

เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน ENERGY-SAVING BLACK GARLIC DRYER MACHINE TO LEVERAGE THE COMMUNITY ECONOMIC

สมศักดิ์ แข็งแรง^{1*}, อัครวัฒน์ วงศ์ไชยพรม¹ และ เกียรติศักดิ์ กาทองทุ่ง¹
Somsak kaengraeng^{1*}, Akarawat wongchaiphom¹ and Kettisak kathongthung¹

Received: 10 January 2025

Revised: 1 April 2025

Accepted: 17 April 2025

บทคัดย่อ

เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน มีวัตถุประสงค์เพื่อแปรรูปกระเทียมสดให้เป็นกระเทียมดำโดยใช้วิธีการอบไอน้ำ ทำให้สารอาหารในกระเทียมดำมีมากกว่ากระเทียมสด 10-13 เท่า ซึ่งมีสรรพคุณทางยาในการบำรุงรักษาสุขภาพ และสามารถเก็บรักษากระเทียมดำให้ไว้นาน ส่งผลให้กระเทียมมีราคาสูงกว่าเดิม 8-10 เท่า เครื่องอบกระเทียมดำนี้มีโครงสร้างรูปทรงกระบอกทำงานโดยใช้หลักการ ระบบ hot oil โดยใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าให้ความร้อนแก่น้ำมัน แล้วเก็บรักษาความร้อนไว้ในน้ำมันขณะอบทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้า และการทำงานใช้ระบบควบคุมเครื่องอบ ผ่านแอปพลิเคชันของมือถือ ตามขั้นตอนการอบกระเทียมดำทำให้กระเทียมดำมีคุณภาพ เนื้อนุ่ม รสหวานรับประทานง่าย

ผลการประเมินประสิทธิภาพพบว่า เครื่องอบกระเทียมดำสามารถใช้ออบกระเทียมได้ครั้งละ 10-30 กิโลกรัม อบด้วยอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 80-90 ระยะเวลา 12-15 วัน ทำให้กระเทียมมีเนื้อสีดำ นุ่ม มีรสหวาน เป็นที่ต้องการของตลาด สิ้นเปลืองไฟฟ้า 300-350 บาท/ครั้งจากการวิเคราะห์เชิงพาณิชย์ สามารถผลิตกระเทียมดำจำหน่ายสร้างรายได้เดือนละ 15,000-25,000 บาท และสามารถคืนทุนได้ภายในระยะ 4 เดือน

คำสำคัญ: เครื่องอบกระเทียมดำ; เครื่องอบ; กระเทียมดำ; กระเทียม

¹ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 จังหวัดเชียงใหม่ 50120

¹ Lampang Technical College, Institute of Vocational Education, Northern region 1, Chiang Mai, 54000, Thailand

*Corresponding Author, E-mail: somsak.kaeng19@gmail.com

Abstract

The purpose of energy-saving black garlic dryer to leverage the community economy to process fresh garlic into black garlic using the steam method. As a result, the nutrients in black garlic are 10-13 times higher than in fresh garlic, which has medicinal properties in maintaining health and black garlic can be preserved for a long time. As a result, the price of garlic is 8-10 times higher than before. This black garlic dryer works using the principle of a hot oil system. It use an electric heater to heat the oil and then retain the heat in the oil while drying, resulting in electricity saving, and the operation uses the dryer control system through the mobile application. According to the drying process, black garlic has quality, soft texture, sweet taste, and easy to eat.

The results of the performance evaluation showed that the black garlic dryer can be used to dry 10-30 kilograms of garlic at a time and dry at a temperature of 60-80 degrees Celsius. Relative humidity of 80-90 percent for a period of 12-15 days, making garlic black, soft, and sweet in demand, consuming 300-350 baht/time of electricity consumption. According to commercial analysis, black garlic can be produced and sold with a monthly income of 15,000-25,000 baht and can pay back within 4 months.

Keywords : Black garlic drying machine; Drying machine; Black garlic; Garlic

บทนำ

การศึกษาข้อมูลการเพาะปลูกกระเทียมในพื้นที่จังหวัดลำปาง มีจำนวน 5,497 ไร่ ส่วนใหญ่อยู่ในอำเภอองาว อำเภอแจ้ห่ม และอำเภอวังเหนือ ผลผลิตจำนวน 7,933 ตัน ผลผลิตต่อไร่ จำนวน 954 กิโลกรัม เกษตรกรส่วนใหญ่จะเพาะปลูกหลังเก็บเกี่ยวข้าว โดยผลผลิตจะออกสู่ตลาดมากประมาณเดือนมีนาคม ของทุกปี (สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง, 2563) ราคากระเทียมจีนเบอร์ใหญ่ 40-46 บาท/กิโลกรัม กระเทียมไทยเบอร์ใหญ่ 55-58 บาท/กิโลกรัม กระเทียมโทน 90-100 บาท/กิโลกรัม (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ลักษณะกระเทียมที่เก็บผลผลิตได้ในพื้นที่จังหวัดลำปาง

ในปัจจุบันพบว่ากระเทียมจากประเทศจีนมาตีตลาดขายในไทยเป็นจำนวนมาก เพราะเป็นกระเทียมขนาดใหญ่เปลือกแก่และราคาดูกกว่ากระเทียมไทย ทำให้กระเทียมไทยก็เริ่มหมด

