วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 3) กันยายน – ธันวาคม พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.3) September – December 2023 บทความวิจัย

ผลของการเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบต่อสมบัติทางเคมีกายภาพและสมบัติทางประสาทสัมผัส

Effects of Nam Dok Mai Mango Peel Supplementation in Crispy Caramel Chips on Physicochemical and Sensory Properties

ปานจิต ป้อมอาสา[1], สิริมา สินธุสำราญ[1], สามารถ สายอุต[2*] และ ชัยรัตน์ เตชวุฒิพร[1]

Panjit Pomasa[1], Sirima Sinthusamran[1], Samart Sai-Ut[2*] and Chairat Techavuthiporn[1]

[1]*ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประเทศไทย*

[2]*ภาควิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ประเทศไทย*

[1]*Department of Agricultural Education, School of Industrial Education and Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand*

[2]*Department of Food Science, Faculty of Science, Burapha University, Thailand*

Received : 9 May 2023

Revised : 6 June 2023

Accepted : 11 June 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ศึกษาและพัฒนาผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ที่ระดับร้อยละ 0, 20, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนักของปริมาณแป้งทั้งหมด) เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีกายภาพ และสมบัติทางประสาทสัมผัส ร่วมทั้งการศึกษาคุณภาพทางเคมีกายภาพระหว่างการเก็บรักษา 20 วัน พบว่า องค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากที่สุด (ร้อยละ 71.98) การเสริมเปลือกมะม่วงในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีคะแนนการยอมรับโดยรวมมากที่สุด แต่แตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับสูตรที่เสริมเปลือกมะม่วงปริมาณร้อยละ 0 และ 20 (โดยน้ำหนัก) การเสริมเปลือกมะม่วงปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีคะแนนความชอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมอยู่ในช่วง 7.72-7.96 คะแนน สำหรับคุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ครองแครงที่เสริมเปลือกมะม่วงปริมาณร้อยละ 30 พบว่า มีปริมาณไขมัน ค่าพลังงานทั้งหมดและปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน ($p<0.05$) ทั้งนี้ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) ค่าสี L^* และค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ดังนั้นการเสริมเปลือกมะม่วงสุกในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการในแง่การมีใยอาหารสูง ช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏและสีสัน รวมทั้งมีสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดีขึ้นซึ่งบ่งบอกจากค่าสีและค่าความแข็ง และมีการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้ทดสอบโดยไม่แตกต่างกับสูตรพื้นฐาน

คำสำคัญ : ครองแครงกรอบ ; เปลือกมะม่วง ; การเก็บรักษา ; องค์ประกอบทางเคมี ; สมบัติทางกายภาพ

Abstract

This study was taken on to prepare formulated crispy caramel chips with Nam Dok Mai mango peel at 0, 20, 30, 40 and 50% (w/w) in order to evaluate their proximate composition, quality characteristics, texture and sensory properties as well as its physicochemical properties during storage for 20 days. It was found that the chemical composition of the mango peel had the highest amount of carbohydrates (71.98%). The texture of the crispy caramel chips formulated with the ripe mango peel 30% (w/w) were the highest score value. The 30% mango peel supplementation had appearance, color, odor, taste, texture and overall liking score in the range of 7.72-7.96. For the physicochemical characteristics, crispy caramel chips supplemented with mango peel of 30% was found that the fat content, total energy value and soluble fiber content were lower than those of the basic formula ($p<0.05$). The water activity (a_w), L^*, and a^* value of the basic formula and enriched treatment (30%) were not significantly different ($p>0.05$). Therefore, the addition of Nam Dok Mai mango peel to crispy caramel chips increased the nutritional value especially carbohydrates content and fiber as well as improved appearance and color of the final developed product. Thus, mango peel supplementation in crispy caramel chips could provide the better physicochemical properties indicated by color and hardness values and sensory properties compare with the basic formula.

Keywords : crispy caramel chips ; mango peel ; storage ; chemical composition ; physical properties

