

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมล Development of caramel crispy Krong Krang with banana peel powder (*Musa sapientum* L.)

กฤษณกัณฑ์ ภาโพธิรัตน์¹ รักชนก อินจันทร์¹ ชญานิน วังตาล^{1*} และ จิราภรณ์ ปาลี¹
Kritsanakan Phaphothirat¹, Rakchanok Inchan¹, Chayanin Wangtan^{1*} and Jiraporn Palee¹

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งพัฒนาผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมล โดยศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผงเปลือกกล้วยน้ำว้า และผลของการเสริมผงในปริมาณ 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลี ต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ รวมถึงการศึกษาสูตรคาราเมลที่เหมาะสมสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ และการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ ผลการวิเคราะห์พบว่าผงเปลือกกล้วยน้ำว้ามีคาร์โบไฮเดรต 56.23 เปอร์เซ็นต์ โยอาหารไม่ละลายน้ำ 25.43 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 6.57 เปอร์เซ็นต์ และมีความสามารถในการละลายน้ำเฉลี่ย 14.68 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์พบว่าการเพิ่มผงเปลือกกล้วยน้ำว้าในปริมาณที่มากขึ้นจะส่งผลให้ค่าความสว่าง (L^*) และค่าความแข็งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ยังคงลักษณะเนื้อสัมผัสอยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยแบบประเมิน 9-Point Hedonic Scale โดยผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน พบว่าผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าในปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลี ได้รับคะแนนสูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สูตรคาราเมลที่มีน้ำตาลคิดเป็นประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักส่วนผสมรวมทั้งครองแครงและคาราเมล ได้รับคะแนนประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และรสชาติมากที่สุด จึงถูกเลือกเป็นสูตรมาตรฐานสำหรับการเคลือบผลิตภัณฑ์ และผลิตภัณฑ์ 100 กรัม (พร้อมบริโภค) ให้ค่าพลังงาน 274.12 กิโลแคลอรี และใยอาหาร 4.82 กรัม แต่ไม่มีคอเลสเตอรอล

คำสำคัญ: ครองแครง เปลือกกล้วยน้ำว้า การพัฒนาผลิตภัณฑ์

Abstract

This research aimed to develop caramel-flavored crispy Krong Krang with banana peel powder (BPP). The research studied the chemical and physical properties of BPP, as well as the effects of addition at level 10, 20, 30, 40, and 50% of wheat flour weight on the physical, chemical, and sensory qualities of the product. Additionally, the study evaluated a suitable caramel coating formula and analyzed the nutritional composition of the final product. The analysis revealed that BPP composition included 56.23% carbohydrates, 25.43% insoluble dietary fiber, 6.57% protein, and an average water solubility of 14.68%. Increasing levels of BPP significantly reduced lightness (L^*) and hardness ($p \leq 0.05$), while the texture remained within acceptable limits. Sensory evaluation using a 9-point hedonic scale with 100 untrained panelists showed that the 40% supplementation level received the highest scores in appearance, color, odor, flavor, and overall acceptance ($p \leq 0.05$). The caramel formula containing approximately 23% sugar by total product weight received the highest sensory scores in color, odor, and flavor without effecting other properties and was therefore selected as the standard coating. The product provided 274.12 kcal/100g (ready-to-eat), contained 4.82g of dietary fiber, and cholesterol-free.

Keywords: Krong Krang, banana peel, product development

¹ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

¹ Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University

* Corresponding author. E-mail: Chayanin.wan@crru.ac.th

บทนำ

ในยุคปัจจุบัน ผู้บริโภคในประเทศไทยมีแนวโน้มการบริโภคขนมขบเคี้ยวเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเป็นผลมาจากวิถีชีวิตที่เร่งรีบ การเข้าถึงอาหารสะดวกซื้อที่ง่ายขึ้น และความเปลี่ยนแปลงของพฤติกรรมผู้บริโภคภายหลังการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 โดยเฉพาะการทำงานที่บ้าน (work from home) และการเว้นระยะห่างทางสังคม ส่งผลให้การบริโภคอาหารขบเคี้ยวในครัวเรือนเติบโตมากขึ้น รวมทั้งขนมที่มีส่วนผสมของแป้งและน้ำตาลมีแนวโน้มมากยิ่งขึ้น (Trade Policy and Strategy Office, 2024) อย่างไรก็ตาม ขนมขบเคี้ยวส่วนใหญ่ในท้องตลาดผลิตจากแป้ง มีปริมาณคาร์โบไฮเดรต น้ำตาล โซเดียม และไขมันในระดับสูง ขณะที่ใยอาหารอยู่ในปริมาณต่ำ อีกทั้งยังมักมีการปรุงแต่งด้วยผงชูรสและสารปรุงรสในปริมาณมาก ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพหากบริโภคอย่างต่อเนื่อง

ขนมกรอบกรอบอบเป็นผลิตภัณฑ์ขนมไทยที่ได้รับการพัฒนาจากขนมกรอบทอด ซึ่งเดิมมีวิธีการผลิตโดยการทอดในน้ำมัน ส่งผลให้มีปริมาณไขมันสูง การพัฒนารูปแบบการผลิตโดยใช้วิธีอบกรอบแทนการทอด จึงเป็นแนวทางที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ โดยช่วยลดปริมาณไขมันและพลังงานในผลิตภัณฑ์ ทั้งยังคงเนื้อสัมผัสกรอบและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของขนมกรอบกรอบไว้ได้อย่างครบถ้วนถือเป็นแนวทางหนึ่งในการตอบโจทย์ผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพมากยิ่งขึ้น ลดปริมาณไขมันและพลังงานในผลิตภัณฑ์ ทั้งยังคงเนื้อสัมผัสกรอบและรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ของขนมกรอบกรอบไว้ได้อย่างครบถ้วน ลักษณะเฉพาะของขนมกรอบกรอบอยู่ที่รูปร่างลายเส้นขรุขระคล้ายเปลือกหอย ทำจากแป้ง เช่น แป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า หรือแป้งมันสำปะหลัง ผ่านกระบวนการนวด ปั่น กดลาย และอบด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมจนได้เนื้อสัมผัสกรอบเบา แนวโน้มการพัฒนาขนมกรอบกรอบเพื่อสุขภาพในปัจจุบันจึงมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยมีการศึกษา เช่น การใช้แป้งข้าว กข43 และใบชะพลูในสูตรขนมกรอบกรอบเพื่อเพิ่มใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระ (Platho et al., 2023)

