

ผลของการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าต่อคุณสมบัติทางเคมีกายภาพ และประสาทสัมผัสของขนมผิง

วันเพ็ญ แสงทองพินิจ^{1*}, ศิริลักษณ์ สิงห์สถิตย์¹ และ ัญญาเรศ วรดี¹

¹สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

*wpetchson@yahoo.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาขนมผิงโดยใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลี และศึกษาผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยทำการผลิตแป้งกล้วยจากกล้วยน้ำว้าในระยะเวลาสุกที่แตกต่างกัน จากนั้นศึกษาการทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าในระดับร้อยละ 0–100 ผลการศึกษาพบว่า แป้งกล้วยจากกล้วยระยะห่ามให้คุณภาพด้านสีและกลิ่นรสดีกว่า สูตรขนมผิงที่มีอัตราส่วนแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 75:25 มีลักษณะใกล้เคียงกับขนมผิงโบราณของจังหวัดนครปฐม เมื่อทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว้า พบว่าการเพิ่มปริมาณแป้งกล้วยทำให้ขนมผิงมีการพองตัวลดลง ความแข็งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สีของขนมผิงมีความสว่างลดลง ค่าความเป็นสีแดงและสีเหลืองเพิ่มขึ้น คุณค่าทางโภชนาการมีปริมาณโปรตีนลดลง และมีปริมาณเถ้า และคาร์โบไฮเดรตสูงขึ้น การประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า การทดแทนแป้งสาลีด้วยแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 25 ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด ดังนั้นแป้งกล้วยน้ำว้าสามารถใช้เป็นวัตถุดิบทดแทนแป้งสาลีบางส่วนในการผลิตขนมผิงได้

คำสำคัญ: ขนมผิง แป้งกล้วย แป้งกล้วยน้ำว้า การทดแทนแป้งสาลี คุณค่า

Effect of Partial Wheat Flour Replacement with Banana (*Musa* (ABB) 'Namwa Mali-ong) Flour on the Physicochemical and Sensory Quality of a Thai Shortbread Cookie (Khanom Ping)

Wanpen Saengthongpinit^{1*}, Siriluk Singsathit¹ and Thanyaret Woradee¹

¹Food Science and Technology Division, Faculty of Science and Technology,

Nakhon Pathom Rajabhat University

*wpetchson@yahoo.com

Abstract

This study aimed to develop Thai Shortbread Cookie (Khanom Ping) by partially substituting wheat flour with banana flour derived from *Musa* (ABB) 'Namwa Mali-ong, and to investigate the effects on product quality. Banana flour was prepared from fruits at different ripening stages. Subsequently, wheat flour was replaced with banana flour at substitution levels ranging from 0 to 100%. The results indicated that banana flour produced from barely ripe bananas provided superior color and flavor quality compared to unripe stages. The optimal base formulation, consisting of a cassava starch to wheat flour ratio of 75:25, exhibited characteristics similar to traditional Khanom Ping from Nakhon Pathom province. Increasing the proportion of banana flour resulted in decreased expansion, increased hardness, reduced lightness (L*), and increased redness (a*) and yellowness (b*) values. In terms of nutritional composition, protein content decreased, while ash and carbohydrate contents increased with higher levels of banana flour substitution. Sensory evaluation revealed that the formulation containing 25% banana flour substitution received the highest overall acceptability from consumers. Therefore, banana flour derived from Namwa bananas can be effectively used as a partial substitute for wheat flour in the production Khanom Ping.

Keywords: Thai Shortbread Cookie, Khanom Ping, Banana flour

1. บทนำ

ขนมผิง เป็นขนมไทยโบราณที่ทำให้สุกด้วยการผิง โดยวางก้อนแป้งขนมผิงไว้บนแผ่นโลหะแล้ววางบนถ่านร้อน และด้านบนก็มีแผ่นโลหะที่มีถ่านร้อนวางไว้อีกชั้นหนึ่งเพื่อให้ขนมสุก และมีสีเหลืองทอง ปัจจุบันมีการใช้เตาอบแทนการผิง จากการสำรวจขนมผิงที่จำหน่ายในตลาด และจากสูตรอาหารพบว่าขนมผิงทำจากแป้งหลายชนิด ได้แก่ แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวเจ้า แป้งสาลี มีการใช้ทั้งแป้งชนิดเดียวหรือแป้งผสม นำแป้งมาผสมกับไข่ไก่หรือไข่เป็ด กะทิ น้ำตาลทราย มีลักษณะเป็นก้อนกลมขนาดเล็ก ผิวภายนอกมีทั้งแบบผิวเรียบ ผิวแตกลาย ขึ้นกับชนิดของแป้งที่ใช้ ลักษณะของขนมผิงที่ดี เนื้อโปร่งเบา กรอบ ละลายในปาก จังหวัดนครปฐมมีขนมผิงโบราณที่เป็นสินค้าขึ้นชื่อ มีการใช้แป้งมันสำปะหลังผสมกับแป้งสาลี และหมักแป้งไว้ก่อนนำไปอบ เนื่องจากขนมผิงมีแป้ง น้ำตาลเป็นส่วนประกอบหลัก จึงมีงานวิจัยในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของ

ขนมผิงได้แก่การเสริมโปรตีนจากเนื้อปลาป่นร้อยละ 5 [1] การใช้กากถั่วเหลืองเสริมโปรตีนในผลิตภัณฑ์ขนมผิงร้อยละ 10 [2] การใส่กากหรือการใช้วัตถุดิบในท้องถิ่นทดแทน เช่น การใช้แป้งสาตุทดแทนแป้งมันสำปะหลัง ทำให้มีปริมาณใยอาหารเพิ่มขึ้น [3]

