การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม

Product Development of Low-fat Coconut Milk Ice Cream from Tamarind Kernel Powder

สมใจ กงเติม
Somjai Kongtem
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
Faculty of Education, Phetchabun Rajabhat University
Corresponding author E-mail: somjai.kong@pcru.ac.th
Received: April 25, 2024; **Revised:** September 27, 2024; **Accepted:** January 21, 2025

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามมีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม ตรวจสอบคุณสมบัติและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และเพื่อถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน ผลการวิจัยพบว่าสูตรไอศกรีมกะทิไขมันต่ำประกอบด้วยกะทิ น้ำ น้ำตาลทราย หางนมผง ผงไอศกรีมสำเร็จรูป มะขามแช่อิ่มอบแห้ง สารให้ความคงตัว (CMC) และเกลือ เท่ากับ 65.00 22.00 7.00 3.24 0.50 0.50 0.70 และ 0.06 กรัม ตามลำดับ พบว่าการเติมแป้งเมล็ดมะขามในปริมาณที่เหมาะสม เท่ากับ ร้อยละ 1.0 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด โดยมีคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้นเท่ากับ 17.00±0.24 1.63±0.52 2.03±0.84 8.99±0.47 0.70±0.12 และ 71.20±0.01 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ และพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 157.00±0.15 กิโลแคลอรี/100 กรัม และมีแร่ธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 123.00±0.80 มิลลิกรัม/100 กรัม ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 0.05 ส่วนคุณลักษณะทางด้านสีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนในด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ และด้านผลผลิตภาพรวม พบว่าอยู่ในระดับมากมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75

คำสำคัญ: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ แป้งเมล็ดมะขาม

Abstract

The research titled "Product Development of Low-fat Coconut Milk Ice Cream from Tamarind Kernel Powder" aimed to develop a low-fat coconut milk ice cream product using tamarind kernel powder, assess its properties and sensory quality evaluation by consumers, and transfer the knowledge of low-fat coconut milk ice cream product development using tamarind kernel powder to the community. The results showed that the formula for low-fat coconut milk ice cream consisted of coconut milk, water, sugar, skim milk powder, instant ice cream powder, dried pickled tamarind, stabilizer (CMC), and salt in amounts of 65.00, 22.00, 7.00, 3.24, 0.50, 0.50, 0.70, and 0.06 grams, respectively. It was found that the appropriate amount of tamarind kernel powder to add was 1.0% of the total mixture. The nutritional composition included carbohydrates, dietary fiber, protein, fat, ash, and moisture content at 17.00±0.24, 1.63±0.52, 2.03±0.84, 8.99±0.47, 0.70±0.12, and 71.20±0.01 grams per 100 grams, respectively. The total energy was 157.00±0.15

kcal per 100 grams, and the potassium content was 123.00±0.80 mg per 100 grams. Consumer sensory evaluation using the 9-Point Hedonic Scale showed that the attributes of aroma, taste, texture, and overall preference were significantly different at a 0.05 significance level, while the attribute of color showed no significant difference at the same significance level. In terms of knowledge transfer to the community regarding input factors, process, and output, the overall assessment was at a high level, with an average score of 4.01 and a standard deviation of 0.75.

Keywords: Product Development, Low-fat Coconut milk ice cream, tamarind kernel powder

บทนำ

มะขาม (*Tamarind indica, Linn.*) เป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบูรณ์ ปริมาณผลผลิตปีพ.ศ. 2565 ประมาณ 52,000 ตัน ทำรายได้สูงถึง 4,865.2 ล้านบาท มะขามเป็นพืชที่มีอัตราส่วนของเนื้อ (Pulp) และเมล็ด (Seed) โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 55 และ 33 ตามลำดับ ในแต่ละปีจะมีเมล็ดมะขามเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากสูงถึง 17,160 ตัน ส่วนใหญ่จะถูกนำไปทิ้งหรือขายให้กับโรงงานกาวย้อมผ้าในราคา 3 บาท/กิโลกรัมเท่านั้น ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตของเกษตรกรเพิ่มสูงขึ้นและบางส่วนที่นำเมล็ดมะขามไปทิ้ง ทำให้กลายเป็นการสร้างขยะให้กับสิ่งแวดล้อม (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเพชรบูรณ์, 2564)

วิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามเพิ่มทรัพย์ ตำบลศรีมงคล อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความมุ่งมั่นในการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่สินค้า ภายใต้ตราสินค้า “ณารา แทมมะรินด์” จากเมล็ดมะขามที่เหลือจากการแปรรูปของกลุ่มวิสาหกิจชุมชน โดยการนำเมล็ดมะขามมาเพิ่มมูลค่าในเชิงพาณิชย์จะเป็นการใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่าและเกิดประโยชน์สูงสุดในด้านอุตสาหกรรมอาหาร จากการสืบค้นข้อมูลพบว่าแป้งเมล็ดมะขาม (Tamarind Kernel Powder: KTP) ประกอบด้วยสารโพลีแซคคาร์ไรด์ (Polysaccharide) ชนิดไซโลกลูแคน มีสมบัติทางชีวภาพสำคัญ คือ มีความเข้ากันได้กับเนื้อเยื่อในร่างกาย (Biocompartible) ไม่ก่อมะเร็ง (Non-carsinogenic) ไม่เป็นพิษ (Non-toxic) คุณสมบัติเหล่านี้จึงทำให้สามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหารได้ (Kumar and Bhattachacharya, 2008) กรรณิการ์ พุ่มทอง (1999) ยังพบว่าแป้งเมล็ดมะขามเป็นแหล่งสำคัญของโปรตีน กรดอะมิโนที่จำเป็น (Essential amino acid) สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound) คาร์โบไฮเดรต และ Mohamed, Mohamed and Ahmed (2015) พบว่าแป้งเมล็ดมะขามอุดมไปด้วยแร่ธาตุต่าง ๆ เช่น โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อเสริมคุณค่าทางโภชนาการให้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้

ไอศกรีมกะทิ (Coconut milk ice cream) เป็นไอศกรีมที่คนไทยนิยมบริโภค โดยมีส่วนผสมหลัก คือ กะทิ และส่วนผสมอื่น ๆ แต่กรดไขมันอิ่มตัวในกะทินั้นมีผลต่อการเพิ่มระดับโคเลสเตอรอลในร่างกายส่งผลให้เกิดโรคต่าง ๆ เช่น โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน เป็นต้น (กรรณิการ์ พุ่มทอง, 1999) ดังนั้น การผลิตไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจึงเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เป็นทางเลือกสำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ จากคุณประโยชน์ของแป้งเมล็ดมะขามดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่เมล็ดมะขามสู่กระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากแป้งเมล็ดมะขามที่มีแร่ธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมสูง และศึกษาการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากเมล็ดมะขาม รวมถึงการถ่ายทอดความรู้สู่ชุมชนให้มีความเข้าใจในกระบวนการผลิตไอศกรีมกะทิ อีกทั้งยังเป็นการสร้างรายได้ให้แก่ชุมชนเพื่อความเป็นอยู่อย่างยั่งยืน เกิดการเชื่อมโยงสู่อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ภูมิปัญญาท้องถิ่น และยังเป็นส่วนสำคัญในการลดวัสดุเหลือทิ้ง ซึ่งเป็นสาเหตุในการสร้างมลภาวะที่สำคัญของชุมชนและประเทศชาติในปัจจุบัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม ตรวจสอบคุณสมบัติและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม
2. เพื่อถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามเพิ่มทรัพย์ ตำบลศรีมงคล อำเภอบึงสามพัน จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม 2) การคัดเลือกสูตรไอศกรีม 3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม และ 4) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) การเตรียมแป้งเมล็ดมะขามดัดแปลงจากวิธีของ Sharma and Jain (2020) โดยนำเมล็ดมะขามมาแช่ในน้ำนาน 24 ชั่วโมง นำไปอบและคั่วที่อุณหภูมิ 150 °C นาน 30 นาที และ 80 °C นาน 20 นาที ตามลำดับ จากนั้นแยกเปลือกออกจากเอนโดสเปิร์มด้วยโกร่ง บดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 120 เมช จะได้แป้งเมล็ดมะขาม สำหรับนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ไขมัน โปรตีน (N*6.25) เส้นใยอาหาร เถ้า และความชื้นตามวิธี AOAC (2019) และวิธีปริมาณแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียมด้วยวิธี In-house method โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ

2) การคัดเลือกสูตรไอศกรีมกะทิมาตรฐาน

ศึกษาค้นคว้าสูตรการผลิตไอศกรีมกะทิจากหนังสือ และตำราต่าง ๆ จำนวน 3 สูตร ดังตารางที่ 1 คัดเลือกสูตรที่เหมาะสมจากผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale จำนวน 30 คน ทั้งชายและหญิงที่มีอายุระหว่าง 18-40 ปี เพื่อใช้เลือกสูตรไอศกรีมที่เหมาะสมในการนำมาพัฒนาไอศกรีมต้นแบบผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามต่อไป

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของไอศกรีมกะทิสูตรต่าง ๆ ที่นำมาคัดเลือกสูตรไอศกรีมกะทิมาตรฐาน

องค์ประกอบ	ปริมาณส่วนผสม (กรัม/100 กรัม)		
	สูตร 1*	สูตร 2**	สูตร 3***
กะทิ	72.00	67.74	26.61
น้ำ	15.00	17.71	60.39
น้ำตาลทราย	9.00	12.56	9.00
หางนมผง	3.24	6.46	3.24
สารให้ความคงตัว (CMC)	0.70	0.45	0.70
เกลือ	0.06	0.06	0.06
รวม	100.00	100.00	100.00

ที่มา: สูตร 1* ศิวพร พุดตาน และสมจิต สุรพัฒน์ (2550)
สูตร 2** พัชรินทร์ รักถาวร (2542)
สูตร 3*** อรวรรณ ชัยประสพ (2548)

3) การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม

คัดเลือกสูตรไอศกรีมกะทิที่ได้รับการยอมจากผู้บริโภคสูงที่สุดในข้อ 2) มาพัฒนาผลิตภัณฑ์โดยใช้กะทิสำเร็จรูปตราอร่อยดี ซึ่งมีไขมันร้อยละ 18.75 หางนมผงที่มีไขมันร้อยละ 0 และมีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 97 โดยไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งมะขามที่ต้องการ คือ ไอศกรีมมีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 10 ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ

ได้แก่ น้ำตาล เกลือ สารให้ความคงตัว ไอศกรีมผงสำเร็จรูปเท่ากับไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์จะทำการแปรผันแป้งเมล็ดมะขาม 3 ระดับได้แก่ ร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ส่วนผสมของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ส่วนผสมของไอศกรีมกะทิไขมันจากแป้งเมล็ดมะขามและไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม

องค์ประกอบ	ไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม (ร้อยละ)	ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม (ร้อยละ)					
		1.0		2.0		3.0	
กะทิ	72.00	65.00	87	50.00	87	45.00	87
น้ำ	15.00	22.00		37.00		42.00	
น้ำตาลทราย	9.00	7.00		6.00		5.00	
หางนมผง	3.24	3.24		3.24		3.24	
แป้งเมล็ดมะขาม	-	1.00		2.00		3.00	
ผงไอศกรีมสำเร็จรูป	-	0.50		0.50		0.50	
มะขามแช่อิ่มอบแห้ง	-	0.50		0.50		0.50	
สารให้ความคงตัว (CMC)	0.70	0.70		0.70		0.70	
เกลือ	0.006	0.06		0.06		0.06	

การผลิตไอศกรีมไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม ทำได้โดยนำกะทิ น้ำ น้ำตาลทราย หางนมผง แป้งเมล็ดมะขาม ผงไอศกรีมสำเร็จรูป สารให้ความคงตัว และเกลือ ผสมให้เข้ากัน โดยแปรผันปริมาณของกะทิและน้ำในสัดส่วนที่แตกต่างกันเนื่องจากสูตรที่ 1 ร้อยละ 65.00 สูตรที่ 2 ร้อยละ 50.00 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 45.00 ตามลำดับ เพื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีปริมาณไขมันต่ำ และปริมาณน้ำในสูตรที่ 1 ร้อยละ 22.00 สูตรที่ 2 ร้อยละ 37.00 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 42.00 เพื่อให้มีรสชาติที่เหมาะสม จากนั้นส่วนผสมทั้งหมดมาตั้งไฟด้วยอุณหภูมิสูงถึง 45°C คนให้เข้ากันจนอุณหภูมิถึง 65°C นำส่วนผสมมาโฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่อง Hand homogenizer ที่ระดับ 3 นาน 5 นาที จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C นาน 3 นาที พร้อมคนส่วนผสมตลอดเวลา นำส่วนผสมไปลดอุณหภูมิให้เย็น จากนั้นนำไอศกรีมมิกซ์ไปเข้าเครื่องทำไอศกรีม นาน 45 นาที เติมมะขามแช่อิ่มอบน้ำผึ้งที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วปั่นต่อนาน 5 นาที จะได้ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม จากนั้นนำไอศกรีมไปเก็บในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิ -18°C นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาตรวจสอบคุณภาพคุณสมบัติด้านในด้านต่าง ๆ

4) การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพและการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม มีรายละเอียดดังนี้

4.1 การวัดค่าความหนืดของไอศกรีมที่ผ่านการบ่มด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield Viscometer รุ่น RVDV-II+Pro) ใช้หัวเข็มเบอร์64 ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที

4.2 การวัดค่าโอเวอร์รันของไอศกรีม (Pon, Lee and Chong, 2015)

4.3 การวัดค่าสีของไอศกรีมที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ ประมาณ -5 °C นาน 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดสี (Minalta รุ่น CM-3500d) ด้วยระบบ CIE L, a*,b* (ค่า L คือ Lightness เป็นค่าความสว่างมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100, a* คือ Redness/Greeness เป็นค่าแสดงความเป็นสีแดงและสีเขียวของวัตถุ และ b* คือ Yellowness/Blueness เป็นค่าแสดงความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงินของวัตถุ) วิธีการวัดค่าสีของไอศกรีมทำได้โดยการเปิดค่าเครื่องวัดสีและคอมพิวเตอร์เข้าโปรแกรมวัดค่าสี นำตัวอย่างไอศกรีมใส่กล่องตัวอย่างเกือบเต็มกล่อง นำกล่องตัวอย่างไปวางด้านนอกของเครื่องและปิดฝาเครื่องวัดสี จากนั้นกด Read Sample ใส่ชื่อตัวอย่างและกด OK หน้าจอคอมพิวเตอร์จะขึ้นค่าประมวลผล L, a* และ b*

