

ผลของการใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาลทรายต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะพร้าวแก้วภายใต้สภาวะดัดแปลง

เชาวลิต อุปฐาก นีอร ดาวเจริญพร และ ธนภพ โสตรโยม*

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

168 ถนนศรีอยุธยา แขวงวรชัยยบาล เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300

รับบทความ 9 มีนาคม 2569 แก้ไขบทความ 12 มิถุนายน 2569 ตอรับบทความ 24 มิถุนายน 2569

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐาน กรรมวิธีการผลิต และวิเคราะห์คุณสมบัติทางประสาทสัมผัส เคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว รวมถึงการใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาลบางส่วนในสูตรผลิตภัณฑ์ ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่า สูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้วได้รับคะแนนความชอบ ด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.15 ขณะที่สูตรที่ใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาลร้อยละ 30 ได้รับการยอมรับจากผู้ชิมมากที่สุดในทุกด้าน ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด 8.59 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพพบว่า สูตรที่ใช้อิทธิพลร้อยละ 30 มีความชื้นต่ำที่สุดร้อยละ 2.08 และมีปริมาณเถ้าสูงที่สุดร้อยละ 0.86 ขณะที่สูตรที่ใช้อิทธิพลร้อยละ 30 มีปริมาณไขมัน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีนสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 11.32 ร้อยละ 82.99 และร้อยละ 2.16 ตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพ พบว่าสูตรพื้นฐานมีค่าความสว่าง (L^*) สูงที่สุด ส่วนค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) สูงที่สุดในสูตรที่ใช้อิทธิพลร้อยละ 30 การตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์พบว่า มะพร้าวแก้วที่เก็บรักษาในสภาวะก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด 12 วัน ขณะที่การเก็บในสภาวะสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษาน้อยที่สุด 3 วัน และตัวอย่างทั้งหมดไม่พบปริมาณ *Staphylococcus aureus* เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด

คำสำคัญ : มะพร้าวแก้ว; อิทธิพล; การเก็บรักษา; ภาวะดัดแปลง

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทร: +66 2665 3777, ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์: thanapop.s@rmutp.ac.th

Effect of Erythritol Substitution for Sucrose on Quality and Shelf Life of Coconut Candy under Modified Atmosphere Packaging

Chaowalit Auppathak Nion Daocharoenporn and Thanapop Soteyome*

Faculty of Home Economics Technology Rajamangala University of Technology Phra Nakhon
168 Sri Ayutthaya Road, Vachira Phayaban Dusit, Bangkok, 10300

Received 9 March 2026; Revised 12 June 2026; Accepted 24 June 2026

Abstract

This research aimed to investigate the basic formulation, production process, and to evaluate the sensory, chemical, physical, and microbiological qualities of coconut candy, including the partial replacement of sugar with erythritol. Sensory evaluation results indicated that the control formulation exhibited high overall acceptability in terms of aroma, taste, texture, and overall liking, with a mean score of 8.15. Among the erythritol-substituted formulations, the sample containing 30% erythritol replacement received the highest consumer acceptance for appearance, color, aroma, taste, texture, and overall liking, with a mean score of 8.59. Chemical and physical analyses revealed that the formulation with 30% erythritol replacement had the lowest moisture content (2.08%) and the highest ash content (0.86%). The formulation containing 30% erythritol replacement exhibited the highest fat, carbohydrate, and protein contents, at 11.32%, 82.99%, and 2.16%, respectively. Regarding color characteristics, the control formulation showed the highest lightness value (L^*), while the formulation with 30% erythritol replacement presented the highest redness (a^*) and yellowness (b^*) values. Microbiological analysis demonstrated that coconut stored under 100% carbon dioxide modified atmosphere had the longest shelf life of 12 days, whereas vacuum-packed samples exhibited the shortest shelf life of 3 days. Total viable counts exceeded the acceptable limit on day 13 for carbon dioxide storage and on day 4 for vacuum storage. However, *Staphylococcus aureus* levels in all samples remained below 100 CFU/g, in accordance with the standards established by the Department of Medical Sciences.

Keywords : Coconut candy; Erythritol; Shelf life; Modified state

* Corresponding Author. Tel.: +66 2665 3777, E-mail Address: thanapop.s@rmutp.ac.th

1. บทนำ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้วเพื่อสุขภาพ และส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน ภายใต้โครงการใหญ่ การสร้างนวัตกรรมและเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์หนึ่งตำบล หนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) [1], [2] โดยชนที่ต้องการศึกษาค้นคว้า วิจัย และกลายมาเป็นขอบเขตการวิจัยของโครงการวิจัยนี้ ได้แก่ มะพร้าวแก้ว จำเป็นต้องคิดค้นสูตรและเทคนิคในการผลิต การกวน การผสม การให้ความร้อน ระยะเวลา อุณหภูมิ และปัจจัยอื่น แต่ทั้งนี้ยังคงอยู่บนหลักการที่ต้องลดความหวานและใช้สารให้ความหวานทดแทนแบบไม่ให้พลังงาน และเป็นโทษแก่ร่างกาย ในการทำวิจัยสร้างนวัตกรรมต่อยอดในครั้งนี้