***Corresponding author. E-mail** : samarts@go.buu.ac.th

บทนำ

ประเทศไทยมีการเพาะปลูกผลไม้จำนวนมาก เช่น มะม่วง มะยงชิด มะปราง ละมุด มะละกอ ขนุน และกล้วย เป็นต้น โดยเฉพาะการผลิตมะม่วงในประเทศไทยมีจำนวนมากถึง 3 ล้านตันต่อปี ซึ่งสูงเป็นอันดับ 3 ของโลก โดยสร้างรายได้จากการส่งออกมะม่วงแปรรูปในช่วงปี พ.ศ. 2560-2564 เฉลี่ยปีละ 4,475.37 ล้านบาท จึงมีการนำผลไม้มาผ่านกระบวนการแปรรูปไปเป็นผลิตภัณฑ์จากผลไม้**ในรูปแบบ**ต่าง ๆ ทำให้เกิดเศษเหลือจากผลไม้เกิดขึ้นจำนวนมมาก เช่น เปลือก เมล็ด เป็นต้น ทั้งนี้ เศษเหลือจากผลไม้เหล่านี้ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สำคัญ (Lucarini *et al*., 2021) โดยเปลือกมะม่วงเป็นวัสดุเศษเหลือจากการเกษตรที่สำคัญ ซึ่งมีสารประกอบโพลีฟีนอลและใยอาหารในปริมาณสูง ซึ่งสามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ขาดองค์ประกอบดังกล่าวให้มากขึ้น เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความใหม่และหลากหลาย โดยปกติจะมีการใช้เนื้อมะม่วงเพียงอย่างเดียวในทางการค้า ไม่ได้นำทุกส่วนจากมะม่วงไปใช้ประโยชน์ทั้งหมด และในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากได้ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบจากมะม่วงที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ โดยนำส่วนต่างๆ ของมะม่วงมาสกัดด้วยวิธีการสกัดต่างๆ เช่น การต้มโดยตรง การทำให้ละลายด้วยตัวทำละลาย การกลั่น และการบีบคั้น รวมทั้งมีการใช้เทคโนโลยีขั้นสูงและวิธีการสกัดสีเขียว (green extraction) มาใช้ร่วมด้วย เช่น การใช้อัลตราซาวด์หรือการใช้เอนไซม์ช่วยในการสกัด เป็นต้น สารสกัดที่ได้จากมะม่วงส่วนใหญ่ ได้แก่ แคโรทีนอยด์ ใยอาหาร และสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อระบบทางเดินอาหาร มีฤทธิ์ทางชีวภาพต่างๆ เช่น โพลีฟีนอลที่ลดความเสี่ยงของความผิดปกติของการเผาผลาญ นอกจากนี้ สารสกัดที่ได้มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ ด้วยเหตุนี้ การนำเศษเหลือจากผลไม้อย่างมะม่วง โดยเฉพาะเปลือก มาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งสารอาหารที่เสริมคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ เพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหารนั้น เพื่อลดปริมาณเศษเหลือที่เกิดขึ้นจากกระบวนการแปรรูปผลไม้ และเพื่อสร้างความหลากหลายให้แก่ผลิตภัณฑ์อาหาร ทั้งนี้ มีงานวิจัยที่มีการนำเศษเหลือจากผักและผลไม้มาเสริมลงในผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ เช่น โยเกิร์ตเสริมเปลือกมะม่วง กะละแมเสริมซังขนุน (Pomasa *et al*., 2021) ขนมครองแครงกรอบจากผงผักคะน้าตกเกรดโรงงานตัดแต่งผักและผลไม้ น้ำพริกเผาเสริมเปลือกถั่วเขียว (Pomasa *et al*., 2020) วุ้นกรอบจากน้ำเชื่อมสตรอว์เบอร์รีเศษเหลือโรงงานสตรอว์เบอร์รีแช่เยือกแข็ง (Maitreedech *et al.,* 2019) เป็นต้น

ขนมครองแครงกรอบ เป็นขนมไทยโบราณที่มีเนื้อสัมผัสแห้งกรอบ มีส่วนผสมหลัก คือ แป้งสาลี ไข่ กะทิ เกลือ และน้ำตาล มีลักษณะเป็นแผ่นเกรียวคล้ายก้นหอยพื้นผิวเป็นริ้วๆ หรือเป็นแผ่นสี่เหลี่ยมบาง นำไปทอดจนกรอบ จากนั้นนำไปเคลือบด้วยน้ำตาลที่มีส่วนผสมของกระเทียม รากผักชี และพริกไทย ที่เคี่ยวจนเหนียวข้น รสชาติของขนมครองแครงกรอบจะมีรสเผ็ดเล็กน้อยจากพริกไทย และมีกลิ่นหอมของกระเทียมกับรากผักชี ซึ่งขนมครองแครงกรอบจัดเป็นขนมขบเคี้ยวชนิดหนึ่งที่มีไว้เพื่อระงับความหิวระหว่างมื้อ และให้พลังงานแก่ร่างกายได้ (Nanthachai *et al*., 2021) โดยปัจจุบันมีผู้ประกอบการผลิตขนมครองแครงกรอบจำนวนมากที่ต้องการพัฒนาขนมครองแครงกรอบในรูปแบบใหม่เพื่อปรับปรุงคุณภาพด้านรสชาติและคุณประโยชน์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่จะเป็นแรงดึงดูดความสนใจผู้บริโภคและ

ส่งเสริมการเติบโตในธุรกิจขนมครองแครงกรอบ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีการศึกษาการเสริมเปลือกผลไม้ในผลิตภัณฑ์ขนมครองแครงกรอบ ดังนั้น การนำเปลือกผลไม้มาเสริมลงในผลิตภัณฑ์ขนมครองแครงกรอบ ซึ่งเป็นรูปแบบหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตร และยังเป็นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบให้มีรสชาติ สีสัน และมีคุณค่าทางโภชนาการเพิ่มขึ้นต่างไปจากปกติด้วย โดยการศึกษาปริมาณของเปลือกมะม่วงสุกที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมครองแครงกรอบ รวมทั้งศึกษาคุณลักษณะทางเคมี กายภาพ และสมบัติทางประสาทสัมผัส รวมทั้งการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ขนมครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุก

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมเปลือกมะม่วง

นำมะม่วงน้ำดอกไม้สุก ซึ่งมีสีเหลืองมาปอกเปลือก และล้างทำความสะอาด ตั้งให้สะเด็ดน้ำที่อุณหภูมิห้อง นาน 5 นาที แล้วนำมาปั่นในเครื่องปั่นอาหาร (Phillips, Guangzhou, China) ที่ความแรงระดับ 2 นาน 5 นาที จากนั้นนำเปลือกมะม่วงที่ผ่านการปั่นละเอียดแล้วมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จนกระทั่งนำมาผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วง

2. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วง

นำเปลือกมะม่วงที่ปั่นละเอียดแล้วมาวิเคราะห์ค่าสี (L^*, a^* และ b^*) ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเยื่อใย และปริมาณเถ้า ตามวิธีของ AOAC (2000) รวมทั้งปริมาณคาร์โบไฮเดรต โดยคำนวณจากสูตร ร้อยละคาร์โบไฮเดรต = 100 – ร้อยละของ (โปรตีน + ไขมัน +เถ้า + ความชื้น)

Figure 1 The photographs of mango peel (Nam Dok Mai)