4.4 การวัดอัตราการละลายของไอศกรีมตามวิธีของ Pon, Lee and Chong (2015) คำนวณน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายเปรียบเทียบกับน้ำหนัก 100 กรัม รายงานผลการทดลองเป็นอัตราการละลายต่อ 100 กรัม ทำได้โดยนำนำกรวยแก้ววางบนฟลาสก์ ขนาด 250 มิลลิลิตร และนำตะแกรงวางบนกรวยแก้ว นำตัวอย่างที่ผ่านการปั่นด้วยเครื่องไอศกรีมและบ่มไว้ที่อุณหภูมิ -20°C เวลา 24 ชั่วโมง มาวางบนตะแกรง ปล่อยให้ไอศกรีมละลายและทำการชั่งน้ำหนักของไอศกรีมที่ละลายทุกๆ 5 นาที จนกว่าไอศกรีมจะละลายหมดโดยทำในอุณหภูมิห้อง 25°C ค่าที่ได้แสดงเป็นร้อยละของน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายต่อน้ำหนัก ดังสมการ

$$\text{อัตราการละลายของไอศกรีม} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย}}{\text{น้ำหนักไอศกรีมก่อนละลาย}} \times 100$$

4.5 การวัดลักษณะเนื้อสัมผัส ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture anayzer, Brookfield CT3) วิธี Texture Profile Analysis (TPA) วัดค่าแรงกดสูงสุด (Hardness) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก TA11 วัดแรงเมื่อความลึกของหัววัดเป็น 10 มิลลิเมตร โดยวัดตัวอย่างที่อุณหภูมิประมาณ -10°C จากผิวหน้าของไอศกรีม ที่ระดับความลึก 1 เซนติเมตรจากผิวหน้าของไอศกรีม (AOAC, 2019)

4.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน (N*6.25) ไขมัน เส้นใยอาหารด้วยวิธี In-house method STM No.03-008 based on AOAC (2019) เถ้า ความชื้น (AOAC, 2019) วิเคราะห์ค่าพลังงานด้วยวิธี Method of analysis for Nutrition Labeling, Include Dietary Fiber (1993) และวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียม โพแทสเซียม และแมกนีเซียมด้วยวิธี In-house method, STM No. 05-013 based on AOAC (2019)

4.7 การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วย Hand refractometer ตามวิธีของ AOAC (2019)

4.8 การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามใช้ผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คน ที่ไม่ผ่านการฝึกฝน เพื่อใช้ในการทดสอบไอศกรีมในสูตรที่เลือกมาพัฒนาในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ทั้ง 3 ตัวอย่างเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรควบคุม โดยผู้ทดสอบชิมได้รับตัวอย่างทีละ 1 ตัวอย่างด้วยการสุ่ม แล้วประเมินความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม ด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม วางแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) ส่วนการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยข้อมูลด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาแนวทางการถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน

การถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน กลุ่มเป้าหมายได้แก่ สมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามเพิ่มทรัพย์ จำนวน 15 คน มีขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาแนวทางการถ่ายทอดความรู้และจัดทำแบบประเมินในด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการและด้านผลผลิต นำเครื่องมือแบบประเมินที่สร้างขึ้นตรวจสอบความสอดคล้องและความเหมาะสม
2. ประชุมชี้แจงแนวทางและเป้าหมายในการถ่ายทอดความรู้ กิจกรรมดำเนินงาน
3. จัดอบรมสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามเพิ่มทรัพย์เกี่ยวกับกระบวนการผลิตไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามในหัวข้อการเตรียมวัตถุดิบ วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอน และวิธีการผลิตตามสูตรที่พัฒนาขึ้น

4. เก็บข้อมูลโดยการใช้แบบประเมินการถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์กะทิไขมันต่ำซึ่งมีลักษณะเป็นแบบประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ จำนวน 3 ปัจจัย ได้แก่ ด้านปัจจัยนำเข้า ได้แก่ การกำหนดเป้าหมาย การประสานงาน การออกแบบกิจกรรม ความพร้อมในการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ ด้านกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการฝึกปฏิบัติการทำไอศกรีม การจัดเก็บไอศกรีม และกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การปั่นไอศกรีม และผลผลิตได้แก่ด้านความสามารถในการทำไอศกรีม การประยุกต์ใช้และความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ซึ่งกำหนดเกณฑ์การประเมินขั้นต่ำไม่ต่ำกว่า 3.50

5. หลังจากนั้นประมาณ 2 เดือนได้จัดประชุมเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับสมาชิกกลุ่มวิสาหกิจชุมชนฯ โดยกำหนดประเด็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากประสบการณ์การทำไอศกรีมใน 4 ประเด็นได้แก่ 1) การเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม 2) การผลิตไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม 3) เทคนิคกระบวนการ และ 4) แนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์และช่องทางการจัดจำหน่าย นำข้อมูลที่ได้จากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยการใช้การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา (Content analysis)

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยการพัฒนาไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม

1. การเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม

เมล็ดมะขามที่ผ่านการแช่น้ำ การคั่ว การกะเทาะเปลือก และแป้งเมล็ดมะขามแสดงดังภาพที่ 1

(ก) (ข) (ค) (ง)

ภาพที่ 1 เมล็ดมะขาม (ก) เมล็ดมะขามอบแห้ง (ข) เมล็ดมะขามกะเทาะเปลือก (ค) และแป้งเมล็ดมะขาม (ง)

จากภาพที่ 1 จะพบว่าการแช่เมล็ดมะขามในน้ำ นาน 24 ชั่วโมง จะทำให้เปลือกมะขามเกิดการพองตัวและแยกชั้นจากเมล็ดมะขาม เมื่อนำไปอบแห้งแล้ว จะกะเทาะเปลือกได้ง่ายแต่ยังไม่สามารถทำได้สม่ำเสมอในส่วนที่เป็นรอยเว้าของเมล็ดมะขาม ส่งผลให้สูญเสียปริมาณผลผลิต (Yield) ในการเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม ในขณะที่ Johansson and Kashemsanta (1969) ใช้วิธีการนำเมล็ดมะขามมาแช่ในสารละลายกรดกำมะถันความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ นาน 3 ชั่วโมง ก่อนนำเมล็ดมะขามไปอบแห้งและกะเทาะเปลือก จะได้ปริมาณผลผลิตของเมล็ดมะขามร้อยละ 42.5 แต่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนกรดกำมะถันในแป้งเมล็ดมะขาม ซึ่งส่งผลเสียต่อสุขภาพของผู้บริโภค

องค์ประกอบทางเคมีของแป้งเมล็ดมะขาม พบว่าแป้งเมล็ดมะขามมีค่าพลังงาน 421± 0.31 กิโลแคลอรี/100 กรัม ปริมาณคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหารทั้งหมด โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น เท่ากับ 70.0 ±0.26 68.8±0.18 17.2 0.99 7.97±0.65 2.62±0.42 และ 2.25 0.17 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ โครงสร้างคาร์โบไฮเดรตที่พบในแป้งเมล็ดมะขามประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นสายหลัก β-1,4 เชื่อมกับ D-glucan มีสายกิ่งเป็นน้ำตาลไซโลส โดยที่ตำแหน่ง O-6 ของ Glucopyranosyl residue ถูกแทนที่ด้วย α-D-xylapyranose (Sharma and Jain, 2020) โปรตีนหลักที่พบ คือ อัลบูมิน โกลบูลิน และกรดอะมิโนที่มีซัลเฟอร์เป็นองค์ประกอบ คือ ซิสเทอีน และเมทไธโอนีนอยู่สูงถึงร้อยละ 4.02 Bhattacharya et al. (1994) ยังพบว่ากรดอะมิโนที่สำคัญในแป้งเมล็ดมะขาม ได้แก่ กรดกลูตามิค (Glutamic acid) กรดแอสพาร์ติก (Aspartic acid) ไกลซีน (Glycine) และลูซีน (Leucine) กรดไขมันที่พบมากที่สุดในแป้งเมล็ดมะขาม คือ กรดไขมันไม่อิ่มตัว ได้แก่ กรดลิโนเลอิค ร้อยละ 36-49