ความสำคัญจากท้องตลาดไป ส่งผลให้ราคากระเทียมไทยตกต่ำลง ในขณะนั้นเกษตรกรไทยได้รับความเดือดร้อนและลำบาก จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีกลุ่มบริษัท และกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้มีการแปรรูปกระเทียมไทย ให้เป็นกระเทียมดำ (black garlic) เพื่อเป็นอาหารสุขภาพ ที่เปลี่ยนจากกระเทียมสดให้กลายเป็นกระเทียมดำ เพื่อให้ทานง่ายและเพิ่มคุณค่ามากยิ่งขึ้น ซึ่งในระหว่างกระบวนการผลิตกระเทียมดำที่อุณหภูมิและความชื้นสูง สารสำคัญที่ไม่คงตัวและมีกลิ่นฉุนในกระเทียมสด จะถูกเปลี่ยนเป็นสารที่คงตัว และไม่มีกลิ่นฉุน ซึ่งได้แก่ S-allylcysteine (SAC) ซึ่งเป็นสารที่ละลายน้ำ และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง ในกระเทียมสดมีปริมาณ SAC ประมาณ 20–30 $\mu\text{g/g}$ แต่ในกระเทียมดำที่ผ่านกระบวนการผลิตด้วยความร้อน ปริมาณ SAC จะเพิ่มขึ้นประมาณ 6 เท่า นอกจากนั้นยังพบว่า ปริมาณกรดอะมิโน สารกลุ่ม flavonoids และสารกลุ่ม polyphenols ในกระเทียมดำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกระเทียมสด (สวิตา จิวจินดา, 2562) ตลอดจนถึงการแปรรูปกระเทียมสดให้เป็นกระเทียมดำจะช่วยยกระดับราคากระเทียม ให้สูงขึ้น 6-8 เท่า ส่งผลทำให้เกษตรกรมีทางเลือกในการจำหน่ายสินค้า การเกษตร สามารถสร้างรายได้มากขึ้น

จากการศึกษาขั้นตอนการทำกระเทียมดำจากวิสาหกิจชุมชนกลุ่มปลูกผักและวิสาหกิจชุมชนแปรรูปอาหารจากสัตว์เคี้ยวเอื้อง หมู่ 8 ตำบลแม่เมาะ อำเภอมะนัง จังหวัดลำปางพบว่า การแปรรูปกระเทียมดำยังใช้หม้อหุงข้าว (ภาพที่ 2) โดยใช้อบกระเทียมได้ครั้งละ 2-3 กิโลกรัม เสียค่าไฟฟ้าครั้งละประมาณ 70-80 บาท สามารถผลิตกระเทียมดำ 3-5 กิโลกรัม/เดือน โดยจัดจำหน่ายภายในจังหวัดลำปาง และส่งร้านค้าในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งปริมาณการผลิตได้เป็นจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับความต้องการของร้านค้าและผู้บริโภค



ภาพที่ 2 การผลิตกระเทียมดำโดยใช้หม้อหุงข้าว

ดังนั้นหากต้องการผลิตกระเทียมดำปริมาณที่มากจะต้องซื้อหม้อหุงข้าวหลายใบ ใช้พื้นที่มากขึ้น มีขั้นตอนการทำที่ยุ่งยากต้องทำการพลิกกลับกระเทียมหลายครั้ง ต้องซื้ออุปกรณ์อื่น ๆ เพิ่มขึ้น เช่น ปลั๊กไฟฟ้า สายพ่วง มีค่าไฟฟ้ามากขึ้น ส่งผลให้มีต้นทุนมากขึ้น หากจะซื้อเครื่องอบกระเทียมขนาดใหญ่ที่

ผลิตได้ 30 กิโลกรัมขึ้นไปก็มีราคาแพง ต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ การบริการด้านการซ่อมบำรุงก็จะลำบาก อีกทั้งวิสาหกิจชุมชนไม่มีงบประมาณเพียงพอ

จากปัญหาและข้อจำกัดการผลิตกระเทียมดำโดยใช้หม้อหุงข้าวดังกล่าวและเพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ (กระเทียมโทนดำ) ของวิสาหกิจชุมชน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน โดยเครื่องอบกระเทียมนี้เกษตรกรใช้งานได้ง่ายเปิดเสร็จเพียงกดสวิตช์ อบ 12-15 วัน ก็สามารถผลิตกระเทียมดำได้ครั้งละ 10-30 กิโลกรัม กำลังผลิต 10-50 กิโลกรัม/เดือน ประหยัดพลังงานโดยเสียบค่าไฟฟ้าครั้งละ 300-350 บาท มีระบบควบคุมเครื่องฯ ที่มีประสิทธิภาพ สามารถแสดงข้อมูลต่างๆเป็นตัวเลขได้ สามารถต่อกับระบบอินเตอร์เน็ตที่สามารถเห็นค่าการอบต่าง ๆ ผ่านแอปพลิเคชัน และมีความปลอดภัยในการใช้งานวิสาหกิจชุมชนสามารถประยุกต์ใช้งานเครื่องอบกระเทียมดำได้กับการแปรรูปอาหารอื่น ๆ ได้ สร้างรายได้ประมาณ 20,000-25,000 บาท/เดือน สามารถยกระดับเศรษฐกิจในครัวเรือน เศรษฐกิจในชุมชนได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสร้างเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน

ทบทวนวรรณกรรม

การสร้างเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน เพื่อช่วยเหลือวิสาหกิจชุมชน หรือเกษตรกรเพื่อแปรรูปสินค้าเกษตร และยกระดับราคาสินค้าการเกษตรให้สูงขึ้น อีกทั้งเพื่อส่งเสริมการบริโภคกระเทียมดำที่ดีต่อสุขภาพ ผู้วิจัยได้ค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. กระเทียมและการเกิดกระเทียมดำ

กระเทียมมีหลายชนิดทั้งกระเทียมกลีบและกระเทียมโทน มีคุณสมบัติด้านฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น ช่วยระบบย่อยอาหาร ขับลม และลดการอักเสบ มีฤทธิ์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ฤทธิ์ต้านมะเร็ง ช่วยรักษาโรคความดันโลหิต ป้องกันไวรัส และช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด ส่วนกระเทียมดำเกิดจากการนำกระเทียมสดมาผ่านการบ่มในที่ที่มีความชื้นร้อยละ 70-80 ด้วยอุณหภูมิ 65-80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาอย่างน้อย 1 เดือนจนเกิดเป็นปฏิกิริยาเมลลาร์ด (maillard reaction) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลที่ไม่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ เป็นผลของปฏิกิริยาเคมีระหว่างน้ำตาลรีดิวซิงกับหมู่อะมิโนในโมเลกุลของกรดอะมิโนอิสระในกระเทียมทำให้ได้เป็นสารสีน้ำตาล และสารสีดำ

2. หลักในการออกแบบเครื่องอบกระเทียมดำ

ในการออกแบบเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงาน ได้กำหนดรายละเอียดของปัญหาเกี่ยวกับขนาด ปริมาณการอบและระยะเวลาการอบที่นาน ตลอดจนถึงการสิ้นเปลืองค่าไฟฟ้า หลังจาก

นั้นจึงกำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบ กำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะต่าง ๆ ของชิ้นงานขนาดเนื้อที่ที่ต้องการ และข้อจำกัดต่าง ๆ โดยคำนึงถึงมาตรฐานอุตสาหกรรมควบคู่ไปด้วย ในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดว่ามีอุปสรรค เช่น ปริมาณกระเทียม อุณหภูมิที่ตั้ง ปริมาณน้ำ ระยะเวลาอบ และเอาต์พุต เช่น ความร้อนภายในเครื่อง ความชื้นสัมพัทธ์ สภาพกระเทียมดำ การเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด สารเคมีในกระเทียมดำ และความต้องการให้การทำงานมีคุณภาพใน จากนั้นก็ค่อย ๆ เพิ่มเติมองค์ประกอบต่างๆ ทำให้เครื่องอบ สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์

3. ความชื้นสัมพัทธ์และอัตราเร็วในการอบ

การวัดความชื้นสัมพัทธ์ (relative humidity) คือ การวัดอัตราส่วน (เป็นร้อยละ) ของปริมาณไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศในขณะนั้นต่อปริมาณไอน้ำที่อาจจะมียู่ได้ เมื่ออากาศนั้น อิ่มตัวด้วยไอน้ำที่อุณหภูมิเดียวกัน หรือ“อัตราส่วนของความดันไอน้ำที่มีอยู่จริงต่อความดันไอน้ำอิ่มตัว” มีหน่วยวัดเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยอากาศอิ่มตัวจะมีค่าความชื้นสัมพัทธ์อยู่ที่ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อนำวัตถุดิบที่จะอบซึ่งเปียกชื้นอย่างเพียงพอถึงผิวหน้ามาแขวนไว้ในกระแสมร้อน แล้วติดตามตรวจวัดอัตราความชื้นกับอุณหภูมิของวัตถุดิบนั้น ซึ่งกลไกการอบสามารถแบ่งได้เป็น 3 ระยะที่มีลักษณะแตกต่างกัน กล่าวคือ 1) ช่วงอุ่นวัตถุดิบ 2) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วคงที่ 3) ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง เมื่ออบไปเรื่อย ๆ จนปริมาณความชื้นที่ผิวหน้าวัตถุดิบแห้งลง และความชื้นภายในเนื้อวัตถุดิบเริ่มลดลง ความชื้นอิสระภายในตัววัตถุดิบจะซึมขึ้นมาทดแทน ให้ทันกับอัตราเร็วในการระเหยที่ผิวหน้า จึงเริ่มเข้าสู่ช่วงที่ 3 ได้แก่ ช่วงอบด้วยอัตราเร็วลดลง ขั้นตอนของการระเหยจะค่อย ๆ เลื่อนลงลึกเข้าไปในเนื้อวัตถุดิบ อุณหภูมิของวัตถุดิบจะเริ่มเข้าใกล้อุณหภูมิของลมร้อนจากบริเวณพื้นผิว ในการอบความร้อนจะต้องเข้าไปถึงภายในเนื้อวัตถุดิบ นอกจากนี้ความร้อนส่วนหนึ่งยังต้องใช้ไปในการให้ความร้อนตัววัตถุดิบเองอีกด้วย อัตราเร็วในการอบจึงค่อย ๆ ลดลงตามเวลาที่ผ่านไปความสามารถในการดูดซับความชื้นของวัสดุขึ้น กับกลไกการเคลื่อนที่สภาพของความชื้นที่มีอยู่ภายในวัตถุดิบขึ้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่มีอิทธิพลต่อกลไกการเคลื่อนที่ของความชื้นในวัตถุดิบเปียกนอกจากจะมีความชื้นในรูปน้ำอิสระแล้ว ยังมีน้ำ adsorption water ที่เกาะติดกับพื้นผิวของแข็ง ความชื้น bonding water และไอน้ำในช่องว่างอีกด้วย อัตราเร็วในการอบวัตถุดิบของแข็งจะขึ้นอยู่กับสมบัติของวัตถุดิบและเงื่อนไขการอบ แต่รูปร่างของเส้นกราฟคุณลักษณะการอบในช่วงอัตราเร็วลดลงนี้จะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขภายใน ได้แก่ ลักษณะของวัตถุดิบ สมบัติของความชื้นภายในวัตถุดิบมีอยู่ ฯลฯ มากกว่าเงื่อนไขการอบภายนอก เช่น อุณหภูมิ ความชื้น ความเร็วของลมร้อน ฯลฯ เมื่อทำการวัดเส้นกราฟอัตราเร็วในช่วงอัตราเร็วจะลดลงของวัสดุต่าง ๆ