3 การผลิตผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน

3.1 การผลิตตัวครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย แป้งสาลีอเนกประสงค์ 440 กรัม แป้งข้าวเจ้า 25 กรัม ไข่ไก่ 50 กรัม เกลือป่น 2 กรัม กะทิ 50 กรัม น้ำปูนใส 35 กรัม และเนยสด 30 กรัม มีกรรมวิธีการผลิตดังนี้

3.1.1 นำไข่ไก่ กะทิ น้ำปูนใส และเนยสดมาผสมให้เข้ากัน

3.1.2 นำแป้งสาลี แป้งข้าวเจ้า และเกลือมาผสมกับส่วนผสมในข้อ 3.1.1 จากนั้นค่อย ๆ นวดให้เข้ากันเป็นเวลา 10 นาที

3.1.3 นำส่วนผสมแป้งที่ได้มาปั้นให้เป็นก้อนขนาดเล็กที่มีน้ำหนัก 1.2±0.2 กรัม และกดลงบนแม่พิมพ์ครองแครง

3.1.4 นำตัวแป้งครองแครงที่ได้มาทอดในน้ำมันพืชที่ร้อน 110±2 องศาเซลเซียส นาน 8 นาที จากนั้นตักตัวครองแครงขึ้นมาพักให้สะเด็ดน้ำมัน

3.2 การผลิตน้ำตาลคลุกตัวครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน ซึ่งประกอบด้วย น้ำตาลปี๊บ 77 กรัม น้ำตาลทราย 118 กรัม รากผักชี 30 กรัม พริกไทยป่น 5 กรัม น้ำปลา 50 กรัม น้ำเปล่า 115 กรัม และน้ำมันพืช 35 กรัม มีกรรมวิธีการผลิตดังนี้

3.2.1 นำรากผักชีและพริกไทยป่น มาโขลกให้ละเอียด

3.2.2 นำ น้ำตาลปี๊บ น้ำตาลทราย น้ำปลา และน้ำเปล่ามาผสมให้เข้ากัน

3.2.3 นำส่วนผสมในข้อ 3.2.1 ลงไปผัดในกระทะทองเหลืองที่มีน้ำมันอุณหภูมิ 120±2 องศาเซลเซียส จากนั้นใส่ส่วนผสมในข้อ 3.2.2 ลงไปผัดต่อนาน 3 นาที

3.2.4 นำตัวครองแครงที่ได้จากข้อ 3.1.4 ลงไปคลุกในส่วนผสมข้อ 3.2.3 นาน 1 นาที จากนั้นตักตัวครองแครงขึ้นมาวางลงบนถาดเกลี่ยให้ทั่วแล้วพักให้เย็น จะเป็นผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน

4. การศึกษาผลของการเสริมเปลือกมะม่วงสุกในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบ

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 0, 20, 3,0 40 และ 50 (โดยน้ำหนักของปริมาณแป้งทั้งหมด) โดยการเติมเปลือกมะม่วงสุกที่ผ่านการปั่นละเอียดแล้วลงไปผสมกับส่วนผสมของแป้ง จากนั้นคลุกเคล้าจนเปลือกมะม่วงสุกเป็นเนื้อเดียวกับแป้งก่อน ซึ่งกรรมวิธีการผลิตเป็นเช่นเดียวกับผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน จากนั้นนำผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ได้มาทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งทำการทดสอบแบบ 9-point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ และ 9 = ชอบมากที่สุด) การทดสอบใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกนำเสนอในถุงซิปล็อกพลาสติก โดยลำดับการนำเสนอตัวอย่างผลิตภัณฑ์ทำตามวิธีของ Carr *et al.* (1999) ผู้ทดสอบต้องดื่มน้ำคั่นระหว่างตัวอย่าง จากนั้นทำการเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงที่สุดมาใช้ในขั้นตอนต่อไป

5. การศึกษาลักษณะทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วง

นำครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากผู้บริโภค และครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานมาตรวจสอบค่าดังต่อไปนี้

5.1 ค่าสี ด้วยระบบ L^*, a^* และ b^* ด้วยเครื่อง HunterLab MiniScan@XE Plus (Hunter Associates Laboratory Inc., USA)

5.2 ค่าความแข็ง (Hardness) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyser รุ่น EZ Test (EZ–Sx) SHIMADZU) โดยการทอสอบ fracture test ใช้หัววัด (probe) TA10ss ขนาด 35 mm

5.3 ค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) ด้วยเครื่อง Water activity meter (Aqualab Series 3TE, Decagon devices Inc., Pullman, WA, USA)

5.4 ค่าร้อยละปริมาณความชื้น ปริมาณไขมัน ปริมาณโปรตีน ปริมาณเส้นใยหยาบ และปริมาณเถ้าตามวิธีของ AOAC (2000) รวมทั้งปริมาณคาร์โบไฮเดรตโดยการคำนวณจากสูตร ร้อยละคาร์โบไฮเดรต = 100 – ร้อยละของ (โปรตีน + ไขมัน +เถ้า + ความชื้น)

5.5 ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำและปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำ ด้วยวิธี AOAC (2016)

5.6 ค่าพลังงานทั้งหมด โดยการคำนวณจากสูตรพลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม) = (ร้อยละไขมัน × 9) + (ร้อยละโปรตีน × 4) + (ร้อยละคาร์โบไฮเดรต × 4)

6. การศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุก

นำครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ได้รับการยอมรับมากที่สุดจากผู้บริโภค และครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานบรรจุในบรรจุภัณฑ์ถุงพลาสติก Polypropylene ชนิดใสปิดผนึกสนิทด้วยความร้อน น้ำหนักบรรจุ 50 กรัม มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 20 วัน โดยสุ่มตัวอย่างทุกวันที่ 0, 5, 10, 15 และ 20 ของการเก็บรักษามาตรวจสอบค่า Peroxide ตามวิธีของ AOCS, (1990) และค่าความแข็ง ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส

7. การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบทางประสาทสัมผัส วางแผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบข้อมูลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Rage Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 การวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีและคุณภาพทางกายภาพ วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized design) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบข้อมูลความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple's Rage Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเปลือกมะม่วงสุก

จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก (Table 1) พบว่า เปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณความชื้นร้อยละ 21.45 ปริมาณไขมันร้อยละ 0.46 ปริมาณโปรตีนร้อยละ 2.65 ปริมาณเถ้าร้อยละ 3.46 และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 71.98 โดยมีเส้นใยหยาบปริมาณร้อยละ 4.44 ซึ่งเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก มีค่าสี L^* a^* และ b^* ที่ 75.03, 2.12 และ 49.08 ตามลำดับ

Table 1 Chemical and physical characteristics of mango peel

Chemical and physical properties	Mango peel
Moisture content (%)	21.45±0.36*
Lipid (%)	0.46±0.34
Protein (%)	2.65±0.04
Ash (%)	3.46±0.11
Carbohydrate (%)	71.98±0.21
Fiber (%)	4.44±0.35
Color value	
*L**-value	75.03±1.18
*a**-value	2.12±0.61
*b**-value	49.08±0.79

*Data are expressed as mean ± SD.

2. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุก

จากการศึกษาปริมาณเปลือกมะม่วงสุกที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบ โดยการเสริมเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณร้อยละ 0 (สูตรพื้นฐาน) 20, 30, 40 และ 50 (โดยน้ำหนัก) ลงในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบ ทำให้ได้ลักษณะของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุก แสดงดัง Figure 2 และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงดัง Table 2 ซึ่งใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน พบว่า คะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี และเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 0 และร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีค่าสูงที่สุด ($p<0.05$) ยกเว้นคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่ไม่เสริมเปลือกมะม่วงสุก (ร้อยละ 0) มีคะแนนแตกต่างอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) เมื่อเทียบจากผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 20 และ 40 (โดยน้ำหนัก) สำหรับคะแนนความชอบในด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 0-30 (โดยน้ำหนัก) มีค่าสูงกว่าผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 40 และร้อยละ 50 (โดยน้ำหนัก) ($p<0.05$) ส่วนคะแนนความชอบในด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 0-40 (โดยน้ำหนัก) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 50 (โดยน้ำหนัก) มีความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่

ปริมาณร้อยละ 0 และ 40 (โดยน้ำหนัก) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) สำหรับคะแนนความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 0-30 (โดยน้ำหนัก) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 40 (โดยน้ำหนัก) มีค่าความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 0 และร้อยละ 20 (โดยน้ำหนัก) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 50 (โดยน้ำหนัก) มีคะแนนความชอบในด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมต่ำที่สุด ($p<0.05$) ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีคะแนนความชอบทั้ง 6 ด้าน อยู่ในช่วง 7.72-7.96 ซึ่งมีคะแนนอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลาง โดยมีคะแนนที่แตกต่างจากผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่ไม่เสริมเปลือกมะม่วงสุก (ช่วงคะแนน 7.46-8.10) อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Table 2 Sensory evaluation properties of crispy caramel chips as affected by different levels of mango peel supplementation

Attributes	Mango peel				
	0%	20%	30%	40%	50%
Appearance	8.04±0.90*a	7.48±0.74b	7.94±0.93a	7.34±1.00b	6.70±1.07c
Colour	8.10±0.89a	7.34±1.00b	7.96±0.92a	7.40±0.95b	6.48±0.54c
Odour	7.46±1.03a	7.46±1.03a	7.72±0.78a	7.40±1.21b	7.20±0.86b
Taste	7.64±1.17ab	7.74±1.19a	7.82±1.16a	7.48±1.31ab	7.34±0.98b
Texture	7.66±0.82ab	7.44±1.26b	7.80±0.76a	7.38±1.01b	6.72±1.05c
Overall acceptability	7.74±1.16ab	7.68±0.96ab	7.90±0.91a	7.48±1.23b	6.98±0.77c

*Data are expressed as mean ± SD.

a-c means within the same attribute in row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

Figure 2 The photographs of crispy caramel chips as affected by different levels of mango peel supplementation

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุก

คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ครองแครงที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณร้อยละ 0 (สูตรพื้นฐาน) และผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) แสดงผลดัง Table 3 พบว่า ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีปริมาณความชื้น (ร้อยละ 0.66-0.92) ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ 5.40-5.90) ปริมาณเถ้า (ร้อยละ 0.82-0.91) และปริมาณคาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ 78.92-79.66) แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) ซึ่งผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีปริมาณไขมัน ค่าพลังงานทั้งหมด และปริมาณใยอาหารที่ละลายน้ำได้ที่ต่ำกว่าผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน ($p<0.05$) ทั้งนี้ ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีปริมาณใยอาหารหยาบ ปริมาณใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำ และปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐาน ($p<0.05$) สำหรับค่ากิจกรรมของน้ำอิสระ (a_w) ค่าสี L^* และค่า a^* ของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ส่วนค่า b^* และค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานมีค่าที่สูงกว่าผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) ($p<0.05$)

4. ผลการศึกษาค่าเปอร์ออกไซด์และความแข็งของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเปลือกมะม่วงสุก