แป้งกล้วยน้ำว้า [*Musa* (ABB group) 'Kluai Nam Wa'] มีกลิ่นเฉพาะตัว รวมตัวกับน้ำได้ดี ประกอบด้วยสแตร์ชร้อยละ 60-66 และอะไมโลสร้อยละ 21-23 ความแก่ของกล้วยมีผลต่อคุณสมบัติของแป้ง กล้วยที่มีความแก่มากเม็ดแป้งมีขนาดใหญ่มากขึ้น ความคงทนต่อแรงเฉือนและความสามารถในการดูดซับน้ำ (water absorption index) มีแนวโน้มลดลง ส่วนความสามารถในการละลายน้ำและความคงทนต่อการแช่แข็งและการละลาย (freeze-thaw stability) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น[4] Chuta Peeraphatchra et al. [5] พบว่า ระดับความสุกมีผลต่อคุณสมบัติของแป้งกล้วย กล้วยดิบจะมีปริมาณแป้งและแทนนินสูง ปริมาณน้ำตาลน้อย เมื่อสุกจะมีปริมาณแป้งจะลดลง มีน้ำตาลมากขึ้น กล้วยแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงที่ต่างกันบ้าง เช่นกล้วยไข่เมื่อสุกแป้งจะลดลงอย่างมาก เมื่อเทียบกับกล้วยน้ำว้า กล้วยหักมุก นอกจากนั้นระหว่างการสุกปริมาณกรดในกล้วยจะมีการเปลี่ยนแปลง ในกล้วยดิบจะมีกรดออกซาลิกมากที่สุด รองลงมาคือมาลิก และซิตริก แต่เมื่อสุกปริมาณกรดออกซาลิกลดลงทำให้ในกล้วยสุกมีส่วนของกรดมาลิกสูงที่สุด แป้งกล้วยเมื่อนำมาผสมกับน้ำจะมีลักษณะข้นหนืด เมื่อได้รับความร้อนจะพองตัวเป็นเจลใส เมื่อปล่อยให้เย็นจะเกิดลักษณะคล้ายวุ้นจึงทำให้มีคุณสมบัติพิเศษเหมาะที่จะนำมาทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมอบได้ดีเช่น คุกกี้ บราวนี่ เค้ก และขนมปัง บางผลิตภัณฑ์สามารถทดแทนได้สูงถึงร้อยละ 50 Cheng et al. [6] พบว่าแป้งกล้วยหอมดิบมีปริมาณสแตร์ชที่ทนต่อการย่อยชนิดที่ 2 (RS2) ร้อยละ 34.6 มีโครงสร้างผลึกแบบ B-type และเมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้นความเป็นผลึกลดลง เม็ดแป้งเกิดการแตกและมีแนวโน้มเปลี่ยนเป็นโครงสร้างแบบ C-type ปริมาณแป้งทั้งหมดและสแตร์ชทนต่อการย่อยลดลง สมบัติการเกิดเฟสเจล การพองตัว ความหนืด และการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งลดลง ขณะที่ปริมาณน้ำตาลอิสระและสารที่ละลายน้ำเพิ่มขึ้น

จากคุณสมบัติของแป้งกล้วยที่ทนต่อการย่อย สามารถใช้เป็นแหล่งโปรไบโอติกในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการของขนมผิง และเพิ่มการใช้ประโยชน์จากแป้งกล้วย ผู้วิจัยจึงนำแป้งกล้วยมาใช้ทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมผิง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาความสุกของกล้วยที่เหมาะสมเพื่อนำมาทำแป้งใช้ทำขนมผิง หาอัตราส่วนแป้งสาลีและแป้งมันสำปะหลังที่เหมาะสม และหาปริมาณแป้งกล้วยน้ำว้าที่เหมาะสมในการทดแทนแป้งสาลี

2. วัตถุดิบและวิธีการ

2.1 วัตถุดิบ

กล้วยน้ำว้าพันธุ์มะลิอ่อน *Musa* (ABB) 'Namwa Mali-ong' ที่ระยะความสุก 2 ระดับ คือ ระยะที่ 1 (กล้วยดิบ) เปลือกสีเขียว ผลแข็ง และ ระยะที่ 2 (กล้วยห่าม) เปลือกเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเหลืองเล็กน้อย แป้งมันสำปะหลัง (ตราปลามังกร) แป้งสาลีอเนกประสงค์ (ตราว่าว) กะทิกล่อง (ตราอร่อยดี ไขมันร้อยละ 22) น้ำตาลทรายขาว (ตรามิตรผล) ไข่ไก่ เบอร์ 2 (ใช้เฉพาะไข่แดง)

2.2 วิธีดำเนินการวิจัย

2.2.1 การเตรียมแป้งกล้วยน้ำว้า โดยใช้กล้วยดิบ และกล้วยสุกระยะที่ 2 (กล้วยห่าม) เปลือกเริ่มมีสีเหลืองปนเขียวเล็กน้อย เนื้อยังแน่นแข็ง ตัดกล้วยแยกเป็นผล ล้าง ปอกเปลือกและหั่นเป็นแว่นตามขวางหนา 0.1-0.2 เซนติเมตร แช่ในสารละลายกรดซิตริกร้อยละ 0.1 เป็นเวลา 15 นาที นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง บดเป็นผงร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช และบรรจุในกระปุกพลาสติกปิดฝาสนิท เก็บที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส วิเคราะห์คุณภาพของแป้งกล้วยด้วย RVA (rapid visco analyzer) และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น เส้นใย เถ้า โปรตีน และไขมัน ตามวิธีการของ AOAC [7]