มะพร้าว (Cocos nucifera L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่อประเทศไทยมาอย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ทั้งในรูปแบบอาหาร เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์แปรรูปต่าง ๆ โดยเฉพาะการแปรรูปเนื้อมะพร้าวที่กินเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานพื้นบ้าน ซึ่งช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ผลผลิตทางการเกษตรและสร้างรายได้แก่ชุมชนท้องถิ่น [3] หนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมคือ มะพร้าวแก้ว ซึ่งเป็นขนมหวานที่ผลิตจากเนื้อมะพร้าวที่กินนำมาเคี้ยวร่วมกับน้ำตาลจนเกิดการซึมผ่านของน้ำเชื่อมเข้าสู่เนื้อผลิตภัณฑ์ และเกิดผลึกน้ำตาลเคลือบบริเวณผิวภายนอก ทำให้มีรสชาติหวาน หอม และสามารถเก็บรักษาได้นานกว่ามะพร้าวสด มะพร้าวแก้วถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่สะท้อนภูมิปัญญาท้องถิ่นในการแปรรูปอาหาร โดยใช้วัตถุดิบที่หาได้ในชุมชน เช่น มะพร้าว น้ำตาลมะพร้าว หรือน้ำตาลทราย ช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่ทรัพยากรทางการเกษตรและส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน อย่างไรก็ตาม สูตรการผลิตแบบดั้งเดิมมักใช้น้ำตาลในปริมาณค่อนข้างสูง ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีพลังงานสูง และอาจเพิ่มความเสี่ยงต่อโรคไม่ติดต่อเรื้อรัง (Non-Communicable Diseases; NCDs) เช่น โรคอ้วน โรคเบาหวานชนิดที่ 2 และโรคหัวใจและหลอดเลือด

หากบริโภคในปริมาณมากเป็นประจำ [4] องค์การอนามัยโลก (WHO) แนะนำให้จำกัดการบริโภคน้ำตาลอิสระ (Free Sugars) ไม่เกินร้อยละ 10 ของพลังงานที่ได้รับต่อวัน และหากลดลงเหลือไม่เกินร้อยละ 5 จะส่งผลดีต่อสุขภาพมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการลดความเสี่ยงต่อโรคฟันผุและโรคอ้วน[5]ดังนั้น การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมหวานที่มีปริมาณน้ำตาลลดลงจึงเป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน

อิริทริทอล (Erythritol) เป็นสารให้ความหวานในกลุ่มน้ำตาลแอลกอฮอล์ (Polyol) ที่ได้รับความนิยมในอุตสาหกรรมอาหาร โดยผลิตจากกระบวนการหมักคาร์โบไฮเดรตด้วยจุลินทรีย์ มีความหวานประมาณร้อยละ 60-80 ของน้ำตาลทราย ให้พลังงานต่ำมาก และไม่ส่งผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดในระดับเดียวกับน้ำตาลซูโครส [6] นอกจากนี้ อิริทริทอลยังมีคุณสมบัติทนความร้อน ไม่ก่อให้เกิดฟันผุ และได้รับการประเมินด้านความปลอดภัยจากหน่วยงานด้านความปลอดภัยอาหารของสหภาพยุโรป (European Food Safety Authority; EFSA) ว่าสามารถใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหารได้อย่างปลอดภัยภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด อย่างไรก็ตาม น้ำตาลไม่ได้มีบทบาทเพียงให้ความหวานเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัส สี ความชื้น และการเกิดผลึกของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว ดังนั้น การใช้อิริทริทอลทดแทนน้ำตาลอาจส่งผลต่อคุณภาพทางกายภาพและการยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาและพัฒนาอัตราส่วนที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดี มีปริมาณน้ำตาลลดลง และยังคงเอกลักษณ์ของมะพร้าวแก้วไว้ได้ อันจะเป็นแนวทางในการเพิ่มมูลค่าให้แก่วัตถุดิบท้องถิ่นและตอบสนองต่อแนวโน้มการบริโภคอาหารเพื่อสุขภาพในปัจจุบัน

ทีมนักวิจัยคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร เห็นความสำคัญของความเป็นมาและภูมิปัญญาของชุมชนในการสร้างสรรค์และพัฒนา มะพร้าวแก้ว เป็นตัวอย่างที่ดีของการสร้างมูลค่าเพิ่ม

ให้กับผลิตภัณฑ์ จึงได้ดำเนินการศึกษาการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลบางส่วน เพื่อหาแนวทางการพัฒนามะพร้าวแก้วเพื่อสุขภาพและส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชนต่อไป

2. ระเบียบวิธีวิจัย

2.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.1.1. วัตถุดิบในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

- (1) มะพร้าวพื้นทีกชุดเส้น
- (2) น้ำตาลทราย
- (3) น้ำลอยดอกมะลิ
- (4) อิริทริทอล

