โครงการ
การเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

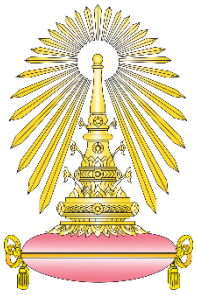
ชื่อโครงการ ผลของน้ำมันพืชต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชื่อนิสิต นางสาว พนิตพิชา มะมา
นางสาว ธนพร บำรุงตระกูล
นางสาว มนฐิติ กุนทรวรินทร์

ภาควิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

ปีการศึกษา 2563

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รายงานการวิจัย

ภายใต้โครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

เรื่อง

ผลของน้ำมันพืชต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

Effect of vegetable oils on quality of corn milk ice cream

โดย

นางสาว พนิตพิชา มะมา

นางสาว ธนพร บำรุงตระกูล

นางสาว มนฐิติ กุนทรวรินทร์

ประจำปีการศึกษา พ.ศ. 2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้องานวิจัย ผลของน้ำมันพืชต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

โดย นางสาว พนิตพิชา มะมา

นางสาว ธนพร บำรุงตระกูล

นางสาว มนฐิติ กุนทรวรินทร์

สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

ปีการศึกษา 2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อนุมัติให้รายงานฉบับนี้เป็นส่วนของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

ประจำปีการศึกษา 2563

.....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ขนิษฐา ธนานุวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

หัวข้องานวิจัย ผลของน้ำมันพืชต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด
โดย นางสาว พนิตพิชา มะมา
นางสาว ธนพร บำรุงตระกูล
นางสาว มนฐิติ กุนทรวรินทร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีทางอาหาร
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์
ปีการศึกษา 2563

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดน้ำมันพืชต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด และเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษาของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด ซึ่งประกอบด้วยน้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพด:น้ำ = 1.2:1) น้ำมันพืช น้ำตาลทราย คาร์ราจีแนน กัวร์กัม เกลือแกง และเลซิทิน ร้อยละ (โดยน้ำหนัก) 84.5, 7.00, 8.00, 0.150, 0.150, 0.100 และ 0.100 ตามลำดับ โดยแปรชนิดน้ำมันพืชได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และ น้ำมันรำข้าว พบว่าไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบมีร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด ร้อยละการละลายต่ำที่สุด มีคะแนนความชอบโดยรวมจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสสูงที่สุด และแตกต่างจากตัวอย่างอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบมีปริมาณความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ (โดยน้ำหนัก) 76.99, 8.60, 0.70, 0.79, 0.55 และ 13.00 ตามลำดับ ชนิดของกรดไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว โดยมี lauric acid (C12:0) มากที่สุด รองลงมาคือ myristic acid (C14:0) และพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวเพียงเล็กน้อย เมื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -11 ± 2 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าค่า peroxide และค่าความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ส่วนค่าสี (ΔE) ของไอศกรีมไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ในระหว่างการเก็บรักษา

Project Title	Effect of vegetable oils on quality of corn milk ice cream	
Student	Miss Panitpicha	Ma-mar
	Miss Tanaporn	Bumrungtrakul
	Miss Monthiti	Kuntornvarin
Student Program	Bachelor of Science in Food Technology	
Advisor	Assistant Professor Inthawoot Suppavorasatit, Ph.D.	
Academic Year	2020	

