



ผลของระยะเวลาบ่มกล้วยหินและสภาวะการอบต่อคุณภาพของกล้วยอบม้วน

The Effect of Ripening in *Musa sapientum* Lin. 'Kluai Hin'

and Baking Conditions on Quality of Rolled Banana

ภัทรวดี เอียดเต็ม^{1*}, นูรีดา กะมานี¹, สุธีรา ศรีสุข¹, กิตติ สุวรรณบรรดิษฐ์¹, ภารดี พลไชย² และพุดิยา รัตนศิริวัฒน์³
Phattharawadee Aedtem^{1*}, Nureeda Kamani¹, Suteera Srisuk¹, Kitti Suwanbandit¹, Paradee Phalachai²
and Phutthiya Ratanasiriwat³

¹สาขาวิชาการประกอบอาหารฮาลาล คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

²สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา อำเภอเมือง จังหวัดยะลา 95000

³สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 73000

¹Halal Culinary, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Mueang, Yala Province 95000 Thailand

²Food science and Technology, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Mueang, Yala Province 95000 Thailand

³Food science and Technology, Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Mueang, Nakhon Pathom Province 73000 Thailand

*Corresponding author, e-mail: phattharawadee.a@yru.ac.th

(Received: Aug 31, 2023; Revised: May 23, 2024; Accepted: May 27, 2024)

บทคัดย่อ

กล้วยหินเป็นพืชท้องถิ่นที่พบในแถบจังหวัดชายแดนภาคใต้ของประเทศไทย เมื่อเก็บกล้วยหินไว้นานจนอยู่ในระยะสุกจนไม่สามารถผลิตเป็นผลิตภัณฑ์กล้วยหินกรอบแก้ว กล้วยหินเส้นทอดกรอบได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาการบ่มกล้วยหินที่เหมาะสม และสภาวะในการอบกล้วยหินอบม้วน โดยวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมี ของกล้วยหินที่บ่มระยะเวลา 0 2 4 6 8 10 และ 12 วัน พบว่า สามารถใช้ความแน่นเนื้อเป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกกล้วยหินเพื่อผลิตกล้วยอบม้วนได้ ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกกับค่า pH ($r=0.976$ $p<0.01$) และมีค่าสหสัมพันธ์เชิงลบกับค่าความถ่วงจำเพาะ ค่า b^* ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด และ เวลาในการบ่ม ($r= -0.796$ -0.957 -0.995 และ -0.916 ตามลำดับ ($p < 0.01$)) จากนั้นนำกล้วยหินที่ระยะเวลาบ่ม 6 8 และ 12 วัน มาผลิตกล้วยหินอบม้วน โดยศึกษาอุณหภูมิการอบที่ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์กล้วยหินอบม้วนพบว่ากล้วยหินที่ระยะเวลาการบ่ม 8 วัน อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด ($p<0.05$) มีค่าเป็น 8.00 คะแนน อยู่ในระดับชอบมาก โดยมีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เกลือ และคาร์โบไฮเดรต เท่ากับ ร้อยละ 2.03 0.65 0.83 4.43 และ 78.91 ตามลำดับ ส่วนค่าวอเตอร์แอคทีวิตี (a_w) เท่ากับ 0.51

คำสำคัญ : กล้วยหิน ระยะการสุก กล้วยอบม้วน

Abstract

Kluai Hin is a local plant found in the southern border provinces of Thailand. Kluai Hin was stored for too long, it will be in the ripening stage, making it impossible to produce the banana as the above product. Thus, this study aimed to determine the optimal ripening period for Kluai Hin and the conditions for roasting rolled banana stone by analyzing its physical and chemical properties after ripening for 0, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 days. The research revealed that firmness could serve as a criterion for selecting banana stone for roasting rolled bananas, showing a positive correlation with pH value ($r=0.976$, $p<0.01$) and a negative correlation with specific gravity, b^* value, total solids content, and ripening time ($r= -0.796$, -0.957 , -0.995 , and -0.916 , respectively, $p<0.01$). After that, Take the Kluai Hin that has been ripened for 6, 8, and 12 days to produce rolled dried bananas. The baking temperature was 50, 55, and 60 degrees Celsius respectively. Thus, The sensory evaluation of baked banana rolls showed that the banana with 8 days of ripening at 55 degrees Celsius for 4 hours gave the highest overall score ($p < 0.05$) by 8.00 points, indicating

a strong preference. The chemical components of the final product such as percentages of protein, fat, fiber, ash, and carbohydrates were 2.03, 0.65, 0.83, 4.43, and 78.91 respectively. The water activity (a_w) value was 0.51.

Keywords: Kluai Hin (*Musa sapientum* Lin.), Ripening, Baked banana rolls

บทนำ

กล้วยหิน (Saba) จัดเป็นกล้วยป่าชนิดหนึ่งเป็นกล้วยกินได้ลูกผสม (*Acuminatex Balisiana*) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Musa Sapientum* Linn. หรือ Musa ABB จัดอยู่ในวงศ์ Musaceae ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกับกล้วยน้ำว้ามีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศอินโดนีเซียเรียกตามถิ่นที่ปลูกคือ Pisang kapok ประเทศมาเลเซีย เรียกว่า Pisang nipah ส่วนในประเทศไทยเรียกว่า กล้วยหิน (Rueangkit, 2018) โดยกล้วยหินบันนังสตา จังหวัดยะลาได้ขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indications, GI) ซึ่งกล้วยหินมีคาร์โบไฮเดรต และให้พลังงานสูงกว่ากล้วยชนิดอื่น นอกจากนั้นยังพบว่า มีปริมาณเบต้าแคโรทีนสูง (Department of Intellectual Property, 2011) เนื้อสุกเป็นสีเหลือง เหนียวไม่เละแม้อสุกอม รสชาติหวานหอมอร่อย นิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่าง ๆ เช่น กล้วยทอดกรอบ กล้วยอบน้ำผึ้ง กล้วยเส้นทอดกรอบ กล้วยฉาบกรอบแก้ว เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ใช้กล้วยในระยะเวลา (2 วัน นับจากวันที่ตัดหวี) และสุก (4 วัน นับจากวันที่ตัดหวี) มาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหากเก็บกล้วยหินไว้จนอยู่ในระยะสุกอม (6 วัน นับจากวันที่ตัดหวีเป็นต้นไป) ทำให้ไม่สามารถนำกล้วยหินมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ข้างต้นได้ ปัจจุบันพื้นที่ปลูกกล้วยหินในจังหวัดยะลาลดลงมาก เนื่องจากประสบปัญหาโรคเหี่ยวในกล้วยหิน ทำให้เหลือพื้นที่ปลูกเพียง 2,704 ไร่ (Department of Agricultural Extension Yala, 2021) จึงต้องนำกล้วยหินจากจังหวัดพัทลุง กระบี่ และนครศรีธรรมราช มาใช้ในการแปรรูป ซึ่งจำเป็นต้องสั่งมาเป็นปริมาณมากเพื่อลดต้นทุนในการขนส่ง ทำให้มีกล้วยหินบางส่วนที่ไม่สามารถนำมาผลิตเป็นกล้วยเส้นทอดกรอบ กล้วยฉาบกรอบแก้วได้ เนื่องจากกำลังการผลิตไม่ทันระยะการสุกของกล้วย จึงจำเป็นต้องมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นเพื่อใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบให้คุ้มค่า