กรดโอเลอิกร้อยละ 15-27 และกรดปาล์มิติคร้อยละ 14-20 โดยสอดคล้องกับการวิจัยของ Andriamanantena et al. (1983) ที่พบปริมาณไขมันร้อยละ 3.9-16.2 สำหรับปริมาณเถ้าและความชื้นที่พบในแป้งเมล็ดมะขามจะขึ้นอยู่กับพันธุ์มะขาม อายุการเก็บเกี่ยวมะขาม สภาวะหลังการเก็บเกี่ยวมะขาม และกระบวนการผลิตแป้งเมล็ดมะขาม

แป้งเมล็ดมะขามมีแร่ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 754±0.85 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมา คือ แมกนีเซียม มีปริมาณเท่ากับ 143±0.37 มิลลิกรัม/100 กรัม และพบปริมาณแคลเซียมน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Kumar and Bhattacharaya (2008) พบว่าแป้งเมล็ดมะขามมีแร่ธาตุโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 272.8-660.0 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่การวิจัยของ Sharma and Jain (2020) รายงานว่าแป้งเมล็ดมะขามประกอบด้วยแคลเซียมสูงที่สุดถึง 109.25 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือ แมกนีเซียม 247.51 เหล็ก 11.37 และโพแทสเซียม 1245.11 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ดังนั้น จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแป้งเมล็ดมะขามเป็นแหล่งสารอาหารที่ดีที่สามารถนำมาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้

2. ผลการคัดเลือกสูตรไอศกรีมกะทิต้นแบบ

ผลการคัดเลือกไอศกรีมกะทิทั้ง 3 สูตร พบว่าส่วนผสมมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวม โดยพบว่าไอศกรีมกะทิสูตร 1 ได้รับความชอบจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุด โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.75±2.21 6.41±2.11 6.79±1.82 6.31±1.66 และ 6.07±2.00 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 3 ดังนั้น จึงเลือกไอศกรีมกะทิสูตร 1 เป็นสูตรต้นแบบในการนำไปพัฒนาไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามต่อไป

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัสของสูตรพื้นฐานไอศกรีมกะทิ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ไอศกรีม		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
สี	6.75 ± 2.21^{a}	6.31 ± 1.93^{ab}	6.45 ± 1.65^{ab}
กลิ่น	6.41 ± 2.11^{a}	5.80 ± 1.74^{b}	5.95 ± 1.63^{b}
รสชาติ	6.79 ± 1.82^{a}	5.92 ± 2.08^{b}	4.11 ± 2.06^{c}
ลักษณะเนื้อสัมผัส	6.31 ± 1.66^{a}	5.43 ± 1.89^{b}	5.09 ± 1.91^{b}
ความชอบรวม	6.07 ± 2.00^{a}	5.39 ± 2.17^{b}	4.24 ± 1.88^{c}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a,b,c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

3. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม

กระบวนการพัฒนานำไอศกรีมกะทิสูตร 1 ที่ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามโดยแปรปริมาณแป้งเมล็ดมะขามเป็น 3 ระดับ ได้แก่ร้อยละ 1.0 2.0 และ 3.0 (น้ำหนัก/น้ำหนัก) ตามลำดับ การผลิตไอศกรีมไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามมีวิธีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ดังนี้ โดยนำกะทิ น้ำ น้ำตาลทราย หางนมผง แป้งเมล็ดมะขาม ผงไอศกรีมสำเร็จรูป สารให้ความคงตัว และเกลือ ผสมให้เข้ากัน โดยแปรผันปริมาณของกะทิและน้ำในสัดส่วนที่แตกต่างกันเนื่องจากสูตรที่ 1 ร้อยละ 65.00 สูตรที่ 2 ร้อยละ 50.00 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 45.00 ตามลำดับ จากนั้นส่วนผสมทั้งหมดมาตั้งไฟด้วยอุณหภูมิสูงถึง 45 °C คนให้เข้ากันจนอุณหภูมิถึง 65 °C นำส่วนผสมมาโฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่อง Hand homogenizer ที่ระดับ 3 นาน 5 นาที จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 3 นาที พร้อมคนส่วนผสมตลอดเวลา นำส่วนผสมไปลดอุณหภูมิให้เย็น จากนั้นนำไอศกรีมมิกซ์ไปเข้าเครื่องทำไอศกรีม นาน 45 นาที เติมมะขามแช่อิ่มอบน้ำผึ้งที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วปั่นต่อนาน 5 นาที จะได้ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม

ผลการตรวจสอบคุณสมบัติด้านเคมีกายภาพ และการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค พบว่าค่าพลังงานของไอศกรีมกะทิมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยไอศกรีมกะทิที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 มีพลังงานน้อยที่สุดเพียง 128.23±0.17 กิโลแคลอรี/100 กรัม เนื่องจากสูตรดังกล่าวมีองค์ประกอบของกะทิและน้ำตาลน้อยที่สุด คือร้อยละ 45.00 และ 5.00 ตามลำดับ ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มี

ปริมาณแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตและเส้นใยอาหารสูงที่สุดแตกต่างจากไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีปริมาณแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 1.0 และไอศกรีมกะทิต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) การเติมปริมาณแป้งเมล็ดมะขามเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ปริมาณโปรตีนในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุด (p<0.05) ซึ่งจำนวนโปรตีนเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับจำนวนแป้งเมล็ดมะขามที่ใส่ตามร้อยละที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ

องค์ประกอบ	ไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ	ปริมาณแป้งเมล็ดมะขามในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ		
		ร้อยละ 1.0	ร้อยละ 2.0	ร้อยละ 3.0
พลังงาน (กิโลแคลอรี/100 กรัม)	163.00 ± 0.31^{a}	157.00 ± 0.15^{b}	142.14 ± 0.25^{c}	128.23 ± 0.17^{d}
คาร์โบไฮเดรต (กรัม/100 กรัม)	14.20 ± 0.22^{d}	17.00 ± 0.24^{c}	18.89 ± 0.46^{b}	19.01 ± 0.74^{a}
เส้นใยอาหารทั้งหมด (กรัม/100 กรัม)	1.12 ± 0.67^{c}	1.63 ± 0.52^{b}	2.21 ± 0.39^{ab}	2.89 ± 0.63^{a}
โปรตีน (Nx6.25) (กรัม/100 กรัม)	3.13 ± 0.15^{a}	2.03 ± 0.84^{d}	2.23 ± 0.72^{c}	2.67 ± 0.41^{b}
ไขมัน (กรัม/100 กรัม)	12.40 ± 0.16^{a}	8.99 ± 0.47^{b}	6.12 ± 0.11^{c}	5.47 ± 0.16^{d}
เถ้า (กรัม/100 กรัม)	0.32 ± 0.15^{b}	0.70 ± 0.12^{a}	0.78 ± 0.17^{a}	0.81 ± 0.36^{a}
ความชื้น (กรัม/100 กรัม)	73.11 ± 0.02^{ns}	71.20 ± 0.01^{ns}	73.22 ± 0.02^{ns}	72.89 ± 0.05^{ns}
โพแทสเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	110.00 ± 0.27^{d}	123.00 ± 0.80^{c}	142.14 ± 0.42^{b}	156.23 ± 0.46^{a}
แมกนีเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	9.42 ± 0.73^{d}	16.40 ± 0.80^{c}	18.25 ± 0.51^{b}	19.49 ± 0.67^{a}
แคลเซียม (มิลลิกรัม/100 กรัม)	60.56 ± 0.60^{b}	75.20 ± 0.57^{a}	76.14 ± 0.63^{a}	76.98 ± 0.79^{a}