2.2.2 คัดเลือกสูตรขนมผิง โดยใช้ขนมผิงนครปฐมเป็นสูตรต้นแบบ ศึกษาสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังและแป้งสาลี ในอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 100:0, 75:25, 50:50, 25:75 และ 0:100 ขั้นตอนการทำขนมผิง นำแป้ง 100 กรัม ผสมกับน้ำตาลทราย 100 กรัม กะทิ 50 กรัม ไข่แดง 2 ฟอง โดยอุ่นน้ำกะทิให้มีอุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส นำมาผสมกับแป้ง นวดให้เข้ากัน พักแป้งไว้ 1 คืน นำมาปั้นเป็นก้อนกลม ขนาด 0.5-1.0 เซนติเมตร จัดเรียงใส่ภาชนะที่ทาน้ำมันบาง ๆ นำไปอบที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ประมาณ 12 นาที จนมีสีเหลือง นำมาผึ่งให้เย็น เก็บในภาชนะปิดสนิท ประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์และความง่ายต่อการผลิตโดยผู้วิจัย และคัดเลือกสูตร เพื่อนำไปศึกษาปริมาณแป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งสาลีในขั้นตอนต่อไป

2.2.3 ศึกษาปริมาณการใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งสาลี โดยใช้แป้งกล้วยน้ำว่าทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 วิเคราะห์คุณภาพของแป้งผสมด้วย RVA และนำไปผลิตเป็นขนมผิง นำขนมผิงที่ได้ไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางด้านเคมี ได้แก่ ไขมัน ความชื้นและเถ้า เส้นใย ตามวิธีการของ AOAC [7] และคุณสมบัติทางด้านกายภาพ ได้แก่ เนื้อสัมผัส ค่าสี และการพองตัว นำขนมผิงทั้ง 5 สูตร มาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (9=ชอบที่สุด 1=ไม่ชอบที่สุด) กับกลุ่มผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน โดยทำการทดสอบด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส ความกรอบ และความชอบโดยรวม

2.2.4 วิธีการวิเคราะห์ภาพทางเคมี กายภาพ และประสาทสัมผัส

2.2.4.1 คุณสมบัติทางด้านเคมี ประกอบด้วย ความชื้น และเถ้า ด้วยเครื่อง (thermogravimetric analysis) ยี่ห้อ LECO รุ่น TGA 701 โปรตีน Protien/Nitrogen determinator (Combustion method) ยี่ห้อ LECO รุ่น FP-528 ไขมัน (shoxhlet apparatus) เส้นใยด้วยเครื่อง (raw fiber extraction) ยี่ห้อ VELP.ITALY รุ่น FIWE6 คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีการของ AOAC [7] ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

2.2.4.2 คุณสมบัติทางกายภาพ เนื้อสัมผัสวัดด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (texture analyzer : TA-XT2) ยี่ห้อ Stable Micro System รุ่น TA.XT.plus ด้วยวิธีการวัดแรงกด โดยใช้หัววัด 2 mm Cylinder Probe (P/2) วัดค่าความแข็ง (hardness) ดูจากแรงสูงสุด ค่าความกรอบ (crispness) ดูจากจำนวนพิกที่ใต้ และค่าความแน่นเนื้อ (firmness) ดูจากพื้นที่ใต้กราฟ ทำการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

วัดค่าสีของแป้งกล้วยน้ำว่า และขนมผิง วิเคราะห์ค่าสี $L^* a^* b^*$ ด้วยเครื่องวัดสี Hunter lab (รุ่น CQXE/SAV-2)

การวัดการพองตัวของขนมผิง วัดปริมาตรโดยการแทนที่เมล็ดงาในกระบอกตวง 250 มิลลิลิตร วัดทั้งหมดตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยคำนวณจากสูตร อัตราส่วนการพองตัว = ปริมาตรหลังอบ/ปริมาตรก่อนอบ

การศึกษาคุณสมบัติการเกิดเจลของแป้ง ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์แป้งโดบเครื่อง rapid visco analyzer (RVA) ยี่ห้อ Newport Scientific รุ่น RVA-4 ใช้ตัวอย่างแป้งกล้วยน้ำว่า หรือแป้งผสมที่ใช้ในการผลิตขนมผิง 3 กรัม เติมน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร บันทึกอุณหภูมิที่เกิดค่าความหนืดหรือเจลาคีโนซ์ (pasting temperature) ความหนืดเมื่อแป้งพองตัวสูงสุด (peak viscosity) ความหนืดต่ำสุด (trough) ความหนืดสุดท้ายเมื่อแป้งเย็นตัว (final viscosity) ผลต่างความหนืดสูงสุดและต่ำสุด (breakdown) และผลต่างความหนืดสุดท้ายกับความหนืดต่ำสุด (setback) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

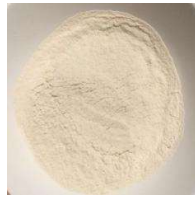
2.2.4.3 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รส ความกรอบ และความชอบโดยรวม ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 30 คน