การสุกและการเปลี่ยนแปลงของส่วนประกอบทางเคมีของกล้วยในระหว่างการเก็บรักษา เมื่อปริมาณของเอทิลีนภายในผลมากขึ้นแสดงถึงอัตราการหายใจเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นการเริ่มต้นของกระบวนการสุกทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของเปลือก โดยแคโรทีนอยด์และแซนโทฟิลล์ซึ่งเป็นองค์ประกอบของผลไม้ แต่ถูกบดบังด้วยสีเขียวของคลอโรฟิลล์ในผนังเซลล์พืช เมื่อเข้าสู่กระบวนการสุกคลอโรฟิลล์จะสลายตัวไป สีของแคโรทีนอยด์จึงปรากฏให้เห็นชัดเจนขึ้น (Chuchouisuwan *et al.*, 2019) นอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส เกิดการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของผนังเซลล์ผลไม้ ทำให้เกิดการนิ่มลงของเนื้อเยื่อ (Softening) เช่น องค์ประกอบที่เป็นแป้งเปลี่ยนเป็นน้ำตาล อัตราส่วนของน้ำตาลกับกรดเพิ่มขึ้น เกิดการสูญเสียน้ำ ทำให้น้ำหนักเนื้อและเปลือกขณะที่เกิดการสุกเปลี่ยนแปลงตามระยะการสุก และการเปลี่ยนแปลงสารระเหย (Volatile) และเกิดกลิ่น โดยปกติเมื่อผลไม้สุกจะมีทั้งปริมาณและชนิดของสารระเหยเพิ่มมากขึ้น (Sihaboot & Subnugarn, 2014)

กล้วยหินอบม้วน เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแปรรูปกล้วยสุกแบบธรรมชาติโดยใช้วิธีการนำกล้วยมาทับให้แบน แล้วนำไปอบแห้งซึ่งในกระบวนการผลิตที่ไม่เติมน้ำตาล ไม่แต่งสีผสมอาหาร หรือเติมสารให้กลิ่นรส และไม่ต้องใช้สารกันบูด สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมได้กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์กล้วยอบต้องมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 21 (Thai SMEs Standard, 2020) การอบแห้งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอาหารขึ้นกับธรรมชาติของอาหารและสภาวะที่ใช้ในการอบแห้ง โดยสภาวะในการอบแห้งผลไม้ที่มีน้ำตาลและแป้งสูง พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิต่ำทำให้การถ่ายเทความร้อนและการคายความชื้นภายในเนื้ออาหารต่ำกว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการอบ แต่การอบแห้งด้วยอุณหภูมิสูงจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่ผิว โดยมีลักษณะเป็นโซนแข็งจากการจับตัวของน้ำตาล (Duangsrisen, 2021) และนอกจากนี้ยังเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี โดยค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น และค่าความเป็นสีแดง (a^*) ของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งเพิ่มขึ้น เนื่องจากการอบแห้งทำให้ลักษณะผิวหน้าของอาหารเปลี่ยนแปลงเกิดการสะท้อนแสง สีเปลี่ยน และยังมีผลจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของรงควัตถุคลอโรฟิลล์ แคโรทีนอยด์ที่เกิดขึ้นระหว่างการอบแห้ง โดยอาหารที่ผ่านการทำแห้งมีสีเข้มขึ้น เนื่องจากความร้อนกระตุ้นปฏิกิริยาเคมีภายในองค์ประกอบของวัตถุดิบเกิดสารสีน้ำตาล รวมถึงทำให้ความชื้นของอาหารลดลง (Yimto, 2007) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าอาหารที่มีน้ำตาลสูง เกิดการขัดขวางการเคลื่อนที่ของน้ำทำให้การทำแห้งช้า ดังนั้นอาหารที่มีการลวก นวดคลึง ทำให้เซลล์แตกจะแห้งได้เร็วขึ้น (Duangsrisen, 2021) จากปัญหากำลังการผลิตไม่ทันระยะการสุกของกล้วย จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมกับระยะการสุกของกล้วยหินเพื่อใช้ประโยชน์จากวัตถุดิบให้คุ้มค่า ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์



เพื่อศึกษาระยะเวลาการบ่มกล้วยหินที่เหมาะสม และสภาวะในการอบกล้วยหินอบมัน ให้ได้กล้วยอบมันที่มีคุณภาพและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการทดลอง

1. ศึกษาระยะเวลาการบ่มของกล้วยหิน โดยคัดเลือกกล้วยหินหลังจากกล้วยหินออกปลีประมาณ 120 วัน จากเกษตรกร ตำบลสะเตงนอก อำเภอเมือง จังหวัดยะลา บ่มตัวอย่างที่อุณหภูมิห้องโดยใช้กระสอบป่านคลุมทั้งด้านบนและรองด้านล่าง สุ่มตัวอย่างวิเคราะห์ทุกๆ 2 วันเป็นระยะเวลา 12 วัน (0 2 4 6 8 10 และ 12 วัน) หรือจนเปลือกกล้วยดำทั้งผล การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี (รุ่น Hunterlab: 1471, Colour Flex, Japan) ความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Fruit Firmness Tester (Model FT02, Pamalyne, Italy) โดยปลูกเปลือกกล้วยดิบบริเวณกึ่งกลางผลระหว่างปลายกับขั้วผลโดยวัดผลละ 2 จุดจาก 2 ด้านของผล ซึ่งแต่ละจุดอยู่ตรงข้ามกัน และความถ่วงจำเพาะ (A.O.A.C., 2002) ด้วยวิธีแทนที่น้ำโดยใช้กล้วยหินทั้งผลใส่ในกระบอกตวงที่บรรจุน้ำ บันทึกปริมาตรน้ำก่อนและหลังใส่ผลกล้วยลงในกระบอกตวง แล้วคำนวณโดยใช้สูตรดังนี้

ความหนาแน่นของผล = น้ำหนักของผล (กรัม)/ปริมาตรของผล (ลูกบาศก์เซนติเมตร)

ความถ่วงจำเพาะ = ความหนาแน่นของผล (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)/ความหนาแน่นของน้ำ (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)

วิเคราะห์อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยทั้งเปลือกแบบตามขวางต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเนื้อกล้วยแบบตัดขวาง (Vernier Caliper, MACOH, China) และวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ (1) ค่า pH (A.O.A.C., 2002) โดยชั่งเนื้อกล้วย 10 กรัม บดผสมกับน้ำกลั่นที่กำจัดไอออน (deionized water) 90 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่า pH (2) ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (TSS) โดยเครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ($^{\circ}$ Brix) (Hand refractometer) และ (3) ร้อยละปริมาณกรดทั้งหมด (TA) (A.O.A.C., 2002)

2. ศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้วยหินอบมัน โดยทำการคัดเลือกกล้วยในระยะเวลาการบ่ม 3 ระยะ ซึ่งคัดเลือกมาจาก (ข้อ 1) มาผลิตกล้วยหินอบมันตามขั้นตอนดังภาพที่ 1 นำกล้วยหินอบที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด วัดความชื้นตัวอย่างทุกๆ ชั่วโมง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์ความชื้นด้วยระบบอินฟราเรด นำผลิตภัณฑ์สุดท้ายทดสอบทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบ 30 คน โดยนำผลิตภัณฑ์ที่คัดเลือกจากความชื้น ที่อุณหภูมิทั้ง 3 ระยะ และทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยใช้วิธี 9-point hedonic scale ทดสอบเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (TA-XT plus, Surry, England) โดยใช้หัววัดชนิด Stainless steel cylindrical No. P50 กำหนดอัตราการเคลื่อนที่ของหัววัด 2 มิลลิเมตรต่อวินาที วัดตามแนวขวางของชิ้นกล้วยอบ

กล้วยหินสุกปอกเปลือก แช่น้ำเกลือร้อยละ 2 ที่ผสมกรดซิตริกร้อยละ 1 (เพื่อป้องกันการเปลี่ยนแปลงสี) เป็นเวลา 5-10 นาที



