การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมผงพรมมิและทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลคาราเมล

ศุภวัฒน์ นามคำ[1] จรัสสินี สุวีรานนท์[2] และสุทธิพงศ์ ยุสเปรมานนท์[3]*

[1]อาจารย์ประจำคณะศิลปศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

[2]อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา

[3]อาจารย์ประจำคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

Corresponding Author Email: suttipong.y@mail.rmutk.ac.th

Received: November 22, 2024; Revised: December 16, 2024; Accepted: December 24, 2024

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีมสูตรพื้นฐาน (2) ศึกษาประเภทของน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิ (3) ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล และ (4) วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล ผลการวิจัยพบว่า ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่เสริมผงพรมมิได้รับการยอมรับในด้านการละลาย เนื้อสัมผัส ความหวาน และความชอบโดยรวม แต่ยังต้องพัฒนาในด้านลักษณะปรากฏ สี และกลิ่นรส ไอศกรีมที่เสริมผงพรมมิ 5 และ 10 กรัม ได้รับการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญ โดยสูตรที่เสริมผงพรมมิ 10 กรัมได้รับคะแนนสูงสุดในหลายด้าน เช่น สี กลิ่นรส และความหวาน ส่วนการใช้น้ำตาลคาราเมลประเภทต่าง ๆ พบว่า น้ำตาลสีรำและน้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏและสี โดยน้ำตาลโตนดได้รับคะแนนสูงสุดจากผู้บริโภคในหลายด้าน การเพิ่มผงพรมมิทำให้ไอศกรีมมีการขึ้นฟูเพิ่มขึ้นและอัตราการละลายลดลง ($P<0.05$) ขณะที่การใช้น้ำตาลคาราเมลทำให้การขึ้นฟูลดลงและอัตราการละลายเพิ่มขึ้น ($P<0.05$) นอกจากนี้ การใช้น้ำตาลคาราเมลทำให้ค่าสีของไอศกรีมมีความเข้มขึ้นและเปลี่ยนโทนสีไปในทิศทางต่าง ๆ ไอศกรีมที่เสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมลมีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับสูตรพื้นฐาน โดยมีความชื้น เถ้า และใยอาหารเพิ่มขึ้น ขณะที่โปรตีนลดลงและไขมันต่ำมากจนไม่สามารถตรวจพบได้ การทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($P>0.05$) ระหว่างคุณค่าทางโภชนาการของทั้งสองสูตร

คำสำคัญ: ไอศกรีม พรมมิ น้ำตาลคาราเมล

Development of Ice Cream Supplemented with *Brahmi* (*Bacopa Monnieri*) Powder and Sweetened with Caramel Sugar

Supawat Namkham[1], Jaratsinee Suweeranon[2] and Suttipong Yutsapremanon[3]*

[1]Lecturer, Faculty of Liberal Arts, Rajamangala University of Technology Krungthep

[2]Lecturer, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University

[3]Lecturer, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Krungthep

Corresponding Author Email: suttipong.y@mail.rmutk.ac.th

Received: November 22, 2024; Revised: December 16, 2024; Accepted: December 24, 2024

Abstract

The objectives of this study were to: (1) determine the optimal concentration of *Brahmi* (*Bacopa Monnieri*) powder in a basic ice cream formula; (2) identify the best type of caramelized sugar to use in *Brahmi*-enriched ice cream; (3) evaluate consumer acceptance of ice cream containing both *Brahmi* (*Bacopa Monnieri*) powder and caramelized sugar; and (4) analyze the physical and chemical properties of *Brahmi*-enriched ice cream. The study found that the basic ice cream formulation enriched with *Brahmi* (*Bacopa Monnieri*) powder was well-received in terms of melt rate, texture, sweetness, and overall acceptability, though improvements in appearance, color, and flavor were needed. Both 5 gram and 10 gram formulations were accepted by food specialists, with the 10 gram version receiving the highest ratings for color, flavor, and sweetness. Regarding caramelized sugars, both natural cane sugar and palm sugar were accepted for appearance and color, with palm sugar being preferred by consumers across several sensory aspects. *Brahmi* (*Bacopa Monnieri*) powder increased overrun and reduced melt rate ($P<0.05$), while caramelized sugar decreased overrun and increased melt rate ($P<0.05$). The use of caramelized sugar also deepened the ice cream's color. Nutritionally, ice creams with *Brahmi* (*Bacopa Monnieri*) powder and caramelized sugar showed similar profiles to the basic formulation, with increased moisture, ash, and fiber but decreased protein and undetectable fat. No significant nutritional differences ($P>0.05$) were observed between formulations.

Keywords: Ice Cream, *Brahmi* (*Bacopa Monnieri*), Caramel Sugar

บทนำ

ในปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพมากขึ้น ส่งผลให้มีความต้องการไอศกรีมที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีปริมาณน้ำตาลและไขมันต่ำ (Arslaner and Salık, 2020) เนื่องจากการบริโภคไอศกรีมในรูปแบบเดิมที่มีน้ำตาลและไขมันสูง อาจเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วนและโรคเบาหวาน (Beegum et al., 2022) ดังนั้น การพัฒนาไอศกรีมที่มีส่วนผสมที่ดีต่อสุขภาพ จึงเป็นแนวทางที่ได้รับความสนใจในปัจจุบัน (Chavan, Sindhani and Sakhale, 2023)

การประยุกต์ใช้พรมมิ (*Bacopa Monnieri*) ซึ่งเป็นผักพื้นบ้านและสมุนไพรที่มีอยู่ในท้องถิ่นของไทย มาใช้ในการพัฒนาไอศกรีมเพื่อเป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภค อาจช่วยกระตุ้นความสนใจสำหรับผู้ที่ใส่ใจด้านสุขภาพ โดยในพรมมิมีสารประกอบที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ไตรเทอร์พีนอยด์ซาโปนิน (Triterpenoid Saponin) ที่สามารถส่งเสริมการทำงานของระบบประสาทและสุขภาพโดยรวม (Pattnaik, Panda, Minocha, Yadav, Dwivedi and Singh, 2023) อีกทั้งการใช้น้ำตาลคาราเมลในไอศกรีมยังเป็นการพัฒนาแนวทางในการปรับปรุงรสชาติ สี กลิ่น และเนื้อสัมผัส ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค (Parra, Espinosa, Falconí and Veloz, 2023) น้ำตาลคาราเมลเป็นส่วนประกอบที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในอาหารต่าง ๆ โดยกระบวนการผลิตที่ควบคุมอย่างถูกต้องสามารถสร้างคุณภาพในด้านรสชาติและเนื้อสัมผัสได้ (Babu and Adeyeye, 2024)

ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการใช้ผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมลในไอศกรีม โดยการศึกษาการยอมรับและประสิทธิภาพของส่วนผสมเหล่านี้ในด้านคุณภาพทางกายภาพ เช่น สี การขึ้นฟู อัตราการละลาย รวมถึงคุณค่าทางโภชนาการต่าง ๆ เช่น ปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหาร เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและยังสามารถส่งเสริมสุขภาพได้อีกด้วย นอกจากนี้ การใช้พืชผักสมุนไพรจากท้องถิ่นและน้ำตาลคาราเมล ยังเป็นการสนับสนุนการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีความยั่งยืนและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีมสูตรพื้นฐาน
2. เพื่อศึกษาประเภทของน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิ
3. เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล
4. เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล

ขอบเขตการวิจัย

1. การวิจัยในครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยศึกษาการเสริมผงพรมมิในไอศกรีมและการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลคาราเมล

2. ศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีมสูตรพื้นฐาน โดยเสริมผงพรมมิ (บริษัท รอยัล สไปซ์ แอนด์ เฮิร์บ จำกัด, ประเทศไทย) ในปริมาณ 5 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 15, 20 และ 25 กรัม โดยประเมินการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic test

3. ศึกษาประเภทของน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิ โดยใช้น้ำตาลคาราเมล 4 ประเภททดแทนน้ำตาลทรายขาวทั้งหมดในไอศกรีม ได้แก่ น้ำตาลสีรำ (ตรามิตรผล กลุ่มมิตรผล, ประเทศไทย) น้ำตาลทรายแดง (ตรามิตรผล กลุ่มมิตรผล, ประเทศไทย) น้ำตาลมะพร้าว (ตราชูการ์บอย บริษัท ทรีพอยท์ เมเนจเมนท์ จำกัด,

ประเทศไทย) และน้ำตาลโตนด (ตราตาลสยาม บริษัท เวิลด์ ฟู้ด อินเตอร์เทรด จำกัด, ประเทศไทย) โดยประเมินการยอมรับจากผู้เชี่ยวชาญผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic test

4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล สูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด 2 ลำดับแรกจากผู้เชี่ยวชาญ โดยประเมินการยอมรับจากผู้บริโภคผ่านการทดสอบทางประสาทสัมผัสแบบ hedonic test

5. วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล ได้แก่ ค่าสี ค่าการขึ้นฟู ค่าอัตราการละลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณความชื้น ปริมาณโปรตีน ปริมาณไขมัน ปริมาณเถ้า และปริมาณใยอาหาร

กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

การทบทวนวรรณกรรม

การผลิตไอศกรีมเป็นกระบวนการที่ซับซ้อนจำเป็นต้องอาศัยการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการควบคุมองค์ประกอบต่าง ๆ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ กระบวนการผลิตเริ่มต้นด้วยการทำอิมัลชัน ซึ่งเป็นการผสมไขมันและน้ำเข้าด้วยกันโดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ เช่น ไข่แดงหรือโปรตีนจากนม (Rasmussen, Colavitti, Casagrande, Carstens and Bonato, 2023) โดยการทำอิมัลชันนี้จะช่วยให้ไขมันและน้ำในกระบวนการผลิตไอศกรีมเข้ากันได้ดีขึ้น ซึ่งไขมันจากนมช่วยปรับปรุงรสชาติและทำให้ไอศกรีมมีความเรียบเนียน อีกทั้งยังส่งผลดีต่อเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ (Aliabbasi and Emam-Djomeh, 2024) นอกจากนี้ น้ำตาลยังมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มความหวานและลดจุดเยือกแข็งของน้ำ ซึ่งจะ

ช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ที่อาจส่งผลให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมหยาบ (Das and Hooda, 2023) การปั่นไอศกรีมมีความสำคัญในการเพิ่มอากาศ ซึ่งช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่ฟูเบาขึ้น (Chavan et al., 2023) กระบวนการทั้งหมดนี้ทำงานร่วมกันเพื่อให้ได้ไอศกรีมที่มีคุณภาพและตอบสนองต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค

พรมมิ (*Bacopa Monnieri*) เป็นพืชผักสมุนไพรที่มีคุณประโยชน์ต่อการทำงานของสมองและความจำ โดยมีสารต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยปกป้องเซลล์สมองจากความเสียหายที่เกิดจากอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ ยังช่วยส่งเสริมการไหลเวียนเลือดไปยังสมองอีกด้วย พรมมิยังสามารถเพิ่มระดับสารสื่อประสาทที่สำคัญในสมอง เช่น อะเซทิลโคลีน (Acetylcholine) เซโรโทนิน (Serotonin) และโดปามีน (Dopamine) ซึ่งมีส่วนช่วยในการทำงานของสมองและอารมณ์ รวมถึงมีฤทธิ์ต้านการอักเสบที่สามารถลดการเสื่อมของสมองและลดความเสี่ยงต่อโรคที่เกี่ยวข้องกับอายุ เช่น โรคอัลไซเมอร์และโรคหัวใจ (Dhanjal et al., 2020)

น้ำตาลคาราเมล เกิดจากกระบวนการที่น้ำตาลถูกทำให้ไหม้ด้วยความร้อน ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างสีและกลิ่นหอมในอาหารที่ปรุงสุก เช่น ขนมหวานและเครื่องดื่ม น้ำตาลที่ใช้ในการทำคาราเมลสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท ได้แก่ ซูโครส ฟรุกโตส และกลูโคส โดยแต่ละประเภทจะให้รสชาติและกลิ่นที่แตกต่างกันไป เช่น ซูโครสจะให้รสหวานที่นุ่มนวล ฟรุกโตสจะมีรสชาติที่เข้มข้น และกลูโคสจะมีรสชาติที่อ่อนกว่า (Parra et al., 2023) การเลือกใช้น้ำตาลในกระบวนการคาราเมลจึงมีผลต่อคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น รสชาติ กลิ่น และสี ซึ่งจะถูกนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีรสชาติและกลิ่นที่ดึงดูดผู้บริโภค