การตรวจพบเปอร์ออกไซด์เป็นหลักฐานเบื้องต้นของการเหม็นหืนในไขมันและน้ำมันไม่อิ่มตัว และเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นตัวชี้วัดตัวอย่างน้ำมันที่ผ่านกระบวนการออกซิเดชั่นปฐมภูมิ โดยผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณร้อยละ 0 (สูตรพื้นฐาน) และผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบที่เสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ปริมาณร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) (Table 4) มีค่าเปอร์ออกไซด์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

Table 3 Chemical and physical characteristics of crispy caramel chips without and with 30% mango peel supplementation

Chemical and physical characteristics	Crispy caramel chips	
	0% Mango peel (Control)	30% Mango peel
Moisture content^{ns} (%)	0.66±0.14*a	0.92±0.15a
Lipid (%)	13.70±0.23a	13.11±0.15b
Protein^{ns} (%)	5.90±0.41a	5.40±0.57a
Ash^{ns} (%)	0.82±0.03a	0.91±0.05a
Crude fiber (%)	0.80±0.12b	2.77±0.31a
Carbohydrate^{ns} (%)	78.92±0.20a	79.66±0.22a
Energy (Kcal/g)	462.57±1.81a	458.27±0.04b
Insoluble fiber (g/100 g solid)	2.83±0.09b	4.34±0.07a
Soluble fiber (g/100 g solid)	1.79±0.03a	1.49±0.02b
Total dietary fiber (g/100 g solid)	4.62±0.12b	5.83±0.09a
a_w^{ns}	0.24±0.4a	0.31±0.01a
Color value		
*L**-value^{ns}	57.01±1.61a	54.20±2.35a
*a**-value^{ns}	9.94±0.28a	9.93±0.76a
*b**-value	31.56±1.98a	24.60±5.07b
Hardness (N)	10.47±1.19a	7.56±0.20b

*Data are expressed as mean ± SD.

ns is not significant different.

Different lowercase letters in the same row indicate significant difference ($p<0.05$).

Table 4 Peroxide and hardness values of crispy caramel chips without and with 30% mango peel supplementation during storage

Storage time (day)	Peroxide value (meq PV/kg sample)		Hardness value (N)	
	Control	30% Mango peel	Control	30% Mango peel)
0	6.40±0.15*b	7.91±0.30a	10.47±1.19a	7.56±0.20b
5	7.05±0.33b	8.70±0.45a	10.36±0.91	9.01±0.70
10	11.64±0.73b	19.36±0.32a	12.59±0.63	10.73±1.06
15	12.00±0.71b	19.75±0.87a	13.76±0.37a	12.52±0.59b
20	12.74±0.69b	19.86±0.85a	14.95±1.05	14.04±1.24

*Data are expressed as mean ± SD.

Different lowercase letters in the same row within the same attribute indicate significant difference ($p<0.05$).

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุก พบว่า มีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตสูงถึงร้อยละ 71.98±0.21 ซึ่งปกติเปลือกมะม่วงมีเพคตินจำนวนมาก รวมทั้งมีเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส โพลีฟีนอล และแคโรทีนอยด์ นอกจากนี้ เปลือกมะม่วงยังมีสารประกอบกลุ่มแคโรทีนอยด์และสารประกอบฟีนอลที่สูงมากอีกด้วย ซึ่งมีฤทธิ์ทางชีวภาพในการต้านการอักเสบและมีประโยชน์อื่นๆ ต่อร่างกาย (Zhang *et al*., 2020) จึงเป็นประโยชน์หากนำเปลือกมะม่วงไปเสริมในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อส่งเสริมสุขภาพ อย่างไรก็ตาม เปลือกมะม่วงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สูงจึงทำให้เปลือกมะม่วงมีปริมาณแคลอรี่สูงตามไปด้วย (288 kcal ต่อ 100 กรัมตัวอย่างผงแห้ง) นอกจากนี้ เปลือกมะม่วงยังมีแร่ธาตุอยู่จำนวนหนึ่งซึ่งมีรายงานว่าเปลือกมะม่วงอุดมไปด้วยแร่ธาตุชนิดต่างๆ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส เหล็ก แมงกานีส และทองแดง ซึ่งแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ของมะม่วง (Madalageri *et al*., 2017) ทั้งนี้ยังมีวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมีของเปลือกมะม่วง ซึ่งพบว่าเปลือกมะม่วงเป็นแหล่งใยอาหารที่ดีและมีสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าส่วนเนื้อและส่วนอื่นๆ ของมะม่วง (Patil *et al*., 2015) โดยใยอาหารในมะม่วงมีประโยชน์ต่อการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อเป็นส่วนผสมสำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารของมนุษย์ เพราะใยอาหารมีส่วนช่วยให้กระบวนการในทางเดินอาหารสมดุลและทำงานเป็นปกติ (Gill *et al*., 2021) มะม่วงมีทั้งเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ โดยการศึกษาของ Gupta *et al*. (2022) รายงานว่าเปลือกมะม่วงมีเส้นใยอาหารทั้งหมดประมาณร้อยละ 28-78 โดยใยอาหารที่ไม่ละลายน้ำอยู่ที่ร้อยละ 14-50 และใยอาหารที่ละลายน้ำได้อยู่ที่ร้อยละ 13-28 ซึ่งปริมาณเส้นใยอาหารที่ละลายน้ำได้ในเปลือกมะม่วงสุกมีมากกว่าเปลือกดิบ (Serna-Cock *et al*., 2016) ด้วยข้อมูลทั้งหมดนี้เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกจึงเป็นแหล่งของคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อนที่ดีและ