ผ่าซีกแล้วกดให้แตกและ เกลี่ยตากแห้ง (ยาว 13 เซนติเมตร กว้าง 8 เซนติเมตร)



อบที่อุณหภูมิ 50 55 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง



พักให้เย็นและแขวนบนตะแกรง จากนั้นมันตามความยาว บรรจุกล่อง

ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตกล้วยหินอบมัน (Butsai & Buasanit, 2002)

3. ศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของกล้วยหินอบม้วน โดยทำการผลิตกล้วยหินอบม้วนด้วยวิธีที่ดีที่สุดจากข้อ 2 ซึ่งคัดเลือกจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุดมาศึกษาสมบัติทางเคมีและกายภาพ ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต ความชื้น และค่าออกซิเดชันแอคทีวิตี โดยวิธี (A.O.A.C., 2002)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) ในการศึกษาระยะเวลาการบ่มของกล้วยหิน และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้วยหินอบม้วน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design, RCBD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และวิเคราะห์สหสัมพันธ์ (Correlation) สมบัติทางกายภาพ เคมี และระยะเวลาการสุกของกล้วยหิน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป IBM SPSS (Statistical Package for the Social Science)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาระยะเวลาการบ่มของกล้วยหิน โดยวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพดังนี้ ความถ่วงจำเพาะ ความแน่นเนื้อ ค่าสี อัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยทั้งเปลือกแบบตามขวางต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเนื้อกล้วย ปริมาณของแข็งทั้งหมด ปริมาณกรดทั้งหมด และค่า pH (ตารางที่ 1) โดยลักษณะภายนอกตามระยะการสุกของกล้วยหินแยกตามวันหลังเก็บเกี่ยว แสดงได้ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ลักษณะภายนอกตามระยะการสุกของกล้วยหินแยกตามวันหลังเก็บเกี่ยว

จากภาพที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของสีมีความสัมพันธ์กันกับลักษณะของเนื้อกล้วย พบว่าช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 0-1 หลังการเก็บเกี่ยว ผลกล้วยที่ยังดิบมีสีเปลือกเป็นสีเขียว เนื้อสีขาว และแข็ง ช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 2 หลังการเก็บเกี่ยว ผลเริ่มสุก เปลือกมีสีเขียวอ่อน เนื้อกล้วยมีสีขาวซีด เนื้อเริ่มอ่อนตัวโดยเนื้อกล้วยเริ่มนิ่มจากในใจกลางผลสู่ข้างนอกผล และจากส่วนปลายไปยังส่วนโคน ช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 3 หลังการเก็บเกี่ยว สีเปลือกเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอมเขียว โดยเปลี่ยนเป็นสีเหลืองทั้งผล ยกเว้นที่ส่วนปลาย และก้านผลยังคงเขียวอยู่ เนื้อนิ่ม และช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 4-5 หลังการเก็บเกี่ยว เป็นระยะสุดท้ายผลกล้วยมีสีเหลืองทั้งผล เนื้อนิ่มแต่ยังไม่เละ ระยะนี้เรียกว่า Eating ripe หลังจากช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 6 หลังการเก็บเกี่ยวเป็นต้นไป เปลือกของผลเริ่มเสียเนื่องจากเชื้อราเข้าทำลายเป็นจุดเล็ก ๆ สีน้ำตาลแล้วค่อย ๆ ขยายไปทั่วผล ลักษณะเนื้อเริ่มเละแต่ยังรับประทานได้ (Moreno *et al.*, 2021)

สมบัติทางเคมีของผลกล้วยหินตามระยะเวลาการบ่ม พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มนานขึ้น ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) มีค่าเพิ่มขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วง 0.26-4.53 องศาบริกซ์ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แต่ช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 6 8 10 และ 12 หลังการเก็บเกี่ยวซึ่งเป็นระยะการสุกของกล้วยหินพบว่ามีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์) มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) นอกจากนี้จากตารางที่ 1 พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25-0.36 โดยช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 0 กับวันที่ 2 ซึ่งเป็นระยะกล้วยดิบ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) และช่วงระยะเวลาการบ่มวันที่ 10 กับ 12 ซึ่งเป็นระยะกล้วยอมให้ผลแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) สอดคล้องกับค่า pH พบว่า ให้ผลที่แตกต่างจากค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และค่าปริมาณกรดทั้งหมด กล่าวคือเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น ค่า pH ของกล้วยหิน มีค่าลดลง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 สมบัติทางเคมีของกล้วยหินในระยะเวลาการบ่มต่างกัน

วัน	ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด; TSS (องศาบริกซ์)	ปริมาณกรดทั้งหมด; TA (ร้อยละ)	pH
0	0.26±0.21 ^c	0.25±0.01 ^e	5.75±0.03 ^a
2	0.56±0.35 ^c	0.25±0.02 ^e	5.52±0.01 ^b
4	3.46±0.12 ^b	0.26±0.02 ^d	5.00±0.10 ^c
6	4.16±0.06 ^a	0.28±0.04 ^c	4.90±0.02 ^d
8	4.26±0.06 ^a	0.32±0.03 ^b	4.65±0.03 ^e
10	4.46±0.15 ^a	0.36±0.02 ^a	4.50±0.01 ^f
12	4.53±0.32 ^a	0.36±0.01 ^a	4.45±0.01 ^f

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง อักษรกำกับในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

สมบัติทางกายภาพของผลกล้วยหินตามระยะเวลาการบ่ม จากการวิเคราะห์ความถ่วงจำเพาะของกล้วยหินตามระยะเวลาการสุกของกล้วยหิน ซึ่งเป็นการวิเคราะห์อัตราส่วนของน้ำหนักของกล้วยต่อน้ำหนักของน้ำในปริมาณที่เท่ากันพบว่า ระยะเวลาการบ่มมีผลต่อค่าความถ่วงจำเพาะของกล้วยหิน เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นค่าความถ่วงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น 0.90 ± 0.02 - 0.96 ± 0.17 โดยระยะเวลาการบ่มเป็นเวลา 12 วัน มีค่าความถ่วงจำเพาะสูงสุด ($p > 0.05$) และจากการวิเคราะห์ความแน่นเนื้อของกล้วยหินตามระยะเวลาการบ่มของกล้วยหิน พบว่าระยะเวลาการบ่มมีผลต่อค่าความแน่นเนื้อของกล้วยหิน เมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นค่าความแน่นเนื้อลดลง มีค่าอยู่ในช่วง 25.84 ± 1.75 - 2.45 ± 0.57 นิวตันต่อมิลลิเมตร ($p < 0.05$) แต่ช่วงระยะเวลาการบ่มที่ 8 10 และ 12 วัน มีค่าความแน่นเนื้อที่มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับค่าสี และอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยทั้งเปลือกแบบตามขวางต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเนื้อกล้วย จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) ค่าสีเหลือง (b^*) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดย ค่า a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้นส่วน L^* มีค่าลดลง (ตารางที่ 2) ส่วนอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยทั้งเปลือกแบบตามขวางต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเนื้อกล้วย พบว่าเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยทั้งเปลือกแบบตามขวางต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเนื้อกล้วยมีค่าลดลง

