P-ISSN 0858-4435
E-ISSN 2651-1231

วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : *http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj*
ปีที่ 31 ฉบับที่ 2 (มีนาคม-เมษายน 2566) หน้า [105-121]

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าว ลดไขมันเพื่อสุขภาพ

Product Development of Reduced Fat Coconut Milk Ice Cream from Coconut Sugar for Health

สุภาวิณี แสนทวีสุข*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000

Supawinee Saentaweesuk*

Department of Applied Science, Faculty of Science and Technology, Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000

Received 7 March 2023; Received in revised 27 April 2023; Accepted 28 April 2023

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของอัตราส่วนของเวย์โปรตีนไอโซเลทและสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต 2 ชนิด (เอดีเอส-เอสยู 09 และอินูลิน) ที่ระดับ 1:4 1:1 และ 4:1 และศึกษาผลของการใช้น้ำตาลมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายต่อคุณภาพของไอศกรีมกะทิลดไขมัน 5 ระดับได้แก่ 0:100 25:75 50:50 75:25 และ 100:0 พบว่าการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตสามารถช่วยปรับปรุงคุณลักษณะบางประการของไอศกรีมลดไขมันได้ โดยทำให้ไอศกรีมความหนืด และค่าแรงกดสูงสุดลดลง ไอศกรีมมีความเรียบเนียนเพิ่มขึ้น การลดปริมาณน้ำตาลทราย และเพิ่มน้ำตาลมะพร้าวจะทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีค่าโอเวอร์รันเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณ TSS ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์และ hardness ของไอศกรีมลดลง ไอศกรีมกะทิที่ใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับอินูลินที่ระดับ 4:1 และใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 50:50 เป็นสูตรที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากที่สุด ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมกะทิลดไขมันที่ได้มีพลังงานทั้งหมด 111.82 kcal, พลังงานจากไขมัน 11.9 Kcal, และองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ไขมัน, โปรตีน, คาร์โบไฮเดรต, ความชื้น และเถ้า เท่ากับ 2.05, 6.36, 18.62, 72.02 และ 0.95 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ไอศกรีมกะทิลดไขมัน; น้ำตาลมะพร้าว; สารทดแทนไขมัน; เวย์โปรตีนไอโซเลท; การพัฒนาผลิตภัณฑ์

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** supawinee@aru.ac.th

doi: 10.14456/tstj.2023.18

Science31N2-D.indd 105 8/5/2566 BE 11:27

Abstract

The objectives of this study were to determine the effect of the ratio of whey protein isolate and two carbohydrate based fat replacers (ADS-SU 09 and inulin), at the levels of 1:4, 1:1, and 4:1, and to study the effect of using coconut sugar on the quality of reduced-fat coconut milk ice cream. The levels of substitute sucrose with coconut sugar we're 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0 It was found that combining whey protein isolate with carbohydrate-based fat replacer can improve some of the characteristics of reduced-fat ice cream. Viscosity and hardness decreased and ice cream smoothness increased. By reducing the amount of sucrose and adding coconut sugar, the overrun significantly increased. The amount of TSS, viscosity, and hardness of the ice cream remarkably decreased. Coconut milk ice cream using whey protein isolate with inulin at a 4:1 ratio and coconut sugar to sucrose ratio of 50:50 was the closest quality to the control formula ($p \leq 0.05$). The reduced-fat coconut ice cream had total energy of 111.82 kcal, and energy from fat of 11.9 kcal. The chemical compositions of fat, protein, carbohydrate, moisture, and ash content were 2.05, 6.36, 18.62, 72.02, and 0.95, respectively.

Keywords: Reduced-fat coconut milk ice cream; Coconut sugar; Fat replacer; Carbohydrate-based fat substitutes; Whey protein isolate; Product development

1. บทนำ

ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญต่อสุขภาพ และมีความสนใจผลิตภัณฑ์อาหารไขมันต่ำมากขึ้น เนื่องจากสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคอ้วน และโรคหลอดเลือดหัวใจ [1] โดยทั่วไปไขมันเป็นส่วนประกอบสำคัญในไอศกรีม ให้ความหนืดแก่ไอศกรีมมิกซ์ ส่งผลให้ไอศกรีมมีกลิ่นรสที่ดี เนื้อสัมผัสเรียบเนียนเหนียวหนืด และมีความเคลือบมันในปาก [2] แต่เป็นที่ทราบกันดีว่าผลิตภัณฑ์นมและเนยซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของไอศกรีมนั้นมีบทบาทต่อการเพิ่มระดับคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่าง ๆ มากมาย เช่น โรคเกี่ยวกับหลอดเลือดและหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน ต่อมไทรอยด์เป็นพิษ เป็นต้น ดังนั้นในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจึงได้รับความนิยมน้อยลง ทำให้มีการเกิดแนวคิดการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ และลดพลังงานขึ้น [3] และ [4] ได้กล่าวว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของอาหารลดไขมัน มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคมากกว่าเรื่องรสชาติ และการลดปริมาณไขมันในไอศกรีมนั้นจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีมโดยตรงคือจะทำให้เนื้อไอศกรีมไม่เรียบเนียน เนื้อร่วน หดตัว และทำให้กลิ่นรสเปลี่ยนไป [5] และพบว่าไอศกรีมละลายเร็วขึ้นและคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้อยลง ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ดังนั้นจึงมีการพัฒนาปรับปรุงไอศกรีมไขมันต่ำโดยใช้สารทดแทนไขมันเพื่อเลียนแบบพฤติกรรมบางอย่างของไขมัน เช่น ให้ความหนืดแก่ไอศกรีมเหลว ควบคุมการเติบโตของผลึกน้ำแข็ง และควบคุมการแยกตัวของน้ำ การใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ไม่เหมาะสมจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากไขมันมีผลต่อลักษณะไอศกรีมทั้งทางด้านกลิ่นรส เนื้อสัมผัส และลักษณะการละลาย [6]

สารทดแทนไขมันสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ตามวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตได้แก่ ไขมัน โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต สารทดแทนไขมันแต่ละกลุ่มมีคุณสมบัติเชิงหน้าที่แตกต่างกัน สามารถใช้เดี่ยว ๆ หรือใช้ร่วมกัน

Science31N2-D.indd 106 8/5/2566 BE 11:27

ได้ [2] โดยสารทดแทนไขมันประเภทไขมัน ได้แก่ อิมัลซิไฟเออร์ ไตรเอซิลกลีเซอรอลสายโซ่ขนาดกลาง ซึ่งสามารถทำให้อิมัลชันคงตัวได้ สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตประกอบด้วยแป้งดัดแปร มอลโตเด็กซ์ตริน อนุพันธ์ของเซลลูโลส อินนูลิน เพคติน และเส้นใยอาหารอื่น ๆ ส่วนสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนมักผลิตจากเวย์โปรตีนเข้มข้น [7] ซึ่งสารทดแทนไขมันที่นิยมใช้ในการผลิตไอศกรีม คือสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน และสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต โดยสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนมีบทบาททำให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเรียบเนียน มีความอ่อนนุ่มมีเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน (overrun) สูง มีค่าความแข็ง (hardness) น้อยกว่า และมีความยืดหยุ่น (elastic) มากกว่า แต่มีกลิ่นของเวย์ (whey) มากกว่าการให้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตซึ่งจะให้ลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน แต่ไอศกรีมมีความหนืดสูงส่งผลให้การละลายช้าลง ช่วยเพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีม และให้ความรู้สึกทางปากคล้ายครีม และเนื่องจากยังไม่มีสารทดแทนไขมันตัวใดที่มีคุณสมบัติเชิงหน้าที่แทนไขมันได้ทั้งหมด จึงมีการพัฒนาโดยนำสารทดแทนไขมันหลาย ๆ ตัวมาผสมกันเพื่อให้ได้สมบัติที่ดีสามารถนำมาทดแทนไขมันได้ การใช้ชนิดและปริมาณของสารทดแทนไขมันที่เหมาะสมจะส่งผลให้ได้ไอศกรีมไขมันต่ำที่มีคุณภาพดีได้ นอกจากนี้การเลือกใช้ชนิดและปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) และสารให้ความคงตัว (stabilizer) ที่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมไขมันต่ำยังมีผลต่อความหนืด ค่าโอเวอร์รัน อัตราการละลาย คุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีม และการทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัวในช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมด้วย [8]