มีแร่ธาตุที่หลากหลายซึ่งถือเป็นวัตถุดิบที่ดีในการใช้เสริมในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเพื่อพัฒนาไปเป็นอาหารเพื่อสุขภาพที่มีมูลค่าต่อไป

ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกเห็นได้ว่าผู้บริโภคมีความชอบลดลงในด้านลักษณปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมเมื่อการเสริมเปลือกมะม่วงสุกในปริมาณมากขึ้น มีเพียงการเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับร้อยละ 40 เท่านั้นที่ไม่ส่งผลต่อความชอบในด้านเนื้อสัมผัส อย่างไรก็ตาม ในระดับการเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) ไม่มีความแตกต่างในด้านต่างๆ ซึ่งการเสริมเปลือกมะม่วงสุกในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบมากเกินไปทำให้ผลิตภัณฑ์มีจุดดำมากขึ้น มีสีที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ สี และการยอมรับโดยรวมลดลง นอกจากนี้ อาจเกิดจากปฏิกิริยา Maillard และกระบวนการเคี่ยวไหม้ (Caramelization) ที่ทำให้มีสีน้ำตาลของผลิตภัณฑ์มากขึ้น น้ำตาลที่อาจพบในเปลือกมะม่วงสุกนั้นถือเป็นสาเหตุในการเปลี่ยนแปลงสีน้ำตาลในระหว่างการอบมากขึ้น (Laguna *et al*., 2011) ซึ่งสีของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับการยอมรับผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภคในขั้นต้น การเสริมเปลือกมะม่วงสูงมากเกินไป (เกินกว่าร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก) ส่งผลต่อโครงสร้างภายในของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบซึ่งเป็นผลจากการมีใยอาหารมากขึ้น และส่งผลต่อเนื้อสัมผัสซึ่งผู้ประเมินสามารถรับรู้ได้จากการเปลี่ยนแปลงนี้อีกด้วย ดังนั้นในการศึกษาต่อไปจึงใช้การเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) ในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบต่อไป เพราะส่งผลต่อค่าการประเมินทางประสาทสัมผัสในความชอบด้านต่างๆ น้อยที่สุด

องค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกเมื่อเทียบกับสูตรพื้นฐานพบว่า ใยอาหารชนิดไม่ละลายน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าเพราะเปลือกมะม่วงอุดมไปด้วยใยอาหารที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ (Gupta *et al*., 2022) ซึ่งองค์ประกอบนี้ไม่ให้พลังงานจึงส่งผลต่อค่าพลังงานที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญด้วย ($p<0.05$) อย่างไรก็ตาม ใยอาหารที่ละลายน้ำได้มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยซึ่งอาจเกิดจากการสูญเสียใยอาหารชนิดละลายน้ำได้ในกระบวนการแปรรูปและขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่อาจถูกชะล้างด้วยตัวกลางที่เป็นน้ำ ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกมีปริมาณน้ำอิสระมากขึ้น (a_w) ซึ่งสัมพันธ์กันกับปริมาณน้ำในผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองนี้มีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ ($p>0.05$) โดยทั่วไปผลิตภัณฑ์อาหารที่มีปริมาณความชื้นหรือน้ำมาก มักมีค่า a_w สูง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความชื้นและน้ำอิสระมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบที่อยู่ในผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากองค์ประกอบบางอย่างสามารถมีอันตรกิริยากับน้ำอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารได้จึงทำให้ค่า a_w ลดลง ในผลิตภัณฑ์อาหารทั่วไปสามารถลดค่า a_w ได้โดยการเติมสารหรือวัตถุปรุงแต่งอื่นๆ ซึ่งสามารถแย่งจับโมเลกุลน้ำในอาหารได้ เช่น การเติมเกลือ น้ำตาล หรือสารควบคุมความชื้นอื่นๆ (Roca *et al*., 2007) ซึ่งเปลือกมะม่วงอาจมีองค์ประกอบที่ชอบน้ำจึงสามารถดึงน้ำอิสระจากสิ่งแวดล้อมมายังภายในโครงสร้างผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบมากกว่าการยึดโมเลกุลน้ำภายในผลิตภัณฑ์ การเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบหลังจากเสริมเปลือกมะม่วงสุกมีค่าสี b^* ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยค่าสี b^* ที่ลดลงบ่งบอกถึงเฉดสีเหลืองที่ลดลงซึ่งเป็นผลมาจากการเปลี่ยนแปลงของรงควัตถุที่พบได้ในเปลือกของมะม่วง

น้ำดอกไม้สุกระหว่างกระบวนการแปรรูปด้วยความร้อน ซึ่งแคโรทีนอยด์มักพบในเปลือกมะม่วงมีหน้าที่สร้างสีเหลือง ส้ม และแดง และยังเป็นแหล่งของเบต้าแคโรทีน และวิตามินเอ (Ribeiro *et al*., 2007) มีรายงานอ้างถึงเปลือกมะม่วงมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระซึ่งมีส่วนช่วยในการรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือด มะเร็ง และเบาหวานในมนุษย์ (Giampieri *et al*., 2018; Yang *et al*. 2017; Skates *et al*., 2018) และยังสามารถนำรงควัตถุนี้ไปใช้เป็นสารแต่งสีได้ด้วย (Kayesh *et al*., 2013)