2.1.2. อุปกรณ์ในการแปรรูปผลิตภัณฑ์

- (1) เครื่องปั่น ยี่ห้อ philps รุ่น HR2115/02
- (2) เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Nagata รุ่น Fath-12
- (3) อ่างผสมสแตนเลส
- (4) หม้อสแตนเลส
- (5) กระทะทองเหลือง
- (6) พายไม้
- (7) เทอร์โมมิเตอร์
- (8) เตาอบ ยี่ห้อ Hoouno รุ่น C1.06z
- (9) หม้อล้งถึง
- (10) ผ้าขาวบาง

2.1.3. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางกายภาพ

- (1) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น GT 4100 ยี่ห้อ OHAUS ประเทศ สวิสเซอร์แลนด์
- (2) เครื่องวัดค่าสี เครื่องหมายการค้า Minolta รุ่น CM – 3500 d โดยระบบ Hunter Lab เพื่อวัดค่าความสว่าง (L^*) ค่าสี a^* และ b^* Made in Japan

2.1.4. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ทางเคมี

- (1) ตู้อบลมร้อน (Hot air oven) รุ่น FD 115 ยี่ห้อ Binder ประเทศเยอรมัน
- (2) เครื่องชั่งละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น GT 4100 ยี่ห้อ OHAUS ประเทศสวิสเซอร์แลนด์
- (3) เครื่องแก้ว (ได้แก่ ปีกเกอร์ แท่งแก้ว ปิเปต บิวเรตพร้อมขาตั้ง ฟลาสก์ ขวดปรับปริมาตร หลอดทดลอง กระบอกตวง กรวยกรอง เป็นต้น)
- (4) กระดาษกรอง Whatman No.1 และ No.4 ของบริษัท Whatman Internationalประเทศอังกฤษ
- (5) ถ้วยอลูมิเนียมสำหรับหาความชื้น (Moisture cans) โดคูดความชื้น (Desiccator)
- (6) เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนแบบ Kjeldahl รุ่น Vapodest 20 ยี่ห้อ Gerhardt ประเทศเยอรมัน
- (7) เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน รุ่น SER 148 ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA ประเทศอิตาลี
- (8) เครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณใยอาหาร ยี่ห้อ VELP SCIENTIFICA ประเทศอิตาลี
- (9) เตาเผา ยี่ห้อ Lenton ประเทศอังกฤษ

2.1.5. อุปกรณ์ในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส แบบประเมินทางประสาทสัมผัส 9 - Point Hedonic Scale

2.2. วิธีดำเนินการทดลอง

2.2.1. เพื่อศึกษาสูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้ว

ศึกษาข้อมูลและสูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้ว ทั้ง 4 สูตร โดยการทดลองครั้งนี้ได้นำการศึกษาตามมาตรฐานมาพัฒนาตำรับโดยการศึกษาปริมาณการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของอิริทริทอลทดแทนน้ำตาล ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำไปประเมินคุณภาพทาง

ประสาทสัมผัสในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสระดับห้องปฏิบัติการที่มีความคล้ายคลึงกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์[7], [8] จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นอาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร ทำการเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์ลงในถ้วยพลาสติกสีขาว ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ และติดรหัสหมายเลข 3 ตัว ที่ได้จากการสุ่มระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่างมีการล้างปากด้วยน้ำสะอาด คุณลักษณะที่ทำการทดสอบการยอมรับ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับแบบ 9-Point Hedonic Scale

2.2.2. เพื่อศึกษากรรมวิธีการผลิตมะพร้าวแก้ว

ศึกษากรรมวิธีการผลิตมะพร้าวแก้วจากสูตรมาตรฐานที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลเอกสาร งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นแบบสำหรับการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดำเนินการโดยใช้ผู้ประเมินแบบไม่ผ่านการฝึกฝน (Untrained Panelists) จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นอาจารย์จากสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร โดยทำการประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้วที่พัฒนาขึ้น ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ถูกบรรจุในถ้วยพลาสติกสีขาวและปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ จากนั้นติดรหัสตัวอย่างแบบสุ่มด้วยตัวเลข 3 หลัก (Three-Digit Random Code) เพื่อป้องกันอคติในการประเมิน ผู้ประเมินจะได้รับตัวอย่างที่ละตัวอย่าง และล้างปากด้วยน้ำสะอาดระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่าง เพื่อลดผลกระทบจากรสชาติหรือกลิ่นที่ตกค้างจากตัวอย่างก่อนหน้าการทดสอบ

ดำเนินการโดยใช้วิธีการทดสอบการยอมรับ (Acceptance Test) ด้วยมาตรวัดความชอบแบบ 9 ระดับ (9-Point Hedonic Scale) [9] โดยประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ (Appearance) สี (Color) กลิ่น (Odor) รสชาติ (Taste) กลิ่นรส (Flavor) เนื้อสัมผัส (Texture) และความชอบโดยรวม (Overall Acceptability) ด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับแบบ 9-Point Hedonic Scale