ตารางที่ 2 คุณลักษณะทางกายภาพของกล้วยหินที่ระยะการสุกในระยะเวลาการบ่มต่างกัน

วัน	ความถ่วงจำเพาะ ^{ns}	ความแน่นเนื้อ (นิวตัน/ มิลลิเมตร)	L^*	a^*	b^*	ศก.เปลือก/ ศก.เนื้อ
0	0.90±0.02	25.84±1.75 ^a	70.24±3.05 ^a	-5.80±0.11 ^e	17.05±0.13 ^d	1.36±0.21 ^a
2	0.92±0.01	23.86±0.99 ^b	64.68±1.23 ^b	-5.10±0.74 ^d	17.68±0.22 ^d	1.31±0.11 ^b
4	0.92±0.01	10.63±0.84 ^c	63.96±1.43 ^{bc}	3.47±0.49 ^c	19.52±0.51 ^c	1.25±0.05 ^c
6	0.92±0.02	6.11±0.45 ^d	63.24±1.75 ^{bc}	3.46±0.32 ^c	19.65±0.81 ^c	1.14±0.16 ^d
8	0.94±0.01	3.89±0.25 ^e	63.04±0.07 ^{bc}	3.62±0.07 ^b	20.00±0.70 ^b	1.09±0.06 ^e
10	0.94±0.01	3.23±0.20 ^e	60.75±1.27 ^c	3.85±0.24 ^b	20.01±0.24 ^b	1.04±0.03 ^f
12	0.96±0.17	2.45±0.57 ^e	53.64±3.28 ^d	4.61±0.22 ^a	21.30±0.36 ^a	1.00±0.03 ^f

หมายเหตุ ^{a,b,c,d,e,f} หมายถึง อักษรกำกับในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} หมายถึง ตัวอักษรกำกับในแนวดิ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

เมื่อนำผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลกล้วยหินตามระยะเวลาการบ่มวิเคราะห์สหสัมพันธ์ พบว่า สมบัติทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการบ่มในระดับสูง ($p < 0.01$) โดยอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยทั้งเปลือกแบบตามขวางต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเนื้อกล้วยมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการบ่มสูงสุด ($r = -0.991$, $p < 0.01$) ซึ่งมีความสัมพันธ์เชิงลบกล่าวคือ เมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้นอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางของกล้วยทั้งเปลือกแบบตามขวางต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของเนื้อกล้วยมีค่าลดลง และจากการวิเคราะห์สหสัมพันธ์สมบัติทางเคมีและกายภาพ พบว่าสามารถใช้ความแน่นเนื้อเป็นตัวแทนในการคัดเลือกกล้วยหิน สำหรับการผลิตกล้วยหินอบมันได้ เนื่องจากมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง ($p < 0.01$) และเป็นวิธีที่ทดสอบง่ายไม่ยุ่งยาก (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์สหสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพ และเคมี ตามระยะเวลาการบ่มต่างกัน

	เวลา	ความ ถ่วงจำเพาะ	ความแน่น เนื้อ	ศก. เปลือก/ ศก.เนื้อ	ค่าสี b*	TSS	TA	pH
เวลา	1	0.948**	-0.916**	-0.991**	0.943**	0.882**	0.955**	-0.944**
ความถ่วงจำเพาะ		1	-0.796**	-0.778**	0.888**	0.750**	0.896**	-0.885**
ความแน่นเนื้อ			1	0.940**	-0.957**	-0.995**	-0.815**	0.976**
ศก.เนื้อ/ศก.เปลือก				1	-0.979**	-0.954**	-0.609**	0.923**
ค่าสี b*					1	0.948**	0.820**	-0.966**
TSS						1	0.766**	-0.958**
TA							1	-0.851**
pH								1

หมายเหตุ ** หมายถึง มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

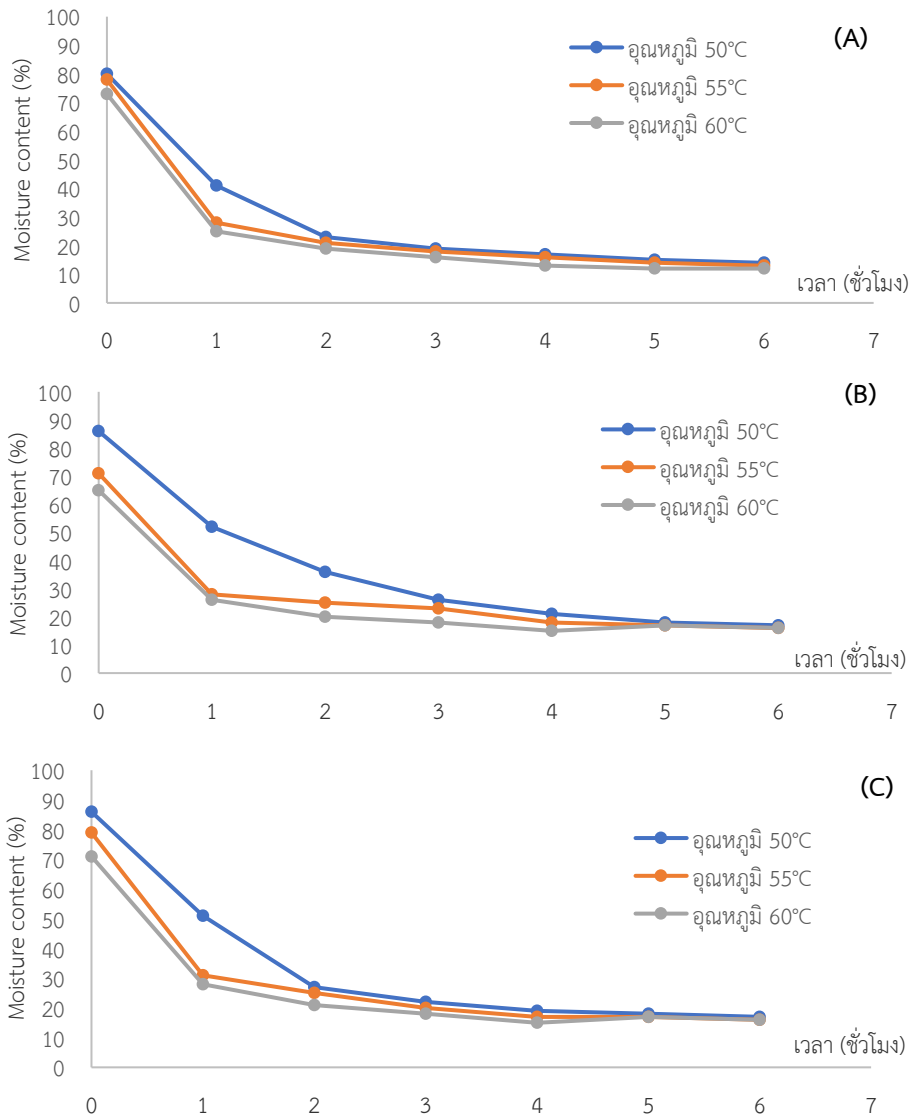
จากประเด็นปัญหาการแปรรูปผลิตภัณฑ์จากกล้วยหินโดยการใช้น้ำจากกล้วยในระยะเวลาสูง ผลการศึกษา ระยะเวลาการบ่มของกล้วยหิน พบว่าสามารถนำกล้วยหินในช่วงระยะเวลาการบ่ม 6 8 10 และ 12 วัน มาทำการแปรรูปกล้วยหิน อบมันได้ แต่ด้วยสมบัติทางเคมี และกายภาพของกล้วยหินช่วงระยะเวลาการบ่ม 10 และ 12 วัน มีค่าแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) จึงนำกล้วยหินในช่วงระยะเวลาการบ่ม 6 8 และ 12 วัน ศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2. ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้วยหินอบมัน ผลการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้วยหินอบมัน โดยคัดเลือกกล้วยหินจากระยะเวลาการบ่ม 3 ระยะ จากความแตกต่างทางเคมีและกายภาพที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยหินอบมัน คือระยะที่ 6 8 และ 12 วัน ผลิตเป็นกล้วยหินอบมันด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาด โดยใช้อุณหภูมิในการอบ 3 ระดับ ได้แก่ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส วัดความชื้นตัวอย่างทุก ๆ 1 ชั่วโมง (ภาพที่ 3)

