

■ Research Article



ผลของการเสริมผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่มีต่อลักษณะคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

Effects of syrup-preserved mulberry fruit addition on the quality characteristics and consumer acceptance of a snack bar product

จิรภา พงษ์จินดา¹, กนกศักดิ์ สัสดีแพง², ภรภัทร ศรีปิ่นตา²
กิตติมา วิทยารัตน์², เบญจวรรณ ปาพันธ์², พยุงศักดิ์ มะโนชัย^{1*}

¹สถาบันวิจัยเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เลขที่ 202 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง

เลขที่ 200 หมู่ 17 ตำบลพิชัย อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง 52000

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผลหม่อนในน้ำเชื่อม เพื่อเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกสำหรับผู้บริโภคได้รับประทานขนมขบเคี้ยวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยศึกษาความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการแช่ผลหม่อนสุกจำนวน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 และ 25 ที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสของผลหม่อนสุกแช่ในน้ำเชื่อมที่ได้ แล้วนำไปเสริมในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ผลการศึกษาที่ได้พบว่า น้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหม่อนมีปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และฟลาโวนอยด์อยู่ในช่วง 0.14–0.40 0.19–0.34 และ 0.21–0.35 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ การแช่ผลหม่อนในน้ำเชื่อมร้อยละ 20 ทำให้ได้น้ำเชื่อมหลังจากการแช่ที่มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด จึงนำไปใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง โดยพบว่า การใช้ผลหม่อนในน้ำเชื่อมเป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งในสูตรการผลิตที่แตกต่างกันจำนวน 4 สูตร (สิ่งทดลอง) ส่งผลให้ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ได้รับการประเมินให้คะแนนความชอบด้านรสชาติที่แตกต่างกัน ($p < 0.05$) ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากสูตรที่ 3 มีแนวโน้มได้รับการประเมินให้คะแนนความชอบด้านรสชาติสูงที่สุด โดยผลิตภัณฑ์จากสูตรที่พัฒนาได้นี้มีส่วนประกอบของตัว งาม และข้าวโอ๊ตร้อยละ 60.86 น้ำเชื่อมพรุทโตสร้อยละ 8.70 น้ำเชื่อมกลูโคสร้อยละ 8.70 น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหม่อนร้อยละ 13.04 เนื้อหม่อนที่ผ่านการแช่น้ำเชื่อมร้อยละ 8.70 โดยคิดเป็นร้อยละของส่วนผสมทั้งหมด มีความชื้นร้อยละ 2.91 และมีค่าเอนโทรปีเอนทัลปีเท่ากับ 0.12 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผัก ผลไม้ และธัญชาติอัดแท่ง เลขที่ 902/2562 ในด้านคุณค่าทางโภชนาการพบว่า ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 กรัม ให้พลังงาน 54.17 กิโลแคลอรี เมื่อนำผลิตภัณฑ์ไปทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 60 คน พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.00–7.57 คะแนน)

คำสำคัญ: ผลหม่อนสุกแช่น้ำเชื่อม ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง การยอมรับของผู้บริโภค

Received:

12 December 2024

Revised:

10 October 2025

Accepted:

25 June 2026

Published:

29 June 2026

*Corresponding

Author:

pkmanochai1972@gmail.com

Copyright:

© Rajamangala

University of

Technology Lanna.

All right reserved

ISSN

Print: 2586-8500

Electronic: 2586-8632

Abstract

This research aimed to develop a snack bar supplemented with syrup-preserved apple fruit as a healthy snack alternative for consumers. Ripe mulberry fruits were macerated in syrup solutions at concentrations of 10%, 20%, and 25% and stored at $4 \pm 2^{\circ}\text{C}$ for 14 days. The physical, chemical, and sensory properties of the resulting syrup-preserved mulberry fruits were evaluated and utilized in the production of the snack bars. The results showed that the syrups contained anthocyanins, total phenolic compounds, and flavonoids at concentrations ranging from 0.14 to 0.40, 0.19 to 0.34, and 0.21 to 0.35 g/kg, respectively. Mulberries preserved in 20% syrup achieved the highest overall sensory preference score; therefore, they were used as an ingredient in the development of the snack bar. It was found that the incorporation of mulberries preserved in syrup into four different snack bar formulations resulted in significant differences in sensory preference scores ($p \leq 0.05$). Formula 3 received the highest taste preference score. The snack bar formulation consisted of 60.86% peanuts, sesame seeds, and oats, 8.70% fructose syrup, 8.70% glucose syrup, 13.04% mulberry syrup, and 8.70% mulberries preserved in syrup, based on the total weight of ingredients. The product had a moisture content of 2.91% and a water activity of 0.12, meeting the requirements of the Thai Community Product Standard for Fruit, Vegetable, and Cereal Bars No. 902/2562. In terms of nutritional value, a 10 g portion of the product provided 54.17 kcal of energy. In a consumer acceptance test with 60 participants, the product received moderate to high liking scores for appearance, color, taste, aroma, texture, and overall acceptability, with mean scores ranging from 7.00 to 7.57.