2.2.3. เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของมะพร้าวแก้ว

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของมะพร้าวแก้ว ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างตามวิธีการของ AOAC (2000) [9], [10] ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า กากใยและคาร์โบไฮเดรต ทางกายภาพ ค่าสี โดยการเตรียมตัวอย่างมะพร้าวแก้วโดยสภาวะดัดแปรที่มีอายุการเก็บรักษานานที่สุด นำตัวอย่างมาบด จากนั้นนำมาตรวจวัดค่าสี โดยใช้เครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CM-3500d โดยวัดการผ่านของแสง (Transmittance) ทำการวัดตัวอย่างละ 3 ครั้ง ค่าที่ทำการวัด ได้แก่ ค่าสี L^* (ค่าความสว่างมีค่า 0 ถึง 100 โดย 0 หมายถึง วัตถุที่มีความมืดสีดำ 100 หมายถึง วัตถุที่มีความสว่างสีขาว) a^* (+ หมายถึง วัตถุมีสีแดง, - หมายถึง วัตถุมีสีเขียว) และ b^* (+ หมายถึง วัตถุมีสีเหลือง, - หมายถึง วัตถุมีสีน้ำเงิน) โดยตัวอย่างมาวิเคราะห์หาจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดตามวิธี Standard Plate Count (SPC) (AOAC, 1984) [11]

2.2.4. เพื่อศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว

ศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว [12] การศึกษาบรรจุภัณฑ์ร่วมกับสภาวะดัดแปลงบรรยากาศที่เหมาะสมในการเก็บรักษาขนมไทยจะทำการศึกษาโดยนำมะพร้าวแก้วโดยสภาวะดัดแปรที่มี

อายุการเก็บรักษานานที่สุด ตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดค่า pH meter Satorius AQ รุ่น PB-10 โดยการทำการทดสอบทุก ๆ ค่าวัด 3 ชั่วโมงจากนั้นหาค่าเฉลี่ย [13]

3. ผลการวิจัยและอภิปรายผล

3.1 ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้ว

ศึกษาข้อมูลและสูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้ว ทำการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบทางประสาทสัมผัสระดับห้องปฏิบัติการที่มีความคล้อยคลึงกับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ จำนวน 30 คน ซึ่งเป็นอาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร ทำการเสิร์ฟตัวอย่างผลิตภัณฑ์ลงในถ้วยพลาสติกสีขาว ปิดด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์ และติดรหัสหมายเลข 3 ตัว ที่ได้จากการสุ่มระหว่างการทดสอบแต่ละตัวอย่างจะมีการล้างปากด้วยน้ำสะอาด คุณลักษณะที่ทำการทดสอบการยอมรับ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และ

ความชอบรวม ด้วยวิธีการทดสอบการยอมรับแบบ 9-Point Hedonic Scale [14] การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค นำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan's New Multiple Range Test, DMRT)

ผลการศึกษาสูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้ว จำนวน 4 สูตร ดังตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ย และค่าความแตกต่างของคุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้ว จำนวน 4 สูตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้ว จำนวน 4 สูตร

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัม)			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
มะพร้าว ทึนทึกขูด	250	500	1000	200
น้ำตาล	250	190	600	180
ทราย				
น้ำลอย ดอกมะลิ	-	-	-	80

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย และค่าความแตกต่างของคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของสูตรพื้นฐานมะพร้าวแก้ว จำนวน 4 สูตร

คุณภาพทาง ประสาทสัมผัส	ค่าเฉลี่ย และค่าความแตกต่าง			
	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4
ลักษณะปรากฏ ^{NS}	7.85 ± 0.77	8.20 ± 0.59	7.76 ± 0.65	7.72 ± 0.69
สี ^{NS}	7.84 ± 0.69	8.22 ± 0.60	8.22 ± 0.67	7.73 ± 0.60
กลิ่น ^{NS}	7.67 ± 0.66	7.68 ± 0.70	7.72 ± 0.68	7.96 ± 0.80
รสชาติ	7.45 ± 0.77 ^b	7.72 ± 0.74 ^{ab}	7.71 ± 0.74 ^{ab}	8.18 ± 0.77 ^a
เนื้อสัมผัส ^{NS}	7.70 ± 0.59	7.81 ± 0.51	7.89 ± 0.74	7.90 ± 0.76
ความชอบโดยรวม ^{NS}	7.81 ± 0.67	7.89 ± 0.71	7.90 ± 0.54	8.15 ± 0.29

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05NS หมายถึง ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Not Significant) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 2 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าสูตรพื้นฐานของมะพร้าวแก้วสูตรที่ 4 ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด โดยมีค่าความชอบในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.72 7.73 7.96 8.18 7.90 และ 8.15 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับความชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ส่วนด้านรสชาติ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05 ดังนั้นผู้ศึกษาได้เลือกสูตรที่ 4 เป็นสูตรพื้นฐานในการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของอิทธิพลทดแทนน้ำตาลในการผลิตมะพร้าวแก้วในการทดลองครั้งต่อไป