กล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) เป็นผลไม้ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย เช่น กล้วยตาก กล้วยอบเนย กล้วยฉาบ กล้วยเบรคแตก แป้งกล้วย รวมถึงการนำกล้วยตากเกรดเพื่อผลิตเยลลี่พร้อมดื่มเสริมใยอาหาร ทั้งนี้ห่วงโซ่การแปรรูปกล้วยน้ำว้ามักก่อให้เกิดของเสียจำนวนมาก โดยเฉพาะเปลือกกล้วยและผลที่ตกมาตรฐานการคัดเกรด ซึ่งยังมีองค์ประกอบที่มีคุณค่าทางโภชนาการ เช่น ใยอาหารไม่ละลายน้ำและแร่ธาตุ และมีศักยภาพต่อการเพิ่มมูลค่าในอุตสาหกรรมอาหาร (Okumura et al., 2024) จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมาได้ค้นพบว่าเปลือกกล้วยน้ำว้ามีองค์ประกอบทางชีวภาพที่ เช่น โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และไฟเบอร์ ซึ่งสารเหล่านี้มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการ ได้แก่ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านจุลชีพ และส่งเสริมสุขภาพลำไส้ (Gómez Montaña et al., 2019) นอกจากนี้งานวิจัยหลายชิ้นได้แสดงถึงการนำเปลือกกล้วยมาใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารมีทั้งรูปแบบสารปรุงแต่งธรรมชาติหรือวัตถุดิบสำหรับเสริมใยอาหารในอาหารสุขภาพซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียน (circular economy) ที่เน้นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า โดยเฉพาะในรูปแบบของผลิตภัณฑ์เสริมอาหารจากพืช หรือเบเกอรี่ที่มีใยอาหารสูง เช่น การพัฒนาเปลือกกล้วยน้ำว้าแช่อิ่มอบแห้งด้วยเทคนิคการแช่อิ่มและอบแห้ง (Phaphothirat et al., 2017) หรือใช้ผงเปลือกกล้วยในโคนไอศกรีมเพื่อเพิ่มใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระ และศึกษาคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Thanyakor et al., 2017) และศึกษาการประยุกต์ใช้ผงเปลือกกล้วยในผลิตภัณฑ์พาสต้าปราศจากกลูเตนเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ (Singta & Kawee, 2025) อย่างไรก็ตามงานวิจัยที่ผ่านมาเน้นการใช้ผงเปลือกกล้วยในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เช่น ขนมปังและเค้ก ขณะที่การประยุกต์ใช้ในขนมไทยพื้นบ้านที่มีลักษณะเนื้อสัมผัสเฉพาะตัวอย่างกรอบกรอบยังไม่เคยมีรายงานมาก่อน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะประยุกต์ใช้ผงเปลือกกล้วยน้ำว้าในการพัฒนาขนมกรอบกรอบเนื่องจากเป็นขนมพื้นบ้านที่ได้รับความนิยม แต่ยังมีข้อจำกัดในด้านคุณค่าทางโภชนาการ โดยเฉพาะปริมาณใยอาหาร

ที่อยู่ในระดับต่ำกว่าความต้องการของผู้บริโภค การเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าจึงเป็นแนวทางในการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ โดยเพิ่มปริมาณใยอาหารที่มีความสำคัญต่อผู้บริโภคชนมชนเคี้ยวซึ่งมักได้รับใยอาหารไม่เพียงพอในชีวิตประจำวัน อีกทั้งยังเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อลดของเสียและสร้างมูลค่าเพิ่ม นอกจากนี้ได้เลือกใช้การเคลือบขอสคาราเมลซึ่งเป็นรสชาติที่ได้รับความนิยม เพื่อเพิ่มความหวาน กลิ่นหอม และความน่ารับประทาน ตลอดจนสร้างสมดุลระหว่างคุณค่าทางโภชนาการและความอร่อย และได้ผลิตภัณฑ์ขนมเคี้ยวทางเลือกที่ตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ ทั้งด้านสุขภาพและความยั่งยืนต่อสิ่งแวดล้อม การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกกล้วยน้ำว้า การกำหนดปริมาณผงเปลือกกล้วยที่เหมาะสมในการเสริมในผลิตภัณฑ์กรอบกรอบ และการประเมินคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ที่ได้พัฒนา

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมตัวอย่าง

เปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* L.) ที่ใช้ในการศึกษาได้จากสวนเกษตรกรใน อำเภอแม่สาย จังหวัดเชียงราย โดยเลือกผลที่มีความสุกระยะที่ 7 (ผลมีสีเหลืองทั้งผลและมีจุดสีน้ำตาล) เนื่องจากในระยะดังกล่าวมีองค์ประกอบทางโภชนาการและคุณสมบัติทางเคมีที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้แปรรูปเป็นผง ได้แก่ มีปริมาณใยอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ขณะที่สารแทนนินลดลง ส่งผลให้มีรสฝาดลดลง (Akram et al., 2022) ล้างทำความสะอาดเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นชิ้นขนาด 2×3 เซนติเมตร แช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรต์ (NaClO) 200ppm เป็นเวลา 30 นาที ล้างด้วยน้ำสะอาดตามวิธีของ Ferreira et al., (2013) เติมน้ำใส่ภาชนะ 300 กรัม ขนาดภาชนะ 10×10×1.50 นิ้ว อบในตู้อบลมร้อนแบบภาชนะที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเปลือกกล้วยแห้งมาบดด้วยเครื่องบดไฟฟ้าที่ความเร็วประมาณ 10,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที และผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 Mesh ตามวิธีของ Segura-Badilla et al., (2022) บรรจุใส่ถุงซีป ไซของดูดความชื้น (silica gel)

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของผงเปลือกกล้วยน้ำว้า

ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกกล้วยน้ำว้า (BPP) โดยการศึกษาปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ ตามวิธี AOAC International., (2019) ทำการวิเคราะห์ตัวอย่าง ๆ ละ 3 ซ้ำ และสมบัติทางกายภาพของผงเปลือกกล้วยน้ำว้า ค่าสีด้วยระบบ CIE L^* , a^* และ b^* ค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) และความสามารถในการละลายน้ำ (water solubility) ดังรายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

1) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) โดยชั่งตัวอย่าง 10-15 กรัม บรรจุในถ้วยตัวอย่างของเครื่องวัดสี ให้เต็มพื้นที่เพื่อป้องกันไม่ให้มีแสงลอดผ่านพื้นผิว เพื่อให้ผิวสัมผัสที่วัดมีความสม่ำเสมอ ทำการวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง-เขียว (a^*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของผงเปลือกกล้วย (Commission Internationale de l'Eclairage, 1978)

2) วัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคติวิตี (a_w) โดยนำตัวอย่างใส่ในถ้วยตัวอย่างประมาณครึ่งหนึ่งของถ้วย แล้วอ่านค่าจากจอแสดงผล

3) วิเคราะห์ความสามารถในการละลายน้ำ ตามวิธีของ Anderson et al., (1970) โดยชั่งตัวอย่าง 1 กรัม ผสมกับน้ำ 100 มิลลิลิตร ให้เข้ากัน ปั่นเหวี่ยง และทำการอบวัดสารละลายแห้ง คำนวณเป็นร้อยละ

3. การพัฒนาผลิตภัณฑ์กรอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า

การผลิตผลิตภัณฑ์กรอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์กรอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าโดยดัดแปลงสูตรและวิธีการผลิตจาก Pomasa et al., (2023) โดยกำหนด

กลุ่มทดลองที่ผสมผงเปลือกกล้วยในอัตราส่วนที่ต่างกัน 5 ระดับ ในปริมาณ 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลีอเนกประสงค์ ดัง (Table 1) วิธีทำโดยนำแป้ง ผงเปลือกกล้วยน้ำว้า โซเดียมคาร์บอเนตซิลิเกตซิลิเกตและผงฟูผสมให้เข้ากัน ผสมน้ำสะอาด มอลโตเดกซ์ทริน เกลือ และเนยสด ให้เข้ากัน จากนั้นนำส่วนผสมของแป้งและของเหลวมาตีให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที ปั้นเป็นก้อนขนาด 2 ± 0.20 กรัม กดลงแม่พิมพ์ทรงแครง มีความหนา 0.20 มิลลิเมตร อบที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ออกมาพักบนตะแกรงที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) ในสภาวะแห้งและอากาศถ่ายเทสะดวก เป็นเวลา 30 นาที เพื่อให้ผลิตภัณฑ์เย็นลง

Table 1 Ingredient composition of Krong Krang with BPP.

ingredients (g)	10% BPP	20% BPP	30% BPP	40% BPP	50% BPP
all-purpose flour	220	220	220	220	220
rice flour	16	16	16	16	16
banana peel powder	22	44	66	88	110
vegetable oil	20	20	20	20	20
water	108	108	108	168	168
maltodextrin	4	4	4	4	4
baking powder	4	4	4	4	4
salt	4	4	4	4	4
sodium carboxymethyl cellulose (CMC)	1.99	2.10	2.21	2.62	2.43

3.1 วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีผลิตภัณฑ์ทรงแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า ด้านกายภาพ ได้แก่ ค่าสี (L^* , a^* และ b^*) เนื้อสัมผัส และค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) รายละเอียดการวิเคราะห์ดังนี้

1) ค่าสีโดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter) โดยชั่งตัวอย่าง 10-15 กรัม บรรจุในถ้วยตัวอย่างของเครื่องวัดสี ให้เต็มพื้นที่เพื่อป้องกันไม่ให้มีแสงลอดผ่านพื้นผิว เพื่อให้ผิวสัมผัสที่วัดมีความสม่ำเสมอ ทำการวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง-เขียว (a^*) และค่าสีเหลือง-น้ำเงิน (b^*) ของผลิตภัณฑ์ทรงแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า AOAC International., (2019)

2) วิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ทรงแครงอบกรอบโดยเครื่องวัดลักษณะเนื้อสัมผัส โดยใช้ชุดหัววัด Three-Point Bending (HDP/3PB) ติดตั้งแรงกดความจุ 5 กิโลกรัม ระยะสเป้น 25 มิลลิเมตร และหัวกดทรงแท่งเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 มิลลิเมตร ตัวอย่างถูกปรับสภาพที่ 25 ± 2 องศาเซลเซียส และ RH $50 \pm 5\%$ อย่างน้อย 30 นาที ก่อนทดสอบ โดยกำหนด pre-test speed 1.0mm/s, test speed 1.0mm/s, post-test speed 10mm/s รายงานผลเป็นค่าความแข็ง (hardness: N)

3) ค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) ด้วยเครื่องวัดค่าวอเตอร์แอกติวิตี้ (a_w) โดยนำตัวอย่างใส่ในถ้วยตัวอย่างประมาณครึ่งหนึ่งของถ้วย แล้วอ่านค่าจากจอแสดงผล AOAC International., (2019)

3.2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ทรงแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ความแข็ง และความชอบโดยรวม ด้วยวิธี 9-Point hedonic scale ใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ที่ไม่มีประวัติการแพ้กลูเตน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปริมาณ 2 กรัมต่อตัวอย่าง

4. การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของคาราเมลสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบผงเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า โดยนำสูตรที่ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุดจากข้อ 3 นำมาศึกษาสูตรที่เหมาะสมของการเคลือบคาราเมล มีขั้นตอนดังนี้

4.1 ทำคาราเมลสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า โดยแปรปริมาณน้ำตาลทราย 3 ระดับ เพื่อหาระดับน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับเครื่องสำอางกรอบเคลือบคาราเมล ดัง (Table 2) เพื่อตรวจหาปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมในการเคลือบเครื่องสำอางกรอบ การทำคาราเมลเริ่มจากการชั่งส่วนผสม น้ำตาลทราย น้ำมันพืช นมข้นจืด เกลือ และวานิลลา แล้วให้ความร้อนด้วยไฟปานกลาง ควบคุมอุณหภูมิให้อยู่ในช่วง 160-170 องศาเซลเซียส จนได้น้ำเชื่อมที่มีสี กลิ่น และความหนืดของคาราเมลตามต้องการ จากนั้นนำซอสคาราเมลที่ได้มาคลุกเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าให้ทั่วถึงและสม่ำเสมอ

4.2 ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมล ใช้ผู้ประเมินที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 100 คน ที่ไม่มีประวัติการแพ้กลูเตน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ปริมาณ 3 กรัมต่อตัวอย่าง ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale คุณลักษณะที่พิจารณาคือ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความแข็ง และความชอบโดยรวม เพื่อคัดเลือกปริมาณส่วนผสมของสูตรคาราเมลที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ได้คะแนนการยอมรับสูงที่สุดในการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์

Table 2 Ingredients and proportions of the caramel glaze.