Keywords: syrup-preserved mulberry fruits, snack bar, consumer acceptance

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ในสังคมมีการดำเนินชีวิตที่เร่งรีบ เพื่อปรับตัวให้เข้ากับการพัฒนาในยุคเทคโนโลยีที่ทันสมัย ความรวดเร็วในการดำเนินชีวิตอาจทำให้ลืมคำนึงถึงความสำคัญของสุขภาพร่างกายและการบริโภคอาหารในแต่ละวัน การบริโภคส่วนใหญ่ของคนในยุคปัจจุบันเน้นในเรื่องของความสะดวก รวดเร็ว เช่น อาหารแช่แข็ง อาหารจานด่วน ของทอด น้ำอัดลม เป็นต้น ซึ่งส่งผลเสียต่อร่างกายในระยะยาว ก่อให้เกิดปัญหาสุขภาพต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวาน หรือโรคความดันโลหิตสูง ทั้งนี้อาจก่อให้เกิดโรคร้ายอื่น ๆ ตามมาอีกด้วย ด้วยเหตุนี้จึงได้มีแนวคิดผลิตภัณฑ์อาหารขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ที่เป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพหรือที่ทราบกันโดยทั่วไปว่า โปรตีนบาร์ ที่สะดวกในการบริโภค นอกจากความสะดวกพกพาง่ายและรวดเร็วแล้ว ยังมีคุณค่าทางโภชนาการครบถ้วน มีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค นับเป็นทางเลือกที่เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่มีวิถีชีวิตเร่งรีบและต้องการดูแลสุขภาพควบคู่กันไป (วิไล รังสาดทอง, 2543; จรรยา ภิเษนาบุตร และคณะ, 2568; ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ และคณะ, 2568; Mambrini et al., 2023; Aramburu et al., 2024) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีหลายรูปแบบเพื่อสนองกับความต้องการของผู้บริโภคแต่ละกลุ่ม มีการพัฒนาหลากหลายรูปแบบ ทั้งการเพิ่มสารอาหารที่มีประโยชน์ หรือลดปริมาณของสารที่ไม่มีประโยชน์ต่อร่างกายให้น้อยลง เช่น high protein bars, carbolite bars, high fiber bars, sugar free bars เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโปรตีนสูง (high protein bars) มีส่วนผสมหลักเป็น ถั่ว งาและธัญพืชชนิดต่าง ๆ เช่น ข้าวพอง ข้าวโอ๊ต ส่วนผสมรองเป็นกลุ่มของตัวช่วยยึดเกาะ และสารเพิ่มกลิ่นรสให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น น้ำตาล น้ำผึ้ง วานิลลาที่ไม่มีสารต้านอนุมูลอิสระจึงส่งผลให้ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจะมีกลิ่นหืนในช่วงการเก็บรักษาได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งกลิ่นรสผลหมอนสุกแช่น้ำเชื่อม เนื่องจากผลหมอนสุกอุดมด้วยสารอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระ (ภาวีนี อาสน์สุวรรณ, 2562; รตนพร บรรทัด และคณะ, 2566; จักรินทร์ ตรีธองทอง และคณะ, 2567) ผลหมอนน้ำหนัก 100 กรัม ให้พลังงาน 43 กิโลแคลอรี โปรตีน 1.44 กรัม คาร์โบไฮเดรต 9.80 กรัม ไขมัน 0.39 กรัม แคลเซียม 39 กรัม เหล็กร้อยละ 1.85 มิลลิกรัม วิตามินเอ 25 ยูนิต เส้นใย 1.7 กรัม เถ้าร้อยละ 2.03 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) 5.90 และความชื้นร้อยละ 72.95

ดังนั้นผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดในการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมกลิ่นรสผลหมอนสุกแช่น้ำเชื่อม โดยมุ่งพัฒนาขนมขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพที่ยั่งยืนตามแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและขยะเหลือศูนย์ ด้วยการนำน้ำเชื่อมที่เหลือจากกระบวนการแปรรูปผลหมอนกลับมาใช้ใหม่เป็นส่วนผสมหลัก เป็นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการแปรรูปเพิ่มมูลค่า ซึ่งนอกจากจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมจากของเหลือทิ้งในอุตสาหกรรมอาหารแล้ว ยังช่วยสร้างสรรคผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีคุณค่าทางโภชนาการและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์

2.1 เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมผลหมอนในน้ำเชื่อม

2.3 เพื่อตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการพัฒนา

3. แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์สแน็คบาร์เพื่อสุขภาพในปัจจุบันมุ่งเน้นการใช้วัตถุดิบธรรมชาติเพื่อตอบสนองต่อแนวโน้มตัวเลือกของผู้บริโภค (Consumer choice) ที่ใส่ใจในสุขภาพ การนำผลหม่อนไปแช่ในน้ำเชื่อมเป็นแนวทางที่ช่วยลดค่าออกเตอรแอคทีวิตี ยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และยืดอายุการเก็บรักษา ช่วยลดนมสารให้กลั่นรสตามธรรมชาติ นอกจากนี้ การนำทั้งผลหม่อนแปรรูปและน้ำเชื่อมเข้มข้นกลับมาใช้ร่วมกันตามหลักการ Zero-waste ไม่เพียงแต่ช่วยเพิ่มความยั่งยืนในกระบวนการผลิต แต่ตัวน้ำเชื่อมเองยังทำหน้าที่เป็นสารยึดเกาะธรรมชาติ (natural binding agent) ที่ช่วยผสานรัญพืชให้เกาะตัวเป็นแท่งได้อย่างสม่ำเสมอโดยไม่ต้องพึ่งพาสารเคมีสังเคราะห์ และยังช่วยยกระดับคุณค่าทางโภชนาการด้วยสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มแอนโทไซยานินควบคู่ไปกับการปรับปรุงคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านสีและรสชาติ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคยุคใหม่ที่มีมองหาผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่มีประโยชน์ และมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดี ซึ่งมีตัวอย่างของการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

ณฤดี อ่อนสร และคณะ (2567) ศึกษาการใช้ น้ำเชื่อมกล้วยน้ำว้าทดแทนคาราเมลในการผลิตรัญพืชอัดแท่ง โดยทดลองทดแทนในระดับร้อยละ 0 25 50 75 และ 100 เพื่อหาปริมาณที่เหมาะสมที่สุด ผลการศึกษาพบว่า การใช้ น้ำเชื่อมกล้วยน้ำว้าทดแทนคาราเมลไม่ส่งผลต่อคุณภาพด้านประสาทสัมผัส และคุณภาพทางกายภาพด้านความกรอบของผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สูตรที่ใช้ น้ำเชื่อมกล้วยน้ำว้าร้อยละ 100 มีคุณภาพทางเคมีใกล้เคียงกับสูตรมาตรฐาน จึงได้รับการคัดเลือกให้เป็นสูตรที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์รัญพืชอัดแท่งทดแทนคาราเมลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ และคณะ (2568) พัฒนาอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งเพื่อสุขภาพจากข้าวฟ่างหางกระรอก เมล็ดฟักทอง และข้าวโอ๊ต โดยใช้วิธี mixture design เพื่อหาอัตราส่วนที่เหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มข้าวฟ่างหางกระรอกและเมล็ดฟักทองช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนและไขมัน ขณะที่ข้าวโอ๊ตช่วยเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค สูตรที่เหมาะสมที่สุดประกอบด้วยข้าวฟ่างหางกระรอกร้อยละ 20 เมล็ดฟักทองร้อยละ 27.5 และข้าวโอ๊ตร้อยละ 52.5 ผลิตภัณฑ์มีโปรตีนสูงร้อยละ 31.09 และสามารถใช้เป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพหรือทดแทนมื้ออาหารได้