การเสริมเปลือกมะม่วงสุกส่งผลให้คุณภาพเนื้อสัมผัสของครองแครงกรอบเปลี่ยนไปอย่างมาก การเสริมเปลือกมะม่วงสุกที่ระดับร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีค่าความแข็งลดลง โดยค่าความแข็งของครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกมีค่าลดลงอาจเป็นผลมาจากคาร์โบไฮเดรตเชิงซ้อน เช่น เพคติน เซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส ที่ทำหน้าที่ลดการยึดเกาะขององค์ประกอบอื่นๆ ภายในโครงสร้างของครองแครงกรอบจึงลดแรงต้านทานในการกดทับหรือทนต่อการแตกหักของโครงสร้าง เป็นผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสที่แข็งน้อยลง มีรายงานว่าผลิตภัณฑ์ขนมอบที่มีมอลโตเด็กซ์ตรินและเพคติน ทำให้ค่าความแข็งลดลงและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มนวลขึ้น (Yanniotis *et al*., 2007) จากผลการศึกษาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเป็นเวลา 20 วัน พบว่า ค่าความแข็งมากขึ้นทั้งในสูตรพื้นฐานและเสริมเปลือกมะม่วงร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) ซึ่งค่าความแข็งของผลิตภัณฑ์ที่มากขึ้นในระหว่างการเก็บรักษานี้เป็นผลจากการรวมตัวกันระหว่างองค์ประกอบกลุ่มโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต และการสูญเสียความชื้นระหว่างเก็บรักษา นอกจากนี้ความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมอบอาจมีสาเหตุจากความสามารถในการละลายของน้ำตาลในการผสมแป้งของขนมอบซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญต่อความแข็งของผลิตภัณฑ์ขนมอบ ความแข็งของแป้งขนมอบมีความเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาระหว่างน้ำตาลกับน้ำและการพัฒนาของกลูเตน (Boz, 2019) อย่างไรก็ตาม การศึกษาของ Hoseney และ Rogers (1994) กล่าวว่า ค่าความแข็งของขนมอบเกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโปรตีนและแป้งด้วยพันธะไฮโดรเจน การเพิ่มขึ้นของปริมาณโปรตีนอาจเป็นเหตุผลที่มีแนวโน้มว่าเนื้อสัมผัสแข็งขึ้นเนื่องจากปฏิกิริยาระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ในแป้งโดเมื่อระยะเวลาผ่านไป (Cheng & Bhat 2016)

ค่าเปอร์ออกไซด์ของผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบสูตรพื้นฐานและผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกในระหว่างการเก็บรักษามีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) โดยพบค่าเปอร์ออกไซด์สูงสุดในวันที่ 20 ของการเก็บรักษา ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดมาตรฐานของน้ำมันปาล์มให้มีค่าเพอร์ออกไซด์ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมสมมูลเพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม ซึ่งค่าเปอร์ออกไซด์ของทั้งสองผลิตภัณฑ์มีค่าเกินมาตรฐานตั้งแต่วันที่ 10 อย่างไรก็ตาม ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกในระดับร้อยละ 30 (โดยน้ำหนัก) มีค่าเปอร์ออกไซด์มากกว่าสูตรพื้นฐาน อาจเป็นไปได้ที่องค์ประกอบภายในเปลือกมะม่วงมีสารตั้งต้นที่ช่วยเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อเชื่อมโยงกับปริมาณแร่ธาตุที่พบมากในเปลือกมะม่วงอาจเป็นสาเหตุในการเพิ่มเปอร์ออกไซด์ ซึ่งคุณภาพระหว่างการเก็บรักษาขนมอบกรอบมีปัจจัยที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคและคุณค่าทางโภชนการ (Almeida *et al*., 2017) โดยกลิ่นเหม็นหืนเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพของอาหารที่สำคัญ ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ แสง ออกซิเจน โลหะ เอนไซม์ การมีอยู่ของสารต้านอนุมูลอิสระหรือพร็อกซิแดนต์ องค์ประกอบของชนิดกรดไขมัน และการใช้บรรจุภัณฑ์ที่ป้องกันออกซิเจนได้ (Pristouri *et al*.,

2010) ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบเสริมเปลือกมะม่วงสุกจึงจำเป็นต้องหาสาเหตุและป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันและพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ระหว่างการเก็บรักษาต่อไป

สรุปผลการวิจัย

เปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกมีองค์ประกอบของคาร์โบไฮเดรตสูง (ร้อยละ 71.98) และมีใยอาหารชนิดที่ละลายและไม่ละลายน้ำ และจากผลการศึกษาของการเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้ในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบพบว่าการเสริมเปลือกมะม่วงน้ำดอกไม้สุกที่ระดับร้อยละ 30 ได้คะแนนทางประสาทสัมผัสและความชอบโดยรวมไม่แตกต่างจากสูตรพื้นฐาน การเสริมเปลือกมะม่วงสุกในผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบช่วยเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านคาร์โบไฮเดรต ปรับปรุงลักษณะปรากฏและสีสันของผลิตภัณฑ์ ปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีสมบัติทางเคมีกายภาพที่ดีขึ้น อย่างไรก็ตามระหว่างการเก็บรักษานาน 20 วัน ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบมีค่าความแข็งและค่าค่าเปอร์ออกไซด์เพิ่มมากขึ้น หากประเมินตามค่ามาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบมีอายุการเก็บรักษา 5 วัน การนำเปลือกผลไม้มาเสริมลงในผลิตภัณฑ์ขนมอบกรอบเป็นรูปแบบการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตผลทางการเกษตร และยังพัฒนาผลิตภัณฑ์ครองแครงกรอบให้มีสมบัติทางกายภาพซึ่งบ่งบอกจากค่าสีและค่าความแข็ง และมีคุณค่าทางโภชนาการดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เอกสารอ้างอิง

Almeida, D.T., Nunes, I.L., Conde, P.L., Rosa, R.P.S., Rogério, W.F., & Machado, E.R. (2013). A quality assessment of crude palm oil marketed in Bahia, Brazil. *Grasas y Aceites, 64*(4), 387-394.