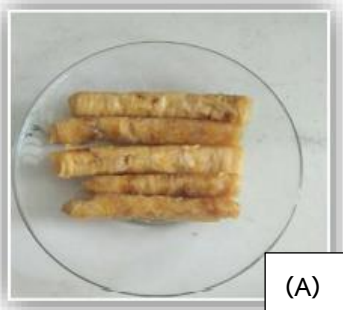
จากการอบกล้วยหินที่ระยะเวลาบ่ม 6 8 และ 12 วัน ที่โดยทำการทำให้แบนก่อนอบที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส ด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดซึ่งกำหนดความชื้นของผลิตภัณฑ์กล้วยอบมันที่ต่ำกว่าร้อยละ 21 พบว่าการอบกล้วยหินที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาการบ่มกล้วย 3 ระยะ สามารถลดระยะเวลาการอบให้ได้ความชื้นที่กำหนดได้เร็วกว่าการอบที่อุณหภูมิ 50 55 องศาเซลเซียส นอกจากนี้ยังพบว่าการอบกล้วยหินที่ระยะเวลาการบ่ม 6 วัน ใช้เวลาอบสั้นกว่ากล้วยระยะเวลาการบ่ม 8 และ 12 วัน เป็นเวลา 1 ชั่วโมง งานวิจัยนี้คัดเลือกเวลาในการอบกล้วยหิน เป็นเวลา 4 ชั่วโมง เนื่องจากกล้วยหินอบมันในทุกตัวอย่างมีความชื้นต่ำกว่าร้อยละ 21 ตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์กล้วยอบ ซึ่งมีความชื้นในทุกสภาวะอยู่ในช่วงร้อยละ 20.34-21.86 เพื่อนำไปศึกษาในขั้นตอนต่อไป

เมื่อสังเกตลักษณะปรากฏของกล้วยหินอบหลังการอบแล้วนำมาอบอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลาในการบ่มแตกต่างกัน พบว่าระยะเวลาในการบ่ม 8 วัน กล้วยหินอบมันที่ได้ มีสีน้ำตาลอมเหลือง ซึ่งเป็นลักษณะที่ดีได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคสูงสุด (ภาพที่ 4)

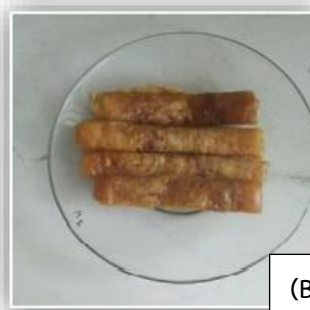
การทดสอบทางประสาทสัมผัสกล้วยหินอบมัน ใช้ผู้ทดสอบ 30 คน ที่มีช่วงอายุ 20 – 40 ปี โดยใช้วิธี 9-point hedonic scaling ทดสอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวมของกล้วยหินอบมัน จากกล้วยหินที่ระยะเวลาการบ่ม 6 8 และ 12 วัน และอบที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส พบว่ากล้วยหินอบมันที่ได้รับคะแนนยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน คือกล้วยระยะเวลาการบ่มที่ 8 วัน อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยมีคะแนนด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม เท่ากับ 7.26 7.63 7.43 7.60 และ 8.00 คะแนนตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก ดังนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์กล้วยหินอบมันที่ระยะเวลาการบ่มกล้วยเป็นเวลา 8 วัน อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีต่อไป (ตารางที่ 4) และนำไปทดสอบเนื้อสัมผัสด้วย เครื่อง Texture analyzer ในลำดับต่อไป



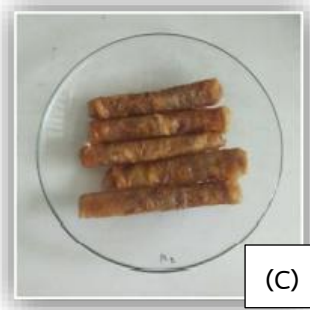
ภาพที่ 3 ระยะเวลาการอบที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส ต่อความชื้นของกล้วยหินอบ ในระยะเวลาการบ่มต่างกัน 6 วัน (A) 8 วัน (B) 12 วัน (C)



(A)



(B)



(C)

ภาพที่ 4 ลักษณะภายนอกของกล้วยหินอบม้วนตามระยะเวลาการบ่มและที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ระยะที่ 6 (A) กล้วยระยะที่ 8 (B) กล้วยระยะที่ 12 (C)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสกล้วยหิโนบม้วนตามระยะเวลาการบ่มและอุณหภูมิในการอบกล้วยที่ต่างกันเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

วัน	อุณหภูมิในการอบ (องศาเซลเซียส)	ลักษณะปรากฏ	กลิ่นรส	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบรวม
6	50	6.93±1.14 ^{cd}	7.43±0.85 ^{ab}	7.03±1.03 ^b	7.00±0.98 ^b	7.26±0.98 ^c
	55	7.40±0.81 ^{abc}	7.26±0.63 ^b	7.30±0.83 ^{ab}	7.16±1.20 ^{ab}	7.43±0.77 ^{bc}
	60	7.73±0.63 ^a	7.33±0.75 ^{ab}	7.70±0.95 ^a	7.40±1.24 ^{ab}	7.76±0.97 ^{abc}
8	50	6.53±1.07 ^d	7.03±0.61 ^b	6.50±1.27 ^c	6.46±1.16 ^c	6.40±1.10 ^c
	55	7.26±0.90 ^{abc}	7.43±0.85 ^{ab}	7.63±0.71 ^{ab}	7.60±0.72 ^a	8.00±0.69 ^a
	60	7.26±0.86 ^{abc}	7.33±0.75 ^{ab}	7.60±0.72 ^a	7.06±0.78 ^{ab}	7.36±0.80 ^c
12	50	7.60±0.62 ^{ab}	7.73±0.63 ^a	7.53±0.89 ^a	7.50±0.77 ^{ab}	7.86±0.77 ^{ab}
	55	7.30±0.91 ^{abc}	7.26±0.63 ^b	7.33±0.75 ^{ab}	7.26±0.78 ^{ab}	7.63±0.76 ^{abc}
	60	7.16±0.98 ^{bc}	7.33±0.75 ^{ab}	7.30±0.83 ^{ab}	6.96±0.99 ^b	7.26±0.90 ^b

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง อักษรกำกับแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแนวนอน

ผลการทดสอบเนื้อสัมผัสด้วย เครื่อง Texture analyzer โดยทำการวิเคราะห์ค่า Adhesiveness แสดงถึงการยึดติดของตัวอย่างกับหัววัดเทียบเท่ากับการยึดติดของอาหารกับฟันหน้า Cohesiveness แสดงถึงการเกาะติดกันของตัวอย่างซึ่งเกิดจากโครงสร้างความแน่นเนื้อของอาหาร Chewiness แสดงถึงแรงที่ต้านการเคี้ยวระยะเวลาในการเคี้ยวก่อนกลืน Firmness แสดงถึงความแน่นเนื้อ และ Elasticity แสดงถึงความยืดหยุ่นของตัวอย่าง (ตารางที่ 5) พบว่า ระยะเวลาการบ่มกล้วย มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของกล้วยหิโนบม้วน โดยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นการใช้แรงในการตัดลดลง ซึ่งพบว่าระยะเวลาการบ่มที่ 12 วัน ใช้แรงในการตัดต่ำสุด ($p < 0.05$) จากผลทดสอบเนื้อสัมผัสด้วย เครื่อง texture analyzer สอดคล้องกับผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่ากล้วยหิโนบม้วนที่ใช้กล้วยหิโนบมเป็นเวลา 8 วัน มีสมบัติที่ดี ไม่แข็ง ไม่เหนียวจนเกินไป กลืนได้ง่าย