รตนพร บรรทัด และคณะ (2566) พัฒนาเมี่ยงคำชนิดแท่งจากโปรตีนเกษตร มะพร้าวคั่ว และข้าวพอง โดยศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภค สูตรที่เหมาะสมที่สุดคือ โปรตีนเกษตรร้อยละ 32.50 มะพร้าวคั่วร้อยละ 30.00 และข้าวพองร้อยละ 37.50 ซึ่งให้ปริมาณโปรตีนสูงและมีคะแนนความชอบมากที่สุด การใช้น้ำตาลไอโซมอลต์ทดแทนน้ำตาลมะพร้าวช่วยรักษาคุณภาพระหว่างการเก็บรักษา และได้ผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยวเพื่อสุขภาพที่เป็นแหล่งโปรตีนและได้รับการยอมรับในระดับชอบมาก

Saravanan et al. (2026) พัฒนาเอเนอร์จีบาร์จากผลไม้ที่เสริมใยอาหารและโปรตีนในอัตราส่วนต่าง ๆ ได้แก่ สูตรควบคุม (0:0) สูตร A (70:30) สูตร B (50:50) และสูตร C (30:70) และประเมินคุณค่าทางโภชนาการ กายภาพ และการยอมรับของผู้บริโภค ผลการศึกษาพบว่า สูตรใยอาหารต่อโปรตีน 50:50 ให้เนื้อสัมผัสที่ดีที่สุดและได้รับคะแนนการยอมรับสูงสุด การเสริมใยอาหารและโปรตีนช่วยเพิ่มปริมาณโปรตีนและฟอสฟอรัส แต่ทำให้สารฟีนอลทั้งหมดและฟลาโวนอยด์ลดลง โดยรวมผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพเหมาะสมและมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารว่างเพื่อสุขภาพเชิงพาณิชย์ได้

4. วิธีดำเนินการวิจัย

1. วัตถุประสงค์

ผลหมอนที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาครั้งนี้ เป็นผลหมอนที่ซื้อจากเกษตรกรผู้ปลูกผลหมอนในพื้นที่ อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง เป็นผลหมอนที่มีความสุกจัด สีม่วงดำ ส่วนวัตถุดิบอื่น ๆ ที่ใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริม ได้แก่ น้ำตาล น้ำเชื่อมฟรุทโตส น้ำเชื่อมกลูโคส ถั่ว งา และข้าวโอ๊ตที่ซื้อจากตลาดสดในอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง

2. การศึกษาการเตรียมผลหมอนในน้ำเชื่อม

ศึกษาการเตรียมน้ำเชื่อมในการแช่ผลหมอนโดยแบ่งสิ่งทดลองออกเป็น 3 สิ่งทดลอง คือ ระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมร้อยละ 10 20 และ 25 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design) ทำโดยนำผลหมอนที่คัดเลือก ล้างทำความสะอาด และรอให้สะเด็ดน้ำ การเตรียมน้ำเชื่อมทำโดยต้มน้ำตาลทรายและน้ำให้เดือด นาน 15 นาที แล้วรอให้เย็น จากนั้น นำน้ำเชื่อมที่เตรียมได้ไปเติมลงไปในถุงเย็นที่มีผลหมอนที่เตรียมไว้แล้ว ปิดปากถุงสนิท แล้วนำไปเก็บในที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส นาน 14 วัน ตรวจวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี (HunterLab, Model Color Quest XE, USA) วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน (Fu et al., 2021) สารประกอบฟีนอลทั้งหมด (Spínola et al., 2015) และฟลาโวนอยด์ (Matić et al., 2017) และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบชิมแบบ 9-point hedonic scales (Meilgaard et al., 2006) ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกจำนวน 30 คน

3. การศึกษาการใช้ผลหมอนในน้ำเชื่อมเพื่อผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

การผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งโดยใช้ผลหมอนในน้ำเชื่อมที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ทำโดยใช้แนวคิดการเสริมกลิ่นรสผลหมอนแช่ในน้ำเชื่อมเป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิต ประยุกต์กรรมวิธีการผลิตจากงานวิจัยของ ธนกิจและคณะ (2561) ทำโดยนำน้ำเชื่อมฟรุทโตส น้ำเชื่อมกลูโคส น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหมอน และเนื้อหมอนแช่อื่น เคี้ยวด้วยไฟอ่อนจนมีลักษณะเหนียวข้น เดือดเป็นฟองละเอียด ทดสอบการจับตัวกันโดยการหยดลงในน้ำสะอาด จากนั้นใส่ส่วนผสมชนิดถั่วงาและข้าวโอ๊ต คนให้ส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน เมื่อส่วนผสมทั้งหมดแห้งและจับตัว นำใส่ในพิมพ์ซิลิโคนขนาด 2.5 x 4 x 1.5 พักทิ้งไว้ให้เย็น บรรจุในถุงที่แห้ง และปิดผนึก ศึกษาส่วนผสมที่แตกต่างกันในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ กำหนดสิ่งทดลอง (สูตร) จำนวน 4 สิ่งทดลอง (ตารางที่ 1) ตรวจวิเคราะห์ค่าสี โดยใช้เครื่องวัดสี และวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้แบบทดสอบชิมแบบ 9-point hedonic scales ใช้ผู้ทดสอบชิมที่ผ่านการฝึกจำนวน 30 คน ซึ่งผ่านการคัดเลือกโดยแบบทดสอบคัดกรองประสาทสัมผัสเบื้องต้น ได้รับการฝึกอบรมรวม 2 ครั้ง เกี่ยวกับเกณฑ์การให้คะแนนและขั้นตอนการประเมินที่ถูกต้อง เพื่อให้มั่นใจว่าผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือและสม่ำเสมอ

