตนเลสพับขึ้นรูปเป็นกล่องสี่เหลี่ยม แม่พิมพ์ตัวล่างเป็น ช่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า จำนวน 20 ช่อง ไว้สำหรับใส่วัตถุดิบข้าวยาคุ้ที่ต้องการขึ้นรูป และส่วนที่ 3 การ ติดตั้งวงจรระบบการทำความร้อนด้วยไฟฟ้า ระบบควบคุมอุณหภูมิ เช่น ฮีตเตอร์ เซนเซอร์ อุณหภูมิ เครื่องควบคุมอุณหภูมิ โซลิดสเตตรีเลย์ หลอดไฟแสดงสถานะ ดังภาพประกอบที่ 4



ภาพประกอบที่ 4 ส่วนประกอบของต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุ

2. ผลการศึกษาสภาวะการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ

การทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการขึ้นรูปข้าวยาคุ โดยการนำข้าวยาคุน้ำหนัก 10 กรัม ใส่ลงในช่องแม่พิมพ์ตัวล่างสำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ ทำการทดสอบที่อุณหภูมิ 4 ระดับ คือ 150, 160, 170 และ 180 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบในระดับอุณหภูมิที่สูงกว่า 180 องศาเซลเซียส แล้วพบว่า สีของข้าวยาคุมีลักษณะค่อนข้างไหม้ ผู้วิจัยจึงกำหนดระดับอุณหภูมิการทดสอบดังที่กล่าวมาข้างต้น ร่วมกับการศึกษาปัจจัยเรื่องระยะเวลาการกดค้าง 3 ระดับ คือ 3, 5 และ 7 นาที จากการศึกษาปัจจัยร่วม 2 ปัจจัย คืออุณหภูมิ และระยะเวลาการกดค้าง สำหรับใช้ในการขึ้นรูปข้าวยาคุ การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมพิจารณาจากความหนา ด้านการวัดขนาดความกว้าง และความหนาของข้าวยาคุโดยใช้เวอร์เนียรคลิปเปอร์ จำนวน 3 ตำแหน่ง ต่อชิ้น ทำซ้ำทั้งหมด 5 ชิ้นต่อสภาวะ ร่วมกับการศึกษาความชื้น อ้างอิงวิธี AOAC, 2000 และลักษณะภายนอกของข้าวยาคุ ผลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความหนา และความชื้นของข้าวยาคุเมื่อขึ้นรูปด้วยสภาวะที่แตกต่างกัน

อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาการกดค้าง (min)	ความหนา (mm)	ความชื้น (%)	ลักษณะภายนอก
150	3	18.11	14	ลักษณะข้าวมีสีขาว อัตราการพองตัวต่ำ
	5	18.22	13	ลักษณะข้าวมีสีขาว อัตราการพองตัวต่ำ
	7	18.34	12	ลักษณะข้าวมีสีขาว อัตราการพองตัวต่ำ

ตารางที่ 1 (ต่อ)

อุณหภูมิ (°C)	ระยะเวลาทอดคั่ว (min)	ความหนา (mm)	ความชื้น (%)	ลักษณะภายนอก
160	3	18.19	13	ลักษณะข้าวมีสีขาว อัตราการพองตัวต่ำ
	5	18.30	12	ลักษณะข้าวมีสีขาว อัตราการพองตัวต่ำ
	7	18.45	11	ลักษณะข้าวมีสีขาว อัตราการพองตัวปานกลาง
170	3	18.25	12	ลักษณะข้าวเริ่มมีสีเหลือง อัตราการพองตัวปานกลาง
	5	18.41	10	ลักษณะข้าวเริ่มมีสีเหลือง อัตราการพองตัวปานกลาง
	7	18.70	9	ลักษณะข้าวมีสีเหลือง อัตราการพองตัวมาก
180	3	18.48	10	ลักษณะข้าวเริ่มมีสีเหลือง อัตราการพองตัวปานกลาง
	5	18.52	9	ลักษณะข้าวมีสีเหลือง อัตราการพองตัวมาก
	7	18.72	8	ลักษณะข้าวมีสีเหลือง อัตราการพองตัวมากที่สุด