AOAC. (2000). Official methods of analysis, (17th ed.). Gaithersburg, MD: Association of Official Analytical Chemists

AOCS. (1990). The official methods and recommended practices, (4th ed.). Champaign, IL: American Oil Chemists' Society.

Boz H. (2019). Effect of flour and sugar particle size on the properties of cookie dough and cookie. *Czech Journal of Food Sciences, 37*(2), 120-127.

Carr, B.T., Meilgaard, M. & Civille, G. (1999). Sensory evaluation techniques. CRC Press, Washington, DC.

Cheng, Y.F., & Bhat, R. (2016). Functional, physicochemical and sensory properties of novel cookies produced by utilizing underutilized jering (*Pithecellobium jiringa* Jack.) legume flour. *Food Bioscience, 14*, 54–61.

Giampieri, F., Gasparrini, M., Forbes-Hernandez, T.Y., Mazzoni, L., Capocasa, F., Sabbadini, S., Alvarez-Suarez, J.M., Afrin, S., Rosati, C., Pandolfini, T., Molesini, B., Sánchez-Sevilla, J.F., Amaya, I., Mezzetti, B., & Battino, M. (2018). Overexpression of the anthocyanidin synthase gene in strawberry enhances antioxidant capacity and cytotoxic effects on human hepatic cancer cells. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 66*(3), 581–592.

Gill, S.K., Rossi, M., Bajka, B., & Whelan K. (2021). Dietary fibre in gastrointestinal health and disease. *Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, 18*(2), 101-116.

Gupta, A.K., Gurjar, P.S., Beer, K., Pongener, A., Ravi, S.C., Singh, S., Verma, A., Singh, A., Thakur, M., Tripathy, S., & Verma. D.K. (2022). A review on valorization of different byproducts of mango (*Mangifera indica* L.) for functional food and human health. *Food Bioscience, 48*, 101783.

Hoseney, R., & Rogers, D. (1994). Mechanism of sugar functionality in cookies. *The science of cookie and cracker production,* 1, 203–225.

Kayesh, E., Shangguan, L., Korir, N.K., Sun, X., Bilkish, N., Zhang, Y., Han, J., Song, C., Cheng, Z., & Fang, J. (2013). Fruit skin color and the role of anthocyanin. *Acta physiologiae plantarum, 35*, 2879–2890.

Laguna, L., Paula, V., Ana, S., Teresa, S., & Susana, M.F. (2011). Balancing texture and other sensory features in reduced fat short-dough biscuits. *Journal of Texture Studies, 43*, 235–245.

Lucarini, M., Durazzo, A., Bernini, R., Campo, M., Vita, C., Souto, E.B., Lombardi-Boccia, G., Ramadan, M.F., Santini, A., & Romani, A. (2021). Fruit wastes as a valuable source of value-added compounds: A collaborative perspective, *Molecules, 26* (21), 6338.

Madalageri, D.M., Bharati, P., & Kage U. (2017). Physicochemical properties, nutritional and antinutritional composition of pulp and peel of three mango varieties. *International Journal of Educational Science and Research, 7*, 81-94.

Maitreedech, A., Pomasa, P., Boonsan, W., & Takeungwongtrakul, S. (2019). Development of Reduced Calorie Strawberry Crispy Jelly Product with Stevia. *Burapha Science Journal, 25*(1), 141-150. (in Thai)

Pomasa, P., Sukprasert, B., Fuangpaiboon. N., Pongsetkul., J., & Takeungwongtrakul, S. (2020). Development of roasted chili paste mixed with mung bean hull. *Burapha Science Journal, 25*(3), 1094-1104. (in Thai)

Pomasa, P., Thongprem, N., Takeungwongtrakul, S., & Kaewthong, P. (2021). Utilization of jack fruit pulp in kalamae. *Burapha Science Journal, 26*(3), 1670-1682. (in Thai)

Patil, R.T., Chavan, U.D., & Wakte, P.S. (2015). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Journal of Food Science and Technology, 52*(10), 6743-6750.

Pristouri, G., Badeka, A., & Kontominas, M.G. (2010). Effect of packaging material headspace, oxygen and light transmission, temperature and storage time on quality characteristics of extra virgin olive oil. *Food Control, 21*(4), 412-418.

Ribeiro, S.M.R., Queiroz, J.H., Ribeiro de Queiroz, M.E.L., Campos, F.M., & Pinheiro Santana, H.M. (2007). Antioxidant in mango (*Mangifera indica* L.) pulp. *Plant Foods for Human Nutrition, 62*, 13–17.

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.

Serna-Cock, L., García-Gonzales, E., & Torres-León, C. (2016). Agro-industrial potential of the mango peel based on its nutritional and functional properties. *Food Reviews International, 32*(4), 364-376.

Skates, E., Overall, J., DeZego, K., Wilson, M., Esposito, D., Lila, M.A., & Komarnytsky, S. (2018). Berries containing anthocyanins with enhanced methylation profiles are more effective at ameliorating high fat diet-induced metabolic damage. *Food and Chemical Toxicology, 111*, 445–453.

Yang, L., Ling, W., Du, Z., Chen, Y., Li, D., Deng, S., Liu, Z., & Yang, L. (2017). Effects of anthocyanins on cardiometabolic health: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Advances in Nutrition, 8*(5), 684–693.

Yanniotis, S., Petraki, A., & Soumpasi, E. (2007). Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded corn starch. *Journal of food engineering, 80*(2), 594-599.

Zhang, L., Ren, Y., Xue, Y., Cui, Z., Wei, Q., Han, C., & He J. (2020). Preparation of biochar by mango peel and its adsorption characteristics of Cd (II) in solution. *RSC Advances, 10* (59), 35878-35888.