ตารางที่ 1 ส่วนผสมในการผลิตขนมขบเคี้ยวจำนวน 4 สูตร (สิ่งทดลอง)

ส่วนผสม (%)	สิ่งทดลอง/ สูตร			
	1	2	3	4
น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหม่อน	0.00	9.09	13.04	16.67
เนื้อหม่อนแช่ส้ม	10.00	9.09	8.70	8.33
ถั่ว งา และข้าวโอ๊ต	70.00	63.64	60.87	58.33
น้ำเชื่อมฟรุทโตส	10.00	9.09	8.70	8.33
น้ำเชื่อมกลูโคส	10.00	9.09	8.70	8.33
ผลหม่อนในน้ำเชื่อม*	10.00	18.18	21.74	25.00

* ผลหม่อนในน้ำเชื่อม = น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหม่อน + เนื้อหม่อนแช่ส้ม

4. การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ได้จากการ

พัฒนา

นำผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ได้จากการพัฒนาในข้อ 3 ไปตรวจสอบวิเคราะห์ค่าคอเออร์แอทกัวิตี โดยใช้เครื่องวัดกิจกรรมของน้ำ (Decagon Devices รุ่น AquaLab LITE, USA) วิเคราะห์ความชื้น โปรตีน ไขมัน ใยอาหาร เถ้า คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน (AOAC, 2005) และทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้อาสาสมัครทั่วไปจำนวน 60 คน ประเมินชิมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ได้จากการพัฒนา โดยใช้แบบทดสอบชิมแบบ 9-point hedonic scales อาสาสมัครทุกคนได้รับทราบวัตถุประสงค์และยินยอมเข้าร่วมโดยสมัครใจ ทั้งนี้ ข้อมูลส่วนบุคคลจะถูกเก็บเป็นความลับ และผู้เข้าร่วมมีสิทธิถอนตัวจากการศึกษาได้ตลอดเวลา

5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

รวบรวมข้อมูลผลการทดลองทางกายภาพและทางเคมีของตัวอย่าง โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ วิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มสมบูรณ์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี LSD (Least Significant Difference) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p \leq 0.05$) ส่วนข้อมูลผลการทดลองทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ($p \leq 0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 17.0

5. ผลการวิจัย

1. ผลของความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่แตกต่างกันต่อคุณลักษณะของผลหม่อนในน้ำเชื่อม

จากการวิเคราะห์ค่าสีของผลหม่อนที่ได้จากการแช่ในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน จำนวน 3 สิ่งทดลอง พบว่า ค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีเขียว-แดง (a^*) ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง (b^*) มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 18.00 ถึง 26.47 48.08 ถึง 57.44 และ 30.27 ถึง 44.79 ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการแช่ผลหม่อนที่แตกต่างกันส่งผลให้ค่าสีของผลหม่อนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การแช่ผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มสูง-ขึ้นทำให้ผลหม่อนที่ได้มีลักษณะความเป็นสีแดงและสีเหลืองลดลง โดยผลหม่อนที่แช่ในน้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาลทรายร้อยละ 10 มีค่าความสว่าง ความเป็นสีแดง และสีเหลืองสูงที่สุด (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าสีของผลหม่อนที่ได้จากการแช่ในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้นของน้ำตาล	ค่าสี (Color)		
	L^* (°)	a^* (°)	b^* (°)
ร้อยละ 10	26.47±0.02 ^a	57.44±0.14 ^a	44.79±0.23 ^a
ร้อยละ 20	22.63±5.73 ^{ab}	55.83±0.06 ^b	43.32±0.23 ^b
ร้อยละ 25	18.00±0.04 ^b	48.08±0.00 ^c	30.27±0.28 ^c

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$);

Mean $\pm$ SD, n = 3

เมื่อนำน้ำเชื่อมที่ใช้ในการแช่ผลหม่อนไปตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลทั้งหมด และปริมาณฟลาโวนอยด์ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.14–0.40 0.19–0.34 และ 0.21–0.35 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (ตารางที่ 3) โดยพบว่า ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้ในการแช่ผลหม่อนที่ระดับแตกต่างกันส่งผลให้ปริมาณแอนโทไซยานิน และสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำเชื่อมที่ผ่านการแช่ผลหม่อนมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) แต่ไม่ส่งผลให้ปริมาณฟลาโวนอยด์ในน้ำเชื่อมที่ผ่านการแช่ผลหม่อนมีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$)

ตารางที่ 3 ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ความเข้มข้นของน้ำตาล	สารต้านอนุมูลอิสระ (กรัม/กิโลกรัม)		
	แอนโทไซยานิน*	สารประกอบฟีนอล*	ฟลาโวนอยด์ ^{ns}
ร้อยละ 10	0.40 $\pm$ 0.04 ^a	0.19 $\pm$ 0.16 ^b	0.35 $\pm$ 0.02
ร้อยละ 20	0.21 $\pm$ 0.05 ^{ab}	0.34 $\pm$ 0.01 ^a	0.22 $\pm$ 0.00
ร้อยละ 25	0.14 $\pm$ 0.02 ^b	0.31 $\pm$ 0.01 ^{ab}	0.21 $\pm$ 0.02