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมไอศกรีม

เตรียมส่วนผสมสำหรับทำไอศกรีมโดยใช้นมสดขาดมันเนยพาสเจอร์ไรส์ 500 กรัม (ตราเมจิ บริษัท ซีพี-เมจิ จำกัด, ประเทศไทย) วิปปิ้งครีมพร่องมันเนย 125 กรัม (ตราคาสิโน บริษัท บิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย) น้ำตาลทราย 150 กรัม (ตราลิน กลุ่มน้ำตาลไทยรุ่งเรือง, ประเทศไทย) และไข่แดง 60 กรัม (ตราซีพี บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน), ประเทศไทย) ผสมส่วนผสมทั้งหมดในเครื่องทำไอศกรีม (Nemox Gelato Chef 2500 Plus NEMOX International, Italy) ปั่นประมาณ 10 นาที จากนั้นเติมเจลาติน 10 กรัม (ตราแม็กกาแรต บริษัท เจ อาร์ เอฟ แอนด์ บี จำกัด, ประเทศไทย) และปั่นผสมให้เข้ากันอีกครั้ง หลังจากนั้นนำไปแช่ในตู้เย็นและคนทุก ๆ 10 นาที จนได้เนื้อไอศกรีมที่เนียนเรียบ (Swarnathilake and Abeysinghe, 2020) สูตรนี้จะใช้เป็นสูตรควบคุมสำหรับทดลองเสริมผงพรมมิในระดับต่าง ๆ ในขั้นตอนถัดไป

2. การศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

การศึกษาครั้งนี้ใช้สูตรไอศกรีมจากงานวิจัยของ Swarnathilake and Abeysinghe (2020) ดัดแปลงใช้เป็นสูตรพื้นฐานเพื่อศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีม โดยเสริมผงพรมมิในสูตรพื้นฐานแปรผันปริมาณผงพรมมิเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 5, 10, 15, 20 และ 25 กรัม รวม 5 สิ่งทดลอง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) และทำการทดลองในแต่ละสูตร 3 ซ้ำ หลังจากนั้นให้ผู้เชี่ยวชาญ 12 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยใช้เกณฑ์ 9-point hedonic scale ประเมินลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความหวาน การละลาย และความชอบโดยรวม ผลการทดลองจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด สำหรับการศึกษาถัดไปในการเลือกน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิ

3. การศึกษาประเภทของน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิ

จากการศึกษาหาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีมแล้ว นำมาศึกษาทดแทนน้ำตาลทรายขาวด้วยน้ำตาลคาราเมล 4 ประเภท ได้แก่ น้ำตาลสีรำ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลโตนด วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) ทดลองสูตรละ 3 ซ้ำ ให้ผู้เชี่ยวชาญ 12 คน ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วย 9-point hedonic scale ประเมินลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความหวาน การละลาย และความชอบโดยรวม วิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อเลือกสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด 2 ลำดับแรก เพื่อนำไปศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในขั้นตอนถัดไป

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล

การศึกษาการยอมรับของไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างไอศกรีมสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุด 2 สูตร คือ น้ำตาลสีรำ น้ำตาลโตนด และสูตรควบคุม จากนั้นให้ผู้บริโภคทั่วไป 50 คน ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยใช้ 5-point hedonic scale ประเมินคุณลักษณะต่าง ๆ เช่น ลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส ความหวาน การละลาย และความชอบโดยรวม ผลการประเมินจะนำมาวิเคราะห์ทางสถิติต่อไป

5. การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล

การวัดคุณภาพด้านสีของไอศกรีม โดยเตรียมตัวอย่างไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมลทุกสูตร แล้วใช้เครื่องวัดสี Colorimeter (UltraScan Vis, Hunter Lab, USA) วัดค่า L^* (ความสว่าง) a^* (สีแดง-เขียว) และ b^* (สีเหลือง-น้ำเงิน) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าสีแต่ละสูตร

การวัดการขึ้นฟูของไอศกรีมดัดแปลงจากวิธีการของ Voronin, Ning, Coupland, Roberts and Harte (2021) โดยชั่งน้ำหนักส่วนผสมก่อนปั่นไอศกรีม และชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่บรรจุเต็มในถ้วยกระดาษขนาด 125 มิลลิลิตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าการขึ้นฟูของไอศกรีม (ร้อยละ) ดังสมการ

$$\text{ค่าการขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักของส่วนผสมก่อนปั่นไอศกรีม} - \text{น้ำหนักไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times 100$$

การวัดอัตราการละลายของไอศกรีม ดัดแปลงจากวิธีของ Voronin et al. (2021) โดยตักไอศกรีม 30 กรัม วางบนตะแกรงที่มีภาชนะรองรับในห้องที่อุณหภูมิ 25±2 องศาเซลเซียส จับเวลาเมื่อวางไอศกรีมบนตะแกรงและชั่งน้ำหนักทุก 10 นาที จนครบ 60 นาที ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณอัตราการละลาย (กรัม/นาที) ดังสมการ

$$\text{อัตราการละลาย (กรัม/นาที)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย}}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times 100$$

การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง ใช้แถบทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างหรือกระดาษลิตมัส โดยเตรียมไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล นำไอศกรีมออกจากตู้แช่แข็งที่อุณหภูมิห้อง 25±2 องศาเซลเซียส เพื่อให้ละลาย จากนั้นนำตัวอย่างไปสัมผัสกระดาษลิตมัส และเปรียบเทียบสีที่เกิดขึ้นกับแผนภูมิการเปลี่ยนแปลงสีเพื่อหาค่าความเป็นกรด-ด่าง

การวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ โดยเตรียมไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมลที่ได้รับการยอมรับสูงสุด จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และใยอาหาร โดยใช้วิธี AOAC Official Method 962.09 (AOAC, 2000) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ และคำนวณร้อยละของสารประกอบหลักในไอศกรีมเปรียบเทียบก่อนและหลังการเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล

การวิเคราะห์สถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติเพื่อคำนวณการแจกแจงความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน รวมทั้งบันทึกข้อมูลเชิงคุณภาพจากการสังเกต วิเคราะห์ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสโดยการคำนวณค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากคะแนน 9-point hedonic scale สำหรับผู้เชี่ยวชาญ และ 5-point hedonic scale สำหรับผู้บริโภคทั่วไป เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยการยอมรับของผู้เชี่ยวชาญและผู้บริโภคทั่วไปที่ยอมรับสูงสุดต่อไอศกรีม โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (one-way analysis of variance) และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยเป็นรายคู่ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่นที่ร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

จากการศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสม ทดลองใช้ผงพรมมิในปริมาณ 5, 10, 15, 20 และ 25 กรัม สำหรับการทำไอศกรีม ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คน ผลการศึกษาพบว่า ไอศกรีมที่มีการใช้ผงพรมมิในทุกระดับมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เช่น ผิวหน้าเรียบเนียน มีกลิ่นและรสชาติดี และเนื้อสัมผัสเนียนนุ่ม อย่างไรก็ตาม สีของไอศกรีมมีแนวโน้มเข้มขึ้นและความหวานลดลงเมื่อปริมาณผงพรมมิเพิ่มขึ้น แต่รสขมกลับเพิ่มขึ้นตามปริมาณผงพรมมิที่ใช้ ดังภาพที่ 2



BP5 BP10 BP15 BP20 BP25

ภาพที่ 2 ไอศกรีมสูตรพื้นฐานที่เสริมผงพรมมิในปริมาณที่แตกต่างกันโดย BP5 เสริมผงพรมมิ 5 กรัม, BP10 เสริมผงพรมมิ 10 กรัม, BP15 เสริมผงพรมมิ 15 กรัม, BP20 เสริมผงพรมมิ 20 กรัม และ BP25 เสริมผงพรมมิ 25 กรัม

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความชอบของผู้เชี่ยวชาญต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่เสริมผงพรมมิ

(*n*=12)

คุณลักษณะ	ปริมาณผงพรมมิ (กรัม)				
	5	10	15	20	25
ลักษณะปรากฏ	7.08±1.38^{ab}	7.67±0.78^{a}	7.33±0.98^{ab}	6.58±1.51^{bc}	6.87±1.87^{c}
สี	7.00±1.28^{ab}	7.50±0.80^{a}	7.25±1.06^{a}	6.25±1.54^{c}	6.42±1.51^{bc}
กลิ่นรส	7.42±0.79^{a}	7.00±0.43^{ab}	6.33±0.78^{b}	4.92±1.83^{c}	4.33±1.72^{c}
เนื้อสัมผัส	7.33±0.98^{ab}	7.67±0.65^{a}	7.17±0.72^{ab}	6.67±1.15^{bc}	6.33±1.50^{c}
ความหวาน	7.25±0.87^{a}	7.33±0.78^{a}	6.83±0.94^{a}	6.08±1.24^{b}	5.67±1.56^{b}
การละลาย	7.08±0.79^{a}	7.25±0.62^{a}	6.83±1.11^{a}	6.58±1.08^{ab}	6.17±1.40^{b}
ความชอบโดยรวม	7.17±1.03^{a}	7.25±0.62^{a}	6.58±0.67^{a}	5.50±0.90^{b}	5.08±1.16^{b}

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรยกกำลังต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 1 พบว่าการใช้ผงพรมมิในปริมาณ 5 และ 10 กรัม ได้รับการยอมรับสูงสุดจากผู้เชี่ยวชาญในหลายด้าน ได้แก่ ด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในเกณฑ์ชอบมาก ส่วนผงพรมมิปริมาณ 15, 20 และ 25 กรัม ได้รับการยอมรับในระดับชอบปานกลางถึงชอบเล็กน้อย โดยปริมาณผงพรมมิ 10 กรัมได้รับการยอมรับมากที่สุดในด้านลักษณะปรากฏ ($\bar{X}$ = 7.67) สี ($\bar{X}$ = 7.50) เนื้อสัมผัส ($\bar{X}$ = 7.67) ความหวาน ($\bar{X}$ = 7.33) การละลาย ($\bar{X}$ = 7.25) และความชอบโดยรวม ($\bar{X}$ = 7.25) จากการทดสอบทางสถิติไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ ระหว่างการใช้ผงพรมมิในปริมาณ 5 และ 10 กรัม ($P>0.05$) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัม ซึ่งเป็นปริมาณผงพรมมิที่ผู้เชี่ยวชาญให้การยอมรับมากที่สุด สำหรับศึกษาประเภทของน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิต่อไป

2. ผลการศึกษาประเภทของน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิ

จากการศึกษาประเภทน้ำตาลคาราเมลที่เหมาะสมในไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัม ทดลองใช้น้ำตาลคาราเมล 4 ประเภท ได้แก่ น้ำตาลสีรำ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลโตนด ทดแทนน้ำตาลทรายขาวในไอศกรีมที่คัดเลือกจากการศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสม ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสโดยให้คะแนนแบบ 9-point hedonic scale จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 12 คน ผลการศึกษาพบว่า ไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลคาราเมลทั้ง 4 ประเภท มีเนื้อสัมผัสและการละลายคล้ายคลึงกัน แต่ต่างกันเล็กน้อยในด้านสี กลิ่นรส และความหวาน โดยไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลทรายแดงมีสีเทาเจือสีน้ำตาลแดง รสหวานแหลมและขมเล็กน้อย ส่วนไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวและน้ำตาลโตนดมีรสหวานนุ่มนวลและขมเล็กน้อย โดยที่ไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลสีรำมีกลิ่นผงพรมมิที่ชัดเจนกว่า นอกจากนี้ ในด้านการละลายไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลคาราเมลทั้ง 4 ประเภท มีการละลายช้าและมีความเนียนนุ่ม ดังภาพที่ 3



สูตรควบคุม NS BS CS PS

ภาพที่ 3 ไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัมที่ใช้น้ำตาลแตกต่างกันโดย สูตรควบคุม ใช้น้ำตาลทรายขาว, NS ใช้น้ำตาลสีรำ, BS ใช้น้ำตาลทรายแดง, CS ใช้น้ำตาลมะพร้าว และ PS ใช้น้ำตาลโตนด