ภาพประกอบที่ 5 ลักษณะของข้าวยาคุที่ขึ้นรูปที่ระดับอุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส

จากตารางที่ 1 พบว่าการใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 150-160 องศาเซลเซียส ทอดคั่วนาน 3-7 นาที จะได้ข้าวยาคุที่มีสีขาว อัตราการพองตัวต่ำ เมื่อเพิ่มอุณหภูมิเป็น 160 องศาเซลเซียส และทอดแม่พิมพ์คั่วไวนานถึง 7 นาที การพองตัวของข้าวยาคุจะขึ้นมากอยู่ในระดับปานกลาง การใช้



อุณหภูมิ 170-180 องศาเซลเซียส จะได้ข้าวยาคุที่มีสีเหลือง แต่อัตราการพองตัวแตกต่างกัน หากใช้อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ร่วมกับการกดแม่พิมพ์ค้างไว้นานไม่เกิน 5 นาที ข้าวยาคุจะมีการพองตัวระดับปานกลาง แต่ถ้าเพิ่มระยะเวลาการกดค้างเป็น 7 นาที ข้าวยาคุจะมีอัตราการพองตัวอยู่ในระดับมาก สำหรับการใช้อุณหภูมิที่ 180 องศาเซลเซียส ด้วยเวลาที่แตกต่างกัน จะทำให้ได้ข้าวยาคุที่มีสีเหลืองเหมือนกัน แต่อัตราการพองตัวต่างกันอย่างชัดเจน คือ เมื่อใช้ร่วมกับระยะเวลาการกดค้างที่ 3, 5 และ 7 นาที จะได้อัตราการพองตัวเพิ่มขึ้น จากระดับปานกลาง มาก และมากที่สุด

จากผลการศึกษาข้างต้น แสดงให้เห็นว่า การขึ้นรูปข้าวยาคุที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส ระยะเวลากดค้างที่ 7 นาที เป็นสภาวะการขึ้นรูปที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากจะได้ขึ้นข้าวยาคุอัดแท่งที่มีการพองตัวสูงที่สุด ที่ระดับความหนา 18.72 มิลลิเมตร และค่าความชื้นต่ำที่สุด มีค่าร้อยละ 8 ในขณะที่การใช้อุณหภูมิ 150-170 องศาเซลเซียส จะทำให้ได้ขึ้นข้าวยาคุอัดแท่งความหนา 18.11-18.70 มิลลิเมตร และมีความชื้นค่อนข้างสูง มีค่าร้อยละ 9-14 หากขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงกว่า 180 องศาเซลเซียส ขึ้นข้าวยาคุจะไหม้ก่อนที่ข้าวจะพองตัว

3. ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ

ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์ สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ ในแต่ละประเด็น เริ่มต้นจากการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานต้นแบบเครื่องขึ้นรูปภาชนะเบื้องต้นเสียก่อน กลุ่มเป้าหมายผู้ประเมินงานคือ เกษตรกรและผู้ใช้งานในพื้นที่ตำบลปรางค์ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดกาฬสินธุ์ จำนวน 30 คน โดยได้นำต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุไปสาธิตการทดลองใช้งาน ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 2 ผลการประเมินความพึงพอใจจากการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุ

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	แปลผล
ด้านการออกแบบเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ	4.25	.62	มาก
ด้านการใช้งานเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ	4.19	.62	มาก
ด้านความปลอดภัยจากการใช้งานเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ	4.31	.73	มาก
ด้านการบำรุงรักษาเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ	4.50	.54	มากที่สุด
ด้านความคุ้มค่าในการลงทุนเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ	4.18	.64	มาก
รวม	4.29	.63	มาก