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of vegetable oils on physical and sensory properties of corn milk ice cream and to study the changes in physical and chemical properties of corn milk ice cream during the storage. The ice cream contained corn milk (weight ratio of corn: water = 1:1.2), vegetable oil, sugar, carrageenan, guar gum, salt, and lecithin at 84.5, 7.00, 8.00 ,0.150, 0.150, 0.100, and 0.100 percent by weight, respectively. The vegetable oils used in this study were canola oil, corn oil, coconut oil, macadamia oil, and rice bran oil. It was found that the corn milk ice cream using coconut oil showed highest overrun, lowest melting rate, and highest sensory score on overall liking ($p \leq 0.05$) compared to other treatments. For chemical composition, it was found that corn milk ice cream formulated with coconut oil contained moisture, fat, protein, ash, and carbohydrate at 76.99, 8.60, 0.70, 0.79, 0.55, and 13.00 percent by weight, respectively. The major fatty acids found were saturated fatty acids which lauric acid (C12:0) was the highest one, followed by myristic acid (C14:0). There were some unsaturated fatty acids found as well. For the physical and chemical properties, it was found that peroxide value and hardness were increased significantly ($p \leq 0.05$), while the color (ΔE) of the ice cream was not changed during storage for 8 weeks at -11 $\pm$ 2 $^{\circ}$C.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการศึกษาผลของน้ำมันพืชต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนในระดับปริญญาตรี ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ซึ่งได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยจากงบประมาณของโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์ ปีการศึกษา 2563 คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

คณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการดำเนินงานวิจัยอย่างสูง ตลอดจนตรวจแก้ไขโครงการนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณเหล่าคณาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร ที่กรุณาถ่ายทอดความรู้อันมีค่าตลอดหลักสูตร จนผู้วิจัยสามารถนำมาบูรณาการให้เกิดเป็นงานวิจัยนี้ได้อย่างสมบูรณ์ รวมถึงกรุณาให้คำแนะนำและความช่วยเหลือต่าง ๆ ในการดำเนินโครงการนี้

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการกระบวนการแปรรูปอาหาร ห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางอาหาร ห้องปฏิบัติการเคมีอาหาร และห้องปฏิบัติการประกันคุณภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บุคลากร พี่ปริญญาเอก ปริญญาโท รุ่นพี่นิสิต รุ่นน้องนิสิต และเพื่อนนิสิตทุกท่านในภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร รวมถึงภาควิชาอื่น ๆ ที่ได้อำนวยความสะดวก ให้ความช่วยเหลือ และให้ความร่วมมือในทุก ๆ ด้านในการดำเนินโครงการให้ลุล่วงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวของคณะผู้วิจัย ที่สามครอบครัวที่ได้สนับสนุนในทุก ๆ ด้าน จนโครงการนี้สามารถลุล่วงไปได้ด้วยดี ตลอดจนส่งเสริมคณะผู้วิจัยด้านโอกาสในการศึกษาแก่คณะผู้วิจัยตลอดมา

สุดท้ายนี้คณะผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ผลงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษา และการวิจัย ในหัวข้อที่เกี่ยวข้องต่อไปในอนาคต ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

นางสาวพนิตพิชา มะมา
นางสาวธนพร บำรุงตระกูล
นางสาวมนฐิติ กุนทรวรินทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
ส่วนเนื้อหา	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วารสารปริทัศน์	2
บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย	19
บทที่ 4 ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล	25
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	39
เอกสารอ้างอิง	40
ภาคผนวก	46
ภาคผนวก ก.	47
ภาคผนวก ข.	49
ภาคผนวก ค.	50
ภาคผนวก ง.	53

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ชนิดของกรดไขมันที่พบได้ในน้ำมันสำหรับบริโภค	13
2.2	องค์ประกอบของกรดไขมัน (ร้อยละโดยมวล) ในน้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว	17
3.1	ส่วนผสมของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	20
4.1	จุดเหยือกแข็งและความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	25
4.2	ขนาดเซลล์อากาศของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	26
4.3	ร้อยละการขึ้นฟูและค่าความแข็งสูงสุดของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	27
4.4	สีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	28
4.5	ร้อยละการละลายของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	29
4.6	ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	30
4.7	องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด	32
4.8	องค์ประกอบกรดไขมันของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ	33
4.9	ร้อยละการละลายของไอศกรีมนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา	34
4.10	ค่าความแข็งของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา	36
4.11	ค่าสีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา	36
4.12	ค่า peroxide ในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา	37

สารบัญรูปภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	การเปลี่ยนแปลงของเม็ดไขมันในไอศกรีมระหว่างการบ่มและการปั่นแช่แข็ง	7
2.2	โครงสร้างภายในไอศกรีม	10
ง.1	รายงานการทดสอบองค์ประกอบกรดไขมัน	53
ง.2	รายงานการทดสอบองค์ประกอบกรดไขมัน	54