4. ฮีตเตอร์และ เซนเซอร์วัดอุณหภูมิ

ฮีตเตอร์มีหน้าที่ให้ความร้อน ซึ่งในเครื่องอบกระเทียมดำนี้ ใช้ฮีตเตอร์จุ่ม-ฮีตเตอร์ต้มน้ำ คือ ฮีตเตอร์ที่ใช้ให้ความร้อนกับของเหลว เช่น ต้มน้ำ หรือ อุ่นน้ำมันของเหลวต่าง ๆ ได้เกือบทุกประเภทที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสแตนเลส ซึ่งเหมาะสำหรับทุกงานอุตสาหกรรมที่มีการอุ่น หรือต้มของเหลวหลายชนิด

และยังอุ่นหรือต้มของเหลวที่เหนียวข้น เช่น อุ่นกาวยางมะตอย การติดตั้งสามารถทำได้โดยเชื่อมเกลียวตัวเมียติดกับถังแล้วใส่ฮีตเตอร์แบบเกลียวเข้าไป โดยตัวฮีตเตอร์ขนานกับพื้นถัง ควรระวังไม่ให้ส่วนของฮีตเตอร์โผล่พ้นระดับของเหลวเนื่องจากจะทำให้ส่วนที่อยู่เหนือของเหลวร้อนจัดเกินไปเพราะไม่ได้ระบายความร้อนให้กับของเหลวจึงทำให้อายุการใช้งานสั้นลงในส่วนเซนเซอร์วัดอุณหภูมิ/ความชื้น (temperature sensor / humidity sensor) คืออุปกรณ์สำหรับตรวจวัดอุณหภูมิ หรือความชื้นในบริเวณที่ใช้ งาน ซึ่งเหมาะสำหรับห้องควบคุมอุณหภูมิความชื้น อุตสาหกรรมอาหาร ห้องอบ ห้องแช่เย็น ห้องแล็บ ห้องควบคุมระบบคอมพิวเตอร์ clean room warehouse ที่มีปัญหาในการควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้น ทำให้เกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ หรือวัสดุที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น สามารถช่วยให้วัดค่าอุณหภูมิ ความชื้น ได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ มีรูปแบบการติดตั้งที่หลากหลายให้เลือกใช้ สามารถต่อร่วมกับจอแสดงผล หรือเครื่องควบคุมได้ง่าย

กรณรัตน์ สกุนตนาภรณ์ และ คณะ (2566) ได้ศึกษาผลงานวิจัย เรื่อง ผลของอุณหภูมิการบ่มต่อสมบัติทางเคมีของกระเทียมดำ พบว่า อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ได้กระเทียมดำศรีสะเกษ (SK) เชียงใหม่ (CM) และจีน (CN) ที่มีความเป็นกรด-ด่าง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สูงกว่ากระเทียมดำบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในสัปดาห์สุดท้ายของการบ่ม ($p < 0.05$) ในสัปดาห์ที่ 6 กระเทียมดำศรีสะเกษและกระเทียมดำจีนบ่มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตสูงที่สุด ตามลำดับ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับปริมาณที่พบในกระเทียมสด ในขณะที่ปริมาณไขมันและเยื่อใยที่พบในกระเทียมที่บ่มที่อุณหภูมิเดียวกันมีค่าใกล้เคียงกัน ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กระเทียมดำเชียงใหม่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด (252.47 ± 12.4 mg G E/g DW) สำหรับกระเทียมดำศรีสะเกษและจีนมีค่าใกล้เคียงกัน (181.10 ± 8.42 , 175.52 ± 7.84 mg G E/g DW ตามลำดับ) ($p < 0.05$) กระเทียมดำจีนมีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์ (4.122 ± 0.02 mg Cat E/g DW) และโพรแอนโทไซยานิดิน (1.52 ± 0.34 mg Cat E/g DW) สูงที่สุด รองลงมาคือกระเทียมดำศรีสะเกษ (1.012 ± 0.10 mg Cat E/g DW, 1.12 ± 0.03 mg Cat E/g DW ตามลำดับ) แต่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระใกล้เคียงกับกระเทียมดำศรีสะเกษ ($p < 0.05$) ในสัปดาห์สุดท้ายของการบ่ม (สัปดาห์ที่ 6) ส่วนจิรายุ มุสิก และคณะ (2565) ได้ศึกษาวิจัยเรื่อง สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ พบว่า สภาวะที่ 1 ห่อกระเทียมด้วยกระดาษไขและ อลูมิเนียมฟอยล์ที่ละหวั (A), สภาวะที่ 2 ห่อกระเทียมด้วยอลูมิเนียม ฟอยล์และห่อทับด้วยผ้าขาวบาง (B) บ่มกระเทียมในตู้อบลมร้อนที่ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน พบว่ากระเทียมโทนสภาวะที่ 1 (A) สีเนื้อกระเทียมเปลี่ยนเป็นสีดำ และเนื้อสัมผัสมีนุ่มคล้ายเจลลี่ และได้ ค่าร้อยละผลผลิตสูงสุดเท่ากับร้อยละ 40 ซึ่งมีค่ามากกว่าตัวอย่างอื่น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ส่วน สิทธิพนธ์ ปัญญาลิขชัย และคณะ (2564) ได้ทดสอบการหมักกระเทียมดำในปริมาณ 1 กิโลกรัม พบว่าอุณหภูมิเหมาะสมที่สุดคืออุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ ความชื้น 70-90 % เป็นระยะเวลา 4 วัน เช่นเดียวกับ เรื่องฤทธิ์ ราชพันธ์ และคณะ (2560)