น้ำตาลทราย (Sucrose) เป็นแหล่งของปริมาณของแข็งในส่วนผสมของไอศกรีม และใช้เป็นสารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีม ช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัส ความอร่อย ความหนืด และเพิ่มรสหวาน ให้กับไอศกรีม [9] แต่อย่างไรก็ตามน้ำตาลทรายให้พลังงานสูงและมีค่าดัชนีน้ำตาล (Glycemic index: GI) ที่สูงคือมีค่า GI เท่ากับ 65 ซึ่งมีข้อจำกัดสำหรับผู้บริโภคที่เป็นผู้ป่วยโรคเบาหวานและโรคอ้วน [10] การทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมอาจเป็นทางเลือกที่ดีต่อสุขภาพในการผลิตไอศกรีมที่มีดัชนีน้ำตาลและพลังงานต่ำ เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index; GI) ต่ำ คือ 35 [11] ไอศกรีมกะทิถือว่าเป็นขนมหวานที่อยู่คู่สังคมไทยมานานมาก เนื่องจากเป็นที่นิยมของคนไทย โดยเฉพาะในหน้าร้อน และการผลิตน้ำตาลมะพร้าวเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นเป็นอาชีพเก่าแก่มีมานานกว่า 100 ปี การนำน้ำตาลมะพร้าวมาใช้ในการผลิตไอศกรีมกะทิ เป็นการส่งเสริมให้กลุ่มอาชีพผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวนำไปผลิตเพื่อจำหน่าย เพื่อสร้างเอกลักษณ์ให้กับไอศกรีมโดยใช้ผลผลิตที่มีในท้องถิ่นและสามารถต่อยอดประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพชนิดอื่นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมัน โดยใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่างสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน (เวย์โปรตีนไอโซเลท) และสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต (เอดีเอส-เอสยู 09 และอินูลิน) เพื่อเป็นการเพิ่มอัตราการใช้น้ำตาลมะพร้าวให้มากขึ้น อีกทั้งต้องการพัฒนาให้เป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดไขมันที่สามารถรับประทานได้ทุกเพศทุกวัย โดยสามารถช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่าง ๆ ได้ และหากพัฒนาได้สูตรที่เหมาะสมเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภค อาจนำไปสู่การเพิ่มมูลค่าของผลผลิตทางการเกษตร การเพิ่มรายได้และการพัฒนาเศรษฐกิจของชุมชนและประเทศอย่างยั่งยืน และใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อยอดการผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลอง

กะทิแท้ 100% สำเร็จรูป (บริษัท อัมพวาผลิตภัณฑ์มะพร้าว จำกัด) นมผงขาดมันเนย (บริษัท ไอเอส เอ็ม ฟูดส์โปรดักส์ จำกัด) น้ำตาลทรายขาว (บริษัท น้ำตาลสิงห์บุรี จำกัด) น้ำตาลมะพร้าว 100% (สวน

Science31N2-D.indd 107 8/5/2566 BE 11:27

พ่อพันธุ์ จังหวัดสมุทรสาคร) กลิ่นมะพร้าวน้ำหอม (บริษัท มิสไอศกรีม จำกัด) สารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์สำหรับไอศกรีม (SEP; บริษัท มิสไอศกรีม จำกัด) เวย์โปรตีนไอโซเลท (Whey protein Isolate; มาเทลล์ อินเตอร์เทรด จำกัด) เอดีเอส-เอสยู 09 (ADS-SU 09; บริษัท อดินพ จำกัด) และอินูลิน (บริษัท กรุงเทพเคมี จำกัด)

2.2 การผลิตไอศกรีมกะทิ และไอศกรีมกะทิลดไขมัน

การศึกษาการผลิตไอศกรีมกะทิในการทดลองนี้ ใช้กะทิแท้ 100% สำเร็จรูป ตราอัมพวา ซึ่งมีไขมันร้อยละ 18.75 นมผงขาดมันเนยที่มีไขมันร้อยละ 0 และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 97 โดยไอศกรีมกะทิสูตรควบคุมที่ต้องการคือไอศกรีมกะทิที่มีไขมันร้อยละ 10 มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยร้อยละ 10 น้ำตาลทรายร้อยละ 12 สารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ร้อยละ 0.5 กลิ่นมะพร้าวร้อยละ 0.05 ส่วนไอศกรีมกะทิลดไขมันต้องการให้ไอศกรีมมีไขมันร้อยละ 2 มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย น้ำตาลทราย สารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ (SEP) และกลิ่นมะพร้าวในปริมาณที่เท่ากันกับสูตรควบคุม คำนวณส่วนผสมด้วยวิธีสี่เหลี่ยมของเพียร์สัน (Peason's square method)

กรรมวิธีการผลิตไอศกรีมกะทิและไอศกรีมกะทิลดไขมัน ทำได้โดยผสมวัตถุดิบที่เป็นของแห้งได้แก่ น้ำตาลทราย สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ และสารทดแทนไขมัน คนให้เข้ากัน นำวัตถุดิบที่เป็นของเหลวได้แก่ น้ำ และกะทิตั้งไฟที่อุณหภูมิประมาณ 50±2 องศาเซลเซียส เติมวัตถุดิบที่เป็นของแห้งลงไปคนจนละลายดี จึงนำส่วนผสมไปปั่นในเครื่องปั่นผสมอาหารความเร็วสูงนาน 2 นาที เพื่อให้ส่วนผสมเป็นเนื้อเดียวกันและเป็นการโฮโมจิไนส์ไอศกรีมเหลว จากนั้นนำไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 นาที แล้วลดอุณหภูมิลงให้เหลือ 0-4 องศาเซลเซียส ทันที เติมกลิ่นมะพร้าวก่อนทำการบ่มที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มมาปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นเวลา 45 นาที ควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 25 องศาเซลเซียส บรรจุไอศกรีมที่ได้ลงในถ้วยพลาสติกมีฝาปิด นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาตรวจสอบคุณภาพด้านต่าง ๆ

2.3 การศึกษาผลของระดับของสารทดแทนไขมันที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

การศึกษาผลของอัตราส่วนของเวย์โปรตีนไอโซเลทและสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต โดยเปรียบเทียบสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต 2 ชนิด ได้แก่ เอดีเอส-เอสยู 09 (ADS-SU 09) และอินูลิน (inulin) โดยแปรระดับอัตราส่วนผสมระหว่างเวย์โปรตีนไอโซเลท และสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต 3 ระดับได้แก่ 1:4, 1:1 และ 4:1 ไอศกรีมทุกสิ่งทดลองนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสเพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับสูตรควบคุม ดังนี้

2.3.1 การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพประกอบด้วย

(1) วัดความหนืดของไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 4±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดความหนืด (Bookfield digital viscometer รุ่น LVDV-2T) ใช้หัวเข็มเบอร์ 64 ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที [13, 15]

(2) วัดค่าโอเวอร์รัน (overrun) ตามวิธีของ [12] นำข้อมูลไปคำนวณค่าโอเวอร์รันดังสมการต่อไปนี้

$$\text{โอเวอร์รัน (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times 100$$

(3) วัดค่าสีตัวอย่างไอศกรีมที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -25±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดสีระบบ ฮันเตอร์ (L, a*, b*) ด้วยเครื่องวัดสี (Color meter, HunterLab)

Science31N2-D.indd 108 8/5/2566 BE 11:27

(4) วัดอัตราการละลายตามวิธีของ [12] คำนวณน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายคิดเทียบน้ำหนัก 100 กรัม จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟกับเวลา (นาที) เพื่อหาความชัน รายงานเป็นอัตราการละลายต่อ 100 กรัม

(5) วัดเนื้อสัมผัสของไอศกรีมแบบ TPA (Texture Profile Analysis) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture analyzer, Brookfield, Model CT3 10, USA) วัดค่าแรงกดสูงสุด (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) และค่าการเกาะติด (cohesiveness) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก TA11 วัดแรงเมื่อความลึกของหัววัดเป็น 10 มิลลิเมตร โดยวัดตัวอย่างที่อุณหภูมิ -10±0.1 องศาเซลเซียสจากผิวหน้าของไอศกรีม ที่ระดับความลึก 1 เซนติเมตรจากผิวหน้าไอศกรีม [13]

(6) วิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total oluble Solid, %) โดยใช้ Hand refractometer ตามวิธีของ AOAC [14]