3.2 ผลการศึกษากิจกรรมวิธีการผลิตมะพร้าวแก้ว

การทดลองครั้งนี้ได้นำการศึกษาตำรับมาตรฐานมาพัฒนาตำรับโดยการศึกษาปริมาณการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของอิทธิพลทดแทนน้ำตาล [15] ที่แตกต่างกัน 4 ระดับ การวางแผนการทดลองใช้แบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) [16] โดยนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้มาประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบ

การยอมรับแบบ 9-Point Hedonic Scale [17] ใช้ผู้ประเมินแบบไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 40 คน ประเมินคุณลักษณะด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ซึ่งเป็นอาจารย์สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านอาหาร

ผลการศึกษาการรวมวิธีการผลิตมะพร้าวแก้วที่แตกต่างกัน 4 ร้อยละ คือ 0 10 20 และ 30% ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณที่เหมาะสมอิทธิพลทดแทนน้ำตาลบางส่วนในการผลิตมะพร้าวแก้ว

วัตถุดิบ	ปริมาณวัตถุดิบ (กรัม)			
	สูตรที่ 1 (0%)	สูตรที่ 2 (10%)	สูตรที่ 3 (20%)	สูตรที่ 4 (30%)
มะพร้าว	200	200	200	200
พื้นที่กึ่งชุด				
น้ำตาลทราย	180	180	180	180
อิทธิพล	-	18	35	54
น้ำตาลดอก	80	80	80	80
มะลิ				

ตารางที่ 4 แสดงค่าคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตมะพร้าวแก้วอิทธิพลทดแทนน้ำตาล จำนวน 4 สูตร

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณการใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาลในส่วนผสมบางส่วนของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว			
	สูตรพื้นฐาน (0%)	สูตรที่ 1 (10%)	สูตรที่ 2 (20%)	สูตรที่ 3 (30%)
ลักษณะปรากฏ	7.68±0.75 ^b	7.87±0.50 ^b	8.51±0.62 ^a	7.72±0.58 ^b
สี	7.55±0.70 ^b	7.59±0.68 ^b	8.28±0.72 ^a	7.69±0.43 ^b
กลิ่น	7.88±0.55 ^b	7.56±0.32 ^b	8.49±0.52 ^a	7.58±0.65 ^b
รสชาติ	7.40±0.78 ^b	7.76±0.40 ^b	8.56±0.64 ^a	7.57±0.54 ^b
เนื้อสัมผัส	7.55±0.65 ^b	7.63±0.68 ^b	8.73±0.75 ^a	7.59±0.82 ^b
ความชอบโดยรวม	7.65±0.61 ^b	7.57±0.85 ^b	8.59±0.34 ^a	7.56±0.66 ^b

หมายเหตุ : ตัวอักษรในแนวนอนเดียวกันที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง ค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของปริมาณการใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาลในส่วนผสมบางส่วนของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้วที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0 10 20 และ 30% เมื่อนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า ปริมาณการใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาล 30% ผู้ชิมให้การยอมรับมากที่สุดในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีค่าเฉลี่ย 8.51 8.28 8.49 8.56 8.73 และ 8.59 ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติพบว่า ในด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.3 เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของมะพร้าวแก้ว

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและคุณภาพทางกายภาพวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์อาหารแปรรูปจากมะพร้าวจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า โยอาหารหยาบ และ

คาร์โบไฮเดรต ตามวิธีมาตรฐานของ รายงานผลในรูปแบบของร้อยละโดยน้ำหนักแห้ง ยกเว้นปริมาณความชื้นซึ่งรายงานในรูปแบบของร้อยละโดยน้ำหนักเปียก ค่ากิจกรรมของน้ำ (Water Activity; Aw) [18] ถูกวิเคราะห์เพื่อประเมินความพร้อมของน้ำอิสระที่ส่งผลต่อการเจริญของจุลินทรีย์และอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ ขณะที่คุณภาพทางกายภาพด้านสีถูกวิเคราะห์ด้วยระบบ CIE Lab* โดยรายงานค่าความสว่าง (L^*) ค่าความเป็นสีแดง/สีเขียว (a^*) และค่าความเป็นสีเหลือง/สีน้ำเงิน (b^*)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้วพบว่า คุณภาพทางเคมีมะพร้าวแก้วที่มีค่ามากที่สุด ดังนี้ สูตรที่ 3 (30%) กรัม ความชื้นร้อยละ 2.08 สูตรที่ 2 (20%) ไขมันร้อยละ 11.32 สูตรที่ 2 (20%) คาร์โบไฮเดรตละ 82.99 กรัม สูตรที่ 3 (30%) เถ้าร้อยละ 0.86 สูตรที่ 2 (20%) โปรตีนร้อยละ 2.16 ส่วนคุณภาพทางกายภาพพบว่า ความสว่าง (L^*) สูตรที่ 1 (10%) กรัม มีค่ามากที่สุด 57.25 ค่าสีแดง (a^*) และ ค่าสีเหลือง (b^*) สูตรที่ 2 (20%) กรัม มีค่ามากที่สุด 11.95 และ 27.48 ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี และคุณภาพทางกายภาพของการศึกษาปริมาณที่เหมาะสม ของการใช้อิทธิพลทดแทนน้ำตาลของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว

คุณภาพทางเคมี / กายภาพ	สูตรที่ 1 (10%) (กรัม)	สูตรที่ 2 (20%) (กรัม)	สูตรที่ 3 (30%) (กรัม)
คุณภาพทางเคมี			
ความชื้น	2.45+0.84 ^b	2.01+0.79 ^a	2.08.+0.92 ^a
ไขมัน	10.83+0.91 ^a	11.32+0.93 ^b	10.10+0.82 ^a
คาร์โบไฮเดรต	80.70+0.91 ^a	82.99+0.86 ^b	80.70+0.91 ^a
เถ้า	0.54+0.85 ^a	0.62+0.91 ^a	0.86+0.96 ^b
โปรตีน	2.86+0.76 ^b	2.16+0.78 ^b	1.90+0.93 ^a
คุณภาพทางกายภาพ			
ความสว่าง (L^*)	57.25+1.74 ^a	44.11+0.11 ^b	44.75+1.06 ^b
ค่าสีแดง (a^*)	10.94.+0.64 ^b	11.95+0.21 ^a	11.86+0.19 ^a
ค่าสีเหลือง (b^*)	20.78+0.90 ^b	27.48+0.21 ^a	27.08+0.30 ^a

3.4 ผลการศึกษาอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้ว

ในการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติด้านจุลินทรีย์ โดยการใช้การตรวจวิเคราะห์ Total Plate Count และปริมาณ *S.aureus* โดยศึกษาจำนวนวันที่เก็บรักษาได้นานที่สุด ซึ่งจะนับเชื้อจุลินทรีย์ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนที่ต้องมีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^{-6} และปริมาณ *S.aureus* ไม่เกิน 100 โคโลนีต่อตัวอย่าง 1 กรัม ซึ่งผลทดลองแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 6 แสดงผลของการบรรจุขนมชั้นภายใต้สภาพปรับบรรยากาศต่อจำนวนจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์

สภาวะการเก็บ	อายุการเก็บรักษา (วัน)	ผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	
		จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<i>S.aureus</i> (โคโลนี/กรัม)
สุญญากาศ (Vacuum)	0	1.4×10^3	ND
	1	3.3×10^3	< 100
	2	5.2×10^3	< 100
	3	3.4×10^3	ND
	4	2.5×10^6	< 100
ปกติ	0	1.19×10^3	< 100
	1	2.3×10^3	< 100
	2	7×10^3	< 100
	3	2×10^4	< 100
	4	7×10^5	< 100
N ² 80% : CO ₂ 20%	0	3.3×10^2	< 100
	1	8.6×10^2	< 100
	2	1.4×10^3	< 100
	3	1.7×10^3	< 100
	4	1.5×10^3	< 100
	5	2.2×10^3	< 100
	6	3.3×10^3	< 100
	7	2.5×10^4	< 100
	8	3.2×10^4	< 100
	9	1.5×10^5	< 100
	10	2.6×10^6	< 100

สภาวะการเก็บ	อายุการเก็บรักษา (วัน)	ผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	
		จุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/g)	<i>S.aureus</i> (โคโลนี/กรัม)
N ₂ 100%	0	1.3×10^3	ND
	1	1.4×10^3	ND
	2	3.8×10^2	ND
	3	1.4×10^3	< 100
	4	8.0×10^4	< 100
	5	2.8×10^4	< 100
	6	1.6×10^3	< 100
	7	1.6×10^5	ND
	8	5.2×10^4	< 100
	9	1.3×10^5	< 100
	10	1.8×10^5	< 100
N ₂ 60% : CO ₂ 40%	0	2.7×10^2	< 100
	1	3.0×10^2	< 100
	2	4.0×10^2	< 100
	3	1.6×10^3	< 100
	4	2.8×10^3	< 100
	5	2.6×10^3	< 100
	6	1.3×10^3	ND
	7	4.6×10^4	< 100
	8	6.8×10^4	< 100
	9	2.0×10^5	< 100
	10	8.2×10^5	< 100
N ² 70% : CO ₂ 30%	0	2.8×10^2	< 100
	1	2.7×10^2	< 100
	2	4.1×10^2	< 100
	3	1.5×10^3	< 100
	4	6.0×10^3	< 100
	5	1.2×10^3	< 100
	6	6.0×10^3	< 100
	7	1.6×10^4	< 100
	8	2.4×10^5	< 100
	9	1.0×10^5	< 100
	10	1.3×10^5	< 100
	11	6.6×10^5	< 100