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$); Mean $\pm$ SD, n = 3

ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหม่อนพบว่า ผู้ทดสอบชิมประเมินให้คะแนนความชอบตัวอย่างน้ำเชื่อมในคุณลักษณะด้านสี และกลิ่นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยตัวอย่างทั้ง 3 สิ่งทดลอง ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในช่วง 7.00–7.33 และ 6.53–6.80 คะแนน ตามลำดับ (ตารางที่ 4) ในขณะที่ น้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาลทรายร้อยละ 20 และ 25 เมื่อผ่านการแช่ผลหม่อนแล้วได้รับการประเมินให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏและรสชาติที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีคะแนนสูงกว่าน้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาลทรายร้อยละ 10 ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของน้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่ใช้แช่ผลหม่อน		
	ร้อยละ 10	ร้อยละ 20	ร้อยละ 25
ลักษณะปรากฏ*	6.67 $\pm$ 1.39 ^b	7.47 $\pm$ 1.18 ^a	7.33 $\pm$ 1.17 ^a
สี ^{ns}	7.00 $\pm$ 1.36	7.33 $\pm$ 1.11	7.20 $\pm$ 1.42
กลิ่น ^{ns}	6.53 $\pm$ 1.45	6.80 $\pm$ 1.50	6.73 $\pm$ 1.53
รสชาติ*	6.00 $\pm$ 1.60 ^b	7.07 $\pm$ 1.53 ^a	6.80 $\pm$ 1.15 ^a
ความชอบโดยรวม*	6.33 $\pm$ 1.58 ^b	7.20 $\pm$ 1.47 ^a	6.87 $\pm$ 1.24 ^{ab}

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$); Mean $\pm$ SD, n = 3

จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่า การแช่ผลหมอนในน้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาลทรายร้อยละ 20 มีแนวโน้มทำให้ได้น้ำเชื่อมที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและได้รับการประเมินให้คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสสูงกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ จึงคัดเลือกการแช่ผลหมอนในน้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาลทรายร้อยละ 20 สำหรับใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวในการศึกษา

2. ผลของการใช้ผลหมอนในน้ำเชื่อมที่มีต่อคุณภาพของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง

การใช้ผลหมอนที่ได้จากการแช่น้ำเชื่อมและน้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหมอนไปใช้เป็นส่วนผสมในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง โดยศึกษาสูตรการผลิตที่แตกต่างกันจำนวน 4 สูตร (สิ่งทดลอง) พบว่า ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นในตัวอย่างที่มีส่วนผสมของผลหมอนในน้ำเชื่อมทั้งส่วนเนื้อผลหมอนและน้ำเชื่อมที่ปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (ตารางที่ 5) ในขณะที่ค่าสีเขียว-แดง และค่าสีน้ำเงิน-เหลืองที่มีผลหมอนในน้ำเชื่อมเป็นส่วนผสมที่แตกต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสพบว่า ตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งทั้ง 4 สิ่งทดลอง ได้รับการประเมินให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น และความชอบรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) แต่ตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากสิ่งทดลองที่ 3 (สูตร 3) มีแนวโน้มได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติที่ดีกว่าสิ่งทดลองอื่น ๆ (ตารางที่ 6) แม้ว่าความชอบโดยรวมไม่แตกต่างทางสถิติ แต่สูตรที่ 3 ให้คะแนนรสชาติสูงที่สุด พร้อมทั้งมีปริมาณผลหมอนในระดับที่เหมาะสม จึงเลือกเป็นสูตรต้นแบบสำหรับศึกษาคุณภาพขั้นต่อไป

ตารางที่ 5 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใช้ น้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหมอนเป็นส่วนผสมในปริมาณที่ต่างกัน

สิ่งทดลอง/ สูตร	ค่าสี (Color)		
	L* (°)	a* (ns)	b* (ns)
2	43.17 ± 3.02 ^b	12.69 ± 0.89	13.94 ± 1.83
3	47.71 ± 5.02 ^{ab}	11.46 ± 0.66	11.76 ± 1.35
4	52.71 ± 4.26 ^a	11.97 ± 0.61	13.44 ± 2.77

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$); Mean ± SD, n = 3

ตารางที่ 6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ใช้ น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหมอนเป็นส่วนผสมในปริมาณที่ต่างกัน

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	สิ่งทดลอง/ สูตร			
	1	2	3	4
ลักษณะปรากฏ ^{ns}	7.36 ± 1.25	7.52 ± 0.78	7.66 ± 1.24	7.47 ± 1.25
สี ^{ns}	7.33 ± 0.99	7.31 ± 0.70	7.40 ± 1.22	7.40 ± 1.30
กลิ่น ^{ns}	7.36 ± 1.15	7.07 ± 1.13	7.13 ± 1.25	7.27 ± 1.01
รสชาติ*	7.10 ± 0.99 ^b	7.47 ± 1.12 ^{ab}	7.70 ± 1.08 ^a	7.37 ± 1.00 ^{ab}
ความชอบโดยรวม ^{ns}	7.33 ± 1.02	7.34 ± 0.86	7.53 ± 1.04	7.47 ± 0.97

* ตัวเลขที่มีอักษรกำกับในแนวคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึง ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq 0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$); Mean ± SD, n = 3

3. คุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ได้จากการพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผลิตจากสูตรที่พัฒนาได้ (สังเกตลองที่ 3) มีส่วนประกอบของตัว งา และข้าวโอ๊ตร้อยละ 60.86 น้ำเชื่อมฟรุทโทสร้อยละ 8.70 น้ำเชื่อมกลูโคสร้อยละ 8.70 น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหมอนร้อยละ 13.04 เนื้อหมอนที่ผ่านการแช่น้ำเชื่อมร้อยละ 8.70 โดยคำนวณเป็นร้อยละของส่วนผสมทั้งหมด มีความชื้นร้อยละ 2.91 และมีค่าวอเตอร์แอกทีวิตีเท่ากับ 0.12 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง 10 กรัม มีคุณค่าทางโภชนาการให้ปริมาณโปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ใยอาหาร และพลังงาน เฉลี่ยร้อยละ 3.35 , 3.90 , 2.06 , 2.50 และ 54.17 กิโลแคลอรี ตามลำดับ ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคจำนวน 60 คน พบว่า ผู้บริโภคประเมินให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.00–7.57 คะแนน)