จากตารางที่ 2 ผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยในภาพรวมทั้ง 5 ด้านเท่ากับ 4.29 ความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก เมื่อเปรียบเทียบคะแนนความพึงพอใจที่ได้รับแต่ละด้านพบว่า ผู้ประเมินมีความพึงพอใจด้านความปลอดภัยจากการใช้งานเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ่มากที่สุด รองลงมาคือ ด้านการใช้งานเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ ด้านการออกแบบเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ ด้านการบำรุงรักษาเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ และด้านความคุ้มค่าในการลงทุนเครื่องขึ้นรูปข้าวยาคุ ด้วยคะแนน 4.25, 4.19, 4.31, 4.50 และ 4.18 คะแนน ตามลำดับ

4. ผลการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมของต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุ

ในการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมในการใช้งานต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปและแม่พิมพ์สำหรับขึ้นรูปข้าวยาคุ มีข้อมูลประกอบการคำนวณได้แก่ ราคาของเตาอบแห้งพลังงานธรรมชาติ 17,302 บาท ทำงานด้วยระบบไฟฟ้า 220 โวลต์ กระแสไฟฟ้า 10.85 แอมป์ คิดเป็นกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 2,387 วัตต์ คาดว่าสามารถใช้งานได้ 5 ปี มูลค่าซาก 10 เปอร์เซ็นต์ ของราคาต้นทุนเครื่อง เครื่องทำงานแบบหยุดชั่วคราว ความสามารถในการขึ้นรูป 20 ชิ้นต่อ 1 ครั้ง ภายในเวลา 420 วินาที ให้เครื่องทำงาน 300 วันใน 1 ปี ทำงานวันละ 4 ชั่วโมง ค่าบำรุงรักษาต่อปีร้อยละ 5 ของราคาต้นทุนเครื่อง จ้างแรงงานรายวัน 1 คน ด้วยอัตราค่าจ้าง 350 บาทต่อวัน อัตราดอกเบี้ยธนาคารร้อยละ 5.25 ต้นทุนราคาเฉลี่ย 100 บาทต่อกิโลกรัม ราคาขายข้าวยาคุ 2.50 บาทต่อชิ้น สามารถคิดค่าใช้จ่ายในการทำงาน และระยะเวลาคืนทุนของการใช้อุปกรณ์ขึ้นรูปสำหรับเป็นแม่พิมพ์การผลิตข้าวยาคุ พบว่า จุดคุ้มทุน (BEP) อยู่ที่ 1,048.49 ชิ้นต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุน (PBP) อยู่ที่ 0.14 ปี หรือ 52 วัน

อภิปรายผล

การพัฒนาต้นแบบอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุสำเร็จรูปโดยการผสมผสานเทคโนโลยีเครื่องจักรกลกับภูมิปัญญาท้องถิ่นสามารถสร้างเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการผลิตข้าวยาคุได้อย่างเหมาะสม โดยผลลัพธ์ที่ได้สอดคล้องกับงานวิจัยของภักติกา มีเสน (2563) ซึ่งพัฒนาอุปกรณ์ที่ใช้วัสดุแตนเลสและชุดแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปข้าวยาคุให้มีขนาดและรูปร่างสม่ำเสมอ ตลอดจนการควบคุมอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ 180 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของรัชดา สาดตระกูลวัฒนา (2552) ทำการศึกษาอุณหภูมิในการทอดปลายข้าวพอง พบว่าการใช้อุณหภูมิประมาณ 180 องศาเซลเซียส ให้คุณภาพข้าวพองดีที่สุด และระยะเวลาทอด 7 นาที ทำให้ข้าวยาคุมีสีเหลืองและมีอัตราการพองตัวสูงที่สุดที่ 18.72 มิลลิเมตร ความชื้นอยู่ในระดับร้อยละ 8 ผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้ใช้งานแสดงให้เห็นว่าผู้ประเมินให้คะแนนเฉลี่ยในภาพรวมทั้ง 5 ด้านเท่ากับ