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบค่าเนื้อสัมผัสของกล้วยหิโนบม้วนที่ระยะเวลาการบ่มแตกต่างกัน อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 4 ชั่วโมง

วัน	Adhesiveness (Kg m s ⁻²)	Cohesiveness (dimensionless)	Chewiness (Kg)	Firmness (g)	Elasticity (dimensionless)
6	-0.06±0.02 ^a	0.81±0.06 ^a	767.15±16.58 ^a	538.16±46.37 ^a	0.45±0.02 ^c
8	-0.14±0.01 ^b	0.72±0.05 ^b	619.27±13.80 ^b	423.34±55.12 ^b	0.90±0.03 ^b
12	-0.25±0.05 ^c	0.65±0.03 ^c	543.51±28.61 ^c	367.21±27.44 ^c	1.12±0.05 ^a

หมายเหตุ ^{a,b,c} หมายถึง อักษรกำกับแสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในแนวนอน

3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและอายุของกล้วยหิโนบม้วน

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีกล้วยหิโนบม้วน พบว่ากล้วยหิโนบม้วนมีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วยโปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 2.03 0.65 0.83 4.43 และ 78.91 ตามลำดับ แสดงได้ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยหินอบมัน

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ
โปรตีน (ร้อยละ)	2.03±0.11
ไขมัน (ร้อยละ)	0.65±0.01
เยื่อใย (ร้อยละ)	0.83±0.01
เถ้า (ร้อยละ)	4.43±0.48
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	78.91±0.55
ความชื้น (ร้อยละ)	13.90±0.98
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (องศาบริกซ์)	14.46±0.05
ค่าวอเตอร์แอคทิวิตี	0.51±0.01

อภิปรายผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาระยะเวลาการบ่มของกล้วยหิน จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และเคมีของผลกล้วยหินตามระยะเวลาการบ่มพบว่า สมบัติทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการบ่มในระดับสูง ($p < 0.01$) โดยเมื่อระยะเวลาการบ่มเพิ่มขึ้นทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งเป็นองค์ประกอบของเนื้อกล้วยเปลี่ยนไปเป็นน้ำตาลซึ่งละลายน้ำได้ ประกอบกับเมื่ออายุผลกล้วยมากขึ้น การสูญเสียน้ำจากผลให้แก่บรรยากาศโดยรอบจึงทำให้ความถ่วงจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (Sombatphraiwan *et al.*, 2012) เช่นเดียวของการเปลี่ยนแปลงค่าสี พบว่าระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นค่า a^* และ b^* มีค่าเพิ่มขึ้น ส่วน L^* มีค่าลดลง สอดคล้องกับ Sriphan & Huangrak (2008) รายงานว่า อายุของผลกล้วยหักมุกที่ต่างกันมีผลต่อค่าสีของเปลือกกล้วย และเนื้อกล้วย โดยเมื่ออายุของผลกล้วยมากขึ้น ค่า a^* และ b^* เพิ่มขึ้น และมีผลไปในทิศทางเดียวกับการรายงานของ Ruangsang & Santhalunai (2020) พบว่า หลังบ่มกล้วยน้ำว้า เป็นเวลา 3 วัน สีเปลือกของกล้วยน้ำว้าเปลี่ยนจากสีเขียว เป็นสีเหลืองส่งผลให้ค่า a^* (สีแดง) และ b^* (สีเหลือง) มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น และมีความหวานมากที่สุด คือ 22.44 องศาบริกซ์ เพราะการสุกของกล้วยเกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงเป็นน้ำตาล เนื่องจากเมื่อผลกล้วยเริ่มแก่ เกิดการเสื่อมสภาพของรงควัตถุ ได้แก่ คลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นสารสีเขียวกระบวนการสุกทำให้คลอโรฟิลล์สลายตัวไปสีของแคโรทีนอยด์ซึ่งเป็นสีเหลืองจึงปรากฏให้เห็น โดยที่ปริมาณของแคโรทีนอยด์ในผลไม้ค่อนข้างคงที่ไม่ได้เพิ่มขึ้นทำให้ค่า b^* เพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสว่างที่มีค่าลดลง เนื่องจากเปลือกกล้วยที่มีระยะเวลาการบ่มนานขึ้นเกิดรอยแตกของเปลือกมีจุดสีน้ำตาลและดำเกิดขึ้นบนเปลือกเป็นจำนวนมาก (Zhou *et al.*, 2022) นอกจากนี้เมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับการรายงานของ Moreno *et al.* (2021) ซึ่งทำการศึกษาระยะการสุกของกล้วยหลากหลายสายพันธุ์ของประเทศโคลัมเบียพบว่า ทุกสายพันธุ์ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุดในวันที่ 12 ซึ่งอยู่ในระยะสุกงอม และให้ผลในทิศทางเดียวกันกับ Chuchouisuwan *et al.* (2020) ซึ่งทำการศึกษการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระหว่างการสุกของผลกล้วยหอมทองพบว่า เมื่อระยะการสุกเพิ่มขึ้นปริมาณกรดทั้งหมดของกล้วยหอมทองสูงขึ้น โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 0.06-0.16 ในส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด สาเหตุที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากผลกล้วยสะสมปริมาณสารอาหารเพิ่มขึ้น แต่เมื่อกล้วยเริ่มสุกทำให้เปลี่ยนสตาร์ชและอะไมโลสไปเป็นน้ำตาลโดยปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่เพิ่มขึ้นส่วนใหญ่เป็นน้ำตาลรีดิวซ์และซูโครส (Zhou *et al.*, 2022) โดยปริมาณกรดทั้งหมดให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ส่วนค่าความแน่นเนื้อมีความสัมพันธ์เชิงลบกับระยะเวลาการบ่มกล้วย โดยเมื่อระยะเวลาบ่มเพิ่มขึ้นค่าความแน่นเนื้อลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ Mebratie *et al.* (2015) โดยรายงานการศึกษการเก็บรักษากล้วยพันธุ์พื้นเมืองประเทศเอธิโอเปีย ที่สภาวะต่าง ๆ เป็นเวลา 16 วัน พบว่าค่าความแน่นเนื้อลดลงในทุกสภาวะโดยในช่วงวันที่ 4 ค่าความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ Suachumsang *et al.* (2021) รายงานว่าเมื่อผลไม้เริ่มเข้าสู่กระบวนการสุก ผลเกิดการนิ่ม (Softening) เพิ่มขึ้น โดยกล้วยหอมทองมีความนิ่มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในวันที่ 8 ของการเก็บรักษา ส่งผลให้ความแน่นเนื้อของทั้งส่วนเปลือก (Peel firmness) และเนื้อผล (Pulp firmness) ลดลง ซึ่งการลดลงของความแน่นเนื้อเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ อันเนื่องมาจากกิจกรรมของเอนไซม์เพคติก (Pectic enzyme) โดยเอนไซม์ดังกล่าวย่อยสลายส่วนที่ทำหน้าที่เชื่อมผนังเซลล์ด้านนอกให้ติดกับ Middle lamella ทำให้เพคตินที่อยู่ในรูปไม่ละลายน้ำ (Protopectin) เปลี่ยนไปอยู่รูปละลายน้ำได้ (Solublepectin) จนนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของผนังเซลล์ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการนิ่มของผลไม้ (Amnuaysin *et al.*, 2012) ทั้งนี้กระบวนการพัฒนาจากกล้วยดิบเข้าสู่กระบวนการสุก พบว่าเมื่อกล้วยสุกทำให้ปริมาณแป้งลดลงอย่างมาก ซึ่งเกิดการย่อยสลายผนังเซลล์โดยเอนไซม์