6. การอภิปรายผล

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผลหมอนในน้ำเชื่อมในการศึกษานี้ ได้นำข้อมูลที่ได้จากผลการศึกษาก่อนหน้านี (ยุพารัตน์ โพธิ์เศษ และเนวิษญณี วุฒินิธนันท์, 2564; Pasakawee et al., 2021) มาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดระดับความเข้มข้นของน้ำเชื่อมที่เตรียมจากน้ำตาลทรายที่แตกต่างกันจำนวน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 20 และ 25 ผลจากการศึกษาพบว่า การนำผลหมอนไปแช่น้ำเชื่อมที่ระดับความเข้มข้นที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผลหมอนที่ได้จากการแช่น้ำเชื่อมมีค่าสีด้านความเป็นสีเขียว-แดง (a^*) ซึ่งค่าบวกเป็นค่าที่แสดงความเป็นสีแดงมีค่าลดลง แสดงให้เห็นได้ว่ากระบวนการออสโมซิสของน้ำเชื่อมหรือสารละลายน้ำตาลที่ระดับความเข้มข้นสูงสามารถทำหน้าที่เป็นตัวทำลายสกัดสารประกอบต่างๆ ซึ่งรวมถึงสารให้สีออกจากผลหมอนจึงส่งผลต่อคุณลักษณะค่าสีดังกล่าว (Kowalska et al., 2023) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดในน้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหมอนในการศึกษานี้ ในทางตรงกันข้ามพบว่า ปริมาณแอนโทไซยานินในน้ำเชื่อมที่ระดับความเข้มข้นสูงมีแนวโน้มลดลง ซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องจากความหนืดที่เพิ่มขึ้นของสารละลายออสโมติก ส่งผลต่อการลดลงของอัตราการถ่ายโอนมวลสารระหว่างกระบวนการดึงน้ำออกด้วยวิธีออสโมซิส เช่น สารประกอบกลุ่มเพกตินที่ละลายออกมาทำให้ความหนืดของสารละลายเพิ่มขึ้นจนอาจขัดขวางจลนศาสตร์การแพร่ของน้ำและสารละลายภายในเนื้อเยื่อผลไม้ได้ (Kowalska et al., 2023) นอกจากนี้ แอนโทไซยานินเมื่อเกิดสารประกอบเชิงซ้อนร่วมกับคาร์โบไฮเดรต ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก หรือกรดอะมิโน ยังอาจส่งผลให้คุณสมบัติทางสเปกตรัมและความเสถียรของแอนโทไซยานินเปลี่ยนแปลงไป (Gençdag et al., 2022) และยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการออสโมซิสในการแปรรูปผลไม้ด้วย เช่น อุณหภูมิ สัดส่วนของอาหารและตัวกลางออสโมติก ระยะเวลา (Mari et al., 2024) ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมีที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการออสโมซิสของการผลิตผลหมอนในน้ำเชื่อมดังกล่าว จึงส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างผลหมอนในน้ำเชื่อมทั้งส่วนของผลหมอนที่ผ่านการแช่น้ำเชื่อมและน้ำเชื่อมที่ใช้ในการแช่ผลหมอน สอดคล้องกับการรายงานของ Kowalska et al. (2023) และ Mari et al. (2024)

ข้อมูลที่ได้จากผลการทดลอง แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบที่อยู่ในแควคิวโอล (Mannino et al., 2021) จึงแพร่กระจายออกสู่ภายนอกได้ง่ายที่สุดเมื่อน้ำเชื่อมร้อยละ 10 ซึ่งมีความหนืดต่ำและมีแรงต้านการแพร่ต่ำ แต่จะถูกจำกัดอัตรา

การแพร่และกักตัวอยู่ภายในโครงสร้างเซลล์ได้ดีกว่าในน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 25 ในขณะที่สารประกอบฟีนอลิกอื่น ๆ ซึ่งยึดเกาะกับโครงสร้างผนังเซลล์ (Shahidi and Hossain, 2023) การใช้น้ำเชื่อมเจือจางร้อยละ 10 อาจไปจำกัดการแพร่กระจายออกจากภายในเนื้อเยื่อเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเชื่อมเข้มข้นร้อยละ 25 ที่น่าจะไปสร้างแรงดันออสโมติกจนเกิดการแยกตัวของเยื่อหุ้มเซลล์ออกจากผนังเซลล์ ทำให้เกิดการปลดปล่อยสารฟีนอลิกให้หลุดออกมาปนในน้ำเชื่อมสูงขึ้น แม้ว่าน้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 25 จะสามารถค่าวอเตอร์แอคทิวิตีได้มากกว่า แต่ความเข้มข้นของน้ำตาลสูงส่งผลต่อการแพร่ของสารแอนโทไซยานินและสารประกอบอื่น ๆ จนอาจทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของรสชาติ จึงทำให้คะแนนการยอมรับลดลงเมื่อเทียบกับน้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 20 ดังนั้น จึงคัดเลือกการใช้น้ำเชื่อมความเข้มข้นร้อยละ 20 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการศึกษาต่อไป