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความชอบของผู้เชี่ยวชาญต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของการใช้น้ำตาลคาราเมลในไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัม (n=12)

คุณลักษณะ	**ประเภทน้ำตาลคาราเมล**				
	สูตรควบคุม	น้ำตาลสีรำ	น้ำตาลทรายแดง	น้ำตาลมะพร้าว	น้ำตาลโตนด
ลักษณะปรากฏ^{ns}	7.50±0.90	7.42±1.16	6.83±1.19	7.00±1.04	7.58±0.79
สี^{ns}	7.58±0.90	7.42±1.24	6.92±1.08	7.42±1.08	7.50±1.09
กลิ่นรส^{ns}	7.00±1.04	6.92±1.44	6.67±1.30	6.42±1.31	6.75±1.22
เนื้อสัมผัส^{ns}	7.00±1.28	6.83±1.47	7.00±1.35	6.67±1.07	6.58±1.51
ความหวาน	7.25±0.87^{a}	6.57±0.87^{ab}	6.83±1.03^{ab}	6.00±1.48^{b}	6.92±1.44^{a}
การละลาย^{ns}	7.17±1.19	7.08±0.90	7.25±0.97	7.00±1.04	7.00±1.28
ความชอบโดยรวม^{ns}	7.17±1.03	7.08±1.16	6.75±0.97	6.42±1.24	7.08±1.16

หมายเหตุ: 1) ตัวเลขที่มีอักษรยกกำลังต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P≤0.05

2) ^{ns} แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

จากตารางที่ 2 พบว่าไอศกรีมพรมมิที่ใช้น้ำตาลคาราเมลได้รับการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏและสี จากการใช้น้ำตาลสีรำ ($\bar{X}$ = 7.42 และ 7.42 ตามลำดับ) และน้ำตาลโตนด ($\bar{X}$ = 7.58 และ 7.50 ตามลำดับ) ในไอศกรีมสูงสุด ส่วนการใช้น้ำตาลทรายแดงและน้ำตาลมะพร้าวได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ในด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสได้รับการยอมรับในระดับปานกลางและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) ด้านความหวาน น้ำตาลสีรำ น้ำตาลทรายแดง และน้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับในระดับปานกลาง ($\bar{X}$ = 6.57, 6.83 และ 6.92 ตามลำดับ) โดยน้ำตาลมะพร้าวได้รับการยอมรับน้อยที่สุด ($\bar{X}$ = 6.00) ทั้งนี้ ในด้านการละลายและความชอบโดยรวมไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05) เมื่อพิจารณาความชอบโดยรวม แม้ว่าคะแนนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่มีแนวโน้มคะแนนลดลงเมื่อเปลี่ยนประเภทน้ำตาล ซึ่งอาจมาจากความไม่คุ้นเคยที่เกิดขึ้นจากรสชาติ แต่ด้วยน้ำตาลสีรำและน้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับมากกว่าน้ำตาลทรายแดงและน้ำตาลมะพร้าวในหลายด้าน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกน้ำตาลสีรำและน้ำตาลโตนดสำหรับศึกษาต่อไป

3. ผลการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัมที่ใช้น้ำตาลสีรำ น้ำตาลโตนด และสูตรควบคุม โดยให้คะแนนแบบ 5-point hedonic scale จากผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 50 คน ผลการศึกษาพบว่าไอศกรีมพรมมิที่ใช้น้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับอยู่ในเกณฑ์ชอบมากในด้านลักษณะปรากฏ ($\bar{X}$ = 4.42) สี ($\bar{X}$ = 4.38) เนื้อสัมผัส ($\bar{X}$ = 4.22) ความหวาน ($\bar{X}$ = 4.30) การละลาย ($\bar{X}$ = 4.44) และความชอบโดยรวม ($\bar{X}$ = 4.54) และคะแนนความชอบสูตรที่ใช้น้ำตาลโตนดมีมากกว่าน้ำตาลสีรำในทุกด้าน ดังนั้น ผู้บริโภคจึงให้การยอมรับไอศกรีมพรมมิที่ใช้น้ำตาลโตนดมากกว่าการใช้น้ำตาลสีรำ ซึ่งค่าคะแนนของทั้ง 2 สูตรนี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) รายละเอียดดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานความชอบของผู้บริโภคต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำตาลคาราเมลเสริมผงพรมมิ

(n=50)

คุณลักษณะ	ประเภทน้ำตาล		
	สูตรควบคุม	น้ำตาลสีรำ	น้ำตาลโตนด
ลักษณะปรากฏ	4.32±0.65^{a}	3.98±0.77^{b}	4.42±0.54^{a}
สี	4.22±0.82^{ab}	3.98±0.91^{b}	4.38±0.67^{a}
กลิ่นรส	4.02±0.74^{a}	3.42±0.93^{b}	4.10±0.86^{a}
เนื้อสัมผัส	4.26±0.80^{a}	3.94±0.71^{b}	4.22±0.76^{ab}
ความหวาน	4.16±0.79^{a}	3.52±0.99^{b}	4.30±0.61^{a}
การละลาย^{ns}	4.36±0.72	4.34±0.69	4.44±0.67
ความชอบโดยรวม	4.44±0.70^{a}	3.86±0.78^{b}	4.54±0.61^{a}

หมายเหตุ: 1) ตัวเลขที่มีอักษรยกกำลังต่างกันตามแนวนอน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P\leq0.05$

2) ^{ns} แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

4. ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมเสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมล

จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 5, 10, 15, 20 และ 25 กรัม และน้ำตาลคาราเมล ได้แก่ น้ำตาลสีรำ น้ำตาลทรายแดง น้ำตาลมะพร้าว น้ำตาลโตนด และสูตรควบคุม ได้วัดค่าสี ค่าการขึ้นฟู ค่าอัตราการละลาย ค่าความเป็นกรด-ด่าง และวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีม ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าสีของการใช้ผงพรมมิในไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