ที่รายงานว่าโดยรวมในการบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะมีศักยภาพต่อคุณสมบัติเคมีและกายภาพของกระเทียมดำเชิงใหม่ มากกว่าที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเอกสารข้อมูลที่เกี่ยวข้อง ในการสร้างเครื่องอบกระเทียมดำ ดังนี้

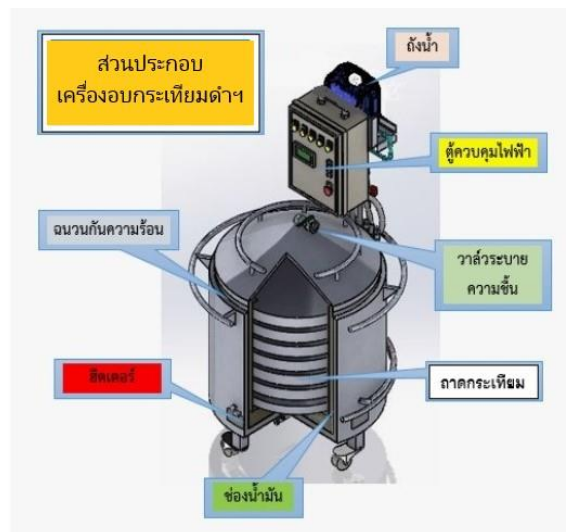
1.1 ลักษณะกระเทียมแต่ละชนิด ในแต่ละพื้นที่การเพาะปลูก ช่วงเวลาการเพาะปลูก การออกผลผลิต ปริมาณผลผลิต ตลอดจนถึงราคาผลิตและปัญหาด้านเศรษฐกิจ

1.2 วิธีการแปรรูปกระเทียมสด จากกลุ่มวิสาหกิจชุมชน เช่น กระเทียมโทนดอง กระเทียมโทนดำ และวิธีการเดิมของวิสาหกิจชุมชน และศึกษาหลักการของเครื่องจักรที่มีอยู่เดิม

1.3 ผลการวิจัยเรื่องกระเทียมดำจากคณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ทั้งเรื่องคุณสมบัติกระเทียมดำ สารต่างๆที่อยู่ในกระเทียมดำ ศึกษากระบวนการ วิธีการที่ทำให้เกิดกระเทียมดำ

1.4 หลักการระบบควบคุมต่าง ๆ เช่น PLC, Nord MCU , แอปพลิเคชันต่าง ๆ ผ่านมือถือให้สะดวกและใช้งานได้ง่าย

จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้สร้างเครื่องอบกระเทียมดำที่ใช้หลักการ hot oil เพื่อการประหยัดพลังงาน โดยสร้างตัวเครื่องลักษณะทรงกระบอก ด้านล่างและด้านข้างรอบถังใส่น้ำมัน ช่องถัดมาด้วยฉนวนกันความร้อน ด้านในมีชั้นถาดสำหรับใส่กระเทียม ด้านบนมีฝาปิด ตรงกลางฝาติดตั้งวาล์วระบายความชื้น ด้านล่างถังติดตั้งฮีตเตอร์ให้ความร้อนแก่น้ำมันและใช้ระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยหน้าจอจะแสดงตัวเลข วัน เวลา อุณหภูมิ ความชื้น และไฟแสดงสถานะการทำงานดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงแบบเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน

3. เก็บรวบรวมข้อมูล

ทำการทดลองใช้งานเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน จริงในชุมชน โดยดำเนินงานตามขั้นตอนดังนี้

3.1 ประสานงานและทำความเข้าใจกับวิสาหกิจชุมชนกลุ่มตัวอย่าง เกี่ยวกับวัตถุประสงค์ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูลต่าง ๆ

3.2 ทำการสาธิตวิธีการใช้ เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน กลุ่มเป้าหมายเป็นวิสาหกิจชุมชนกระเทียมโทนดอง กระเทียมโทนดำไทลื้อ

3.3 ทำการลงพื้นที่ตรวจเช็ค ดูแลและบำรุงรักษา เครื่องอบกระเทียมดำตามระยะเวลาที่กำหนด

3.4 ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลผลผลิตและข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ผลการวิจัย