2.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การวิเคราะห์ทางเคมี และกายภาพ ใช้แผนการทดลองทางสถิติแบบ complete randomized design (CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยเทคนิค ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี T-test และ Duncan's multiple rang test (DMRT) ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป ส่วนการทดสอบทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบ (randomized complete randomized design: CRD)

3. ผลและอภิปรายผล

3.1 การผลิตแป้งกล้วยน้ำว้า

แป้งกล้วยดิบ และแป้งกล้วยห่าม มีค่า L^* 81.14 ± 0.73 และ 79.82 ± 0.19 ตามลำดับ ค่า b^* 4.24 ± 0.33 และ 15.06 ± 0.40 ตามลำดับ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ มีค่า a^* 1.73 ± 0.04 และ 2.06 ± 0.05 ตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แป้งกล้วยห่ามมีสีเหลืองนวล ทั้งนี้เนื่องจากแป้งบางส่วนเปลี่ยนเป็นน้ำตาล เมื่อนำมาอบแห้งทำให้น้ำตาลเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด Campuzano et al. [8] แป้งที่ได้จากกล้วยที่มีระยะการสุกมากขึ้น จะมีค่า L^* a^* ลดลง และค่า b^* เพิ่มขึ้น เนื่องมาจากปฏิกิริยาของเอนไซม์ ดังภาพที่ 1 จากการประเมินเชิงพรรณนาเบื้องต้นของผู้วิจัยนอกจากแป้งกล้วยดิบจะมีสีขาวกว่าแล้ว ยังพบว่ามิกลิ่นรสฝาด อาจเนื่องมาจากสารแทนนินในกล้วยดิบ [5] ส่วนแป้งกล้วยห่าม มีสีขาวนวล และมีกลิ่นรสของกล้วยที่หอมมากกว่า

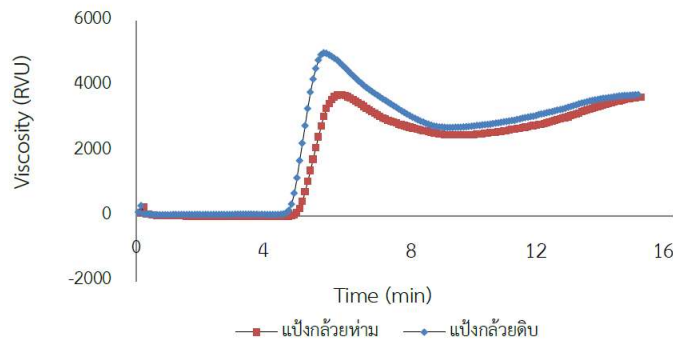


(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 สีของแป้งกล้วยที่ (ก) แป้งกล้วยระยะที่ 1 (กล้วยดิบ) (ข) แป้งกล้วยระยะที่ 2 (กล้วยห่าม)



ภาพที่ 2 คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งกล้วยที่ระยะความสุก 2 ระดับ

คุณสมบัติการเกิดเจลของแป้งกล้วยทั้งสองตัวอย่าง พบว่าแป้งกล้วยดิบมีความหนืดสูงสุด สูงกว่าแป้งกล้วยห่าม ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับ Cheng et al. [6] แป้งจากกล้วยที่มีระดับความสุกเพิ่มขึ้นจะทำให้แป้งที่ได้มี ปริมาณสตาร์ชลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนสตาร์ชไปเป็นน้ำตาล สมบัติการเกิดเพสต์ การพองตัว ความหนืด และการเกิดรีโทรเกรเดชันของแป้งลดลง แป้งกล้วยดิบและกล้วยสุกระยะที่ 1 จะมีค่า peak viscosity และ final viscosity สูง และจะลดลงอย่างมาก เมื่อระดับความสุกเพิ่มขึ้นเป็นระยะที่ 3 เป็นต้นไป [8] ตารางที่ 1 แป้งกล้วยน้ำว้าดิบจะมีปริมาณความชื้น และปริมาณเส้นใยน้อยกว่า แป้งกล้วยน้ำว้าห่าม ส่วนปริมาณเถ้า โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต ไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ ($p \leq 0.05$) Campuzano et al. [8] พบว่าแป้งกล้วยดิบ และแป้งกล้วยสุกระยะที่ 2 องค์ประกอบทางเคมีของกล้วยโดยเฉพาะโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ปริมาณอะไมโลส และปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อย (มีปริมาณร้อยละ 37-38) ไม่แตกต่างกัน แต่จะมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเข้าสู่ระยะการสุกระดับ 3 โดยเฉพาะแป้งที่ทนต่อการย่อยลดลงเหลือร้อยละ 11 และยังพบว่าแป้งกล้วยที่ระดับความสุกระยะที่ 2 มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ($1466 \mu\text{mol Trolox equivalent}/100\text{g}$) สูงกว่าในแป้งกล้วยดิบ

(195 μ mol Trolox equivalent/100g) 7 เท่า ความชื้นของแป้งกล้วยน้อยกว่าร้อยละ 12 ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนแป้งกล้วย (มผช. 1375/2550) จากคุณสมบัติของแป้งโดยเฉพาะ ด้านกลิ่นรส และคุณค่าทางโภชนาการ ผู้วิจัยจึงเลือกแป้งกล้วยน้ำว้าหามาใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ขนมผิงต่อไป

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแป้งกล้วยดิบ และแป้งกล้วยห่าม