2.3.2 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝนเพื่อประเมินความชอบในลักษณะสำคัญต่าง ๆ ของไอศกรีมลดไขมัน ปัจจัยที่ใช้ทดสอบได้แก่ ความเรียบเนียน สี กลิ่นรสกะทิ ความมัน ความเหนียวหนืด การละลายในปาก และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-point Hedonic Scale การคัดเลือกผู้เข้าร่วมประเมินทางประสาทสัมผัส และวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสเป็นไปตามหลักจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา (COA No. 011/2022)

2.4 การศึกษาหาปริมาณน้ำตาลมะพร้าวที่เหมาะสมต่อการผลิตไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมัน

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมของน้ำตาลมะพร้าวที่ทดแทนน้ำตาลทราย ในอัตราส่วนที่แตกต่าง 5 ระดับ ได้แก่ 0:100 25:75 50:50, 75:25 และ 100:0 โดยใช้แผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองชุดละ 3 ซ้ำ ไอศกรีมทุกสิ่งทดลองของแต่ละชุดการทดลองนำไปตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพเช่นเดียวกับ ข้อ 2.3.1 และวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณน้ำตาล คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน ความชื้น เถ้า และพลังงาน ตามวิธี [10] ตรวจวิเคราะห์จำนวนเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ได้แก่ *Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes* ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน เพื่อคัดเลือกสิ่งทดลองที่ได้รับคะแนนความชอบใกล้เคียงกับสูตรควบคุมเช่นเดียวกับข้อ 2.3.2

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลจากการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี นำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS for Windows การทดลองที่ใช้แผนการทดลองแบบ CRD ส่วนการประเมินทางประสาทสัมผัสใช้แผนการทดลองแบบ RCBD วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 ผลการศึกษาระดับของสารทดแทนไขมันที่มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิลดไขมัน

ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพของไอศกรีมกะทิลดไขมัน พบว่าความข้นหนืดของส่วนผสมไอศกรีมกะทิลดไขมันมีค่าระหว่าง 208-2,644 เซนติพอยส์ (Table 1) ซึ่งค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมเป็นผลมาจากสารทดแทนไขมันที่ใช้เกิดการสานตัวเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ ทำให้จำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำและส่วนประกอบอื่น ๆ ที่ละลายน้ำไว้ในไอศกรีม โดยสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตเป็นโพลีแซคคาไรด์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีความสามารถจับกับน้ำได้ดี และเกิดเจลได้มีผลทำให้ไอศกรีมมีค่าความข้นหนืดเพิ่มขึ้น

Science31N2-D.indd 109 8/5/2566 BE 11:27

และเป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีหมู่ไฮดรอกซีที่สร้างพันธะกับน้ำได้ดี ทำให้โพลีแซ็กคาไรด์ดังกล่าวละลายน้ำเกิดความหนืดในสารละลายมากขึ้น ดังนั้นจาก Table 1 จะเห็นว่าตัวอย่างของส่วนผสมไอศกรีมที่มีการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่างเวย์โปรตีนไอโซเลทกับ เอดีเอส-เอสยู 09 จะมีความหนืดสูงกว่าการใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมระหว่างเวย์โปรตีนไอโซเลทกับอินูลิน และการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเอดีเอส-เอสยู 09 เป็นการดัดแปรสตาร์ชด้วยวิธี hydroxypropyl distarch phosphate เช่นเดียวกับการพรีเจลาติไนเซชันที่ช่วยให้เม็ดสตาร์ชละลายน้ำได้ดี และให้ความหนืดสูง ทำให้สตาร์ชมีคุณสมบัติที่ในการปรับเนื้อสัมผัส เพิ่มความหนืด ส่วนอินูลินจัดเป็นเส้นใยอาหารประเภทที่ละลายได้ในน้ำ โดยการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับอินูลิน ในอัตราส่วน 1:4 และ 1:1 จะมีความหนืดต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากอินูลินเป็น heteropolysaccharide ความสามารถในการอุ้มน้ำและพองตัวต่ำกว่าเอดีเอส-เอสยู 09 เมื่อนำมาใช้ร่วมกับเวย์โปรตีนไอโซเลท จึงมีผลทำให้ความหนืดของไอศกรีมเหลวต่ำกว่าเมื่อเทียบกับการใช้เอดีเอส-เอสยู 09 ในอัตราส่วนที่เท่ากันสอดคล้องกับการทดลองของ [15] ที่พบว่าตัวอย่างไอศกรีมช็อคโกแลตไขมันต่ำที่มีการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลตร่วมกับเอดีเอส-เอสยู 09 เป็นสารทดแทนไขมันจะมีความหนืดสูงกว่าตัวอย่างที่ใช้เวย์โปรตีนไอโซเลตร่วมกับอินูลินเป็นสารทดแทนไขมันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ค่าโอเวอร์รัน คือปริมาตรของไอศกรีมที่เพิ่มขึ้นจากปริมาตรของส่วนผสมไอศกรีม โดยจะแปรผันตามการขยายตัวของโฟม (foam expansion) และความคงตัวของโฟม (foam liquid stability) [16] ปัจจัยที่สำคัญในการรวมตัวกันของอากาศและทำให้เซลล์อากาศมีความเสถียรมีหลายอย่าง เช่น โปรตีน ไขมัน อิมัลซิไฟเออร์ และสารให้ความคงตัว โดย [18] ได้รายงานว่าไขมันในไอศกรีมมีผลในการยับยั้งความสามารถในการขึ้นฟูของไอศกรีมในระหว่างการปั่นไอศกรีมให้แข็งตัว โดยไขมันจะเข้าไปแทนที่โปรตีนที่จับเซลล์อากาศไว้และมีคุณสมบัติเป็นตัวขัดขวางปฏิกิริยาการเกิดโฟม (foam depressant) แต่อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้กลับพบว่าตัวอย่างไอศกรีมที่มีการลดปริมาณไขมันในบางตัวอย่างกับมีค่าโอเวอร์รันที่ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมซึ่งมีไขมันมากกว่า (Table 1) ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องจากความหนืดที่เหมาะสมของไอศกรีมด้วย เช่นเดียวกับการทดลองของ [15] ที่พบว่าไอศกรีมช็อคโกแลตสูตรไขมันต่ำที่มีไขมันร้อยละ 2.5 โดยใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับแอลฟา-สตาร์ช, เอดีเอส-เอสยู 09 และอินูลิน เป็นสารทดแทนไขมัน มีความหนืดสูงกว่าสูตรควบคุมที่มีไขมันร้อยละ 8.5 แต่มีค่าโอเวอร์รันต่ำกว่าสูตรควบคุม จึงเป็นไปได้ว่าช่วงความหนืดที่เหมาะสมเท่านั้นที่ไอศกรีมมีสมบัติการขึ้นฟูที่ดี หากความหนืดสูงหรือต่ำกว่าช่วงที่เหมาะสม การตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีมจะไม่ดีเท่าที่ควร โดยความสามารถในการขึ้นฟูของไอศกรีมขึ้นอยู่กับการกระจายตัวของเซลล์อากาศในไอศกรีม จะคงตัวอยู่ได้ถ้าพื้นที่ผิวประกอบด้วยโปรตีนฟอสโฟไลปิด และอิมัลซิไฟเออร์ ดังนั้นความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมต้องอยู่ในช่วงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ค่าโอเวอร์รันที่ดีหากความหนืดมากหรือน้อยเกินไปจะทำให้การตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีมเกิดได้ไม่ดีเท่าที่ควร จากการทดลองพบว่าตัวอย่างไอศกรีมกะทิ และไอศกรีมกะทิลดไขมันมีค่าโอเวอร์รันอยู่ในช่วงร้อยละ 23.45-37.80 (Table 1) เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของความหนืดกับค่าโอเวอร์รันจาก Table 1 พบว่าตัวอย่างที่ใช้สารทดแทนไขมันชนิดเดียวกัน เมื่อความหนืดเพิ่มขึ้นค่าโอเวอร์รันจะลดลง เนื่องจากส่วนผสมไอศกรีมที่มีความข้นหนืดเพิ่มขึ้นจะช่วยให้การจับอากาศได้ดีขึ้นแต่ถ้าความข้นหนืดมากเกินไปจะไปขัดขวางการตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมทำให้ค่าโอเวอร์รันลดลงได้ ความหนืดที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ความสามารถในการตีให้ขึ้นฟูลดลง [17] สอดคล้องกับ [16] ที่พบว่าไอศกรีมมีความหนืดที่มากเกินไปอาจขัดขวางการดูดซับอากาศของส่วนผสมของไอศกรีมทำให้โอเวอร์รันลดลงได้

Science31N2-D.indd 110 8/5/2566 BE 11:27

Table 1 Physical quality of full fat and low-fat coconut milk ice creams and reduced-fat coconut milk ice cream incorporated with different fat replacers.