ที่ถูกสังเคราะห์ขึ้น หรือถูกกระตุ้นทำให้มีความนิ่มเพิ่มขึ้น โดยสอดคล้องกับค่าสีเมื่อกล้วยมีการเปลี่ยนสีทำให้ความแน่นเนื้อลดลงอย่างรวดเร็ว

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพของผลกล้วยหินตามระยะเวลาการบ่มวิเคราะห์สหสัมพันธ์พบว่า สมบัติทั้งหมดมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการบ่มในระดับสูง ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับการรายงานของ Chuchouisuan *et al.* (2020) ศึกษาการพยากรณ์ระยะการสุกของกล้วยหอมทองโดยใช้การถดถอยของวิธีกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วนพบว่าเมื่อระยะเวลาในการบ่มเพิ่มขึ้นอัตราส่วนเส้นผ่านศูนย์กลางเนื้อกล้วยหินรวมเปลือกต่อเส้นผ่านศูนย์กลางเนื้อกล้วยหินที่ตัดตามแนวขวางมีค่าลดลง เนื่องจากเกิดกระบวนการการคายน้ำของเปลือกกล้วยทำให้โครงสร้างของผนังเซลล์เปลือกกล้วยเปลี่ยนไป

2. ผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการผลิตกล้วยหินอบมัน จากการศึกษาความชื้นของกล้วยหินอบมัน ความสูงของกล้วยที่ระยะการบ่ม 6 8 และ 12 วัน อบที่อุณหภูมิ 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในช่วงระยะเวลาการบ่มช่วงแรกความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากช่วงแรกกล้วยหินมีความชื้นสูง ทำให้ความร้อนสามารถระเหยน้ำออกจากกล้วยได้ดี และเมื่อทำการอบไปไ้ระยะหนึ่งความชื้นในกล้วยอบมันมีค่าน้อยลงทำให้น้ำในกล้วยเคลื่อนที่ออกจากภายในกล้วยอบยากขึ้น เนื่องจากน้ำที่ผิวของอาหารระเหยไปจนหมด การเคลื่อนที่ของน้ำจากภายในมาที่ผิวเกิดขึ้นไม่ทันการระเหยของน้ำที่ผิว ดังนั้นผิวของอาหารอยู่ในสภาพที่แห้งและอุณหภูมิของอาหารสูงขึ้นเกือบถึงอุณหภูมิกระเพาะแห่งของอากาศร้อน ความเร็วของอบแห้งลดลงเป็นช่วงที่ยาวนานที่สุด ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายกับอาหารได้ และเมื่ออัตราส่วนความชื้นของอาหารเท่ากับความชื้นของกระแสลมร้อน จนไม่เกิดการระเหยน้ำจากอาหารเกิดขึ้นอีก ทำให้ความชื้นไม่ลดลงต่ำกว่านี้แม้อบแห้งต่อไป ถือว่าการอบแห้งนั้นสิ้นสุด โดยการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการอบทำให้การถ่ายเทความร้อนได้ดี ความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าลดลง และความสามารถในการดูดซับความชื้นในอาหารมีมากขึ้น ในทางตรงกันข้ามหากอุณหภูมิที่ต่ำกว่าทำให้อากาศมีความสามารถในการรับความชื้นจากผลิตภัณฑ์ได้น้อยกว่าทำให้การอบแห้งช้าขึ้น (Choosri *et al.*, 2020) กล้วยหินที่ระยะเวลาการบ่ม 6 วันใช้ระยะเวลาในการอบสั้นที่สุด เนื่องจากมีความชื้นต่ำกว่าและปริมาณแป้งยังคงเหลืออยู่จากการสลายแป้งไปเป็นน้ำตาล สอดคล้องกับการรายงานของ Butsai & Buasanit (2002) พบว่า การผลิตกล้วยอบมันจากกล้วยน้ำว้า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 4 ชั่วโมง ได้กล้วยอบมันที่มีความชื้นร้อยละ 20.48 เช่นเดียวกัน แต่มีความแตกต่างกับงานวิจัยของ Choosri *et al.* (2020) พบว่าการอบแห้งกล้วยหอมทองที่อุณหภูมิสูง 70 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 2 เมตรต่อวินาที มีระยะเวลาการทำแห้งที่สั้นที่สุด ใช้เวลาเท่ากับ 4 ชั่วโมง 50 นาที และหากใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที ใช้เวลาถึง 15 ชั่วโมง 55 นาที โดยที่อุณหภูมิสูงเร่งการเคลื่อนที่ของโมเลกุลน้ำในชิ้นตัวอย่างไปยังอากาศ เพราะความแตกต่างของความดันไอ (Vapor pressure) ระหว่างชิ้นตัวอย่างและอากาศเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้การอบกล้วยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากกล้วยที่ผ่านการทำแห้งมีการสูญเสียน้ำและได้รับความร้อนที่สูงขึ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาคาราเมลไลเซชันและปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล จึงทำให้กล้วยมีสีน้ำตาลคล้ำมากกว่าเมื่อใช้อุณหภูมิที่สูง เพราะกลุ่มน้ำตาลกลูโคสโดยเฉพาะฟรุคโทสค่อนข้างไวต่อปฏิกิริยาเมลลาร์ดมาก จึงทำให้กล้วยอบแห้งมีสีน้ำตาลคล้ำเร็วกว่าการใช้อุณหภูมิที่ต่ำลง (Senanorit & Jitjack, 2021) นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้ความร้อนที่สูงทำให้น้ำภายในเซลล์ระเหยออกเร็วขึ้น เพราะผนังเซลล์ถูกทำลายทำให้ความเข้มข้นของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เพิ่มสูงขึ้นเมื่ออัตราการทำแห้งเพิ่มขึ้น (Jindathai *et al.*, 2015) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า กล้วยในระยะเวลาการบ่ม 8 วัน อบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง ได้คะแนนความชอบรวมสูงสุด 8 คะแนน เนื่องจากกล้วยหินอบมัน มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไม่นิ่มและไม่แข็งเกินไป รวมไปถึงรสชาติและกลิ่นรสหวานอมเปรี้ยว ซึ่งเกิดจากองค์ประกอบของกรดในกล้วยหิน โดยกรดในกล้วยส่วนใหญ่ที่พบ ได้แก่ กรดซิตริก กรดออกซาลิก กรดมาลิก และกรดแอสคอร์บิก

3. องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยหินอบมัน จากการศึกษาค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้กล้วยหินอบมันพบว่า มีค่าเท่ากับ 0.51 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยอบ (มผช. 112/2558) (Thai SMEs Standard, 2020) ที่กำหนดค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ ต้องไม่เกิน 0.75 ดังนั้น กล้วยหินอบมันมีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ตามมาตรฐาน โดยค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งมีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการเจริญของจุลินทรีย์สัมพันธ์กับค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ อาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ต่ำสามารถเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าอาหารที่มีค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้สูง เพราะจุลินทรีย์ขาดน้ำที่นำมาใช้ในการเจริญเติบโต ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้ของอาหารเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ในอาหาร แบคทีเรียที่ทำให้อาหารเสียส่วนมากไม่เจริญที่ค่าวอเตอร์แอกทีวิตี้