ระยะความสุก	ความชื้น	เถ้า ^{ns}	โปรตีน ^{ns}	ไขมัน	เส้นใย	คาร์โบไฮเดรต ^{ns}
กล้วยดิบ	5.70 $\pm$ 0.11 ^b	2.03 $\pm$ 0.02	2.07 $\pm$ 0.01	0.03 $\pm$ 0.00 ^a	3.42 $\pm$ 0.04 ^b	90.18 $\pm$ 0.13
กล้วยห่าม	5.82 $\pm$ 0.04 ^a	2.35 $\pm$ 0.03	2.04 $\pm$ 0.04	0.02 $\pm$ 0.00 ^b	3.80 $\pm$ 0.39 ^a	89.77 $\pm$ 0.04

a, b ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถว หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p > 0.05$)

3.2 คัดเลือกสูตรมาตรฐาน โดยในแต่ละสูตรมีอัตราส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 100:0 75:25 50:50 25:75 และ 0:100 โดยผู้วิจัยพบว่าในขั้นตอนการผลิตขนมผิง สูตรที่ 1 แป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 100:0 นวดแป้งได้ง่าย แป้งที่นวดได้มีความนิ่ม เนื้อเนียนไม่ติดมือ ปั้นเป็นก้อนได้ง่าย แต่เมื่อนำไปวางบนภาชนะห่อหุ้ม แป้งจะยุบตัวไม่คงรูป ทำให้ต้องรีบนำเข้าเตาอบทันที เมื่อนำไปอบขนมมีการพองตัวดี ผิวหน้ามีรอยแตกมาก ตัวขนมโปร่งเบา มีสีขาว สูตรที่ 2 แป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 75:25 นวดแป้งได้ง่าย เนื้อแป้งที่ได้มีความนิ่ม และนุ่มเล็กน้อย ปั้นและขึ้นรูปง่าย รูปร่างคงตัว เมื่อนำไปอบผิวหน้าขนมมีรอยแตกเพียงเล็กน้อย มีสีน้ำตาลอ่อน มีความกรอบ การพองตัวใกล้เคียงกับสูตรที่ 1 สูตรที่ 3 แป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 50:50 มีลักษณะใกล้เคียงกับสูตรที่ 2 แต่เนื้อขนมที่อบได้จะมีความแน่นมากกว่า สูตรที่ 4 และ 5 แป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 25:75 และ 0:100 ส่วนผสมค่อนข้างแห้งนวดได้ยาก ต้องเพิ่มส่วนผสมที่เป็นของเหลว แป้งที่นวดได้มีความยืดหยุ่น เมื่อปั้นหรือขึ้นรูปแล้วแป้งจะมีการหดตัวกลับ ลักษณะขนมหลังอบคล้ายคุกกี้ เนื้อขนมค่อนข้างแน่น จากการทดสอบของผู้วิจัยพบว่า สูตรที่ 2 และ 3 มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ใกล้เคียงกับขนมผิงสูตรโบราณคือ กรอบร่วน ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำสูตรมาตรฐานทั้ง 2 สูตร คือสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง:แป้งสาลี 75:25 และ 50:50 มาวิเคราะห์เนื้อสัมผัสของขนมผิง

ตารางที่ 2 ลักษณะเนื้อสัมผัสขนมผิงสูตรมาตรฐานทั้ง 2 สูตร และขนมผิงสูตรโบราณ

แป้งมันสำปะหลัง:แป้งสาลี	ความแข็ง (hardness)	ความกรอบ (crispness)	ความแน่นเนื้อ (firmness)
ขนมผิงสูตรโบราณ	2120.56 $\pm$ 345.12 ^b	6.14 $\pm$ 1.32 ^b	0.41 $\pm$ 0.05 ^a
75:25	2017.24 $\pm$ 887.53 ^b	5.67 $\pm$ 2.08 ^b	0.30 $\pm$ 0.10 ^a
50:50	3471.91 $\pm$ 423.00 ^a	9.67 $\pm$ 2.52 ^a	0.26 $\pm$ 0.09 ^b

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถว หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 พบว่า สูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง:แป้งสาลี 75:25 มีความแข็งน้อยกว่าสูตรที่ใช้แป้งมันสำปะหลัง:แป้งสาลี 50:50 ซึ่งมีความแข็งและกรอบร่วนมีลักษณะเนื้อสัมผัสคล้ายคุกกี้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงคัดเลือกสูตรมาตรฐาน สูตรที่ 2 แป้งมันสำปะหลัง:แป้งสาลี 75:25 ที่มีเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับขนมผิงโบราณของจังหวัดนครปฐม

3.3 การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าทดแทนแป้งสาลีในการผลิตขนมผิง

จากการทดลองเพื่อคัดเลือกสูตรมาตรฐานสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 75:25 ในขั้นตอนนี้จึงนำแป้งกล้วยมาทดแทนแป้งสาลีในปริมาณร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 ได้แป้งผสม 5 สูตร มีสัดส่วนของแป้งมันสำปะหลัง:แป้งสาลี:แป้งกล้วย 75:25:0, 75:18.75:6.25, 75:12.5:12.5, 75:6.25:18.75 และ 75:0:25 เมื่อนำไปวัดคุณภาพของแป้งด้วย