Treatments	Fat (%)	Viscosity (cP)	TSS (°Brix)	Overrun (%)	Melting Rates (%/min.)	Textures		
						Hardness (N)	Adhesiveness	Cohesiveness
Control	9.87±0.12^{a}	691.33±15.28^{d}	34.83±0.29^{a}	30.69±1.31^{c}	1.21±0.02^{a}	76.83±3.65^{ab}	1628.33±65.73^{b}	0.14±0.20^{b}
WPI	1.99±0.02^{b}	532.00±28.84^{e}	25.83±0.29^{f}	36.65±0.28^{a}	0.87±0.06^{c}	73.75±2.32^{b}	1628.00±78.31^{b}	0.17±0.03^{ab}
WPI+SU (1:4)	2.17±0.12^{b}	2644.00±51.03^{a}	30.83±0.29^{b}	30.20±0.59^{c}	1.05±0.07^{b}	84.70±8.20^{a}	1932.00±58.89^{a}	0.26±0.04^{a}
WPI+SU (1:1)	2.05±0.14^{b}	2070.00±30.00^{b}	29.83±0.29^{c}	37.80±2.14^{a}	1.04±0.08^{b}	76.01±3.96^{b}	1357.00±86.61^{c}	0.22±0.08^{ab}
WPI+SU (4:1)	2.11±0.12^{b}	1148.00±24.25^{c}	29.50±0.50^{c}	26.41±0.41^{d}	1.05±0.07^{b}	70.05±5.08^{b}	1643.00±28.51^{b}	0.14±0.04^{b}
WPI+In (1:4)	2.18±0.38^{b}	208.00±3.46^{g}	28.67±0.58^{d}	32.43±0.43^{b}	1.06±0.07^{b}	70.57±5.03^{b}	789.00±71.01^{d}	0.15±0.06^{b}
WPI+In (1:1)	2.13±0.49^{b}	248.00±19.29^{g}	27.50±0.50^{e}	23.45±0.65^{d}	1.06±0.09^{b}	68.50±3.28^{b}	735.67±33.98^{d}	0.15±0.02^{b}
WPI+In (4:1)	2.11±0.16^{b}	376.67±7.02^{f}	27.50±0.50^{e}	23.68±0.25^{d}	1.07±0.06^{b}	68.67±3.68^{b}	590.67±85.89^{e}	0.16±0.01^{b}

Values are presented as mean±SD. Values with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

WPI=whey protein isolate, SU=ADS-SU 09, In=inulin

การละลายของไอศกรีมจะขึ้นอยู่กับการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปในไอศกรีมทำให้ผลึกน้ำแข็งละลาย โดยในช่วงแรกอัตราการละลายจะต่ำแล้วจึงเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น [19] การลดปริมาณไขมันลงส่งผลให้อัตราการละลายของไอศกรีมมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากไขมันสามารถเชื่อมกันเป็นโครงสร้างร่างแหล้อมรอบฟองอากาศและช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการละลาย [1] การลดไขมันจึงมีแนวโน้มทำให้ไอศกรีมมีอัตราการละลายสูงขึ้นได้ ซึ่งจากการทดลองพบว่าการใช้สารทดแทนไขมันสามารถช่วยลดอัตราการละลายของตัวอย่างไอศกรีมได้ เช่นเดียวกับการทดลองของ [13] ที่พบว่าการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลท และซอยโปรตีนไอโซเลทสามารถลดอัตราการละลายของไอศกรีมช็อคโกแลตไขมันต่ำได้ เนื่องจาก โปรตีนเป็นหนึ่งในสิ่งสำคัญในส่วนประกอบของแข็งทั้งหมดที่มีส่วนทำให้เกิดอิมัลชันเจล การเติมอากาศและพฤติกรรมของการละลายของไอศกรีม โดยโปรตีนจะซึมเข้าสู่ก้อนไขมันในขณะที่ทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization) ซึ่งส่งผลให้คุณสมบัติอิมัลชันที่ดีขึ้น คุณสมบัติการขึ้นฟูของโปรตีนในไอศกรีมมีส่วนช่วยในการก่อตัวของฟองอากาศเริ่มต้นในส่วนผสม และความสามารถในการกักเก็บน้ำของโปรตีนนำไปสู่ความหนืดที่เพิ่มขึ้น ส่งผลในด้านการปรับปรุงคุณภาพด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีม และช่วยเพิ่มความสามารถในการต้านการละลายของไอศกรีมได้ [20] นอกจากนี้ยังพบว่าอัตราการละลายของตัวอย่างไอศกรีมลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันทั้งหมดต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม ($p\leq0.05$) (Table 1) สอดคล้องกับ [21, 22] ซึ่งพบว่าไอศกรีมไขมันต่ำที่มีการใช้สารทดแทนไขมันทำให้อัตราการละลายลดลง เนื่องจากสารทดแทนไขมันช่วยเพิ่มปริมาณของแข็ง ซึ่งส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระ

Science31N2-D.indd 111 8/5/2566 BE 11:27

ลดลง นอกจากนี้ยังนำไปสู่การเชื่อมโยงระหว่างโมเลกุล ซึ่งทำให้ไอศกรีมเหนียวขึ้นด้วย

เนื้อสัมผัสของไอศกรีมโดยการวัดแบบ TPA (Texture Profile Analysis) เป็นการทดสอบเพื่อเลียนแบบการเคี้ยวของมนุษย์ รายงานค่าเป็นแรงกดสูงสุด (hardness) ค่าการยึดติด (adhesiveness) ซึ่งเป็นเนื้อสัมผัสของไอศกรีม แสดงถึงการยึดติดของไอศกรีมกับเหงือก ฟัน เพดาน ริมฝีปากระหว่างการรับประทาน และค่าการเกาะติด (cohesiveness) ที่บ่งบอกถึงการเกาะตัวกันเองของเนื้อไอศกรีมหรือการเชื่อมแน่นภายในของโครงสร้างของเนื้อไอศกรีม งานวิจัยหลายชิ้นแสดงให้เห็นว่าค่า hardness ของไอศกรีม ได้รับผลกระทบจากหลายปัจจัย เช่น ปริมาณไขมัน ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ความหนืดของส่วนผสมของไอศกรีม ขนาดฟอง และการกระจาย แต่ปัจจัยหลักที่มีอิทธิพลคือความสามารถในการกักเก็บก๊าซของไอศกรีม [1, 9, 24] จากการทดลองพบว่า ตัวอย่างไอศกรีมกะทิลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันมีค่า hardness ไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม ($p \geq 0.05$) โดยตัวอย่างที่ใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับ เอดีเอส-เอสยู 09 ที่ระดับ 1:4 เป็นตัวอย่างที่มีค่า hardness สูงที่สุด ($p \leq 0.05$) และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับตัวอย่างอื่น ๆ อย่างชัดเจน จาก Table 1 สังเกตได้ว่าตัวอย่างที่มีการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับเอดีเอส-เอสยู 09 มีแนวโน้มทำให้ตัวอย่างมีค่า adhesiveness และ cohesiveness สูงกว่าตัวอย่างที่มีการใช้เวย์โปรตีนร่วมกับอินูลินที่ระดับเดียวกัน ($p \leq 0.05$) จากการทดลองนี้สังเกตได้ว่า ความหนืดมีผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม โดยการใช้สารทดแทนไขมันที่ต่างกันส่งผลให้ไอศกรีมมีความหนืด และเนื้อสัมผัสของไอศกรีมที่แตกต่างกัน กล่าวคือการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับเอดีเอส-เอสยู 09 ทำให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงกว่าการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับอินูลิน ดังนั้นตัวอย่างไอศกรีมที่ใช้เวย์โปรตีนร่วมกับอินูลิน จึงมีคุณสมบัติด้านเนื้อสัมผัสที่ต่ำกว่าการใช้เวย์โปรตีนร่วมกับ เอดีเอส-เอสยู 09 (ในอัตราส่วนที่เท่ากัน) นอกจากนี้ยังพบว่า ค่า TSS ของตัวอย่างที่ใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับเอดีเอส-เอสยู 09 มีค่าสูงกว่าค่า TSS ของตัวอย่างที่ใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับอินูลิน โดยไอศกรีมที่มี TSS ต่ำกว่าอาจมีน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งมากกว่าตามสัดส่วนของน้ำในส่วนผสม จึงมีส่วนทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งมากกว่า ซึ่งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสและเนื้อไอศกรีม ดังนั้นความแตกต่างของเนื้อสัมผัสเหล่านี้จะมีอิทธิพลโดยตรงต่อการตัดสินของผู้บริโภคเกี่ยวกับคุณภาพทางด้านประสามสัมผัสของไอศกรีม [9]