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

^{a,b,c} ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิ (p<0.05)

^{ns} ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากการวิเคราะห์ไขมันในไอศกรีมกะทิพบว่า ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งมะขามร้อยละ 3.0 มีปริมาณไขมันต่ำที่สุด คือ 5.47±0.16 กรัม/100 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับไอศกรีมกะทิไขมันต่ำทุกสูตรเป็นผลเนื่องจากการลดปริมาณกะทิและเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดมะขามจึงทำให้ไอศกรีมสูตรดังกล่าวมีปริมาณไขมันน้อยที่สุด ในขณะที่เถ้าและปริมาณความชื้นของไอศกรีมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียมของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ทั้ง 3 สูตร โดยไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามปริมาณร้อยละ 3.0 มีปริมาณโพแทสเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุด รองลงมา คือ ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 1.0 และไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบตามลำดับ แต่พบว่าปริมาณแคลเซียมของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามทั้ง 3 สูตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) ซึ่งสอดคล้องกับ Kumar and Bhattacharaya (2008) ที่พบว่าแป้งเมล็ดมะขาม ประกอบด้วยแร่ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 272.8-660.0 มิลลิกรัม/100 กรัม

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพ พบว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 มีค่าความหนืดสูงสุดและการคืนตัวของสตาร์ชสูงที่สุด แตกต่างกับไอศกรีมกะทิไขมันต่ำสูตรอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งเป็นผลมาจากแป้งเมล็ดมะขามเป็นโพลีแซคคาร์ไรด์ ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีความสามารถจับกับน้ำและเกิดเจลได้ดี มีผลทำให้ไอศกรีมกะทิมีความหนืดเพิ่มขึ้น (Surati and Minocheherhomji, 2018) สำหรับการคืนตัวของสตาร์ชเป็นผลเนื่องมาจากกระบวนการเจลาติไนเซชันแล้วลดอุณหภูมิลงจึงเกิดการรีโทรกราเดชัน (Retrogradation) ในโมเลกุลของอะไมโลสและอะไมโลเพคติน ของแป้งเมล็ดมะขาม (Nagajothi et al., 2017) ส่งผลให้ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งมะขามร้อยละ 3.0 จึงมีค่าการคืนตัวของ

สตาร์ชสูงกว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 1.0 และไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบที่ไม่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขาม ตามลำดับ

จากผลการทดลองในตารางที่ 5 พบว่าค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณของแป้งเมล็ดมะขามเพิ่มขึ้น โดยมีค่า L สูงสุดในผลิตภัณฑ์ที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามที่ร้อยละ 1.0 เนื่องจากแป้งเมล็ดมะขามที่เติมลงไปในไอศกรีมมีสีครีมน้ำตาลซึ่งมีความสว่างน้อยกว่ากะทิซึ่งมีสีขาว จึงทำให้ค่าความสว่างของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดมะขามเพิ่มสูงขึ้น โดยไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 จะมีค่า L น้อยที่สุด ค่า a* ซึ่งแสดงความเป็นสีแดง และ b* ที่แสดงความเป็น สีเหลืองในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งมะขามเพิ่มมากขึ้น พบว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งมะขามร้อยละ 3.0 มีค่า b* สูงที่สุดเท่ากับ 22.10±0.26 แตกต่างกับไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 และ 1.0 และไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ดังนั้น การเติมปริมาณแป้งเมล็ดมะขามในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจะมีผลทำให้ค่า a* และ b* เพิ่มสูงขึ้น แต่ค่า L จะลดลง

ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามในระดับต่าง ๆ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) (ตารางที่ 5) โดยพบว่าค่าโอเวอร์รันมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดมะขามในไอศกรีมกะทิเพิ่มสูงขึ้น โดยไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งมะขามสูงถึงร้อยละ 3.0 จะมีค่าความหนืดสูงและไปขัดขวางการตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมได้ ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันลดลง (Marshall and Arbuckle, 1996) ดังนั้นความหนืดที่เพิ่มขึ้นอาจเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ความสามารถในการตีขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง ซึ่งสอดคล้องกับ Sharma, Singh and Yadav (2017) ที่พบว่าไอศกรีมที่มีความหนืดที่มากเกินไปอาจขัดขวางการดูดซับอากาศของส่วนผสมของไอศกรีมทำให้ค่าโอเวอร์รันลดลงได้ นอกจากนี้ จากตารางที่ 5 ยังพบว่าอัตราการละลายมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบซึ่งไม่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามมีอัตราการละลายสูงที่สุด และยังพบว่าอัตราการละลายมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณแป้งเมล็ดมะขามเพิ่มขึ้น ดังนั้นไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 จึงละลายได้ช้ากว่าไอศกรีมกะทิไขมันที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 และ 1.0 และไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ ตามลำดับ

ผลของปริมาณแป้งเมล็ดมะขามต่อปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ แสดงดังตารางที่ 5 พบว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงที่สุดและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับไอศกรีมกะทิไขมันต่ำสูตรอื่น ๆ เนื่องจากไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 จะมีปริมาณน้ำในองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 42.00 น้ำจะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งมากกว่าตามสัดส่วนของน้ำในส่วนผสมจึงมีส่วนทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งมากกว่า ซึ่งส่งผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีม (Chinabhark, 2017)

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ	ไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ	ปริมาณแป้งเมล็ดมะขามในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ (ร้อยละ)		
		1.0	2.0	3.0
ความหนืด				
Pasting temperature (°C)	71.61 ± 1.84^{c}	80.29 ± 1.02^{b}	90.16 ± 1.07^{ab}	92.56 ± 1.57^{a}
ความหนืดสูงสุด (BU)	110.70 ± 1.55^{d}	286.33 ± 1.23^{c}	428.99 ± 1.05^{b}	494.38 ± 1.85^{a}
การคืนตัวของสตาร์ช (BU)	122.87 ± 1.20^{d}	151.29 ± 1.11^{c}	162.00 ± 1.14^{b}	176.67 ± 1.99^{a}
ค่าสี				
L	98.27 ± 0.11^{a}	96.93 ± 0.07^{ab}	95.22 ± 0.57^{ab}	91.13 ± 0.95^{b}
a*	3.91 ± 0.16^{c}	3.95 ± 0.59^{bc}	4.05 ± 0.10^{b}	4.76 ± 0.31^{a}
b*	14.61 ± 0.51^{d}	16.83 ± 0.60^{c}	19.33 ± 0.44^{b}	22.10 ± 0.26^{a}
ค่าโอเวอร์รัน (ร้อยละ)	60.87 ± 1.30^{a}	53.63 ± 1.40^{b}	52.46 ± 0.98^{c}	44.58 ± 1.21^{d}