ingredients (g)	formula 1	formula 2	formula 3
sugar	150	175	200
vegetable oil	45	45	45
evaporated milk	30	30	30
salt	3	3	3
vanilla extract	3	3	3

5. วิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมล

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการจากศูนย์บริการห้องปฏิบัติการอุตสาหกรรม สถาบันอาหาร ตามวิธีการวิเคราะห์ตามห้องปฏิบัติการกำหนด วิเคราะห์ทั้งหมด 9 รายการ ประกอบด้วย พลังงานทั้งหมด (total energy) พลังงานจากไขมัน (total fat) ไขมันอิ่มตัว (saturated fat) คอลเลสเตอรอล (cholesterol) โปรตีน (protein) คาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) น้ำตาล (total sugar) โซเดียม (sodium) โพแทสเซียม (potassium) ตามวิธีของ AOAC International., (2019)

6. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

6.1 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและสมบัติทางกายภาพของผงเปลือกกล้วยน้ำว้าและผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Tukey's multiple comparison test วิเคราะห์ค่า t ค่า w เดอร์แอดดิวิตี (a_w) ความสามารถในการละลายน้ำ วัดซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง และการวิเคราะห์ลักษณะเนื้อสัมผัสวัดซ้ำตัวอย่างละ 10 ครั้ง จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

6.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์หาคะแนนเฉลี่ย ค่าความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วยวิธี Duncan's multiple range test: DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลการศึกษา

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และสมบัติทางกายภาพของผงเปลือกกล้วยน้ำว้า

ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และกายภาพของผงเปลือกกล้วยน้ำว้า ดัง (Table 3) พบว่ามีความชื้นในระดับต่ำ โดยมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก และมีใยอาหารไม่ละลายน้ำในสัดส่วนสูง ขณะที่ปริมาณโปรตีนและไขมันอยู่ในระดับปานกลาง และมีปริมาณเถ้าค่อนข้างสูง ซึ่งสะท้อนถึงศักยภาพในการนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ค่าสีแสดงค่าความสว่าง (L^*) ต่ำ ร่วมกับค่าความเข้มสีแดง-เหลือง (a^* , b^*) ที่ค่อนข้างสูง ลักษณะดังกล่าวอาจเกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบฟีนอลิกในเปลือกกล้วยเมื่อสัมผัสกับออกซิเจน ทำให้สีของผงมีความเข้มขึ้นและความสว่างลดลง ซึ่งเป็นลักษณะตามธรรมชาติของเปลือกกล้วยสุก และยังสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งสีของผงเปลือกกล้วยน้ำว้าจึงอาจเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อภาพลักษณ์ของผลิตภัณฑ์และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี (a_w) อยู่ในระดับต่ำ และค่าความสามารถในการละลายน้ำอยู่ในระดับปานกลาง

Table 3 Physical and chemical properties of BPP (mean±SD).

physical and chemical properties	content
moisture (%)	1.46±0.08
protein (%)	6.57±0.08
carbohydrate (%)	56.23±0.11
fat (%)	11.20±0.06
ash (%)	12.02±0.15
insoluble dietary fiber (%)	25.43±0.11
colour	
L^*	55.45±3.69
a^*	8.20±0.93
b^*	25.80±0.36
water activity (a_w)	0.38±0.04
water solubility (%)	14.68±0.14

2. ผลการทดสอบคุณภาพทางกายภาพผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า

ผลการทดสอบคุณภาพทางกายภาพผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าในปริมาณในปริมาณที่แตกต่างกันของน้ำหนักแป้งสาลีอเนกประสงค์ ดัง (Table 4) พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มลดลง ส่วนค่าความเป็นสีแดง (a^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มปริมาณผงเปลือกกล้วยน้ำว้า เนื่องจากการ

เปลี่ยนแปลงเกิดจากปัจจัยด้านสีน้ำตาลคล้ำตามธรรมชาติของผงเปลือกกล้วยซึ่งมีเม็ดสีที่เข้ม และการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) และคาราเมลไลเซชัน (caramelization) ที่เพิ่มขึ้นระหว่างการอบ เนื่องจากผงเปลือกกล้วยเป็นแหล่งของน้ำตาลรีดิวซ์และกรดอะมิโนเพิ่มเติม ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีน้ำตาลเข้มขึ้นตามปริมาณผงเปลือกกล้วยที่เพิ่มขึ้น ค่าความแข็ง (hardness) ของผลิตภัณฑ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ตามระดับการเติมผงเปลือกกล้วย น้ำว่าที่เพิ่มขึ้น โดยสูตรที่เติม 10 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความแข็งสูงที่สุด และลดลงอย่างต่อเนื่องจนถึงสูตรที่เติม 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีค่าความแข็งต่ำที่สุด การลดลงของค่าดังกล่าวเป็นผลจากการที่ผงเปลือกกล้วยมีปริมาณใยอาหารไม่ละลายน้ำในระดับสูง และมีโครงสร้างที่หยาบ รวมทั้งไม่มีคุณสมบัติการเกิดเจลเหมือนแป้ง จึงรบกวนกระบวนการสร้างโครงสร้างเจลของแป้งระหว่างการอบ ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์นุ่มลง และความแข็งลดลงตามลำดับ และค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) ของผลิตภัณฑ์ในทุกสูตรมีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยอยู่ในระดับต่ำ โดยการเติมผงเปลือกกล้วยในระดับต่าง ๆ ไม่ส่งผลต่อคุณสมบัติการเก็บกักความชื้นของผลิตภัณฑ์

Table 4 Physical properties of crispy Krong Krong with BPP.

physical properties	BPP (%)				
	10	20	30	40	50
colour					
L*	49.2 ^a ±5.34	33.3 ^b ±7.51	23.74 ^c ±3.72	22.58 ^c ±1.86	17.28 ^d ±4.17
a*	2.08 ^c ±0.56	3.57 ^b ±1.82	7.10 ^a ±0.42	7.32 ^a ±0.78	7.42 ^a ±0.56
b*	9.52 ^a ±0.65	7.52 ^b ±0.97	6.00 ^c ±1.89	5.26 ^{cd} ±2.57	4.58 ^c ±0.97
hardness (N)	11.69 ^a ±1.49	10.36 ^b ±0.97	9.44 ^b ±1.63	7.66 ^c ±0.86	6.38 ^d ±1.60
water activity (a_w) ^{ns}	0.52±0.13	0.57±0.06	0.57±0.12	0.58±0.56	0.59±0.07

note: values are mean±standard deviation. different superscript letters within a row indicate differences determined by Duncan's new multiple range test DMRT) at the 95 percent level of significance ($p \leq 0.05$). ns=non-significant ($p > 0.05$).

3. ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว่า

ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมเปลือกกล้วยน้ำว่า ในปริมาณที่แตกต่างกันของน้ำหนักแป้งสาลีอเนกประสงค์ ดัง (Table 5) พบว่าการเพิ่มปริมาณผงเปลือกกล้วยน้ำว่ามีผลต่อคุณภาพทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น ความกรอบ รสชาติ และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมเปลือกกล้วยน้ำว่าในปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลีอเนกประสงค์ได้รับคะแนนความชอบสูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.12-7.70 ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่เสริมผงเปลือกกล้วยในปริมาณ 10 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สูตรที่เสริมผงที่เปลือกกล้วยในปริมาณ 30 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ซึ่งการเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว่าในระดับ 40 เปอร์เซ็นต์มีส่วนช่วยให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติ กลิ่น และลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์เด่นชัดยิ่งขึ้น และได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบ ทั้งนี้ผลิตภัณฑ์ ดัง (Figure 1) แสดงให้เห็นความแตกต่างด้านสีและลักษณะของผลิตภัณฑ์

ตามระดับการเสริมของเปลือกกล้วยในปริมาณที่ต่างกัน โดยสูตรที่เสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว่า ในปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ มีความสมดุลทางด้านสีและรูปลักษณะ จึงได้รับการคัดเลือกเป็นสูตรต้นแบบสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว่า

Table 5 Sensory evaluation of crispy Krong Krang with BPP.

sensory evaluation	BPP (%)				
	10	20	30	40	50
appearance	7.10 ^a ±0.76	7.42 ^b ±0.83	7.70 ^c ±0.94	7.74 ^c ±0.69	7.68 ^c ±0.86
colour	7.04 ^a ±0.86	6.94 ^a ±0.80	7.54 ^b ±1.10	7.57 ^b ±1.08	7.43 ^b ±1.04
odour	7.11 ^a ±0.76	7.13 ^a ±0.81	7.69 ^b ±1.04	7.70 ^b ±1.07	7.60 ^b ±1.09
taste	6.91 ^a ±0.85	7.01 ^a ±1.00	7.46 ^b ±1.10	7.59 ^b ±1.04	7.47 ^b ±1.07
hardness	7.49 ^c ±1.12	7.47 ^c ±1.04	7.36 ^{bc} ±1.08	7.12 ^b ±0.81	6.84 ^a ±0.85
overall acceptability	7.02 ^a ±0.83	7.31 ^b ±1.17	7.43 ^b ±1.13	7.68 ^c ±1.08	6.96 ^a ±0.80

note: values are mean±standard deviation. different superscript letters within a row indicate differences determined by Duncan's new multiple range test DMRT) at the 95 percent level of significance ($p \leq 0.05$).



Figure 1 Crispy Krong Krang enriched with banana peel powder (BPP) at different substitution levels.

4. ผลการศึกษาสูตรที่เหมาะสมของคาราเมลสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว่า การศึกษาสูตรที่เหมาะสมของคาราเมลสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว่า ด้วยการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสทั้ง 3 สูตร พบว่าสูตรที่ 1 มีคะแนนคุณภาพประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น และรสชาติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับสูตรที่ 2 และ 3 ด้านลักษณะปรากฏ ความแข็ง และความชอบ โดยรวมของสูตรที่เหมาะสมของคาราเมลสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว่าสูตรที่ 1, 2 และ 3 มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ดัง (Table 6) ซึ่งสูตรที่ 1 มีคะแนนด้านสี กลิ่น และรสชาติ ของผลิตภัณฑ์สูงสุดในการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรที่เหมาะสมสำหรับคาราเมลที่ใช้เคลือบผลิตภัณฑ์ เนื่องจากสามารถให้คุณลักษณะด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการเคลือบทั้ง 3 สูตร ดัง (Figure 2) จะแสดงให้เห็นว่า สูตรที่ 1 มีสีและความเงาของผิวเคลือบที่สม่ำเสมอ ขณะที่สูตรที่ 1 และ 2 มีสีเข้มขึ้น และความเงาและรสหวานเพิ่มขึ้น แต่ความเข้มของสีที่มากเกินไปส่งผลต่อความชอบด้านสี กลิ่น และรสชาติ ดังนั้นจึงเลือกใช้สูตรที่ 1 ในการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการ

Table 6 Sensory evaluation of caramel formulations for coating crispy Krong Krang with BPP.

sensory evaluation	formula 1	formula 2	formula 3
appearance ^{ns}	7.58±1.15	7.54±1.16	7.54±1.04
colour	7.84 ^a ±0.94	6.50 ^c ±1.06	7.06 ^b ±0.67
odour	7.76 ^a ±0.97	6.26 ^c ±0.86	6.96 ^b ±0.81
taste	7.54 ^a ±1.27	6.80 ^b ±1.07	7.02 ^b ±0.87
hardness ^{ns}	7.50±1.11	7.42±1.05	7.40±1.16
overall acceptability ^{ns}	7.48±1.20	7.33±1.13	7.46±1.09

note: values are mean±standard deviation. different superscript letters within a row indicate differences determined by Duncan's new multiple range test DMRT) at the 95 percent level of significance ($p \leq 0.05$). ns=non-significant ($p > 0.05$).



(a) formula no. 1



(b) formula no. 2



(c) formula no. 3

Figure 2 Crispy Krong Krang enriched with BPP and coated with caramel: (a) formula 1, (b) formula 2, and (c) formula 3.

5. ผลวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมล

ผลการวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ครองแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมล ดัง (Table 7) พบว่าพลังงานทั้งหมด 274.12 กิโลแคลอรี ซึ่งอยู่ในช่วงพลังงานระดับปานกลาง ไขมันรวม 11.09 กรัม ไขมันอิ่มตัว 1.91 กรัม ขณะเดียวกันไม่พบคอเลสเตอรอล ปริมาณใยอาหาร 4.82 กรัมต่อ 100 กรัม ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่สูง ซึ่งการเพิ่มขึ้นของใยอาหารอาจเกิดจากการเติมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า ซึ่งมีใยอาหารไม่ละลายน้ำในสัดส่วนสูง นอกจากนี้ ยังพบว่าปริมาณน้ำตาล 7.69 กรัม อยู่ในระดับที่พอเหมาะ และปริมาณโซเดียม 339.85 มิลลิกรัม และโพแทสเซียม 0.24 กรัม ต่อ 100 กรัมของผลิตภัณฑ์

Table 7 Nutritional content of crispy Krong Krang enriched with BPP and coated with caramel (per 100g).

nutrient	content
total energy (kcal)	274.12
total fat (g)	11.09
saturated fat (g)	1.91
cholesterol (g)	not detected

Table 7 Nutritional content of crispy Krong Krang enriched with BPP and coated with caramel (per 100g) (continue).

nutrient	content
total carbohydrate (g)	40.34
total sugar (g)	7.69
protein (g)	4.54
sodium (mg)	339.85
potassium (g)	0.24
moisture (%)	5.07
ash (g)	2.75
dietary fiber (g)	4.82

อภิปรายผล

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ผ่านกระบวนการอบในตู้อบลมร้อนแบบถาด ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผงเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นแหล่งแร่ธาตุ และเส้นใย ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะเพิ่มปริมาณสารอาหารเหล่านี้ในอาหารโดยการเติมลงในอาหาร สอดคล้องกับการศึกษา องค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกกล้วยน้ำว้าใน 100 กรัม ของ Phugan., (2016); Segura-Badilla et al., (2022) ในการศึกษาศักยภาพการใช้เปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์พาสต้าและเบเกอรี่ ที่พบว่าองค์ประกอบทางเคมีเป็นแหล่งแร่ธาตุ และเส้นใย ซึ่งจะสามารถจะเพิ่มปริมาณสารอาหารในการเติมผงกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ได้ ด้านค่าสีของผงเปลือกกล้วยน้ำว้า พบว่าความสว่าง (L^*) ลดลง และค่าความเป็นสีแดง (a^*) และสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการมีแทนนินในปริมาณสูงในเปลือกกล้วย Surojanamethakul & Hiraga (1994) รายงานว่าแทนนินมีผล ต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเปลือกกล้วย โดยเฉพาะเมื่อผ่านกระบวนการอบแห้ง นอกจากนี้ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงของค่าสีอาจเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเมลลาร์ด (Maillard reaction) ซึ่งอาจเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาล รีดิวซ์และกรดอะมิโนที่มีอยู่ในเปลือกกล้วย ทำให้เกิดเม็ดสีเมลานอยดินที่มีลักษณะสีน้ำตาลเข้ม ส่งผลให้สีของผงมีความ เข้มขึ้น สอดคล้องกับ Martins et al., (2000) และ Bhoosem & Bunyasawat., (2019) ที่พบการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด มีบทบาทสำคัญในการเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์อบแห้งในผงเปลือกผลไม้ชนิดอื่น

ด้านผลการทดสอบคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทรงแครงอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าในปริมาณ 10, 20, 30, 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลีอเนกประสงค์ พบว่าลักษณะทางกายภาพด้านสี การเพิ่มปริมาณ ผงเปลือกกล้วยน้ำว้า ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ซึ่งแสดงถึงความเข้มของสีผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของผง เปลือกกล้วย อีกทั้งค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Teng et al., (2018) ที่รายงานว่าการเติมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่หรือขนมอบส่งผลให้สีของผลิตภัณฑ์เข้มขึ้นอย่างชัดเจน ตามระดับการเติมที่เพิ่มขึ้น ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลง เมื่อเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าใน ปริมาณมาก โดยเฉพาะที่ระดับ 40 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงถึงเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้นและกรอบน้อยลง ซึ่งอาจไม่สอดคล้อง กับลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบที่ผู้บริโภคคาดหวัง อาจเกิดจากองค์ประกอบของใยอาหารในผงเปลือก กล้วย เช่น เพคติน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำและแทรกตัวในโครงสร้างแป้ง ทำให้ลดแรง ยึดเหนี่ยวภายใน ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ลดความแข็งแรง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sodchit et al., (2014) และ Pomasa et al., (2023) รายงานว่าการเติมผงเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์ทรงแครงหรือเซลลูโลสจากเปลือกกล้วยใน

ระดับสูงในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะนุ่มขึ้น เนื่องจากเส้นใยทำหน้าที่ลดความแน่นของโครงสร้างแป้งโดยรวม เนื่องจากเซลลูโลสมีลักษณะเป็นเส้นใยยาวและสามารถแทรกเข้าไปในโครงสร้างแป้ง ช่วยเพิ่มการกักเก็บน้ำ และลดความแน่นของโครงสร้างภายใน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ที่มีค่าวอเตอร์แอกติวิตี (a_w) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับคุณสมบัติการอุ้มน้ำของผงเปลือกกล้วยที่มีองค์ประกอบของโพลีแซ็กคาไรด์ เช่น เพคตินและเซลลูโลสที่สามารถดูดซับและยึดเกาะน้ำไว้ในโครงสร้างได้โดยไม่ปล่อยเป็นน้ำอิสระ ทั้งนี้ Roca et al., (2007) ได้อธิบายว่าผงเปลือกกล้วยสามารถอุ้มน้ำได้ดี จึงมีแนวโน้มดึงน้ำอิสระเข้าสู่โครงสร้างมากกว่าการเกาะตัวของน้ำในระดับโมเลกุล

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์เครื่องอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้าในปริมาณ 10, 20, 30, 40, และ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่า การเติมผงเปลือกกล้วยในปริมาณ 30 และ 40 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักแป้งสาลีอเนกประสงค์ ให้คะแนนเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม โดยเฉพาะการเติมผงเปลือกกล้วยในปริมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ได้คะแนนความชอบโดยรวมสูงถึง 7.68 ซึ่งแสดงถึงการยอมรับของผู้บริโภคในระดับดีมาก ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสสอดคล้องกับงานวิจัยของ Eshak, (2016) รายงานว่าการเสริมผงเปลือกกล้วยในขนมปังแผ่นแบบอียิปต์ (balady bread) ในปริมาณ 5-10 เปอร์เซ็นต์ จะส่งผลให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โดยรวมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในด้านกลิ่นและรสชาติ ทั้งยังเพิ่มคุณค่าทางใยอาหาร นอกจากนี้ Asima et al., (2022) รายงานว่าการใช้แป้งเปลือกกล้วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์คุกกี้ในระดับที่เหมาะสมสำหรับการใช้แป้งเปลือกกล้วยอยู่ที่ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังคงรสชาติ กลิ่น และสีให้อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้ของผู้บริโภค โดยไม่ส่งผลเสียต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ และ Pakpot (2019) รายงานว่าการเติมผงเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ในผลิตภัณฑ์บราวนี่ 40 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแป้ง มีผลต่อเนื้อสัมผัสและกลิ่นอย่างมีนัยสำคัญในระดับที่ยอมรับได้ อย่างไรก็ตามเมื่อเติมเสริมเปลือกกล้วยปริมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ในผลิตภัณฑ์เครื่องอบกรอบพบว่าคะแนนความแข็งและความชอบโดยรวมลดลงชัดเจน ซึ่งอาจเกิดจากปริมาณเส้นใยอาหารในผงเปลือกกล้วยที่มากเกินไป ส่งผลให้เนื้อสัมผัสหยาบ ร่วนหรือแข็งเกินความต้องการของผู้บริโภค สอดคล้องกับ Sayem et al., (2024) ที่ระบุว่า การเติมผงเปลือกกล้วยเกิน 30 เปอร์เซ็นต์ ในผลิตภัณฑ์บิสกิตมีผลต่อเนื้อสัมผัสจนลดการยอมรับของผู้บริโภค

การศึกษาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรคาราเมลสำหรับเคลือบผลิตภัณฑ์เครื่องอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า พบว่าสูตรที่ 1 ซึ่งใช้น้ำตาลในปริมาณน้อยที่สุด ได้รับคะแนนสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านสี กลิ่น และรสชาติ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่น ๆ ลักษณะสีของสูตรที่ 1 แสดงถึงการเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ดในระดับที่เหมาะสม ซึ่งสัมพันธ์กับปริมาณน้ำตาลที่เพียงพอในการสร้างกลิ่นและสีของคาราเมลโดยไม่ทำให้รสหวานเกินไป ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับงานของ Mahmoud et al., (2023) ซึ่งรายงานว่าการควบคุมระดับน้ำตาลในผลิตภัณฑ์ขนมจากผลพลอยได้ทางการเกษตร สามารถช่วยส่งเสริมกลิ่นหอมเฉพาะตัวและเพิ่มความน่ารับประทาน ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมของทั้ง 3 สูตรจะแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แต่คุณลักษณะด้านสี กลิ่น และรสชาติที่โดดเด่นของสูตรที่ 1 จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นสูตรพื้นฐานสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องอบกรอบรสคาราเมล

คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์เครื่องอบกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมลให้พลังงาน 274.12 กิโลแคลอรี ไม่มีคอเลสเตอรอลและมีไขมันอิ่มตัวในระดับต่ำ นอกจากนี้ยังมีใยอาหารสูงถึง 3.82 กรัมต่อ หรือคิดเป็น 15.30 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณสารอาหารอ้างอิงที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทย จึงสามารถเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีใยอาหารได้ โพแทสเซียมอยู่ที่ 230 มิลลิกรัม และโซเดียมอยู่ในระดับที่ควบคุมได้ตามเกณฑ์ของสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (Bureau of Nutrition, 2020) ซึ่งการใช้ผงเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นวัตถุดิบเสริมยังสอดคล้องกับแนวโน้มการพัฒนาอาหารสุขภาพจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร โดยเฉพาะการเพิ่มปริมาณใยอาหารในผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูป เช่นเดียวกับงานของ

Singh et al., (2022) ที่พัฒนาผลิตภัณฑ์ snack bar จากเปลือกกล้วยร่วมกับธัญพืช พบว่าการเติมเปลือกกล้วยร่วมกับธัญพืช เช่น ผักโขมและข้าวโอ๊ต พบว่าใยอาหารเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้ารสคาราเมล เป็นการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีคุณค่าทางโภชนาการ โดยผงเปลือกกล้วยน้ำว้าเป็นแหล่งของใยอาหารและแร่ธาตุ มีคุณสมบัติด้านสีที่เปลี่ยนแปลงทางกายภาพจากกระบวนการอบ เมื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบ พบว่าการเพิ่มปริมาณผงเปลือกกล้วยส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ โดยค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ขณะที่ค่าแดง (a^*) และค่าเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้นตามสัดส่วนการเติม อีกทั้งค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ลดลงในระดับการเติมสูง ทำให้มีเนื้อสัมผัสที่นุ่มขึ้น ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสแสดงให้เห็นว่าสูตรที่เสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า 40 เปอร์เซ็นต์ของแป้งสาลีอเนกประสงค์เป็นระดับที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากได้คะแนนความชอบสูงสุดในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม อยู่ในช่วงชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ขณะที่การทดสอบสูตรคาราเมล พบว่าสูตรที่ใช้น้ำตาลน้อยที่สุดให้รสชาติ สี และกลิ่นเหมาะสม และได้รับคะแนนความชอบมากที่สุด ผลิตภัณฑ์มีปริมาณใยอาหารสูงขึ้น และไม่มีคอเลสเตอรอล จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางกรอบเสริมผงเปลือกกล้วยน้ำว้า ที่นอกจากช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ยังเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์และเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร อันสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (Fundamental Fund: FF) ประจำปี 2567 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย และผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนในการช่วยเหลือการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- Akram, T., Mustafa, S., Ilyas, K., Tariq, M. R., Ali, S. W., Ali, S., Shafiq, M., Rao, M., Safdar, W., Iftikhar, M., Hameed, A., Manzoor, M., Akhtar, M., Umer, Z., & Basharat, Z. (2022). Supplementation of banana peel powder for the development of functional broiler nuggets. *PeerJ*, 10, e14364. <https://doi.org/10.7717/peerj.14364>
- Anderson, R. A., Conway, H. F., Pfeifer, V. F., & Griffin, E. L. (1970). Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking and steaming. *Starch/Stärke*, 22, 130-135. <https://doi.org/10.1002/star.19700220408>
- AOAC International. (2019) Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International. 21st Edition, AOAC, Washington DC.
- Asima, S., Faizan, A., & Zahra, H. M. (2022). Effect of the addition of banana peel flour on the shelf life and antioxidant properties of cookies. *ACS Food Science & Technology*, 2(8), 1355-1363. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00159>
- Bhoosem, J., & Bunyasawat, J. (2019). Nutritional physical and sensory quality of butter cake substituted with durian rind powder for wheat flour replacement. *RMUTP Research Journal*, 13(1), 101-115. <https://doi.org/10.14456/jrmutp.2019.9> (in Thai)