ความแน่นเนื้อของไอศกรีมมักเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของไอศกรีม เซลล์อากาศอาจได้รับผลกระทบจากการลดลงของปริมาณไขมันซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักของไอศกรีม แต่จากการประเมินทางประสาทสัมผัส พบว่าค่าคะแนนความชอบในด้านความเรียบเนียนของเนื้อไอศกรีมและการยอมรับโดยรวมของไอศกรีมลดไขมันมีค่ามากกว่าสูตรควบคุม ถึงแม้มีปริมาณไขมันที่ต่ำกว่า (Table 2) ดังนั้นการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับเอดีเอส-เอสยู 09 และอินูลิน สามารถช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสไอศกรีมให้มีความเรียบเนียนขึ้นได้ ทั้งนี้เนื่องจากเวย์โปรตีนไอโซเลทมีหมู่ฟังก์ชั่นนัลในสูตรโครงสร้างทางเคมี เช่นพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งสามารถจับกับน้ำได้ทำให้น้ำอิสระในไอศกรีมมีปริมาณน้อยลง เป็นผลให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก อีกทั้งเอดีเอส-เอสยู 09 และอินูลิน เป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต สามารถทำปฏิกิริยากับน้ำ น้ำแข็ง และส่วนประกอบอื่น ๆ ของไอศกรีมได้ สายโซ่โพลิเมอร์ในไอศกรีมนี้อาจทำให้เกิดเจลไอออนิก ทำให้มีคุณสมบัติเป็นอิมัลชันเจลเพิ่มขึ้น ซึ่งทำให้รูปร่างไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อสัมผัสลิ้น ด้วยเหตุนี้ไอศกรีมจึงมีความแน่นเนื้อและเรียบเนียนในระหว่างการประเมินทางประสาทสัมผัส [20] จาก Table 2 พบว่าไอศกรีมกะทิลดไขมันที่ใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับอินูลินที่ระดับ 4:1 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสในทุก ๆ ด้านสูงที่สุด จึงเลือกไอศกรีมลดไขมันสูตรดังกล่าวไปศึกษาต่อในขั้นตอนต่อไป

Science31N2-D.indd 112 8/5/2566 BE 11:27

Table 2 Sensory characteristics of full fat and reduced-fat coconut milk ice creams incorporated with different fat replacers.

Treatments	Smoothness	Color (ns)	Flavors	Oiliness	Viscosity	Melting	Overall acceptability
Control	7.20±1.56^{b}	7.56±1.20	6.68±1.87^{b}	6.42±1.81^{b}	6.42±1.64^{c}	6.60±1.48^{c}	6.98±1.55^{b}
WPI	7.64±1.21^{ab}	7.86±0.86	6.36±1.72^{b}	6.74±2.00^{b}	7.26±1.34^{ab}	6.92±1.31^{bc}	7.36±1.14^{b}
W+SU (1:4)	7.82±1.14^{a}	7.74±0.96	6.98±1.27^{ab}	7.04±1.24^{ab}	7.08±1.14^{ab}	7.20±1.25^{ab}	7.44±0.86^{ab}
W+SU (1:1)	7.32±1.32^{ab}	7.70±1.02	6.70±1.78^{b}	6.62±1.74^{b}	6.70±1.57^{bc}	6.96±1.64^{bc}	6.98±1.49^{b}
W+SU (4:1)	7.66±1.10^{ab}	7.82±0.98	7.04±1.48^{ab}	6.72±1.34^{b}	7.12±1.45^{ab}	6.94±1.30^{bc}	7.34±1.21^{b}
W+In (1:4)	7.24±1.20^{b}	7.76±0.92	6.88±1.30^{ab}	6.52±1.52^{b}	6.66±1.41^{bc}	7.22±1.30^{ab}	7.24±1.00^{b}
W+In (1:1)	7.44±1.09^{ab}	7.76±1.00	6.92±1.58^{ab}	6.72±1.41^{b}	6.72±1.44^{bc}	6.96±1.31^{bc}	7.08±1.29^{b}
W+In (4:1)	7.78±1.00^{a}	7.98±0.87	7.52±1.28^{a}	7.52±1.11^{a}	7.34±1.04^{a}	7.62±1.01^{a}	7.90±1.05^{a}

Values are presented as mean±SD. Values with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

WPI=whey protein isolate, SU=ADS-SU 09, In=inulin

3.2 ผลการศึกษาปริมาณน้ำตาลมะพร้าวที่เหมาะสมต่อการผลิตไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมัน

ผลการศึกษาคุณภาพทางด้านกายภาพเคมีและการประเมินทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมัน พบว่า ความข้นหนืดของส่วนผสมไอศกรีมมีค่าระหว่าง 243.07-477.67 เซนติพอยส์ (Table 3) โดยตัวอย่างไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลทรายเพียงอย่างเดียว (0:100) จะมีความหนืดสูงที่สุด ($p\leq0.05$) และตัวอย่างไอศกรีมสูตรที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว (100:0) มีความหนืดต่ำที่สุด ($p\leq0.05$) จะเห็นว่าความหนืดของไอศกรีมมิกซ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อมีการเพิ่มปริมาณน้ำตาลมะพร้าวลงไปในสูตร สอดคล้องกับปริมาณ TSS ของไอศกรีมมิกซ์ กล่าวคือไอศกรีมที่มี TSS มากกว่าจะมีความหนืดที่สูงกว่า ดังนั้นน้ำตาลทรายจึงมีผลต่อปริมาณ TSS ในไอศกรีมมิกซ์ โดยเมื่อมีการลดปริมาณน้ำตาลทราย และเพิ่มน้ำตาลมะพร้าวจะทำให้ปริมาณ TSS ในไอศกรีมมิกซ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) ซึ่งจะส่งผลให้ความหนืดลดลงด้วย และยังส่งผลต่อค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมอีกด้วย กล่าวคือ เมื่อไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดเพิ่มสูงขึ้น ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมจะลดลง ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าน้ำตาลมะพร้าวอาจไปรบกวน Foam capacity ของส่วนผสมไอศกรีมได้ ผลการทดลองแสดงดัง Table 3 ให้ผลสอดคล้องกับ [26] ที่ศึกษาผลของการใช้น้ำตาลโตนดต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวกล้องหอมนิลงอก โดยพบว่าค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้นตามปริมาณน้ำตาลโตนดที่ทดแทนน้ำตาลทราย ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความหนืด คือ เมื่อความหนืดลดลงมีผลต่อค่าโอเวอร์รันของไอศกรีม เนื่องจากปริมาณของแข็งลดลง ความหนืดลดลง การโฮโมจีไนซ์มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้มีช่องว่างอากาศมากขึ้น เมื่อนำไปปั่นไอศกรีมจึงส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้น และ [15] ที่ได้เปรียบเทียบการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลท และซอยโปรตีนไอโซเลทเป็นสารทดแทนไขมันไอศกรีมช็อคโกแลต โดยพบว่าตัวอย่างที่ใช้ซอยโปรตีนไอโซเลทจะมีความหนืด

Science31N2-D.indd 113 8/5/2566 BE 11:27

Table 3 Physical quality of full fat and reduced-fat coconut milk ice cream from coconut sugar.