1. ผลการสร้างเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน

เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน (ภาพที่ 4) ประกอบด้วยตัวเครื่องมีลักษณะทรงกระบอก ด้านล่างและด้านข้างรอบถังใส่น้ำมัน ช่องถัดมาด้วยฉนวนกันความร้อน ด้านในมีชั้นถาดสำหรับใส่กระเทียม ด้านบนมีฝาปิด ที่ตรงกลางฝาติดตั้งวาล์วระบายความชื้น ด้านล่างถังติดตั้งฮีตเตอร์ให้ความร้อนแก่น้ำมัน และระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ โดยจอแสดงผลจะแสดงตัวเลข วัน เวลา อุณหภูมิ ความชื้น และไฟแสดงสถานะการทำงาน



ภาพที่ 4 เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน

เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชนนี้ใช้หลักการทำงาน คือระบบ hot oil ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าให้ความร้อนแก่น้ำมัน แล้วเก็บรักษาความร้อนไว้ในน้ำมันขณะอบ มีฉนวนกันความร้อนออก ทำให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยขั้นตอนการอบกระเทียมดำจะใช้

เทคนิคการอบกระเทียมเพื่อให้กระเทียมดำ มีคุณภาพ เนื้อนุ่ม รสหวาน รับประทานง่าย เครื่องอบกระเทียมดำ สามารถใช้ออบกระเทียมได้ครั้งละ 10-30 กิโลกรัม อบด้วยอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-90 ระยะเวลา 12-15 วัน ทำให้กระเทียมมีเนื้อสีดำ นุ่ม มีรสหวาน ไม่มีกลิ่นฉุนรับประทานได้ง่าย เป็นที่ต้องการของตลาด สิ้นเปลืองไฟฟ้า 300-350 บาท/ครั้ง

ระบบควบคุม ใช้บอร์ด TTGO T-Call V1.4 SIM800I ESP32 ซึ่งมี CPU ประจำบอร์ดโดยระบบนี้จะสามารถควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ และการปล่อยน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นอัตโนมัติเป็นรายวัน ตลอดจนถึงสามารถดูสถานะการอบ และสามารถควบคุมการอบผ่านสัญญาณ GSM มือถือได้ ทั้งนี้ระบบนี้จะสามารถบันทึกข้อมูลการอบทั้งหมดได้เพื่อใช้ในการวิจัยและพัฒนาแผนการอบได้

2. ประสิทธิภาพเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน

ผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชนในแต่ละด้าน แสดงผลในตารางที่ 1

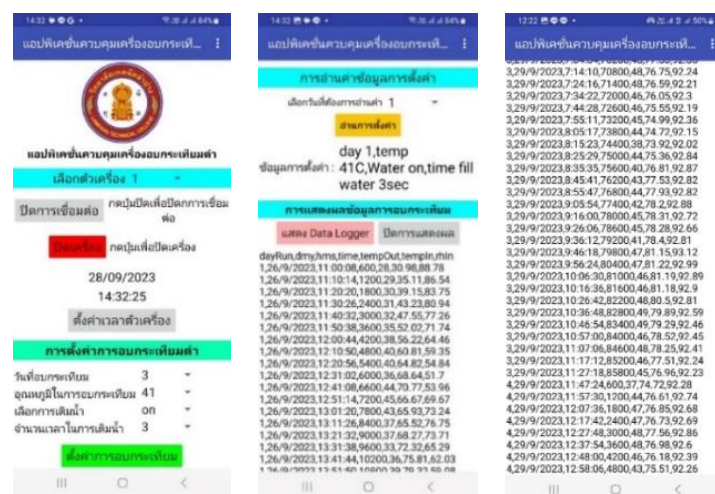
ตารางที่ 1 แสดงผลการประเมินประสิทธิภาพเครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน

การประเมิน	ผลการประเมินประสิทธิภาพ
1. การทำงานตามฟังก์ชันที่กำหนด การตั้งอุณหภูมิทำงาน ความชื้นสัมพัทธ์ การตัดต่อการทำงานของฮีตเตอร์ให้ความร้อนเพื่อทดสอบการสิ้นเปลืองไฟฟ้า	การปรับตั้งค่าอุณหภูมिनอกถัง ทำให้อุณหภูมिनอกถังและอุณหภูมิในถังแตกต่างกัน 25-30 องศาเซลเซียส ควรปรับตั้ง 43-44 องศาเซลเซียส จะทำให้อุณหภูมิกายในถังอบ 70-75 องศาเซลเซียสอบบ่มหมัก เป็นระยะเวลาตามแผนการอบที่กำหนดจะทำให้กระเทียมมีรสหวาน หากปรับตั้งอุณหภูมิสูงกว่า 75-80 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานเกิน 5 วัน จะทำให้เนื้อกระเทียมแข็ง ไม่นุ่มและมีรสขม ทั้งนี้หากตัวแปรอื่นๆของกระเทียมสด มีความแตกต่างกัน เช่น ความสด ความแห้ง และขนาดกระเทียมฯ ผู้ใช้เครื่องอบอาจต้องหาเทคนิคการอบกระเทียมดำประกอบด้วย อีกครั้ง
2. กำลังการผลิต	สามารถอบกระเทียมครั้งละ 10-20 กิโลกรัม ใช้เวลาอบ 12-15 วัน - 10 กิโลกรัม ใส่กระเทียมได้ 3-4 ถาด ๆ ละ 2.5-3 กิโลกรัม - 20 กิโลกรัม ใส่กระเทียมได้ 4-5 ถาด ๆ ละ 4-5 กิโลกรัม
3. น้ำหนักผลผลิต	ปริมาณการอบกระเทียม สามารถอบกระเทียมได้ครั้งละ 10-20 กิโลกรัม โดยหลังการอบแล้ว น้ำหนักหายไป 35-40%
4. สภาพกระเทียมดำ	สภาพกระเทียมภายนอกเปลือกสีดำ เนื้อภายในจะมีลักษณะสีดำ ไม่มีกลิ่นฉุน รสชาติหวาน เนื้อนุ่ม รับประทานง่าย