เมื่อนำผลหม่อนที่ได้จากการแช่ในน้ำเชื่อมและน้ำเชื่อมที่ได้จากการแช่ผลหม่อนไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งทำให้ทราบว่า ปริมาณของผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่ใช้เป็นส่วนผสมของการผลิตขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่เพิ่มมากขึ้นทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของผลกระทบของสารประกอบให้สีของส่วนผสมผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติค่าสีดังกล่าว ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความยอมรับของผู้บริโภคและการนำผลหม่อนในน้ำเชื่อมไปใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ (Kocaman et al., 2025) นอกจากนี้ ปริมาณของผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่แตกต่างกันทั้ง 4 สูตร ในการศึกษาแล้วยังส่งผลให้คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งมีความแตกต่างกันอีกด้วย โดยสามารถอธิบายได้จากคุณสมบัติของผลหม่อนในน้ำเชื่อมที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่ง ทั้งด้านคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (Sadowska et al., 2020) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่ผลิตจากสูตรที่พัฒนาได้จากการศึกษาครั้งนี้ (สังเกตลองที่ 3) มีส่วนประกอบของตัว จา และข้าวโอ๊ตร้อยละ 60.86 น้ำเชื่อมฟรุทโตสร้อยละ 8.70 น้ำเชื่อมกลูโคสร้อยละ 8.70 และมีผลหม่อนในน้ำเชื่อมร้อยละ 21.74 (น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหม่อนร้อยละ 13.04 และเนื้อหม่อนที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมร้อยละ 8.70) โดยคำนวณเป็นร้อยละของส่วนผสมทั้งหมด มีความชื้นร้อยละ 2.91 และมีค่าวอเตอร์แอคทิวิตีเท่ากับ 0.12 เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผัก ผลไม้ และธัญชาติอัดแท่ง เลขที่ 902/2562 ซึ่งการมีปริมาณความชื้นและค่าวอเตอร์แอคทิวิตีในระดับต่ำอาจมีศักยภาพในการช่วยยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ และคาดว่าจะช่วยยืดอายุการเก็บรักษา อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อยืนยันผลดังกล่าว (On-Nom et al., 2023; Karupuchamy et al., 2023) ผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่พัฒนาได้นี้ ยังมีคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคโดยมีคะแนนเฉลี่ยโดยรวมอยู่ในเกณฑ์ชอบปานกลางถึงชอบมาก (7.00–7.57 คะแนน) ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการผลิตและเป็นแนวทางการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งอื่น ๆ ที่นอกจากส่งเสริมให้เกิดผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งที่มีรสชาติดี มีศักยภาพเป็นอาหารสุขภาพ และมีความปลอดภัย นอกจากนี้ สารต้านอนุมูลอิสระจากผลหม่อนอาจมีศักยภาพในการชะลอการเกิดกลิ่นหืน ซึ่งควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในอนาคต โดยข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อกระบวนการผลิตขนมขบเคี้ยวประเภทนี้และจากที่มีปริมาณไขมันสูงซึ่งผู้ประกอบการมักประสบปัญหาหืนในระหว่างการเก็บรักษาเพื่อรอจำหน่าย ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การนำน้ำเชื่อมจากการแช่ผลหม่อนกลับมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนม

ขบเคี้ยวชนิดแท่ง แสดงให้เห็นโอกาสในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจหมุนเวียนและมุ่งสู่เป้าหมายขยะเหลือศูนย์ โดยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่านี้ ไม่เพียงช่วยรักษาคุณค่าทางโภชนาการและรสชาติตามธรรมชาติของผลหม่อนในผลิตภัณฑ์เพื่อความยั่งยืนเท่านั้น แต่ยังช่วยลดต้นทุนวัตถุดิบ ตลอดจนเพิ่มโอกาสทางการตลาดในกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

7. บทสรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งจากผลหม่อนโดยใช้ผลหม่อนแช่ในน้ำเชื่อมร้อยละ 20 เป็นส่วนผสมในการผลิต ทำให้ได้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตที่มีส่วนประกอบของถั่ว งา และข้าวโอ๊ตร้อยละ 60.86 น้ำเชื่อมฟรุทโตสร้อยละ 8.70 น้ำเชื่อมกลูโคสร้อยละ 8.70 น้ำเชื่อมจากการแช่ผลหม่อนร้อยละ 13.04 เนื้อหม่อนที่ผ่านการแช่ในน้ำเชื่อมร้อยละ 8.70 โดยคำนวณเป็นร้อยละของส่วนผสมทั้งหมด ผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาได้มีความชื้นร้อยละ 2.91 และมีค่าเอนโทรปีเอนทัลปีเท่ากับ 0.12 ซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ผัก ผลไม้ และธัญชาติอัดแท่ง เลขที่ 902/2562 และผู้บริโภคประเมินให้คะแนนความชอบผลิตภัณฑ์ในระดับชอบปานกลางถึงมาก งานวิจัยนี้ มีศักยภาพสามารถนำไปใช้ส่งเสริมการผลิตและเป็นแนวทางการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งอื่น ๆ ต่อไปได้ และเป็นแนวทางการใช้เทคโนโลยีการแปรรูปเพิ่มมูลค่าเพื่อเปลี่ยนน้ำเชื่อมเหลือทิ้งจากผลหม่อนให้เป็นขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเพื่อความยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดเศรษฐกิจหมุนเวียนและการมุ่งสู่เป้าหมายขยะเหลือศูนย์

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการศึกษาจากโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) ปีงบประมาณ 2566 ผ่านมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

9. เอกสารอ้างอิง

- จรรยา โก๋นาบุตร, สังวาล ชมภูจา, อรรด ชันสี, อัศพนภี อุประวรรณ, ราตรี เมฆวิสัย และ อรทัย บุญทะวงศ์ (2568). ผลิตภัณฑ์ซีเรียลบาร์จากข้าวกล้องกลั่นนาเสริมงาขี้ม่อน. วารสารวัฒนธรรมอาหารไทย. 7(1): 22–34.
- จักรินทร์ ตรีอินทอง, อ้อยทิพย์ สมานรส และ ปิยะฉัตร วิริยะอำไพวงศ์. (2567). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวชนิดแท่งเสริมปลาช่อนแก้วตากแห้ง. วารสารเกษตรพระวรุณ. 21(1): 96–105.
- ณฤดี อ่อนศรี, พลสิทธิ์ นุ่มนวน, เกษมสันต์ ทองดี, เข็มทอง กรุยะ, อภิญญา พุกสุขสกุล, ณัฐชรีฐ แพกุล และ สกฤตธรา คำชู. (2567). การใช้น้ำเชื่อมกล้วยน้ำว้าทดแทนคาราเมลในผลิตภัณฑ์คุกกี้พัชอัดแท่ง. วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์และนวัตกรรม. 3(1): ISSN 2821 – 9880 (Online).
- ธนกิจ ธารณี, พิไลรัก อินธิปัญญา, เมกณี นพคุณ และ ดุษฎี บุญธรรม. (2561). การศึกษาส่วนผสมที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวหม่อนผสมลำไยชนิดแท่ง. วารสารเกษตรศาสตร์. 36(3): 240–254.
- ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์, ปาริชาติ สดศรีทอง, มัชฌิมา สมบูรณ์ผล, ปันทาร์ย์ ศิริชัย และ ปันทาร์ย์ ศิริชัย. (2568). การศึกษาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตอาหารขบเคี้ยวชนิดแท่งจากข้าวฟ่างหางกระรอก เมล็ดฟักทอง และข้าวโอ๊ต. วารสารวิจัย มข. (ฉบับบัณฑิตศึกษา): 25(1). 186–198.