ต่ำกว่า 0.91 ในขณะที่ราซึ่งทำให้อาหารเสียสามารถเจริญได้ที่อาหารที่มีค่าออกเตอร์แอคทีวิตีเพียง 0.80 (Srichayet, 2019) และพบว่าองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ โปรตีน ไขมัน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต เท่ากับร้อยละ 2.03 0.65 0.83 4.43 และ 78.91 ตามลำดับ ใกล้เคียงกับรายงานของ Liaotrakul et al. (2020) ศึกษาองค์ประกอบ ทางเคมีของกล้วยไข่ กล้วยน้ำว้า กล้วยหอมทอง กล้วยหอมเขียว ที่ระยะห่าม โดยวิเคราะห์ค่าปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารหยาบ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.06-0.76 1.08-2.07 13.04-26.56 และ 9.40-6.33 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาผลของระยะเวลาบ่มกล้วยหินและสภาวะการอบต่อคุณภาพของกล้วยอบม้วนพบว่า การใช้กล้วยหิน หลังจากออกปลีประมาณ 4 เดือน (120 วัน) บ่มที่อุณหภูมิห้องโดยใช้กระสอบป่านคลุมทั้งด้านบนและรองด้านล่าง ระยะเวลา ในการบ่มกล้วยหินที่เหมาะสมในการผลิตกล้วยหินอบม้วน เป็นเวลา 8 วัน โดยสามารถใช้ความแน่นเนื้อเป็นตัวแทนในการ คัดเลือกกล้วยหินสำหรับการผลิตกล้วยหินอบม้วนได้ ซึ่งเป็นวิธีที่ทดสอบง่ายไม่ยุ่งยากเหมาะสำหรับผู้ประกอบการที่ผลิต ผลิตภัณฑ์ชุมชน ส่วนสภาวะการอบที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง โดยได้คะแนนความชอบ รวมสูงสุด 8 คะแนน เนื่องจากกล้วยหินอบม้วน มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีไม่นิ่มและไม่แข็งเกินไป รวมไปถึงรสชาติและกลิ่น หวานอมเปรี้ยว มีค่าปริมาณไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และใยอาหารหยาบ อยู่ในช่วงร้อยละ 0.06-0.76 1.08-2.07 13.04-26.56 และ 9.40-6.33 ตามลำดับ ค่าออกเตอร์แอคทีวิตีของกล้วยหินอบม้วนพบว่า มีค่าเท่ากับ 0.51 ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนกล้วยอบ ที่กำหนดค่าออกเตอร์แอคทีวิตีต้องไม่เกิน 0.75 จากงานวิจัยนี้สามารถช่วยเพิ่มรายได้ ให้แก่กลุ่มวิสาหกิจชุมชนที่แปรรูปกล้วยหิน จากการนำกล้วยหินที่ตกเกรดของการผลิตผลิตภัณฑ์กล้วยกรอบแก้วมาผลิต เป็นกล้วยหินอบม้วนได้เป็นอย่างดี

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมาณบำรุงการศึกษา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ปีงบประมาณ 2562

เอกสารอ้างอิง

- Amnuaysin, N., Seraypheap, K. & Kidyoo, A. (2012). Anatomical changes in peel structure of 'Hom Thong' banana during fruit development and ripening. *Tropical Natural History*, 12(2), 127-136.
- A.O.A.C. (2002). *Official methods of analysis of association of official analytical*. Rockville: AOAC International.
- Butsai, C., Buasanit, S. (2002). *Study of factors affecting the production process of baked banana rolls*. Research report. Bangkok: Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi. (in Thai)
- Choosri, W., Wiriawattana, P., Na Sakon Nakhon, P. P. & Choosri, T. (2020). Effect of hot-air drying process on properties of dried ripe bananas and pumpkins. *Journal of Food Technology, Siam University*, 15(1), 37-52. (in Thai)
- Chuchouisuan, P., Charoenrat, T., Chittapun, S. & Amnuaysin, N. (2020). Prediction of ripening stages of 'Hom Thong' banana using partial least square regression. *Thai Journal of Science and Technology*, 9(2), 287-297. (in Thai)
- Department of Intellectual Property. (2011). *Gluy Hin Bannang Sata*. Registration number S.C54100037. Yala: Department of Intellectual Property, Ministry of Commerce. (in Thai)
- Department of Agricultural Extension Yala. (2021). *Agricultural basics for the year 2021*. Research Report. Bangkok: Department of Agriculture Thailand. (in Thai)
- Duangsrissen, W. (2021). Effect of raw material preparation method prior drying and temperature in hot-air drying process on the drying time and melon of quality. *Journal of Science and Technology Mahasarakham University*, 40(5), 341-346. (in Thai)



- Jindathai, T., Chooaseang, W. & Kanjanapongkul, K. (2015). Effects of Temperature and Degree of Maturity on electrical conductivity, moisture content and total soluble solid of banana (*Musa sapientum* Linn or “Nam wa”) during ohmic heating. *Journal of Food Technology, Siam University*, 10(1), 42-50. (in Thai)
- Liaotrakul, W., Liaotrakul, W. and Wongsangtham, W. (2020). *Effects of ripeness levels and drying conditions on the quality of Cavendish banana flour and product development of bread from Cavendish banana flour*. Research Report. Bangkok: Faculty of Agricultural Technology and Agro-Industry, Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi Thailand. (in Thai)
- Mebratie, M. A., Woldetsadik, K., Ayalew, A. & Haji, J. (2015). Comparative study of different Banana ripening methods. *Science, Technology and Arts Research Journal*, 4(2), 32-38.
- Moreno, J. L., Tran, T., Cantero-Tubilla, B., Lopez-Lopez, K., Lavalley, L. A. B. L. & Dufour, D. (2021). Physicochemical and physiological changes during the ripening of Banana (Musaceae) fruit grown in Colombia. *International Journal of Food Science and Technology*, 56, 1171–1183.
- Ruangsang, S. & Santhalunai, P. (2020). The most suitable condition for stimulation of Kluai Nam Wa Khieo, *Musa* (Abb Group), ripening with plant leaves. *PSRU Journal of Science and Technology*, 5(2), 72-87. (in Thai)
- Rueangkit, C. (2018). *Research and Development Technologies Productivity and Value Added in Musa sapientum Lin. (ABB group) ‘Kluai Hin’ Varieties in Lower Southern Area*. Research Report. Bangkok: Department of Agriculture Thailand. (in Thai)
- Senanorit, R. & Jitjack, K. (2021). Banana chips drying in solar greenhouse in association with smartphone-controlled heat system. *Kasem Bundit Engineering Journal*, 11(3), 72-89. (in Thai)
- Sihaboot, W. & Subnugarn, S. (2014). Effect of ethylene absorber on quality of ‘Hom Thong’ and ‘Khai’ banana during storage. *Rajabhat Agric.*, 13(1), 53-62. (in Thai)
- Srichayet, P. (2019). Principles of food processing to extend product’s shelf life. *Food Journal*, 49(1), 1-6. (in Thai)
- Suachumsang, N., Tubtim, S., Boonyapisan, C. & Amnuaysin, N. (2021). Effect of postharvest hexanal treatment on physiological changes and quality of banana fruits during ripening. *Thai Science and Technology Journal (TSTJ)*, 29(6), 999-1009. (in Thai)
- Thai SMEs Standard. (2020). *Dried banana (95–2563)*. Bangkok: Thai Industrial Standards Institute, Ministry of Industry. (in Thai)
- Yimto, C. (2007). *Food preservation*. (1st ed.). Bangkok: Odeon Store Publishing House. (in Thai)
- Zhou, Y. H., Pei, Y. P., Sutar, P. P., Liu, D. H., Deng, L. Z., Duan, X., Liu, Z. L. & Xiao, H. W. (2022). Pulsed vacuum drying of banana: Effects of ripeness on drying kinetics and physicochemical properties and related mechanism. *LWT-Food Science and Technology*, 161, 1-9.