4.29 คะแนน ซึ่งสะท้อนถึงความพึงพอใจสูงในด้านความปลอดภัยและการใช้งานจริงในสภาพแวดล้อมที่มีข้อจำกัดทางท้องถิ่น อุปกรณ์นี้ยังได้รับการยอมรับในด้านการออกแบบที่ยืดหยุ่นและการบำรุงรักษาที่ง่าย การวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมพบว่าอุปกรณ์นี้มีความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจสูง โดยมีจุดคุ้มทุนที่ 1,048.49 ขึ้นต่อปี และระยะเวลาคืนทุนเพียง 52 วัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการนำอุปกรณ์ต้นแบบนี้ไปใช้ในการผลิตเชิงพาณิชย์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ในการพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นรูปข้าวยาคุสำเร็จรูปได้ดี ทั้งในแง่ของการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถต่อยอดในการพัฒนาอุตสาหกรรมในอนาคตได้

ข้อเสนอแนะ

1. ในการขึ้นรูปควรออกแบบให้มีระบบการส่งตัวข้าวยาคุที่ผ่านการอัดขึ้นรูปออกจากแม่พิมพ์
2. การผลิตอุปกรณ์ขึ้นรูปเพื่อการพาณิชย์ ควรออกแบบให้ตัวเครื่องมีระบบการป้อนวัตถุดิบ และระบบการส่งตัวข้าวยาคุออกจากตัวอุปกรณ์ อาจอยู่ในรูปของกึ่งอัตโนมัติหรืออัตโนมัติ เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการขึ้นรูป และลดการปนเปื้อนจากการสัมผัสอาหารทั้งก่อนและหลังขึ้นรูป
3. เพื่อเป็นการยืดอายุของข้าวยาคุ ข้าวที่นำมาเป็นวัตถุดิบควรแปรรูปให้เป็นข้าวพอง ก่อนที่จะนำมาอัดขึ้นรูป

บรรณานุกรม

- จักรินทร์ ตรีอินทอง และอ้อยทิพย์ สมานรส. (2564). “การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากปลาช่อนแก้วตากแห้งเพื่อเพิ่มมูลค่าและยกระดับการใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบในจังหวัดกาฬสินธุ์”. วารสารเกษตรพระวรุณ. ปีที่ 21 ฉบับที่ 2. หน้า 96-105.
- ฉวีวรรณ สุวรรณภา, อรอนงค์ วุวงศ์ และเสริมศิลป์ สุขเมธีสกุล. (2560). “อาหารพื้นบ้าน: กระบวนการจัดการเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและจริยธรรมทางสังคมในชุมชนภาคเหนือ”. วารสารสันติศึกษาปริทรรศน์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย. ปีที่ 6 ฉบับที่ 4. หน้า 1306-1319.
- ชนิดา บุพตา และคณะ. (2562). “การศึกษาการพองตัวของข้าวด้วยเครื่องผลิตข้าวพองแบบแผ่น”. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. ปีที่ 26 ฉบับที่ 2. หน้า 37-46.



บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2547). **การวัดและประเมินผลการเรียนรู้**. กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ภักติกา มีเสน. (2563). **เครื่องอัดก้อนข้าวกรอบรสตั้มยำกุ้ง**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช.

รัชดา สาดตระกุลวัฒนา. (2552). **การพัฒนาอาหารเข้าพร้อมบริโภคอัดแท่งจากธัญพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิรัช แสงสุริยฤทธิ์. (ม.ป.ป.). **การวิเคราะห์จุดคุ้มทุน**. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดกาญจนบุรี. (2560). **อาหารเชิงวัฒนธรรม**. กาญจนบุรี : สำนักงานวัฒนธรรมจังหวัดกาญจนบุรี.

AOAC. (2000). **The Official Methods of Analysis**. (17th ed). Association of Official Analytical Chemists, Washington DC.

Best, J.W. (1970). **Research in education**. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Cronbach, L.J. (1990). **Essential of psychological testing**. (5th ed). New York: Harper and Row.

Sharma, J.K. (2012). **The structure and properties of puffed rice cake**.

Dissertation. Melbourne, Australia: School of civil, Chemical and Environmental Engineering, College of Science, Engineering and Health RMIT University.