สภาวะ การเก็บ	อายุการเก็บ รักษา (วัน)	ผลการวิเคราะห์ด้านจุลินทรีย์	
		จุลินทรีย์ ทั้งหมด (CFU/g)	S.aureus (โคโลนี/ กรัม)
	12	3.0×10^6	< 100
CO ₂ 100%	0	3.5×10^2	ND
	1	6.7×10^2	ND
	2	1.2×10^3	ND
	3	1.0×10^3	ND
	4	1.5×10^3	< 100
	5	1.4×10^3	< 100
	6	1.1×10^3	ND
	7	1.1×10^3	ND
	8	4.5×10^4	< 100
	9	1.5×10^4	< 100
	10	1.5×10^5	< 100
	11	2.3×10^5	< 100
	12	7.2×10^5	< 100
	13	4.5×10^6	< 100

หมายเหตุ : ND หมายถึง ไม่พบโคโลนีของเชื้อหรือมีเชื่อน้อยกว่า 10 โคโลนี

จากตารางที่ 6 การตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของขนม มะพร้าวแก้วที่เก็บรักษาไว้ในสภาวะดัดแปรที่แตกต่างกัน ตั้งแต่วันที่ 0-15 พบว่า จากการเก็บรักษาโดยใช้สภาวะดัดแปร สภาวะ Vacuum ,ปกติ ,N₂ 80% : CO₂ 20% ,N₂ 100% , N₂ 60% : CO₂ 40% , N₂ 70% : CO₂ 30% และ CO₂ 100% ผลการศึกษาพบว่า จำนวนวันที่สามารถเก็บรักษาได้และไม่เกินค่ามาตรฐาน อยู่ที่ 2.5×10^6 , 2.4×10^6 , 2.6×10^6 , 2.5×10^6 , 1.4×10^6 , 3.0×10^6 และ 4.5×10^5 ตามลำดับ ซึ่งจากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้สภาวะดัดแปรในการเก็บรักษามะพร้าวแก้ว และสามารถยืดอายุการเก็บรักษามะพร้าวแก้วได้นานที่สุด โดยใช้ CO₂ 100% ซึ่งสามารถเก็บได้นานที่สุด 12 วัน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ มีคุณสมบัติเป็น Bacteriostatic สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ โดยผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ [19] และ [20]

ซึ่ง N. M. Dixon and D. B. Kell [21] รายงานว่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สามารถชะลอการเข้าสู่ระยะ log phase และเพิ่มระยะ lag phase ของจุลินทรีย์ ทำให้อัตราการเจริญเติบโตลดลงและยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารได้

4. สรุป

การศึกษาผลของการใช้อิริทธิพลทดแทนน้ำตาลทรายต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของมะพร้าวแก้วภายใต้สภาวะดัดแปรเพื่อสุขภาพและส่งเสริมเศรษฐกิจชุมชน พบว่าสูตรพื้นฐานมะพร้าวแก้วสูตรที่ 4 ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด โดยมีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลางถึงชอบมาก ขณะที่การใช้อิริทธิพลทดแทนน้ำตาลทรายร้อยละ 30 ได้รับการยอมรับสูงสุดในทุกด้านที่ประเมิน โดยมีคะแนนความชอบรวมเฉลี่ย 8.59 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีพบว่าสูตรที่ใช้อิริทธิพลร้อยละ 30 มีปริมาณความชื้นและเถ้าสูงสุด เท่ากับร้อยละ 2.08 และ 0.86 ตามลำดับ ส่วนสูตรที่ใช้อิริทธิพลร้อยละ 20 มีปริมาณไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรตสูงสุด เท่ากับร้อยละ 11.32, 2.16 และ 82.99 ตามลำดับ สำหรับคุณสมบัติทางกายภาพด้านสี พบว่าสูตรที่ใช้อิริทธิพลร้อยละ 10 มีค่าความสว่าง (L*) สูงสุด เท่ากับ 57.25 ขณะที่สูตรที่ใช้อิริทธิพลร้อยละ 20 มีค่าสีแดง (a*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงสุด เท่ากับ 11.95 และ 27.48 ตามลำดับ นอกจากนี้ การศึกษาคุณภาพทางจุลินทรีย์ระหว่างการเก็บรักษาภายใต้สภาวะดัดแปรบรรยากาศเป็นเวลา 15 วัน พบว่า การเก็บรักษาแบบสุญญากาศมีอายุการเก็บรักษา 3 วัน ส่วนการเก็บรักษาภายใต้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% สามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้ถึง 12 วัน โดยตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาพบปริมาณเชื้อ Staphylococcus aureus ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่

กำหนด สรุปลงได้ว่าการใช้อิริทธิทอลทดแทนน้ำตาลทราย ร้อยละ 30 เป็นระดับที่เหมาะสมต่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์มะพร้าวแก้วเพื่อสุขภาพ และการเก็บรักษา ภายใต้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ 100% สามารถช่วยยืดอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่าการเก็บรักษาแบบสุญญากาศ