Physical quality	Coconut sugar: Sucrose				
	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Viscosity (cP)	477.67±2.08^{a}	410.07±9.74^{b}	382.00±6.93^{c}	288.40±4.21^{d}	243.07±9.53^{e}
TSS (°Brix)	27.33±0.58^{a}	26.33±0.58^{b}	25.67±0.58^{bc}	25.00±0.00^{c}	24.00±0.00^{d}
Overrun (%)	22.40±0.84^{e}	23.68±0.25^{d}	25.20±0.70^{c}	33.54±0.48^{b}	35.54±0.61^{a}
Hardness (N)	96.79±2.41^{a}	96.69±9.09^{a}	88.65±3.57^{ab}	79.72±9.29^{b}	48.26±7.85^{c}
Adhesiveness (ns)	0.14±0.01	0.15±0.04	0.12±0.05	0.21±0.16	0.13±0.03
Cohesiveness (ns)	2567.33±494.09	2263.67±1429.39	1058.67±640.67	2455.33±952.30	1864.33±1342.20
L	63.91±0.53^{a}	58.06±0.58^{c}	62.85±1.12^{b}	55.42±0.27^{d}	53.77±0.60^{e}
a*	-0.89±0.04^{e}	-0.22±0.04^{d}	0.12±0.06^{c}	0.77±0.05^{b}	1.33±0.05^{a}
b*	8.67±0.49^{d}	11.47±0.25^{c}	14.76±0.38^{b}	14.71±0.15^{b}	16.16±0.26^{a}

Values are presented as mean±SD. Values with different superscripts within the same row are significantly different ($p<0.05$).

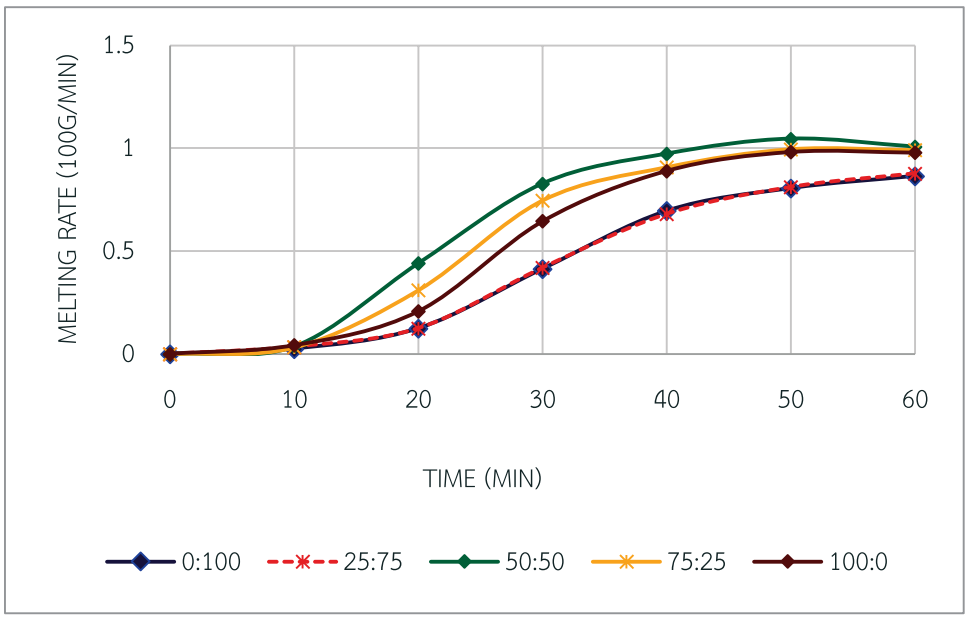


Figure 1 Melting rates of reduce fat coconut ice creams from coconut sugar.

Science31N2-D.indd 114 8/5/2566 BE 11:27

ที่สูงกว่า เนื่องจากซอยโปรตีนไอโซเลท มีสมบัติการอุ้มน้ำสูงช่วยเพิ่มความหนืด มีความต้านทานต่อการละลายดี และเกิดเจลได้ดีกว่าเวย์โปรตีนไอโซเลท

จาก Figure 1 แสดงความชันของกราฟอัตราการละลายของไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมัน จะสังเกตได้ว่าไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม (0:100) และไอศกรีมกะทิที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายที่อัตราส่วน 25:75 มีอัตราการละลายต่ำที่สุด รองลงมาคือไอศกรีมกะทิที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายที่อัตราส่วน 100:0 75:25 และ 50:50 ตามลำดับ และพบว่าในช่วง 5 นาทีแรกไอศกรีมจะยังไม่ละลาย เมื่อถึงเวลาที่ 10 นาที ไอศกรีมจะเริ่มละลายเพียงเล็กน้อย และเมื่อเวลาที่ 20 นาทีเป็นต้นไป ไอศกรีมจะมีอัตราการละลายที่สูงขึ้นจนถึงนาทีที่ 50 และพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลมะพร้าวในไอศกรีมกะทิลดไขมันอัตราการละลายมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากไอศกรีมตัวอย่างควบคุมมีความแน่นเนื้อมากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับค่า hardness และไอศกรีมกะทิที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายที่อัตราส่วนที่มากขึ้นมีปริมาณ TSS น้อยกว่าตัวอย่างควบคุม จึงส่งผลให้มีอัตราการละลายเร็วตามลำดับ สอดคล้องกับ [24] ที่พบว่าไอศกรีมที่มี TSS ต่ำจะเพิ่มอัตราการละลายมากกว่าไอศกรีมที่มี TSS สูง เนื่องจากไอศกรีมที่มี TSS ต่ำจะดูดซึมน้ำได้น้อยกว่า และการนำความร้อนผ่านไอศกรีมเกิดได้เร็วขึ้นเมื่อมีปริมาณน้ำอิสระในรูปของน้ำแข็งอยู่มากกว่า จะทำให้ไอศกรีมละลายได้เร็วกว่า [9] อีกทั้งความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ยังส่งผลต่ออัตราการละลายของไอศกรีมอีกด้วย กล่าวคือ เมื่อความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มสูงขึ้นจะมีผลทำให้ไอศกรีมมีอัตราการละลายลดลง [25] ผลแสดงดัง Table 3

ผลการศึกษาเนื้อสัมผัสของไอศกรีม พบว่าไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวมีค่า hardness อยู่ในช่วง 48.26-96.69 นิวตัน โดยตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายที่อัตราส่วน 25:75 และ 50:50 มีค่า hardness ไม่แตกต่างจากตัวอย่างควบคุม ($p \geq 0.05$) จากการทดลองพบว่า เมื่อมีการใช้น้ำตาลมะพร้าวในไอศกรีมกะทิลดไขมันในอัตราส่วนที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่า hardness ลดลง (Table 3) สอดคล้องกับการศึกษาการใช้น้ำตาลโตนดทดแทนน้ำตาลทรายในการผลิตไอศกรีมไอศกรีมน้ำนมข้าวกล้องหอมนิลงอกของ [26] ที่พบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลโตนดเพิ่มสูงขึ้น ค่าความแน่นเนื้อของไอศกรีมจะมีค่าลดลง โดยไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลโตนดเพียงอย่างเดียวจะมีค่าความแน่นเนื้อต่ำที่สุด และค่า hardness ซึ่งแสดงถึงความแน่นเนื้อหรือความแข็งของไอศกรีมนั้นยังมีความสัมพันธ์กับค่าโอเวอร์รันอีกด้วย กล่าวคือตัวอย่างที่มีค่าโอเวอร์รันต่ำกว่าจะมีค่าความแข็งที่สูงกว่า [24] ส่วนค่า adhesiveness และ cohesiveness ของไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างควบคุม ($p \geq 0.05$)

น้ำตาลมะพร้าวมีผลต่อสีของไอศกรีม เนื่องจากน้ำตาลมะพร้าวที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นน้ำตาลมะพร้าวแท้ที่ไม่ผ่านการฟอกสี ซึ่งจะมีสีค่อนข้างเข้ม ดังนั้นเมื่อสัดส่วนของน้ำตาลมะพร้าวเพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลให้ไอศกรีมมีสีที่เข้มขึ้นตามไปด้วย กล่าวคือเมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลมะพร้าวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ไอศกรีมมีค่าความสว่าง (L) ลดลง ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมที่ไม่ใช้น้ำตาลมะพร้าว (สูตรควบคุม) มีค่า L เท่ากับ 63.91 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด ($p \leq 0.05$) และไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว (100:0) มีค่า L เท่ากับ 53.77 ซึ่งมีค่าต่ำที่สุด ($p \leq 0.05$) สำหรับค่า a* ของตัวอย่างแสดงเป็นค่าสีแดง เนื่องจากค่า a* เป็นบวก เมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลมะพร้าวเพิ่มขึ้นส่งผลให้ไอศกรีมมีค่า a* เพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว (100:0) มีค่า a* สูงที่สุด ($a^* = 1.33$) ($p \leq 0.05$) ส่วนค่า b* ของตัวอย่างแสดงเป็นค่าสีเหลือง เนื่องจากค่า b* เป็นบวก โดยไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวเพียงอย่างเดียว (100:0) มีค่า b* สูงที่สุด ($b^* = 16.16$) ($p \leq 0.05$)