คุณสมบัติทางเคมีกายภาพ	ไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ	ปริมาณแป้งเมล็ดมะขามในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ (ร้อยละ)		
		1.0	2.0	3.0
อัตราการละลาย (กรัม/นาที)	3.42 ± 1.39[a]	2.22 ± 1.57[b]	1.87 ± 1.12[c]	1.06 ± 1.29[d]
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (^{o}Brix)	24.27 ± 0.55[c]	24.45 ± 0.84[c]	26.80 ± 0.13[b]	28.12 ± 0.65[a]
ค่าความแข็ง (นิวตัน)	63.68 ± 2.38[d]	68.45 ± 2.57[c]	72.05 ± 2.96[b]	81.70 ± 3.18[a]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a,b,c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

ความหนืดมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสด้านแรงกดสูงสุดของไอศกรีม โดยไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 3.0 ซึ่งมีค่าความหนืดสูงที่สุดจะส่งผลไอศกรีมกะทิไขมันต่ำสูตรดังกล่าวที่มีค่าแรงกดสูงที่สุดด้วย และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธมนวรรณ ทองทวี และธัญนันท์ วชิรปรีชาพงษ์ (2561) ที่พบเมื่อเติมแป้งเมล็ดดขนุนในไอศกรีมลดไขมันในปริมาณร้อยละ 2.2 จะมีค่าแรงกดสูงสุดของไอศกรีมสูงกว่าไอศกรีมกะทิลดไขมันที่มีการเติมแป้งเมล็ดขนุนร้อยละ 1.7 1.2 และ 0.7 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 5

สำหรับผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ แสดงดังตารางที่ 6 โดยพบว่าปริมาณของแป้งเมล็ดมะขามที่ใช้แต่ละสูตรมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ ความชอบรวม ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยกเว้นคุณลักษณะทางด้านสีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบที่ไม่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามมีคะแนนทางคุณลักษณะด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับชอบถึงชอบมาก (7-8 คะแนน) โดยมีคุณลักษณะทางด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) โดยพบว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งร้อยละ 1.0 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมมากกว่าสูตรที่มีการเติมปริมาณแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 และ 3.0 ตามลำดับ เนื่องจากไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 และ 3.0 มีรสชาติเฝื่อน กลิ่นแป้งเมล็ดมะขามแรงเกินไป และไอศกรีมทั้ง 2 สูตรดังกล่าวมีความมันและความน้อยจึงให้ค่าคะแนนน้อยกว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 1.0

ตารางที่ 6 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามและไอศกรีม-กะทิสูตรต้นแบบ

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ	ปริมาณแป้งเมล็ดมะขามในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ		
		ร้อยละ 1.0	ร้อยละ 2.0	ร้อยละ 3.0
สี	7.28 ± 1.25[ns]	7.43 ± 1.82 [ns]	7.11 ± 1.08 [ns]	7.24 ± 1.58 [ns]
กลิ่น	8.08 ± 1.31[a]	7.42 ± 1.12[b]	6.22 ± 1.25[c]	4.72 ± 1.29[d]
รสชาติ	8.76 ± 1.40[a]	7.08 ± 1.48[b]	5.20 ± 1.89[c]	4.65 ± 1.13[d]
ลักษณะเนื้อสัมผัส	8.16 ± 1.78[a]	7.72 ± 1.57[b]	6.38 ± 1.43[c]	5.65 ± 1.09[d]
ความชอบรวม	8.50 ± 1.22[a]	8.24 ± 1.24[ab]	6.34 ± 1.37[c]	4.72 ± 1.44[d]

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

[a,b,c] ตัวอักษรที่แตกต่างกันตามแนวนอนแสดงถึงความแตกต่างกันของค่าเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05)

[ns] ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ขั้นตอนที่ 2 ผลการศึกษาแนวทางการถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน

ผลการถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน พบว่า ผลการถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชนในภาพรวม อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.75 และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่า ในด้านปัจจัยนำเข้าได้แก่ การกำหนดเป้าหมาย การประสานงาน การออกแบบกิจกรรม ความพร้อมในการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.62 ด้านกระบวนการ ได้แก่ กระบวนการฝึกปฏิบัติการทำไอศกรีม การจัดเก็บไอศกรีม และกระบวนการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ การปั่นไอศกรีมในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.69 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.78 และผลผลิตได้แก่ด้านความสามารถในการทำไอศกรีม การประยุกต์ใช้และความพึงพอใจ ในภาพรวม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.12 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.85 ตามลำดับ ด้านผลการแลกเปลี่ยนเรียนรู้พบว่า ด้านการเตรียมแป้งเมล็ดมะขามควรแช่เมล็ดมะขามในน้ำก่อนนำมาอบ จะทำให้กะเทาะเปลือกได้ง่าย จากนั้นนำมาคั่วให้มีกลิ่นหอมและบดให้ละเอียด ด้านการผลิตไอศกรีมจากแป้งเมล็ดมะขามพบว่า ควรละลายแป้งเมล็ดมะขามในน้ำกับกะทิก่อนนำไปผสมกับส่วนผสมอื่น ๆ จะทำให้เนื้อสัมผัสไอศกรีมเรียบเนียนมากยิ่งขึ้น บรรจุภัณฑ์ที่เหมาะสมคือ ถ้วยกระดาษเคลือบลามิเนต โดยมีการจัดจำหน่ายผ่านร้านค้าปลีก ร้านขายของที่ระลึกตามสถานที่ท่องเที่ยว และหน่วยงานภาครัฐภาคเอกชนที่สนับสนุนหรือเชิญไปออกบูธตามงานต่าง ๆ

อภิปรายผล

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม สามารถอภิปรายผลตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

1. ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม มีวิธีการเตรียมแป้งเมล็ดมะขามที่ดีที่สุด คือ การแช่เมล็ดมะขามในน้ำนาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปอบแห้งจะทำให้เปลือกมะขามเกิดการพองตัวและแยกชั้นจากเมล็ดมะขามทำให้ได้ปริมาณผลผลิตค่อนข้างสูง โดยมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ค่าพลังงาน 421± 0.31 กิโลแคลอรี/100 กรัม ปริมาณคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหารทั้งหมด โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้น เท่ากับ 70.0 ±0.26 68.8±0.18 17.2 0.99 7.97±0.65 2.62±0.42 และ 2.25 0.17 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ และมีปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุด คือ 754±0.85 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมา คือ แมกนีเซียม มีปริมาณเท่ากับ 143±0.37 มิลลิกรัม/100 กรัม และพบปริมาณแคลเซียมน้อยมาก ซึ่งสอดคล้องกับ Kumar and Bhattacharaya (2008) พบว่าแป้งเมล็ดมะขามมีแร่ธาตุโพแทสเซียมมากที่สุดเท่ากับ 272.8-660.0 มิลลิกรัม/100 กรัม ในขณะที่การวิจัยของ Sharma and Jain (2020) รายงานว่าแป้งเมล็ดมะขามประกอบด้วยแคลเซียมสูงที่สุดถึง 109.25 มิลลิกรัม/100 กรัม รองลงมาคือ แมกนีเซียม 247.51 เหล็ก 11.37 และโพแทสเซียม 1245.11 มิลลิกรัม/100 กรัม ตามลำดับ ดังนั้น จากผลการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าแป้งเมล็ดมะขามเป็นแหล่งสารอาหารที่ดีที่สามารถนำมาใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารต่าง ๆ ได้ กระบวนการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม ทำได้โดยนำกะทิ น้ำ น้ำตาลทราย หางนมผง แป้งเมล็ดมะขาม ผงไอศกรีมสำเร็จรูป สารให้ความคงตัว และเกลือ ผสมให้เข้ากัน โดยแปรผันปริมาณของกะทิและน้ำในสัดส่วนที่แตกต่างกันเนื่องจากสูตรที่ 1 ร้อยละ 65.00 สูตรที่ 2 ร้อยละ 50.00 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 45.00 ตามลำดับ เพื่อต้องการให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีปริมาณไขมันต่ำ และปริมาณน้ำในสูตรที่ 1 ร้อยละ 22.00 สูตรที่ 2 ร้อยละ 37.00 และสูตรที่ 3 ร้อยละ 42.00 เพื่อให้มีรสชาติที่เหมาะสม จากนั้นส่วนผสมทั้งหมดมาตั้งไฟด้วยอุณหภูมิสูงถึง 45°C คนให้เข้ากันจนอุณหภูมิถึง 65°C นำส่วนผสมมาโฮโมจีไนซ์ด้วยเครื่อง Hand homogenizer ที่ระดับ 3 นาน 5 นาที จากนั้นนำไปฆ่าเชื้อด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 80°C นาน 3 นาที พร้อมคนส่วนผสมตลอดเวลา นำส่วนผสมไปลดอุณหภูมิให้เย็น จากนั้นนำไอศกรีมมิกซ์ไปเข้าเครื่องทำไอศกรีม นาน 45 นาที เติมมะขามแช่อิ่มอบน้ำผึ้งที่หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วปั่นต่อนาน 5 นาที จะได้ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม จากนั้นนำไอศกรีมไปเก็บในกล่องพลาสติกที่อุณหภูมิ -18°C นาน 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาตรวจสอบ

คุณภาพคุณสมบัติด้านในด้านต่าง ๆ ซึ่งกระบวนการผลิตสอดคล้องกับ งานวิจัยของอภิเดช พงษ์ประจักษ์และคณะ (2566) ได้พัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมกล้วยหอมทอง โดยศึกษาสูตรพื้นฐาน 3 สูตร ได้แก่ สูตรที่ 1 ประกอบด้วย วิปปิ้งครีม 250 กรัม น้ำตาลทราย 61.10 กรัม แบะแซ 75 กรัม นมสด 168.70 กรัม ไข่แดง 24 กรัม เกลือ 0.40 กรัม กลิ่นวานิลา 1.50 กรัม และนมผง 40 กรัม สูตรที่ 2 ประกอบด้วย นมสด 281.25 กรัม น้ำตาลทราย 65 กรัม ไข่แดง 17 กรัม ไข่ขาว 33 กรัม แป้งสาลีอเนกประสงค์6 กรัม และน้ำเปล่า 0.25 กรัม สูตรที่ 3 ประกอบด้วย วิปปิ้งครีม 250 กรัม น้ำตาลทราย 160 กรัม นมสด 562.50 กรัม ไข่แดง 51 กรัม เกลือ 0.4 กรัม กลิ่นวานิลา 3.30 กรัม และน้ำเปล่า 112.50 กรัม จากนั้นทำการประเมินด้านประสาทสัมผัส (9-point hedonic scale test) ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 50 คน ซึ่งสูตรที่ 1 ได้รับคะแนน ความชอบจากผู้ทดสอบมากที่สุด ซึ่งในงานวิจัยนี้พบว่า ผู้ทดสอบชอบในสูตรที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 1.0 ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบรวมมากกว่าสูตรที่มีการเติมปริมาณแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 และ 3.0 ตามลำดับ เนื่องจากไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 และ 3.0 มีรสชาติเฝื่อน กลิ่นแป้งเมล็ดมะขามแรงเกินไป และไอศกรีมทั้ง 2 สูตรดังกล่าวมีความมันและความน้อยจึงให้ค่าคะแนนน้อยกว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 1.0 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของจารุพัฒน์ กาญจนรงค์ (2566) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมใยอาหารจากเพียวเร่ส้มโอ พบว่า การเพิ่มปริมาณเนื้อส้มโอทำให้ร้อยละของการขึ้นฟูและค่าความหนืดเพิ่มขึ้น ซึ่งงานวิจัยนี้จึงใส่แป้งเมล็ดมะขามที่เหมาะสมเพียงร้อยละ 1.0 จะทำให้มีความหนืดเหมาะสม

ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามปริมาณร้อยละ 1.0 ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบชิมมากที่สุดในด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมเมื่อทดสอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale แต่ในการวิจัยนี้พบว่าไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งมะขามร้อยละ 3.0 มีปริมาณไขมันต่ำที่สุด คือ 5.47±0.16 กรัม/100 กรัม และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) กับไอศกรีมกะทิไขมันต่ำทุกสูตรเป็นผลเนื่องจากการลดปริมาณกะทิและเพิ่มปริมาณแป้งเมล็ดมะขาม ปริมาณแร่ธาตุโพแทสเซียมและแมกนีเซียมของไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ทั้ง 3 สูตร โดยไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามปริมาณร้อยละ 3.0 มีปริมาณโพแทสเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุด รองลงมา คือ ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำที่เติมแป้งเมล็ดมะขามร้อยละ 2.0 1.0 และไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Kumar and Bhattacharaya (2008) ที่พบว่าแป้งเมล็ดมะขาม ประกอบด้วยแร่ธาตุโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 272.8-660.0 มิลลิกรัม/100 กรัม การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำเปรียบเทียบกับไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบ พบว่าปริมาณของแป้งเมล็ดมะขามที่ใช้แต่ละสูตรมีผลต่อคะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่น รสชาติ ความชอบรวม ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ยกเว้นคุณลักษณะทางด้านสีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) แสดงให้เห็นว่าไอศกรีมกะทิสูตรต้นแบบที่ไม่มีการเติมแป้งเมล็ดมะขามมีคะแนนทางคุณลักษณะด้านต่าง ๆ อยู่ในระดับชอบถึงชอบมาก (7-8 คะแนน) โดยมีคุณลักษณะทางด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p<0.05) ซึ่งสอดคล้องกับการวิจัยงานวิจัยของอภิเดช พงษ์ประจักษ์และคณะ (2566) ได้ศึกษาเรื่องปริมาณที่เหมาะสมของการผลิตไอศกรีมกล้วยหอมที่ประเมินด้วยการประเมินด้าน 9-Point Hedonic Scale Test ใช้ผู้ทดสอบ 50 คนและทดสอบทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบมีคะแนนความชอบ อยู่ระหว่างชอบปานกลางถึงชอบมาก

การถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน พบว่า ผลการถ่ายทอดความรู้อยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.75 ทั้งนี้เนื่องจากในด้านปัจจัยนำเข้ามีความพร้อมในการเตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์ในการฝึกประสบการณ์การทำไอศกรีมเป็นอย่างดี ด้านกระบวนการ มีกระบวนการในการเตรียมส่วนผสมต่างๆ อย่างถูกต้อง มีความพร้อมในการเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม วิธีการปั่นไอศกรีม พร้อมทั้งมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ในประเด็นต่างๆ เช่น1) การเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม 2) การผลิตไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม 3) เทคนิคกระบวนการ และ 4) แนวทางการพัฒนาบรรจุภัณฑ์และช่องทางการจัดจำหน่าย ทำให้มั่นใจว่าสามารถทำไอศกรีมได้เป็นอย่างดี