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การใช้หลักการของระบบ hot oil มีข้อดีคือน้ำมันปาล์มสามารถเก็บสะสมความร้อนไว้ได้นาน ทำให้ฮีตเตอร์ทำงานสั้นลง กินไฟฟ้าน้อยลง ก็จะส่งผลให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้า จากการทดสอบก็พบว่า ในการอบกระเทียมดำ 1 ครั้ง ใช้เวลาอบ 12-15 วัน ฮีตเตอร์จะทำงานช่วงแรกประมาณ 1 ชั่วโมง และจะตัดการทำงานประมาณ 2-3 ชั่วโมง และจะทำงานอีกครั้งประมาณ 10-15 นาที เป็นอย่างนี้ต่อเนื่อง ซึ่งภาพรวมต่อการอบจะใช้ไฟฟ้าประมาณ 70-80 KWh จะเสียค่าไฟฟ้า 300-350 บาท จึงถือได้ว่าการอบกระเทียมดำที่ใช้ระบบนี้มีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า

การบันทึกอุณหภูมิการทำงานของเครื่องอบกระเทียมดำ (ภาพที่ 5) พบว่าอุณหภูมิในถังอบสูงถึง 70-75 องศาเซลเซียส ซึ่งแตกต่างกัน 30-33 องศาเซลเซียส จากการศึกษาพบว่าในถังมีไอน้ำที่มาจากกระเทียมสระเหยออกและจากน้ำที่เติมลงไป ทำให้น้ำเมื่อได้รับความร้อนจะกลายเป็นไอ ซึ่งขณะกลายเป็นไอก็จะมีความร้อนแฝงจึงทำให้น้ำในถังอบมีความร้อนสูงกว่านอกถังอบ ซึ่งสอดคล้องกับวิกิพีเดียสารานุกรมเสรี ที่ว่า ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ เป็นสมบัติเฉพาะตัวของสารที่บอกปริมาณพลังงานที่ต้องใช้หรือคายออกมาในการเปลี่ยนสถานะระหว่างของเหลวกับแก๊ส เมื่อมีอุณหภูมิเท่ากับจุดเดือดของสารนั้น



ภาพที่ 5 แสดงข้อมูลการบันทึกค่าต่างๆในการอบกระเทียมดำโดยแอปพลิเคชันผ่านมือถือ

การบันทึกค่าความชื้นสัมพัทธ์ในการอบกระเทียมจำนวน 10 กิโลกรัม กับ 20 กิโลกรัม ค่าความชื้นสัมพัทธ์มีความแตกต่างกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่า ปริมาณของกระเทียมที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณการระเหยของน้ำในกระเทียมมากกว่า ความชื้นสัมพัทธ์ก็เลยมากกว่า แต่อย่างไรก็ตามในผลการวิจัย ก็พบว่า การอบที่อุณหภูมิสูงประมาณ 60-80 องศาเซลเซียส และควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ให้อยู่ในช่วง ร้อยละ 80-90 ดังนั้นหากความชื้นสัมพัทธ์อยู่ในช่วงค่าที่กำหนดก็ถือว่าไม่มีผลต่อการอบ

กระเทียมดำแต่อย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัย ศวิตา จิวจินดา (2562) ที่รายงานผลการประเมินคุณภาพอาหารด้วยประสาทสัมผัสพบว่า กระเทียมดำจะมีสีดำสม่ำเสมอเมื่อ ใช้อุณหภูมิในการบ่มระหว่าง 70-80 องศาเซลเซียส เนื่องจากเมื่อบ่มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส กระเทียมจะไม่เปลี่ยนเป็นสีดำทั้งหมด (อรัญญา มานูจำและคณะ, 2560) และหากใช้อุณหภูมิสูงถึง 90 องศาเซลเซียส กระเทียมดำที่ได้จะมีรสขมเกิดขึ้น ปริมาณความชื้นในกระเทียมดำ ควรอยู่ในช่วง 400-500 g/kg จะทำให้กระเทียมดำมีความนุ่มและยืดหยุ่น เหมาะกับการรับประทาน หากปริมาณความชื้น น้อยลงจะทำให้กระเทียมดำแห้งและเหนียว