Science31N2-D.indd 115 8/5/2566 BE 11:27

ผลการประเมินความชอบด้านความเรียบเนียน สี กลิ่นรสน้ำตาลมะพร้าว ความมัน ความเหนียวหนืด และการละลายในปาก พบว่า ตัวอย่างที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 0:100 25:75 50:50 และ 75:25 ไม่พบความแตกต่างในระหว่างตัวอย่าง ($p \geq 0.05$) (Table 4) ผลการประเมินความชอบด้านรสหวานของไอศกรีม พบว่ามีเพียงตัวอย่างที่ใช้อัตราส่วนของน้ำมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายที่ระดับ 50:50 ที่มีคะแนนความชอบไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับตัวอย่างควบคุม ($p \geq 0.05$) เมื่อพิจารณาผลการประเมินการยอมรับของผู้ทดสอบชิมในด้านต่าง ๆ พบว่าตัวอย่างไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันที่ระดับ 50:50 เป็นระดับที่มีการทดแทนน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลมะพร้าวในระดับที่สูงที่สุดที่ยังคงทำให้ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับโดยไม่แตกต่างจากสูตรควบคุม โดยได้รับคะแนนการยอมรับในด้านความเรียบเนียน สีที่ปรากฏ กลิ่น รสหวาน ความมัน ความหนืด การละลายในปาก และการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 7.76 7.82 7.44 7.00 7.10 7.13 7.55 และ 7.66 ตามลำดับ ดังนั้นไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 50:50 ถือว่ามีศักยภาพในการนำไปผลิตเป็นไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันเพื่อสุขภาพได้

จาก Table 5 จะเห็นได้การใช้น้ำตาลมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายบางส่วนสามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในตัวอย่างไอศกรีมกะทิได้ชัดเจน โดยน้ำตาลรีดิวซ์เป็นน้ำตาลที่มีหมู่แอลดีไฮด์หรือคีโทนที่เป็นอิสระอยู่ในโมเลกุลของน้ำตาล ตัวอย่างของน้ำตาลกลุ่มนี้ ได้แก่ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทุกชนิด เช่น น้ำตาลกลูโคส, น้ำตาลกาแล็กโทส, น้ำตาลฟรักโทส และน้ำตาลโมเลกุลคู่ บางชนิด เช่น น้ำตาลแล็กโทสและน้ำตาลมอลโทส โดยน้ำตาลมะพร้าวอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีค่าดัชนีน้ำตาล (glycemic index; GI) ต่ำ คือ 35 [11] จึงทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูงขึ้นเร็ว และร่างกายไม่ต้องหลั่งอินซูลินเพื่อนำน้ำตาลไปสร้างเป็นพลังงาน ดังนั้นเมื่อเพิ่มระดับการทดแทนปริมาณน้ำตาลทรายด้วยน้ำตาลมะพร้าวในไอศกรีมกะทิในระดับที่สูงขึ้น จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะสามารถหลีกเลี่ยงการบริโภคอาหารที่มีน้ำตาลในระดับที่สูงเกินไปได้ จากการทดลองนี้พบว่าการใช้น้ำตาลมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 50:50 ทำให้ได้ไอศกรีมกะทิลดไขมันที่มีคุณภาพที่ใกล้เคียงกับสูตรควบคุม เมื่อไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลด

Table 4 Sensory characteristics of reduced-fat coconut milk ice cream from coconut sugar.

Coconut sugar: Sucrose	Smoothness	Color (ns)	Flavors	Sweet	Oiliness	Viscosity	Melting (ns)	Overall acceptability
0:100	7.88±0.84^{a}	8.04±8.04^{a}	7.54±1.09^{a}	7.53±1.50^{a}	7.24±1.46^{a}	7.37±1.03^{a}	7.71±1.08	7.92±1.00^{a}
25:75	8.08±1.02^{a}	7.90±7.80^{a}	7.61±1.44^{a}	6.90±1.52^{b}	7.20±1.43^{a}	7.41±1.31^{a}	7.63±1.07	7.78±0.80^{ab}
50:50	7.76±0.89^{a}	7.82±7.82^{a}	7.44±1.25^{ab}	7.00±1.40^{ab}	7.10±1.22^{a}	7.13±1.21^{ab}	7.55±1.24	7.66±1.02^{ab}
75:25	7.77±1.12^{a}	7.81±7.81^{a}	7.25±1.21^{ab}	6.79±1.31^{b}	7.12±1.29^{a}	7.10±1.25^{ab}	7.58±1.03	7.42±0.78^{b}
100:0	7.24±1.48^{b}	6.72±6.72^{b}	6.88±1.75^{b}	5.74±1.78^{c}	6.04±1.65^{b}	6.62±1.37^{b}	7.26±1.47	6.62±1.43^{c}

Values are presented as mean±SD. Values with different superscripts within the same row are significantly different ($p<0.05$).

Science31N2-D.indd 116 8/5/2566 BE 11:27

Table 5 Reducing sugar content and total sugar content of reduced-fat coconut milk ice cream.

Analysis list (g/100g)	The ratio between coconut sugar and sucrose				
	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Reducing sugar	5.32±0.04^{c}	5.59±0.06^{bc}	5.85±0.10^{b}	5.91±0.30^{b}	7.09±0.16^{a}
Total Sugar					
Fructose	Not Detected	Not Detected	Not Detected	<0.50	0.57±0.12
Glucose	Not Detected	Not Detected	Not Detected	<0.50	0.59±0.13
Sucrose	12.18±0.18^{a}	11.48±0.18^{a}	9.73±0.31^{b}	9.61±0.10^{bc}	8.64±0.73^{c}
Maltose	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected	Not Detected
Lactose	5.32±0.33^{a}	5.59±0.37^{a}	5.85±0.33^{a}	5.91±0.10^{a}	5.93±0.32^{a}
Total Sugar	17.50±0.45^{a}	17.07±0.49^{ab}	15.58±0.38^{c}	15.52±0.23^{c}	15.73±0.89^{bc}

Values are presented as mean±SD. Values with different superscripts within the same column are significantly different ($p<0.05$).

ไขมันใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 50:50 ไปตรวจวิเคราะห์ค่าพลังงาน และปริมาณคุณค่าทางโภชนาการเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิไขมันร้อยละ 10 แสดงผลดัง Table 6 จะเห็นว่าค่าพลังงานทั้งหมดและพลังงานจากไขมันของไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันที่ใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 50:50 ลดลงจากไอศกรีมสูตรดั้งเดิม (ไขมันร้อยละ 10) อย่างชัดเจน

เมื่อนำไอศกรีมกะทิจากน้ำตาลมะพร้าวลดไขมันเพื่อสุขภาพ ไปตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ก่อโรคซึ่งได้แก่ *Salmonella spp., Staphylococcus aureus, Bacillus cereus* และ *Listeria monocytogenes* พบว่าไอศกรีมกะทิที่ผลิตได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 ออกตามความในพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ. 2522 เรื่อง กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน หลักเกณฑ์เงื่อนไข และวิธีการในการตรวจวิเคราะห์ของอาหารด้านจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค (Table 7) ซึ่งถือว่ามีความปลอดภัยในการบริโภค

Science31N2-D.indd 117 8/5/2566 BE 11:27

Table 6 Nutritional value of reduced-fat coconut milk ice cream from coconut sugar.

Analysis list	Full fat coconut ice cream	Reduced-fat coconut milk ice cream from coconut sugar (50:50)
Total energy (Kcal/100g)	187.12±2.80[a]	111.82±1.81[b]
Energy from fat (Kcal/100g)	87.84±1.41[a]	11.9±0.44[b]
Moisture content (g/100g)	64.45±3.65[a]	72.02±1.43[a]
Fat content (g/100g)	9.76±0.64[a]	2.05±0.07[b]
Protein content (%N x 6.25) (g/100g)	4.05±0.08[a]	6.36±0.48[b]
Carbohydrate content (g/100g)	20.77±4.41[a]	18.62±2.0[2]a
Ash content (g/100g)	0.97±0.04[a]	0.95±0.13[a]

Values are presented as mean±SD. Values with different superscripts within the same row are significantly different ($p<0.05$).