สรุป

สูตรไอศกรีมกะทิไขมันต่ำประกอบด้วยกะทิ น้ำ น้ำตาลทราย หางนมผง ผงไอศกรีมสำเร็จรูป มะขามแช่อิ่มอบแห้ง สารให้ความคงตัว (CMC) และเกลือ เท่ากับ 65.00 22.00 7.00 3.24 0.50 0.50 0.70 และ 0.06 กรัม ตามลำดับ พบว่าการเติมแป้งเมล็ดมะขามในปริมาณที่เหมาะสม เท่ากับ ร้อยละ 1.0 ของปริมาณส่วนผสมทั้งหมด โดยมีคาร์โบไฮเดรต เส้นใยอาหาร โปรตีน ไขมัน เถ้า และความชื้นเท่ากับ 17.00±0.24 1.63±0.52 2.03±0.84 8.99±0.47 0.70±0.12 และ 71.20±0.01 กรัม/100 กรัม ตามลำดับ และพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 157.00±0.15 กิโลแคลอรี/100 กรัม และมีแร่ธาตุโพแทสเซียม เท่ากับ 123.00±0.80 มิลลิกรัม/100 กรัม ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale พบว่าคุณลักษณะด้านกลิ่น รสชาติ ลักษณะ เนื้อสัมผัส และความชอบรวมมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญร้อยละ 0.05 ส่วนคุณลักษณะทางด้านสีที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ผลการถ่ายทอดความรู้การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขามสู่ชุมชน พบว่า ผลการถ่ายทอดความรู้ในด้านปัจจัย กระบวนการ และผลผลิต ภาพรวมอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.01 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 0.75

องค์ความรู้ใหม่และผลที่เกิดต่อสังคม ชุมชน ท้องถิ่น

กลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามเพิ่มทรัพย์ เป็นกลุ่มที่สามารถยกระดับผลิตภัณฑ์การทำไอศกรีมกะทิไขมันต่ำจากแป้งเมล็ดมะขาม ก่อให้เกิดองค์ความรู้และทักษะในการเตรียมแป้งเมล็ดมะขาม กระบวนการผลิตไอศกรีม ตลอดจนมีเจตคติที่ดีในการนำวัตถุดิบเหลือใช้ในชุมชน ได้แก่ เมล็ดมะขามมาแปรรูปเป็นส่วนผสมในไอศกรีมเพื่อสร้างคุณค่าทางโภชนาการและเป็นอาหารประจำถิ่นที่เป็น Soft power ในชุมชนและท้องถิ่น ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางความคิดและพฤติกรรมของคนในชุมชน และสามารถสร้างรายได้ สร้างอัตลักษณ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้อย่างยั่งยืน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนเรศวร เครือข่ายวิจัยภาคเหนือตอนล่างซึ่งเป็นแหล่งสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ และสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินงานวิจัยดังกล่าวให้เสร็จสิ้น และขอขอบคุณกลุ่มวิสาหกิจชุมชนแปรรูปมะขามเพิ่มทรัพย์ ที่เป็นพื้นที่ในการวิจัย และองค์การบริหารตำบล ศรีมงคลที่สนับสนุนร่วมกิจกรรมอย่าต่อเนื่องและตามระยะเวลาที่กำหนดบรรลุวัตถุประสงค์ของงานวิจัยทุกประการ

เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ พุ่มทอง. (1999). *ฤทธิ์แอนติออกซิแดนท์ของสารโพลีฟีนอลที่สกัดจากเปลือกหุ้มเมล็ดมะขาม.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, คณะแพทยศาสตร์, ภาควิชาชีวเคมี.

จารุพัฒน์ กาญจนรงค์. (2567, มกราคม- มิถุนายน). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมใยอาหารจากเพียวเร่ส้มโอ. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.* 28 (22), 47-56.

ธมนวรรณ ทองทวี และธัญนันท์ วชิรปรีชาพงษ์. (2561). *การใช้แป้งจากเมล็ดขนุนเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกะทิลดไขมัน.* จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, สาขาเทคโนโลยีทางอาหาร.

พัชรินทร์ รักถาวร. (2542). *การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน.* (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวพร พุดตาน และสมจิต สุรพัฒน์. (2550). การลดไขมันในไอศกรีมกะทิโดยใช้สารทดแทนไขมัน. ใน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, *การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 45 สาขาอุตสาหกรรมเกษตร*. กรุงเทพฯ.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดเพชรบูรณ์. (2564) *ปริมาณผลผลิตและมูลค่าสินค้าเกษตร.* [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://phetchabun.moc.go.th/th/page/item/index/id/25. (วันที่ค้นข้อมูล: 21 มีนาคม 2566)

อภิเดช พงษ์ประจักษ์, อรวรรณ พึ่งคำ, ปนัดดา เพ็งกุกุล, ศิรินุช แดงกองโค, ปพนพัชร์ ภัทรฐิติวัสส์, พรพาชื่น ชูเชิด และเมทณี นพคุณ. (2566). การพัฒนาไอศกรีมเสริมกล้วยหอมทอง. *วารสารเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์และนวัตกรรม, 2*(1), 1-9.

อรวรรณ ชัยประสพ. (2548). *การผลิตไอศกรีมชนิดเนื้อนุ่มรูปลักษณ์แบบไทย.* (รายงานผลการวิจัย) ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Andriamanantena, R.W., Artaud, J., Gaydou, E.M. and Iatrides, M.C. (1983). Fatty acid and sterol compositions of Malagasy tamarind kernel oils. *Journal American Oil Chemistry Society*, *60*, 1318-1321.

AOAC. (2019). *Official Methods of Analysis of AOAC International***.** Maryland, USA. Washington D.C. Association of Official Analytical Chemists.

Bhattacharya, S., Bal, S., Mukherjee, R.K. and Bhattacharya, S. (1994). Functional and nutritional properties of tamarind (*Tamarindus indica*) kernel protein. *Food Chemistry*, *49*, 1-8.

Chinabhark, K. (2017). Development of Germinated Chaiya Brown Rice Yogurt Ice Cream. *Kmutt Research and Development Journal, 40*(1), 17-26.

Johansson, L. and Kashemsanta, M.L.S. (1969). *Research programe no.15 Industrial uses of tamarind-separation of tamarind seed testa*. Applied Scientific Research Coporation of Thailand.

Kumar, C.S. and Bhattacharaya, S. (2008). Tamarind seed: properties, processing and utilization. *Critical Review Food Science Nutrition, 48*, 1-20.

Marshall, R.T. and Arbuckle, W.S. (1996). *Ice cream*. (5^{th} ed). New York: Chapman & Hall.

Mohamed, H.A., Mohamed, B.E. and Ahmed, K.E. (2015). Physicochemical properties of Tamarind (*Tamarindus indica*) seed polysaccharides. *Journal of Food Processing Technology, 6*(6), 1-5.

Nagajothi, M.S., Balasubramanian, A., Thomare, N., and Renganayaki, P.R. (2017). Effect of different seed sources on tamarind kernel powder and seed gum yield. *International Journal Current Microbiology Apply Science, 6*(7), 318-323.

Pon, S.Y., Lee, W.J. and Chong, G.H. (2015).Textural and rhetorical properties of stevia ice cream. *International Food Research Journal, 22*(4), 1544-1549.

Sharma, G.V. and Jain, S. (2020). Nutritional properties of tamarind (Tamarindus indica) kernel flour. *International Journal Current Microbiology Apply Science, 9*(5), 1359-1364.

Sharma, M., Singh, A.K. and Yadav, D.N. (2017). Rheological properties of reduced fat ice cream mix containing octenyl succinylated pearl milled starch. *Journal of Food Science and Technology, 54*(6), 1638-1645.

Surati, B.L. and Minocheherhomji, F.P. (2018). Benefits of tamarind kernel powder-a natural polymer. *International Journal of Advanced Research, 6*(3), 54-57.