เครื่องอบกระเทียมดำประหยัดพลังงานเพื่อยกระดับเศรษฐกิจชุมชน มีหน้าที่ ใช้ออบแปรรูปกระเทียมสดให้เป็นกระเทียมดำโดยใช้วิธีการอบไอน้ำ ทำให้กระเทียมดำมีสรรพคุณทางยาในการบำรุงรักษาสุขภาพ มีสารอาหารมากกว่ากระเทียมสด 10-13 เท่าและสามารถเก็บรักษากระเทียมดำไว้ได้นาน ยกย่องระดับราคาขึ้นค่าการเกษตรกระเทียมให้มีราคาสูงกว่าเดิม 8-10 เท่า โดยเครื่องอบกระเทียมดำนี้ใช้หลักการทำงาน คือระบบ hot oil ใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าให้ความร้อนแก่น้ำมัน แล้วเก็บรักษาความร้อนไว้ในน้ำมัน มีฉนวนกันความร้อนออก ส่งผลเกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้า ซึ่งหากใช้การอบด้วยลมร้อนเพียงอย่างเดียวจะทำให้ใช้พลังงานสูงที่สุด (ศรีมา แจ่มคำและคณะ, 2565) โดยขั้นตอนการอบกระเทียมดำจะใช้เทคนิคการอบกระเทียมเพื่อให้กระเทียมดำมีคุณภาพ และมีระบบควบคุมอัตโนมัติโดยใช้บอร์ด TTGO T-Call V1.4 SIM8001 ESP32 ซึ่งมี CPU ประจําบอร์ด โดยระบบนี้จะสามารถควบคุมอุณหภูมิควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์ และการปล่อยน้ำเพื่อเพิ่มความชื้นอัตโนมัติเป็นรายวัน ตลอดจนถึงสามารถดูสถานะการอบกระเทียม และสามารถควบคุมการอบผ่านสัญญาณ GSM มือถือ ซึ่งเครื่องอบกระเทียมดำจะถูกควบคุมผ่านหน้าจอและแสดงผลชัดเจนเป็นระบบสัมผัส (อรุณ ชาญชัยเขาวีวัฒน์และคณะ, 2560) ทั้งนี้ระบบนี้จะสามารถบันทึกข้อมูลการอบทั้งหมดได้เพื่อใช้ในการวิจัยและพัฒนาแผนการอบได้ ทั้งนี้เครื่องอบจะทำงานอัตโนมัติจนเสร็จครบ 15 วัน และสามารถใช้ออบกระเทียมได้ครั้งละ 10-30 กิโลกรัม อบด้วยอุณหภูมิ 60-80 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 80-90 ระยะเวลา 12-15 วันทำให้กระเทียมมีเนื้อสีดำ นุ่ม มีรสหวาน โดยสิ้นเปลืองไฟฟ้า 300-350 บาท/ครั้งการอบ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) ที่ได้สนับสนุนทุนอุดหนุนกิจกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยและนวัตกรรม ภายใต้โครงการความร่วมมือเพิ่มมูลค่าสิ่งประดิษฐ์สู่การใช้ประโยชน์ (Co-funding) ประจำปี 2566

References

- กรณรัตน์ สกุลนามรัตน์, อรอนงค์ ภูสีฤทธิ, วิทวัส ไตรรัตนากุล และ สุทธิดา ปัญญาอินทร์. (2566). ผลของอุณหภูมิการบ่มต่อสมบัติทางเคมีของกระเทียมดำ. *วารสารทางวิชาการของสถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*, 7(2), 79-96.
- จิรายุ มุสิกกา, ธนวรรณ มุสิกกา และ พนารัตน์ สังข์อินทร์. (2565). สภาพที่เหมาะสมในการผลิตกระเทียมดำต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์กระเทียมดำ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ*, 2(2), 54-62.
- เรืองฤทธิ์ ราชพันธ์, สายสุนีย์ ประคำทอง, พชรินทร์ สุสินทรานูรณ์, สุธิดา แกมกล้า, ธนินฐา พุดตาล, ชัชฎาวิร จันทะสอน และ กรณรัตน์ สกุลนามรัตน์. (2560) ผลของอุณหภูมิต่อคุณสมบัติเคมีและกายภาพของกระเทียมดำเชียงใหม่. *รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาตินวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน*. 409-416.
- ศรีมา แจ้คำ, อภินันต์ นามเขต, อำไพศักดิ์ ธิบุญมา, ทรงสุภา พุ่มชุมพล, กิตติศักดิ์ วินันท์กิตต์ และ เอกภูมิ บุญธรรม. (2565). การอบแห้งกระชายดำด้วยเทคนิคผสมผสาน. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมและวิศวกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 4(3), 266-284.
- ศวิตา จิวจินดา. (2562). *กระเทียมดำ*. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สำนักงานเกษตรจังหวัดลำปาง. (2563). *สถานการณ์การผลิตกระเทียม*. ลำปาง
- สิทธิพันธ์ ปัญญาเลิศชัย, สันติสุข ประทีปเมือง, พนัสนันท์ คล้ายเมืองปัก และ ภูริชญ์ งามคง. (2564). เครื่องหมักกระเทียมดำ. *วารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์*, 3(2), 40-47.
- อรัญญา มานูจำ, มลฤดี อย่างบุญ, พัฒนชัย สายคุณ, ปิณฑนา ชมชื่นชู, วิภาพร บุญทะลา, นฤทธิ วาดเขียน และกรณรัตน์ สกุลนามรัตน์. (2560). คุณสมบัติเคมีและกายภาพของกระเทียมดำศรีสะเกษ. การประชุมวิชาการระดับชาติ นวัตกรรมและเทคโนโลยีวิชาการ 2017 วิจัยจากองค์ความรู้สู่การพัฒนาอย่างมั่นคงมั่งคั่งและยั่งยืน. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตสุรินทร์.
- อรุณ ชาญชัยเขาวีวัฒน์, ณัฐคนัย สิงห์กลีวรรณ และ สุวินัย เกิดทับทิม. (2560). *การสร้างตู้บ่มลูกแป้งและการแปรรูปกัมมี่เยลลี่จากข้าวหมากผสมสมุนไพรเพื่อเป็นขนมเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและใช้เป็นผลิตภัณฑ์ชุมชน*. มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.