ปริมาณผงพรมมิ (กรัม)	ค่าสี					
	สถานะแข็ง			สถานะละลาย		
	*L**	*a**	*b**	*L**	*a**	*b**
5	68.29±0.07^{a}	3.67±0.01^{b}	15.72±0.03^{a}	63.50±0.05^{a}	3.55±0.01^{d}	17.30±0.03^{a}
10	60.88±0.07^{b}	4.08±0.02^{a}	15.53±0.09^{b}	56.37±0.08^{b}	3.67±0.03^{b}	15.51±0.06^{b}
15	53.39±0.08^{c}	4.26±0.46^{a}	14.55±0.10^{c}	52.68±0.18^{c}	3.61±0.02^{c}	13.06±0.10^{d}
20	50.59±0.02^{d}	4.00±0.03^{a}	14.19±0.03^{d}	48.17±0.19^{d}	4.18±0.05^{a}	15.04±0.51^{c}
25	46.48±0.14^{e}	4.16±0.04^{a}	14.05±0.18^{e}	42.57±0.16^{e}	4.14±0.09^{a}	15.02±0.09^{c}

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรยกกำลังต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P≤0.05

จากตารางที่ 4 พบว่าค่าความสว่างของสี (*L**) ของไอศกรีมที่เสริมผงพรมมิในปริมาณต่าง ๆ ลดลงตามปริมาณผงพรมมิที่เพิ่มขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างไอศกรีมในสถานะแข็งและละลายพบว่า ค่าความสว่าง (*L**) ของไอศกรีมในสถานะแข็งแตกต่างจากในสถานะละลายอย่างมีนัยสำคัญ (P<0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้ผงพรมมิทำให้สีของไอศกรีมเข้มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานค่าสีของการใช้น้ำตาลคาราเมลในไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัม

ประเภทน้ำตาล	ค่าสี					
	สถานะแข็ง			สถานะละลาย		
	*L**	*a**	*b**	*L**	*a**	*b**
สูตรควบคุม	88.39±0.11^{a}	4.80±0.11^{b}	23.83±0.03^{a}	85.65±0.26^{a}	1.05±0.06^{e}	20.42±0.21^{b}
น้ำตาลสีรำ	59.23±0.03^{b}	4.11±0.00^{c}	16.11±0.01^{e}	56.32±0.13^{c}	3.83±0.05^{b}	16.17±0.08^{d}
น้ำตาลทรายแดง	53.40±0.07^{d}	5.35±0.03^{a}	18.37±0.12^{b}	48.65±0.26^{e}	5.84±0.05^{a}	20.73±0.21^{a}
น้ำตาลมะพร้าว	58.29±0.08^{c}	4.04±0.03^{c}	16.63±0.18^{c}	56.66±0.20^{b}	3.55±0.03^{d}	16.49±0.09^{c}
น้ำตาลโตนด	57.77±0.89^{c}	3.95±0.03^{d}	16.43±0.07^{d}	56.53±0.20^{bc}	3.72±0.01^{c}	16.13±0.06^{d}

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรยกกำลังต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ P≤0.05

จากตารางที่ 5 พบว่าไอศกรีมพรมมิที่ใช้น้ำตาลคาราเมลทั้ง 4 ประเภท มีการเปลี่ยนแปลงค่าสีทั้งในสถานะแข็งและละลาย ซึ่งน้ำตาลสีรำทำให้สีของไอศกรีมเข้มขึ้นในทั้งสองสถานะ โดยสถานะแข็งมีสีเข้มขึ้น (*L**-) สีแดงที่มีสีเขียวปนอยู่ (*a**-) และสีมีแนวโน้มไปในทิศทางของสีน้ำเงินมากขึ้น (*b**-) ส่วนสถานะละลายมีสีเข้มมากยิ่งขึ้น (*L**-) สีมีแนวโน้มไปในทิศทางของสีแดงมากขึ้น (*a**+) และสีมีแนวโน้มไปในทิศทางของสีน้ำเงินมากขึ้น (*b**-) ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญจากสูตรควบคุม (P<0.05) โดยน้ำตาลทรายแดง น้ำตาลมะพร้าว และน้ำตาลโตนด ทำให้สีของไอศกรีมมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในทิศทางที่เข้มขึ้นและมีความแตกต่างจากสูตรควบคุมในทุกด้าน (P<0.05) ทั้งในสถานะแข็งและละลาย

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการขึ้นฟู อัตราการละลาย และความเป็นกรด-ด่างของการใช้ผงพรมมิในไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

ปริมาณผงพรมมิ (กรัม)	การขึ้นฟู (ร้อยละ)	อัตราการละลาย (กรัม/นาที)	ความเป็นกรด-ด่าง
สูตรควบคุม	14.13±1.00^{b}	38.59± 21.14^{a}	6.67±0.58^{a}
5	44.31±3.05^{a}	20.82± 6.44^{b}	6.67±0.00^{ab}
10	46.44±4.33^{a}	17.66± 6.67^{c}	7.00±0.00^{ab}
15	47.99±6.80^{a}	16.61± 8.40^{b}	6.67±0.58^{ab}
20	48.97±5.54^{a}	14.53± 8.16^{c}	6.33±1.00^{bc}
25	50.15±5.78^{a}	11.25± 6.21^{d}	6.67±0.58^{c}

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรยกกำลังต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 6 พบว่าไอศกรีมที่เสริมผงพรมมิในปริมาณต่าง ๆ มีการขึ้นฟูเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนและมีอัตราการละลายที่ช้าลง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่มีนัยสำคัญ ($P<0.05$) แสดงว่าการเสริมผงพรมมิทำให้ไอศกรีมขึ้นฟูและละลายช้าลงอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ไอศกรีมทั้งหมดมีค่าความเป็นกรด-ด่างใกล้เคียงกันและมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง

ตารางที่ 7 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการขึ้นฟู อัตราการละลาย และความเป็นกรด-ด่างของการใช้น้ำตาลคาราเมลในไอศกรีมพรมมิ

ประเภทน้ำตาล	การขึ้นฟู (ร้อยละ)	อัตราการละลาย (กรัม/นาที)	ความเป็นกรด-ด่าง
สูตรควบคุม	46.44±4.33^{a}	17.66± 6.67^{c}	7.00±0.00^{b}
น้ำตาลสีรำ	34.24±2.37^{b}	53.76± 29.68^{b}	6.67±0.58^{ab}
น้ำตาลทรายแดง	33.37±2.62^{b}	63.54± 23.94^{b}	7.00±0.00^{a}
น้ำตาลมะพร้าว	36.24±0.42^{b}	63.92± 27.26^{b}	6.67±0.58^{ab}
น้ำตาลโตนด	35.58±1.41^{b}	64.93± 28.97^{a}	6.33±0.58^{ab}