เครื่อง RVA ได้ผลดังตารางที่ 3 ทุกสูตรมีปริมาณแป้งมันสำปะหลังเท่ากันทุกสูตร ดังนั้นคุณสมบัติของแป้งที่เปลี่ยนไปจะขึ้นกับแป้งสาลีและแป้งกล้วย พบว่าอุณหภูมิที่แป้งเริ่มเกิดเจลลาโนซ์ของแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับแป้งกล้วย (แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 100) มีอุณหภูมิสูงที่สุดคือ 73.47 องศาเซลเซียส และแป้งผสมระหว่างแป้งมันสำปะหลังกับแป้งสาลี (แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0) อุณหภูมิต่ำที่สุดคือ 72.18 องศาเซลเซียส แสดงว่าแป้งกล้วยทำให้อุณหภูมิแป้งสูงสูงขึ้น ค่า breakdown คือค่าความหนืดที่ลดลงเนื่องจากเม็ดแป้งแตกตัว หรือความทนต่อการกวน ในสูตรที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 100 มีค่า breakdown ต่ำที่สุด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าความหนืดสูงสุด ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความสามารถในการดูดน้ำของแป้งหรือแรงที่ใช้ในการกวนแป้ง ค่าความหนืดสุดท้าย ซึ่งแสดงลักษณะของแป้งเปียกหรือเจล เมื่อนำแป้งเย็นตัวลง ค่าความหนืดต่ำสุด ค่าการคืนตัว หรือการเกิดริโรกาเดชัน ซึ่งสัมพันธ์กับลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p > 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะส่วนประกอบหลักของแป้งผสมร้อยละ 75 คือ แป้งมันสำปะหลัง ซึ่งมีปริมาณอะมิโลเพกทินสูงจะเกิดการคืนตัวได้ช้ากว่าอะมิโลส

ตารางที่ 3 คุณสมบัติด้านความหนืดของแป้งผสมที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100

แป้งกล้วย (ร้อยละ)	pasting temp (°C)	peak viscosity ^{ns} (RVU)	trough ^{ns} (RVU)	Breakdown (RVU)	final viscosity ^{ns} (RVU)	setback ^{ns} (RVU)
0	72.18 ± 0.03 ^c	3866.00 ± 259.82	1657.67 ± 114.05	2208.33 ± 150.39 ^a	2554.33 ± 127.02	1311 ± 132.93
25	72.95 ± 0.13 ^b	3826.33 ± 42.59	1661.67 ± 45.32	2164.67 ± 11.72 ^a	1546.33 ± 39.50	1280 ± 3.61
50	72.90 ± 0.09 ^b	3904.67 ± 23.50	1698.67 ± 17.67	2206.00 ± 30.41 ^a	2581.67 ± 12.01	1323 ± 20.78
75	72.85 ± 0.05 ^b	4045.67 ± 380.73	1827.00 ± 166.87	2218.67 ± 214.20 ^a	2701.67 ± 142.51	1344 ± 238.25
100	73.47 ± 0.49 ^a	3603.33 ± 252.66	1691.00 ± 108.09	1912.33 ± 145.02 ^b	2519.00 ± 146.37	1084 ± 108.24

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถว หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p > 0.05$)

ในขั้นตอนการผลิตขนมผิงหลังจากการนวดส่วนผสม ผู้วิจัยพบว่า ในสูตรแป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 (สูตรควบคุม) เนื้อแป้งที่ได้มีความนุ่ม และนุ่มเล็กน้อย ปั้นและขึ้นรูปง่าย มีความคงตัวดี เมื่อนำไปอบผิวหน้าขนมมีรอยแตกเพียงเล็กน้อย การพองตัวดี ตัวขนมเบา มีสีน้ำตาลอ่อน ๆ มีความกรอบ สูตรแป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 25 ความนุ่มของแป้งลดลง เนื้อแป้งมีลักษณะหยาบเล็กน้อย ปั้นขึ้นรูปง่าย มีความคงตัวดี เมื่อนำไปอบผิวหน้าขนมเรียบ การพองตัวดี และสีมีลักษณะใกล้เคียงกับสูตรควบคุม สูตรแป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 50 มีลักษณะใกล้เคียงกับสูตรที่ 2 แต่ลักษณะของขนมหลังอบการพองตัวลดลง ขนมมีความแน่นเนื้อมากกว่า สีน้ำตาลเข้มเล็กน้อย สูตรแป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 75 และร้อยละ 100 เนื้อแป้งหยาบ แป้งนวดยาก เหนียวติดมือ ติดภาชนะ ปั้นขึ้นรูปได้ยาก และไม่คงตัว เมื่อนำไปอบขนมพองตัวได้น้อยมาก ขนมมีความแน่นเนื้อมาก และแข็ง เนื่องจากแป้งกล้วยดูดน้ำได้น้อยกว่าแป้งสาลี [4] จึงทำให้แป้งที่นวดและเหนียว ดังนั้นผู้วิจัยจึงไม่นำสูตรที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 75 และ 100 มาทดลอง เนื่องจากขนมที่ได้ไม่เป็นไปตามลักษณะขนมผิงที่ดี และมีปัญหาในขั้นตอนการผลิต ผู้วิจัยจึงนำสูตรที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0, 25 และ 50 ไปทำการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

ตารางที่ 4 ขนมผิงสูตรควบคุมมีการพองตัวสูงสูตรร้อยละ 5 และการพองตัวของขนมผิงลดลงเมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีเพิ่มขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การใช้แป้งกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์ขนมปังทดแทนแป้งสาลีมากกว่าร้อยละ 10 ทำให้ขนมปังมีปริมาตรลดลง โปร่งอากาศมีขนาดเล็ก เนื่องจากมีปริมาณกลูเตนลดลง และปริมาณแป้งกล้วยแย่งดูดน้ำกับแป้งสาลี ทำให้โครงสร้างของกลูเตนอ่อนแอ ความยืดหยุ่นและความเหนียวของโดเน่ลดลง การกักเก็บ