- ภาวินี อาสน์สุวรรณ. (2562). หม่อนสารพัดประโยชน์. วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 36(2): 97-105.
- ยุพารัตน์ โพธิ์เศษ และ เนวิชญาณี วุฒินิธยานันท์. (2564). ชนิดและปริมาณน้ำตาล
ซูโครสต่อกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของแยมลูกหม่อน. วารสารเกษตรพระ
จอมเกล้า. 39(2): 165–171.
- รตนพร บรรทัด, เพ็ญภา ลีมัน, ปาริสุทธิ์ เฉลิมชัยวัฒน์ และ ดวงกมล แสงธีร
กิจ. (2566). การพัฒนาผลิตภัณฑ์เมี่ยงคำชนิดแท่งเพื่อสุขภาพ. วารสารวิจัย
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย. 15(1): 74–90.
- วิไล รังสาตทอง. (2543). เทคโนโลยีการแปรรูปอาหาร. กรุงเทพมหานคร :
สำนักพิมพ์เทกแอนด์เจอร์นัล.
- Aramburu, A., Alvarado-Gamarra, G., Cornejo, R., Curi-Quinto, K., Díaz-
Parra, C.P., Rojas-Limache, G., & Lanata, C.F. (2024). Ultra-
processed foods consumption and health-related outcomes: A
systematic review of randomized controlled trials. *Frontiers in
Nutrition*. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1421728>
- Association of Official Analytical Chemists. (2005). Official methods of
analysis of AOAC International (18th ed.). AOAC International.
- Fu, Xizhe, D., Belwal, Tarun, T., Xie, Jing, J., Xu, Yanqun, Y., Li, Li, L.,
Zou, Ligen, L., Zhang, Lixia, L., & Luo, Zisheng, Z. (2021). Natural
deep eutectic solvent enhanced pulse-ultrasonication assisted
extraction as a multi-stability protective and efficient green
strategy to extract anthocyanin from blueberry pomace. *LWT*,
144, 111220. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111220>
- Gençdağ, E., Özdemir, E. E., Demirci, K., Görgüç, A., & Yılmaz, F. M.
(2022). Copigmentation and stabilization of anthocyanins using
organic molecules and encapsulation techniques. *Current Plant
Biology*, 29, 100238. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2022.100238>
- Karupuchamy, V., Heldman, D. R., & Snyder, A. B. (2024). A review of
food safety in low-moisture foods with current and potential
dry-cleaning methods. *Journal of Food Science*, 89(3), 793–810.
- Kocaman, B., Acun, S., Seyrekoğlu, F., & Ay, E.B. (2025). Impact of
drying techniques on strawberry powder characteristics.
Journal of Food Measurement and Characterization, 19, 6694–
6704.
- Kowalska, H., Trusinska, M., Rybak, K., Wiktor, A., Witrowa-Rajchert, D.,
& Nowacka, M. (2023). Shaping the properties of osmo-
dehydrated strawberries in fruit juice concentrates. *Applied
Sciences*, 13(4), 2728. <https://doi.org/10.3390/app13042728>
- Mambrini, S.P., Menichetti, F., Ravella, S., Pellizzari, M., De Amicis, R.,
Foppiani, A., Battezzati, A., Bertoli, S., & Leone, A. (2023). Ultra-
processed food consumption and incidence of obesity and
cardiometabolic risk factors in adults: A systematic review of
prospective studies. *Nutrients*, 15 (1 1) , 2 5 8 3 .
<https://doi.org/10.3390/nu15112583>

- Mannino, G., Gentile, C., Ertani, A., Serio, G., & Berteà, C. M. (2021). Anthocyanins: Biosynthesis, distribution, ecological role, and use of biostimulants to increase their content in plant foods—A review. *Agriculture*, 11(3), 212 <https://doi.org/10.3390/agriculture11030212>
- Mari, A., Parisouli, D.N. & Krokida, M. (2024). Exploring osmotic dehydration for food preservation: Methods, modelling, and modern applications. *Foods*, 13 (1 7) : 2 7 8 3 . <https://doi.org/10.3390/foods13172783>
- Matić, P., Sabljic, M., & Jakobek, L. (2017). Validation of spectrophotometric methods for the determination of total polyphenol and total flavonoid content. *Journal of AOAC International*, 100(6): 1795–1803.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B. T. (2006). Descriptive analysis techniques Sensory Evaluation Techniques (4th ed.), CRC Press, Boca Raton, FL, 161-170.
- On-Nom, N., Promdang, P., Inthachai, W., Kanoongon, P., Sahasakul, Y., Chupeerach, C., Suttisansanee, U., & Temviriyankul, P. (2023). Wolffia globosa-Based Nutritious Snack Formulation with High Protein and Dietary Fiber Contents. *Foods*, 12(14), 2647 <https://doi.org/10.3390/foods12142647>
- Pasakawee, K., Donrung, N., & Banjongsinsiri, P. (2021). Effect of osmotically process on bastard oleaster (*Elaeagnus latifolia* L.) fruit bar. *Progress in Applied Science and Technology*, 11(3): 21–26.
- Sadowska, A., Swiderski, F., & Hallmann, E. (2020). Bioactive, physicochemical and sensory properties as well as microstructure of organic strawberry powders obtained by various drying methods. *Applied Sciences*, 10(14), 4706.
- Saravanan, G., Yusri, A. S., & Mhd. Sarbon, N. (2026). Investigating the nutritional value, physicochemical properties, antioxidant activity and sensory acceptability of fiber- and protein-enriched fruit-based energy bars. *Food Chemistry Advances*, 10, 101196.
- Shahidi, F., & Hossain, A. (2023). Importance of insoluble-bound phenolics to the antioxidant potential is dictated by source material. *Antioxidants*, 12(1), 203 <https://doi.org/10.3390/antiox12010203>
- Spínola, V., Pinto, J., & Castilho, P.C. (2015). Identification and quantification of phenolic compounds of selected fruits from Madeira Island by HPLC-DAD–ESI–MSn and screening for their antioxidant activity. *Food Chemistry*, 173, 14–30.