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะผู้บริหาร คณาจารย์ เจ้าหน้าที่ ผู้ช่วยนักวิจัย และนักศึกษา คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตลอดจนชุมชนและภาคเอกชนกลุ่มเป้าหมาย ที่ให้การสนับสนุนข้อมูล และข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Program Management Unit for Area-Based Development (PMU-A), “Development and Value Enhancement of OTOP Products to Increase Competitiveness Based on Local Cultural Resources in Phetchaburi Province,” [Online]. <https://pmua.or.th/research>. [Accessed: Feb. 15, 2025]
- [2] International Food Information Council Foundation, “Stevia Sweeteners: Another Low-Calorie Option,” [Online]. <https://www.foodinsight.org>. [Jun. 24, 2026]
- [3] F. Devlieghere, L. Vermeiren, M. Jacobs, and J. Debevere, “The effectiveness of hexamethylenetetramine-incorporated plastic for the active packaging of foods,” *Packaging Technology and Science*, vol. 13, no. 3, pp. 117–121, 2000.
- [4] World Health Organization, “Use of Non-Sugar Sweeteners: WHO Guideline,” [Online]. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240073616>. [Accessed: Mar. 9, 2026]
- [5] EFSA Panel on Food Additives and Flavourings (FAF), “Re-evaluation of erythritol (E 968) as a food additive,” *EFSA Journal*, vol. 21, no. 12, e8430, 2023.
- [6] N. Pathak, S. Dubey, and S. Verma, “Sensory evaluation and nutritional composition of developed papaya jam and papaya candy,” *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, vol. 10, no. 1, pp. 207-210, 2021.
- [7] K. Khamrui, “Sensory and colour profile of milk-coconut sweet as a function of ingredients using response surface methodology,” *Indian Journal of Dairy Science*, vol. 70, no. 5, pp. 1-7, 2017.
- [8] N. L. C. Nicolas, J. Marpuilly, and M. O'Mahony, “The 9-point hedonic scale: Are words and numbers compatible,” *Food Quality and Preference*, vol. 21, pp. 1008-1015, 2010.
- [9] O. A. Alokun-Adesanya and O. J. Adebawale, “Physicochemical properties and sensory evaluation of milk candy ‘toffee’ (a Nigeria candy) enrich with coconut, tigernut and groundnut,” *Federal Polytechnic Ilaro Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 4, no. 2, pp. 53–60, 2022.
- [10] W. Srisuk, “Diabetes: Choosing Coffee Sweeteners Instead of Sugar,” Faculty of

- Pharmacy, Mahidol University, [Online]. <http://www.pharmacy.mahidol.ac.th>. [Accessed: Mar. 12, 2026]
- [11] Association of Official Analytical Chemists (AOAC), *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*, 14th ed. Arlington, VA, USA: AOAC, 1984.
- [12] S. Soonthornnarungsri and N. Kandanont, "Quality improvement and processing of coconut sheet candy," in *Proceedings of the 34th Kasetsart University Annual Conference*, Bangkok, Thailand, 1996, pp. 233–242.
- [13] Food Science and Technology Association of Thailand, "Conditions for Nutritional Claims of Sugar," in *Proceeding of Food Safety Seminar*, Bangkok, Thailand, pp. 74–75.
- [14] P. Sinchaipanit, N. Peasura, A. Sangsuriyawong, and S. Disnil, "Testing the shelf-life of food products under accelerated temperature," *Burapha Science Journal*, vol. 27, no. 2, pp. 1930–1949, 2022.
- [15] D. C. Montgomery, *Design and Analysis of Experiments*, 10th ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2019.
- [16] A. N. Olaimat, T. M. Osaili, M. A. A. Holy, A. A. Nabulsi, R. S. Obaid, A. R. Alaboudi, M. Ayyash, and R. Holley, "Microbial safety of oily, low water activity food products: A review," *Food Microbiology*, vol. 92, 2020.
- [17] Y. Xia, J. Song, F. Zhong, J. Halim, and M. O'Mahony, "The 9-point hedonic scale: Using R-Index Preference Measurement to compute effect size and eliminate artifactual ties," *Food Research International*, vol. 133, 2020.
- [18] M. S. Tapia, S. M. Alzamora, and J. Chirife, "Effects of Water Activity (aw) on Microbial Stability as a Hurdle in Food Preservation," in *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, 2nd ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2020.
- [19] J. A. Daniels, R. Krishnamurthi, and S. S. H. Rizvi, "A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality," *Journal of Food Protection*, vol. 48, no. 6, pp. 532–537, 1985.
- [20] Department of Agricultural Extension, "Coconut and Its Economic Utilization," Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok, Thailand, [Online]. Available: <https://www.doe.go.th>. [Accessed: Feb. 11, 2026]
- [21] N. M. Dixon and D. B. Kell, "The inhibition by CO₂ of the growth and metabolism of micro-organisms," *Journal of Applied Bacteriology*, vol. 67, no. 2, pp. 109–136, 1989.