อากาศในขั้นตอนการหมักและอบจึงลดลง [9, 10] เนื้อสัมผัสของขนมฝังบึงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 25 และ 50 มีความแข็งเพิ่มขึ้น ความกรอบลดลง แต่ความแน่นเนื้อไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ซึ่งให้ผลแตกต่างจาก Rungthip Wuttanaworakit et al. [3] เมื่อใช้แป้งสาคูทดแทนแป้งมันสำปะหลังในอัตราส่วน 25:75 ทำให้ขนมฝังบึงมีความแข็งลดลง เนื่องจากแป้งสาคูมีอะไมโลสสูงกว่าแป้งมันสำปะหลังมาก แป้งสาคูดูดน้ำมากทำให้แป้งไม่เกาะตัวกันจึงทำให้ขนมฝังบึงเปราะ เมื่อใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีมากขึ้น สีขนมฝังบึงมีสีเข้มขึ้น มีค่า L^* มีแนวโน้มลดลงค่าสี a^* และ ค่าสี b^* เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 เนื้อสัมผัสของขนมฝังบึงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0, 25, 50

แป้งกล้วย (ร้อยละ)	การพองตัว (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม)	ความกรอบ ^{ns}	ความแน่นเนื้อ ^{ns} (กรัม-วินาที)
0	5.00 ± 1.00^a	1448.62 ± 117.46^b	13.67 ± 3.06	0.17 ± 0.07
25	3.00 ± 2.65^{ab}	2081.49 ± 832.72^a	10.33 ± 3.51	0.20 ± 0.05
50	1.92 ± 1.46^b	2058.66 ± 526.79^a	10.33 ± 3.06	0.15 ± 0.04

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 5 สีของขนมฝังบึงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0, 25, 50

แป้งกล้วย (ร้อยละ)	L^*	a^*	b^*
0	78.31 ± 1.29^a	5.37 ± 0.34^c	18.88 ± 0.91^b
25	74.94 ± 0.45^b	5.49 ± 0.06^b	19.34 ± 0.26^b
50	69.10 ± 0.07^c	6.81 ± 0.04^a	21.16 ± 0.30^a

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแนวตั้ง หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ ($p \leq 0.05$)

คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมฝังบึงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0 และ 25 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ และความชอบโดยรวม ในขณะที่การทดแทนแป้งกล้วยน้ำว้าร้อยละ 50 ได้รับคะแนนความชอบด้านสี รสชาติและ ความชอบโดยรวมน้อยที่สุด

คุณค่าทางโภชนาการของขนมฝังบึงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี พบว่าการใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 0, 25 และ 50 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต และไขมันสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) de Mesa et al. [10] ทดลองทำขนมปังโดยใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 10 ทำให้ขนมปังที่ได้มีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อย ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณโพแทสเซียม สูงกว่าขนมปังที่ใช้แป้งสาลีเพียงอย่างเดียวถึง 8.3 10.14 และ 12.53 เท่า ตามลำดับ Huang et al. [11] ทำคุกกี้โดยใช้แป้งสาลีผสมแป้งกล้วย *Musa acuminata* ในอัตราส่วน 7:3 พบว่าแป้งกล้วยทำให้คุกกี้มีการขยายตัวระหว่างอบลดลง และมีปริมาณแป้งที่ทนต่อการย่อยสูงถึงร้อยละ 53 ผลการทดลองในตารางที่ 7 ขนมฝังบึงมีปริมาณโปรตีนลดลง เนื่องจากแป้งกล้วยมีปริมาณโปรตีนเพียงร้อยละ 2.04 น้อยกว่าในแป้งสาลีอเนกประสงค์ที่มีโปรตีนประมาณร้อยละ 10-11 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าแป้งกล้วยสามารถนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมทำให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคได้ ถึงแม้ขนมฝังบึงจะมีโปรตีนลดลง แต่จากคุณสมบัติของแป้งกล้วยที่ทนต่อการย่อยที่ทำให้น้ำตาลในเลือดเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ และเป็นใย

อาหารที่มีสรรพคุณเป็นโปรไบโอติก น่าจะทำให้ขนมผิงจากแป้งกล้วยมีประโยชน์ต่อสุขภาพ ซึ่งอาจมีการวิเคราะห์ความสามารถในการย่อยหรือปริมาณแป้งทนต่อการย่อยในขนมผิงเพิ่มเติม การนำแป้งกล้วยมาใช้ในขนมผิงเป็นการเพิ่มมูลค่าของกล้วยและเพิ่มการนำแป้งกล้วยไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 6 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสของขนมผิงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลี ร้อยละ 0, 25, 50

แป้งกล้วย (ร้อยละ)	ลักษณะ ปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	ความกรอบ ^{ns}	ความชอบ โดยรวม
0	7.60 ± 1.12 ^a	7.47 ± 1.96 ^a	7.20 ± 1.70 ^a	7.33 ± 0.98 ^a	7.53 ± 1.13	7.67 ± 0.72 ^a
25	6.60 ± 1.77 ^{ab}	7.33 ± 1.05 ^{ab}	6.53 ± 1.51 ^{ab}	7.00 ± 1.77 ^b	7.40 ± 1.18	7.20 ± 1.32 ^a
50	5.73 ± 2.02 ^b	5.33 ± 2.19 ^c	5.73 ± 1.33 ^b	6.00 ± 1.13 ^c	6.73 ± 1.22	6.27 ± 1.10 ^b