Table 7 Pathogenic microorganisms in reduced-fat coconut ice cream from coconut sugar for health.

Pathogenic microorganisms	Notification of the Ministry of Public Health (No.416) B.E.2563 (2020)	Reduced-fat coconut ice cream from coconut sugar
Salmonella spp. (per 25 g)	Not detected	Not detected
Staphylococcus aureus (cfu/g)	<100	<10
Bacillus cereus (cfu/g)	<500	<10
Listeria monocytogenes (per 25 g)	Not detected	Not detected

4. สรุปผลการวิจัย

การผลิตไอศกรีมกะทิลดไขมันโดยการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับอินูลินที่ระดับ 4:1 ช่วยปรับปรุงคุณลักษณะบางประการของไอศกรีมลดไขมันได้ แต่การใช้น้ำตาลมะพร้าวทดแทนน้ำตาลทรายทำให้ไอศกรีมหลังการบ่มจะมีความหนืดลดลงเมื่อใช้น้ำตาลมะพร้าวมากขึ้น และมีอัตราการละลายเร็วขึ้น และมีสีเข้มขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำตาลมะพร้าวที่เพิ่มขึ้น โดยไอศกรีมกะทิลดไขมันโดยการใช้เวย์โปรตีนไอโซเลทร่วมกับอินูลินที่ระดับ 4:1 และใช้น้ำตาลมะพร้าวต่อน้ำตาลทรายในอัตราส่วน 50:50 เป็นสูตรที่มีศักยภาพในการพัฒนาเป็นไอศกรีมกะทิลดไขมันจากน้ำตาลมะพร้าวเพื่อสุขภาพต่อไปได้ สามารถลดพลังงานทั้งหมดลงได้ถึง 75.30 กิโลแคลลอรี่ และลดพลังงานที่ได้จากไขมันได้ถึง 75.94 กิโลแคลลอรี่ ลดน้ำตาลทั้งหมดลงได้ร้อยละ 5.25 เมื่อเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรไขมันเต็ม ผลการตรวจสอบเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้

Science31N2-D.indd 118 8/5/2566 BE 11:27

เกิดโรค พบว่าไอศกรีมกะทิที่ผลิตได้เป็นไปตามมาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 416) พ.ศ. 2563 ดังนั้นจึงมีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมให้กลุ่มอาชีพผู้ผลิตน้ำตาลมะพร้าวนำไปผลิตเพื่อจำหน่าย สร้างเอกลักษณ์ให้กับไอศกรีมโดยใช้ผลผลิตที่มีในท้องถิ่น สามารถต่อยอดประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพชนิดอื่นได้

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนทุนวิจัยจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา ปีงบประมาณ 2565 และได้รับการรับรองจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา (COA No. 011/2022) ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และการจัดการเทคโนโลยีอาหารที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ เป็นอย่างดียิ่ง

6. References

[1] Akalin, A.S., Karagözlü, C. and Ünal, G., 2008, Rheological properties of reduced-fat and low-fat Ice cream containing whey protein isolate and inulin, Eur Food Res Technol. 227: 889-895.

[2] Hatipoğlu, A. and Türkoğlu, H., 2020, A Research on the Quality Features of Ice Cream Produced Using Some Fat Substitutes, J. Food Science and Engineering. 10: 1-10.

[3] Adapa, S., Dingeldein, H., Schmidt, K.A. and Herald, T. J., 2000, Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers, J. Dairy Science. 83(10): 2224-2229.

[4] Devereux, H.M., Jones, G.P., Maccormack, L. and Hunter, W.C., 2003, Consumer acceptability of low fat foods containing inulin and oligofructose, J. food science. 68(5): 1850-1854.

[5] McClements, D.J., 2015, Reduced-Fat Foods: The complex science of developing diet-based strategies for tackling overweight and obesity, Advances in Nutrition. 6(3): 338S-352S.

[6] Syed, Q.A., Anwar, S., Shukat, R. and Zahoor, T., 2018, Effects of different ingredients on texture of ice cream. J. Nutritional Health and Food Engineering. 8(6): 422-435.

[7] Akbari, M., Eskandari, M.H., Niakosari, M. and Bedeltavana, A, 2016, The effect of inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat ice cream. International Dairy Journal, 57, 52-55.

[8] Moeenfard M. and Mazaheri Tehrani M., 2008, Effect of some stabilizers on physicochemical and sensory properties of ice cream type frozen yoghurt, American-Eurasian J. Agric. and Environ. Sci. 4(5): 584-589.

[9] Syed, Q.A., Anwar, S., Shukat, R. and Zahoor, T., 2018. Effects of different ingredients on texture of ice cream. Journal of Nutritional Health and Food Engineering, 8(6), 422-435.

[10] Fuangpaiboon, N. and Kijroongrojana, K. (2017). Sensorial and physical properties of coconut-milk ice cream modified with

Science31N2-D.indd 119 8/5/2566 BE 11:27

fat replacers. Maejo International Journal of Science Technology, 11(2), 133-147.

[11] Trinidad, T. P., Mallillin, A. C., Sagum, R. S. and Encabo, R. R., 2010, Glycemic index of commonly consumed carbohydrate foods in the Philippines. Journal of Functional Foods 2: 271-274

[12] Pon, S.Y., Lee, W.J. and Chong, G.H., 2015, Textural and rheological properties of stevia ice cream, International Food Research J. 22(4): 1544-1549.

[13] Saentaweesuk, S. and Aukkanit, N., 2022, Effects of whey protein isolate and soy protein isolate as fat replacers on the physicochemical and sensory properties of low-fat chocolate ice cream, Burapha Sci. J. 27(1): 686-701.

[14] AOAC., 2019, Official Methods of AOAC International. 21st ed, The Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.

[15] Saentaweesuk, S. and Chaikham, P., 2023, Effect of whey protein isolate incorporated with various carbohydrate-based fat replacers on physicochemical and sensorial properties of low-fat chocolate ice cream, Food Research. 7(1): 167-176.

[16] Sharma, M., Singh, A.K. and Yadav, D.N., 2017, Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl millet starch, J. Food Sci Technol, 54(6): 1638-1645.

[17] Akin, M.B., Akin, M.S. and Kirmaci, Z., 2007, Effect of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice cream, Food Chemistry. 104: 93-99.

[18] Baer, R.J., Wolkow, M.D. and Kasperson K.M., 1997, Effect of emulsifier on the body and texture of low fat ice cream, J. Dairy Science. 80: 3123-3132.

[19] Muse. M.R. and Hartal, R.W., 2004, Ice cream structure element that affect melting rate and hardness, J. Dairy Science. 87: 1-10.

[20] Goff, H.D. and Hartel, R.W., (2013), Ice Cream. 7th ed. New York, USA: Springer.

[21] Babu, A.S., Parimalavalli, R. and Mohan, R.J., 2018, Effect of modified starch from sweet potato as a fat replacer on the quality of reduced fat ice creams. Journal of Food Measurement and Characterization, 12, 2426-2434.

[22] Yan, L., Yu, D., Liu, R., Jia, Y., Zhang, M., Wu, T. and Sui, W., 2021, Microstructure and meltdown properties of low-fat ice cream: Effects of microparticulated soy protein hydrolysate/xanthan gum (MSPH/XG) ratio and freezing time, J. Food Engineering. 291: 110291.

[23] Rossa, P.N., Burin, V.M. and Bordignon-Luiz, M.T., 2012, Effect of microbial transglutaminase on functional and rheological properties of ice cream with different fat contents, LWT-Food Science and Technology. 48(2): 224-230.

[24] El-Zeini, H.M., El-Abd, M.M., Metwaly, F.A., Zeidan, M.A. and Hassan, Y.F., 2016, Using

Science31N2-D.indd 120 8/5/2566 BE 11:27

whey protein isolate as a substitute of milk solid not fat on chemical and physico-chemical properties of ice cream. J. Food and Dairy Science. 7(2): 133-137.

[25] Liu, R., Wang, L., Liu, Y., Wu, T. and Zhang, M., 2018, Fabricating soy protein hydrolysate/xanthan gum as fat replacer in ice cream by combined enzymatic and heat-shearing treatment. Food Hydrocolloids. 81: 39-47.

[26] Ji-u, P., Rotarwut, B. and Pongpool, C., 2019, Effect of palm sugar on qualities of black jasmine GABA rice milk ice cream, Khon Kaen Agriculture J. 47 (suppl. 1): 685-690. (in Thai).

Science31N2-D.indd 121 8/5/2566 BE 11:27