- Bureau of Nutrition. (2020). *Dietary reference intake for Thais 2020*. Ministry of Public Health. <https://nutrition2.anamai.moph.go.th/th/book/download/?did=194515&id=47232&reload=> (in Thai)
- Commission Internationale de l'Éclairage. (1978). *Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms (CIE Publication No. 15.2)*. Paris: Bureau Central de la CIE.
- Eshak, N. S. (2016). Sensory evaluation and nutritional value of balady flat bread supplemented with banana peels as a natural source of dietary fiber. *Annals of Agricultural Sciences*, 61(2), 229-235. <https://doi.org/10.1016/j.aoas.2016.07.002>
- Ferreira, M. S., Santos, M. C., Moro, T. M., Basto, G. J., Andrade, R. M., & Gonçalves, E. C. (2013). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 822-830. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1061-4>
- Gómez Montañó, F. J., Bolado García, V. E., & Blasco López, G. (2019). Compositional and antioxidant analysis of peels from different banana varieties (*Musa* spp.) for their possible use in developing enriched flours. *Acta Universitaria*, 29, 1-14. <https://doi.org/10.15174/au.2019.2260>
- Mahmoud, K. F., Shedeed, N. A., & Hussein, A. M. S. (2023). Production and quality evaluation of corn crackers fortified with freeze-dried banana peel and pulp. *Food and Humanity*, 1(12), 1680-169. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.11.019>
- Martins, S. I. F. S., Jongen, W. M. F., & van Boekel, M. A. J. S. (2000). A review of Maillard reaction in food and implications to kinetic modelling. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9-10), 364-373. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(01\)00022-X](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00022-X)
- Okumura, T. J., Sankom, A., Paranut, T., Srapinkornburi, W., Thanomwong C., & Tassanaudom., U. (2024). Optimal high-pressure processing for ready-to-eat banana jelly enriched with dietary fiber. *RMUTSB Academic Journal*, 12(1), 16-33. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/rmutsb-sci/article/view/261161> (in Thai)
- Pakpot, W. (2019). *Chemical Composition of Mango 'Nam Dok Mai No. 4' Peels and Brownie Product Development*. (Master of Science, Rajamangala University of Technology Thanyaburi). DSpace at Rajamangala University of Technology Thanyaburi. <http://www.repository.rmutt.ac.th/xmlui/handle/123456789/3730> (in Thai)
- Platho, Y., Permsup, K., Taweewattananon, R., Kooprasertying, P., & Wairojjana, N. (2024). Study of the appropriate amount of RD43 rice flour and piper *sarmentosum* Roxb. leaves in Krong Krang Krob product. *Journal of Thai Food Culture*, 5(2), 61-72. <https://so04.tci-thaijo.org/index.php/jfood/article/view/268077> (in Thai)
- Phaphothirat, K., Soteyome, T., Kee-ariyo, C., & Suteebut, N. (2017). Product development of osmotically dehydrated banana peels. (*Musa sapientum* L.). *Journal of Social Academic*, 10(S), 101-115. https://so04.tci-thaijo.org/index.php/social_crru/article/view/156096 (in Thai)
- Phugan, P. (2016). Effects of banana peel powder supplementation on qualities of banana cake. *SWU Science Journal*. 32(2), 227-238. <https://ejournals.swu.ac.th/index.php/sej/article/view/8295> (in Thai)

- Pomasa, P., Sinthusamran, S., Sai-Ut, S., & Techavuthiporn, C. (2023). Effects of Nam Dok Mai mango peel supplementation in crispy caramel chips on physicochemical and sensory properties. *Burapha Science Journal*, 28(3), 1750-1765. <https://scijournal.buu.ac.th/index.php/sci/article/view/4835> (in Thai)
- Roca, E., Broyart, B., Guillard, V., Guilbert, S., & Gontard, N. (2007). Controlling moisture transport in a cereal porous product by modification of structural or formulation parameters. *Food Research International*, 40(4), 461-469. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.07.015>
- Sayem, A. S. M., Talukder, S., Akter, S. S., Alam, M., Rana, M. R., & Alam, M. M. (2024). Utilization of fruits and vegetables wastes for the dietary fiber enrichment of biscuits and its quality attributes. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101077. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101077>
- Segura-Badilla, O., Kammar-García, A., Mosso-Vázquez, J., Ávila-Sosa Sánchez, R., Ochoa-Velasco, C., Hernández-Carranza, P., & Navarro-Cruz, A. R. (2022). Potential use of banana peel (*Musa cavendish*) as ingredient for pasta and bakery products. *Heliyon*, 8(10), e11044. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11044>
- Singh, A., Kumari, A., & Chauhan, A. K. (2022). Formulation and evaluation of novel functional snack bar with amaranth, rolled oat, and unripened banana peel powder. *Journal of Food Science and Technology*, 59, 3511-3521. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05344-6>
- Singta, S., & Kawee, A. (2025). Development of gluten - Free dried pasta product from banana peel powder. In *Proceedings of the 7th National Conference on Education Studies and Research Presentation, Uttaradit Rajabhat University* (pp. 13-25). Uttaradit: Uttaradit Rajabhat University. <https://kharusartsuksa.uru.ac.th/about/journal> (in Thai)
- Sodchit, C., Tochampa, W., Kongbangkerd, T., & Singanusong, R. (2014). Effect of banana peel cellulose as a dietary fiber supplement on baking and sensory qualities of butter cake. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 35(6), 641-646. <https://sjst.psu.ac.th/article.php?art=1365>
- Surojanamethakul, V., & Hiraga, C. (1994). Extraction of tannin from banana peel. *Agriculture and Natural Resources*, 28(4), 578-586. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/anres/article/view/241463> (in Thai)
- Teng, Y., Hu, X., Tao, N., & Wang, M. (2018). Impact and inhibitory mechanism of phenolic compounds on the formation of toxic Maillard reaction products in food. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(3), 321-329. <https://doi.org/10.15302/J-FASE-2017182>
- Thanyakor, T., Jitbanjong, S., Phugan, P., Singsom, S., & Inket, S. (2017). Develop of banana peel powder supplement cones ice cream. In *Proceedings of the 4th National Academic Conference, Institute of Research and Development, Kamphaeng Phet Rajabhat University* (pp. 1156-1163). Kamphaeng Phet: Kamphaeng Phet Rajabhat University. <https://research.kpru.ac.th/sac/fileconference/11442018-05-01.pdf> (in Thai)
- Trade Policy and Strategy Office. (2024, April 15). *Growing consumption of healthy snack products presents a favorable opportunity for Thai enterprises*. Trade Policy and Strategy Office (TPSO). <https://www.tpsso.go.th/news/2404-0000000006> (in Thai)