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถว หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ (p<0.05)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ (p>0.05)

ตารางที่ 7 คุณค่าทางโภชนาการของขนมผิงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีร้อยละ 0, 25, 50

แป้งกล้วย (ร้อยละ)	ความชื้น	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน ^{ns}	เส้นใย ^{ns}	คาร์โบไฮเดรต
0	3.93 ± 0.02 ^a	0.54 ± 0.02 ^b	3.74 ± 0.19 ^a	0.36 ± 0.06	1.54 ± 1.34	91.44 ± 0.15 ^c
25	3.48 ± 0.03 ^b	0.53 ± 0.03 ^b	3.36 ± 0.31 ^{ab}	0.34 ± 0.03	1.08 ± 1.10	92.29 ± 0.36 ^b
50	2.38 ± 0.00 ^c	0.61 ± 0.02 ^a	3.11 ± 0.07 ^b	0.37 ± 0.01	1.11 ± 1.14	93.53 ± 0.08 ^a

a, b, c ตัวอักษรต่างกันในแต่ละแถว หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ (p<0.05)

^{ns} หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ (p>0.05)

4. บทสรุป

แป้งกล้วยดิบและแป้งกล้วยห่ามมีองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติใกล้เคียงกัน แต่แป้งกล้วยห่ามจะมีกลิ่นหอมของกล้วยน้ำว้ามากกว่าและไม่มีรสฝาด ในการทำขนมผิงเพื่อให้มีคุณภาพ ใกล้เคียงกับขนมผิงโบราณของจังหวัดนครปฐม ควรใช้สัดส่วนของแป้งมันสำปะหลังต่อแป้งสาลี 75:25 และใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีที่ร้อยละ 25 (โดยมีแป้งมันสำปะหลังร้อยละ 57 แป้งสาลีร้อยละ 18.75 และแป้งกล้วยร้อยละ 6.25) ทำให้ได้ขนมผิงแป้งกล้วยที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับสูตรที่ไม่ใช้แป้งกล้วย การใส่แป้งกล้วยมากขึ้นจะทำให้ขนมผิงพองตัวลดลง และมีความแข็งเพิ่มมากขึ้น ขนมผิงที่ใช้แป้งกล้วยทดแทนแป้งสาลีมีปริมาณเถ้า และคาร์โบไฮเดรตเพิ่มขึ้น

5. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Natwalinkhol Settapramote, Sirirat Meethum, Vipawan Panliaw, Benyaluk Supitnam, Uracha Wanich & Nittaya Phungam. Effect of fish meal supplement on quality of Khanom ping product. *Agriculture and Technology Journal*, 2(3), 1–9. (in Thai)



- [2] Bureau of Vocational Education Research and Development. (2021, September 15) *Kanom Ping supplemented with Okara Protein*. Thailand innovation portal. <https://www.thailandinnovationportal.com/info/innovation/item/7308>. (in Thai)
- [3] Rungtip Wuttanaworakit, Jintana Charoennatkul & Namfon Chupool. (2024). Effect of Substituting Sago Flour for Cassava Flour on the Quality Attributes of Khanom Ping Products. *YRU Journal of Science and Technology*. 10(1), 20-29. (in Thai)
- [4] Sudathip Inchuen. (2002). *Study on physicochemical properties of banana flour*. [Master of Food Science]. King Mongkut Institute Technology Lardkrabang. (in Thai)
- [5] Chuta Peeraphatchra. (2011). *Value addition of processed banana products for commercial purposes*. Institute of Research and Development, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. Bangkok. (in Thai)
- [6] Cheng, Y. T., Huang, P. H., Chan Y. J., Chiang, P.Y., Lu, W. C., Hsieh, C. W., Liang, Z.C., Yan, B.W., Wang, C. C. R., & Li, P. H. (2024). Investigation of compositional and physicochemical properties of banana starch and flour during ripening. *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 7, 100446
- [7] AOAC. (2000). *Official methods of analysis of association of official chemist* (17th ed.). Washington DC: The Association of Official Analytical Chemists Inc.
- [8] Campuzano, A., Rosell, C.M., & Comejo, F. (2018). Physicochemical and nutritional characteristics of banana flour during ripening. *Food Chemistry*. 256, 11-17.
- [9] Suchada Maisont. (2003). *Utilization of banana flour in bakery products*. [Master of Food Science]. King Mongkut Institute Technology Lardkrabang. (in Thai)
- [10] de Mesa, A. Y., Eder, M.H., Sumayao Jr. R., Malabed, R., Ondevilla, J.C., Tiozon Jr. R., Sreenivasulu, N., Dizon, R.M., Canabuan, C.R., Torreda, J.M., Tananu Wong, K., Domingo, C.J., & Bonto, A.P. (2025). Bungulan (*Musa x paradisiaca*) banana flour: A novel, underutilized ingredient for nutrient-enriched composite bread. *Int. J. Gastron. Food Sci.* 42, 101371. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2025.101371>
- [11] Huang, Q., Liu, C., Gao, S., Sun, Y., Zhang, X., & Yang, L. (2026). Effects of green and ripe banana flours on cookie characteristics: A comprehensive study from frozen dough to cookies. *LWT*. 241, 19101.