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรยกกำลังต่างกันตามแนวตั้ง แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $P \leq 0.05$

จากตารางที่ 7 พบว่าการใช้น้ำตาลคาราเมลในไอศกรีมพรมมิทั้ง 4 ประเภท ทำให้ไอศกรีมขึ้นฟูน้อยลงและละลายเร็วขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมพบว่ามีความแตกต่างทางสถิติที่มีนัยสำคัญ ($P<0.05$) นอกจากนี้ ค่าความเป็นกรด-ด่างของไอศกรีมทั้งหมดมีค่าใกล้เคียงกันและมีความเป็นกรดค่อนข้างสูง

ตารางที่ 8 คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัมและน้ำตาลโตนด

สารอาหาร	สูตรพื้นฐาน (ร้อยละ)	เสริมผงพรมมิและน้ำตาลโตนด (ร้อยละ)	T	P*
ความชื้น	56.80±0.09	59.71±0.12		
โปรตีน	4.55±0.03	4.52±0.02		
ไขมัน	ND	ND	1.17	0.31
เถ้า	0.58±0.04	0.73±0.01		
ใยอาหาร	0.09±0.00	0.36±0.00		

จากตารางที่ 8 พบว่าไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัมและน้ำตาลโตนด มีคุณค่าทางโภชนาการใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรพื้นฐาน โดยมีความชื้น เถ้า และใยอาหารเพิ่มขึ้น ส่วนโปรตีนลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม พบว่ามีไขมันน้อยมากจนไม่สามารถตรวจพบ (Not detected, ND) จากการทดสอบทางสถิติพบว่า คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีมเสริมผงพรมมิปริมาณ 10 กรัมและน้ำตาลโตนดและสูตรพื้นฐานไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) อย่างไรก็ตาม การพัฒนาไอศกรีมแม้ว่าไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณค่าทางโภชนาการเมื่อเทียบกับไอศกรีมสูตรพื้นฐาน แต่อาจมีข้อดีในด้านอื่น ๆ เช่น ปริมาณใยอาหารที่เพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้เหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดีขึ้น

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. การเสริมผงพรมมิในไอศกรีมในปริมาณ 5 และ 10 กรัม ทำให้ไอศกรีมได้รับการยอมรับสูงสุดในด้านสีเนื้อสัมผัส และการละลาย โดยการเพิ่มปริมาณผงพรมมิที่สูงขึ้นส่งผลทำให้ไอศกรีมมีสีเข้มขึ้นและมีรสขมชัดเจนขึ้น ซึ่งทำให้คะแนนความชอบในด้านรสชาติลดลง โดยเฉพาะในปริมาณ 20 และ 25 กรัม ($P<0.05$) การทดสอบทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติในด้านเนื้อสัมผัสและการละลายระหว่างปริมาณ 5 และ 10 กรัม ($P>0.05$) ซึ่งยืนยันว่าการเสริมผงพรมมิ 10 กรัมเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการศึกษาปริมาณผงพรมมิที่เหมาะสมในไอศกรีมสูตรพื้นฐานในครั้งนี้

2. ไอศกรีมพรมมิที่ใช้น้ำตาลสีรำและน้ำตาลโตนดได้รับการยอมรับสูงสุด โดยไม่แตกต่างกันในทางสถิติในเกือบทุกด้าน เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำตาลประเภทอื่น ๆ ($P>0.05$) โดยไอศกรีมเสริมพรมมิที่ใช้น้ำตาลโตนดได้รับคะแนนการยอมรับในด้านกลิ่นรสดีกว่าน้ำตาลสีรำ เนื่องจากการใช้น้ำตาลสีรำนั้นทำให้การรับรู้รสขมของผงพรมมิในไอศกรีมชัดเจนขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ Asghar, Yusof, Mokhtar, Yaacob, Ghazali and Chang (2021) ที่ระบุว่าน้ำตาลแต่ละประเภทมีคุณสมบัติและสารประกอบที่แตกต่างกัน ทำให้การใช้น้ำตาลแต่ละประเภทได้ผลแตกต่างกัน

3. ไอศกรีมพรมมิที่ใช้น้ำตาลโตนดได้รับคะแนนความชอบสูงกว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลสีรำในหลายด้าน จากผู้บริโภค เช่น ลักษณะปรากฏ ความหวาน และเนื้อสัมผัส โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในด้านกลิ่นรสและด้านความหวาน ($P<0.05$) ผลการทดลองยังพบว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลโตนดมีคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีกว่า เช่น อัตราการละลาย อย่างไรก็ดี การใช้น้ำตาลโตนดในไอศกรีมส่งผลดีต่อด้านรสชาติและลักษณะทางกายภาพของไอศกรีม สอดคล้องกับการศึกษาของ Arslaner and Salik (2020) และ Freire, Wu and Hartel (2020) ซึ่งยืนยันถึงการพัฒนาคุณภาพของไอศกรีมในด้านต่าง ๆ ทั้งคุณค่าทางโภชนาการและลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนั้น การใช้น้ำตาลโตนดจึงเป็นทางเลือก

ที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไอศกรีมในอนาคต เนื่องจากสามารถปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีมในหลายด้านทั้งรสชาติ สี และเนื้อสัมผัส โดยยังคงรักษาคุณภาพได้ดีเทียบเท่ากับสูตรควบคุม

4. คุณภาพทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมที่เสริมผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมลพบว่า การเพิ่มปริมาณผงพรมมิทำให้สีของไอศกรีมเข้มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($P<0.05$) สอดคล้องกับการศึกษาของ Freire et al. (2020) โดยการเปลี่ยนแปลงนี้ส่งผลต่อการรับรู้ของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีม ทั้งนี้ การเสริมผงพรมมิช่วยเพิ่มการขึ้นฟูและลดอัตราการละลายของไอศกรีม สอดคล้องกับการศึกษาของ Arslaner and Salik (2020) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ไอศกรีมที่เสริมด้วยผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมลยังคงรักษาคุณค่าทางโภชนาการที่ใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรพื้นฐาน โดยมีการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางโภชนาการจากการเพิ่มความชื้น เถ้า และใยอาหาร รวมถึงการลดลงของโปรตีนและไขมันในไอศกรีมเป็นประเด็นที่ต้องศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพในระยะยาวต่อไปในอนาคต ผลการศึกษาสรุปได้ว่า ส่วนผสมของไอศกรีมสูตรที่ได้รับการยอมรับสูงสุดประกอบด้วยนมสดขาดมันเนยพาสเจอร์ไรส์ร้อยละ 58.48 วิปปิ้งครีมพร่องมันเนยร้อยละ 14.62 ผงพรมมิร้อยละ 1.17 น้ำตาลโตนดร้อยละ 17.54 ไข่แดงร้อยละ 7.02 และเจลาตินร้อยละ 1.17 (ร้อยละโดยน้ำหนัก)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. นักวิจัยและพัฒนา ใช้ความรู้นี้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการและตอบสนองต่อความต้องการของผู้บริโภคที่ใส่ใจสุขภาพ

2. ผู้ผลิตอาหาร นำไอศกรีมที่พัฒนาแล้วไปใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารทางเลือกเพื่อสุขภาพ โดยสามารถต่อยอดแนวคิดการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารในตลาดที่มุ่งเน้นสุขภาพ

3. ภาครัฐและองค์กรที่เกี่ยวข้อง ควรส่งเสริมการใช้วัตถุดิบท้องถิ่น เช่น น้ำตาลพื้นบ้าน ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหารที่มีศักยภาพสำหรับการแข่งขันในระดับสากล ซึ่งจะช่วยสนับสนุนเกษตรกรและเศรษฐกิจท้องถิ่นได้

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการใช้ส่วนผสมจากธรรมชาติอื่น ๆ เช่น ผงชาเขียว เพื่อปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีมให้มีความสมดุลยิ่งขึ้น

2. ควรศึกษาผลกระทบของผงพรมมิและน้ำตาลคาราเมลต่อคุณค่าทางโภชนาการและสุขภาพในระยะยาว

3. ควรศึกษาการลดปริมาณน้ำตาลในไอศกรีม และการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล

References

Aliabbasi, N. and Emam-Djomeh, Z. (2024). Application of nanotechnology in dairy desserts and ice cream formulation with the emphasize on textural, rheological, antimicrobial, and sensory properties. *eFood*. 5(4), e170. doi: https://doi.org/10.1002/efd2.170

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. (17th ed.). The United States of America: AOAC.

Arslaner, A. and Salik, M. A. (2020). Functional ice cream technology. *Akademik Gıda*. 18(2), 180-189. doi: https://doi.org/10.24323/akademik-gida.758835

Asghar, M. T., Yusof, Y. A., Mokhtar, M. N., Yaacob, M. E., Ghazali, H. M., and Chang, L. S. (2021). A review of nutritional facts, production, availability and future aspects of coconut palm sugar. *Journal of Nutrition and Food Sciences*. 11(3), 1-8. doi: 10.35248/2155-9600.21.11.793

Babu, A. S. and Adeyeye, S. A. O. (2024). Extraction of sugar from sugar beets and cane sugar. In Jafari, S. M. and Akhavan-Mahdavi, S. (Eds.), Extraction Processes in the Food Industry (pp. 177-196) United Kingdom: Woodhead Publishing.

Beegum et al. (2022). Effect of coconut milk, tender coconut and coconut sugar on the physico-chemical and sensory attributes in ice cream. *Journal of Food Science and Technology*. 59, 2605-2616. doi: https://doi.org/10.1007/s13197-021-05279-y

Chavan, R. F., Sindhani, R. R., and Sakhale, B. K. (2023). Functional Ice Cream: Chemistry, Characteristics, and Technology. In Goyal, M. R., Ranvir, S., and Malik, J. A. (Eds.), The Chemistry of Milk and Milk Products (pp. 87-106) Canada: Apple Academic Press.

Das, N. and Hooda, A. (2023). Chemistry and Different Aspects of Ice Cream. In Goyal, M. R., Ranvir, S., and Malik, J. A. (Eds.), The Chemistry of Milk and Milk Products (pp. 65-86) Canada: Apple Academic Press.

Dhanjal et al. (2020). Plant fortification of the diet for anti-ageing effects: A review. *Nutrients*. 12(10), 3008. doi: https://doi.org/10.3390/nu12103008

Freire, D. O., Wu, B., and Hartel, R. W. (2020). Effects of structural attributes on the rheological properties of ice cream and melted ice cream. *Journal of food science*. 85(11), 3885-3898. doi: https://doi.org/10.1111/1750-3841.15486

Parra, I. M. M., Espinosa, D. R. G., Falconí, P. R. P., and Veloz, M. A. L. (2023). Technical principles for caramel application: Analysis of gastronomic and chemical fundamentals. *Journal of Namibian Studies: History Politics Culture*. 33(2), 3489-3504. doi: https://doi.org/10.59670/jns.v33i.1028

Pattnaik, P., Panda, C., Minocha, T., Yadav, S. K., Dwivedi, N., and Singh, S. K. (2023). Bacopa monnieri and Neural Health: An Indian Herb. *Traditional Medicine for Neuronal Health*. 17, 160-176. doi: 10.2174/9789815040197123010011

Rasmussen, H. C. D., Colavitti, R., Casagrande, G., Carstens, J. H., and Bonato, P. (2023). Egg Processing Plant Design: From Shell Eggs to Liquid and Powder Egg Products. In Mine, Y., Guyonnet, V., Hatta, H., Nau, F., and Qiu, N. (Eds.), Handbook of Egg Science and Technology (pp. 177-230) The United States of America: CRC Press.

Swarnathilake, D. S. G. G. C. and Abeysinghe, D. C. (2020). Improving the quality and the taste of green tea ice cream by identifying suitable cultivar, agronomic practices and processing techniques of Assamica tea grown in Sri Lanka. *World Journal of Advanced Research and Reviews*. 8(1), 62-68. doi: https://doi.org/10.30574/wjarr.2020.8.1.0354

Voronin, G. L., Ning, G., Coupland, J. N., Roberts, R. and Harte, F. M., (2021). Freezing kinetics and microstructure of ice cream from high-pressure-jet processing of ice cream mix. *Journal of dairy science*. 104(3), 2843-2854. doi: https://doi.org/10.3168/jds.2020-19011