บทที่ 1

บทนำ

ในปีพ.ศ. 2561 ตลาดไอศกรีมในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 16,000 ล้านบาท ซึ่งเติบโตขึ้นร้อยละ 7.2 จากปีพ.ศ. 2560 และมีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้นอีกเรื่อย ๆ (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2562) ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ตลาดไอศกรีมในประเทศไทยมีการเติบโต เนื่องจากสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อน และด้วยคุณสมบัติของไอศกรีมที่มีความเย็น ความหวาน ทำให้ผู้บริโภครู้สึกสดชื่นเมื่อรับประทาน ไอศกรีมจึงเป็นของหวานที่ได้รับความนิยม แต่เนื่องจากวัตถุดิบหลักในการผลิตไอศกรีมคือนม ทำให้ผู้บริโภคที่แพ้นมไม่สามารถบริโภคได้ และปัจจุบันการบริโภคอาหารมังสวิรัติกำลังได้รับความสนใจ ซึ่งน้ำนมข้าวโพดเป็นอาหารมังสวิรัติและถือเป็นทางเลือกหนึ่งของกลุ่มคนที่รักสุขภาพ เนื่องจากในข้าวโพดมีสารต้านอนุมูลอิสระ สารสีเหลืองในข้าวโพด เช่น ลูทีน และซีแซนทีน ช่วยชะลอปัญหาจอประสาทตาเสื่อม (หน่วยสารสนเทศมะเร็ง, 2553) และน้ำนมข้าวโพดยังเหมาะกับผู้บริโภคที่แพ้นม รวมถึงผู้ที่แพ้ถั่วอีกด้วย การพัฒนาไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดจึงเป็นที่น่าสนใจเพื่อเพิ่มทางเลือกให้กับผู้บริโภค ส่วนผสมหนึ่งที่สำคัญในไอศกรีมคือไขมัน โดยไขมันทำหน้าที่ให้ความรู้สึกเป็นครีม ให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน และช่วยให้ไอศกรีมคงรูปได้ ไขมันในไอศกรีมโดยปกตินิยมใช้ครีมหรือเนยซึ่งไม่สามารถใช้เป็นส่วนประกอบในไอศกรีมมังสวิรัติได้ จึงจำเป็นต้องใช้น้ำมันพืชแทน น้ำมันพืชสำหรับบริโภคชนิดต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันแตกต่างกัน เช่น น้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมันอิ่มตัว น้ำมันแมคคาเดเมียมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูง น้ำมันข้าวโพดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่งสูง น้ำมันรำข้าวมีอัตราส่วนกรดไขมันอิ่มตัว:กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว:กรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่หลายตำแหน่งเป็นอัตราส่วนที่ใกล้เคียงอัตราส่วนที่แนะนำว่าดีต่อสุขภาพ และน้ำมันคาโนล่ามีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวเชิงเดี่ยวน้อยกว่าน้ำมันแมคคาเดเมียแต่สูงกว่าน้ำมันรำข้าว โดยองค์ประกอบของกรดไขมันที่แตกต่างกันนี้อาจส่งผลต่อสมบัติด้านต่าง ๆ ของไอศกรีม เช่นสี ขนาดอนุภาคของไขมัน ความหนืด และการยอมรับของผู้บริโภค

ด้วยเหตุนี้คณะผู้จัดทำจึงสนใจศึกษาผลของน้ำมันพืชที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด และศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ข้าวโพดและน้ำนมข้าวโพด

2.1.1 ข้าวโพด

ข้าวโพด (*Zea may* L.) เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญอย่างหนึ่งของโลก เนื่องจากเป็นอาหารที่มีประโยชน์ทั้งจากคุณค่าทางโภชนาการพื้นฐานเช่น คาร์โบไฮเดรต วิตามิน และเกลือแร่ นอกจากนี้ข้าวโพดยังมีสารเคมีซึ่งออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่พบได้ในพืช (phytochemical) เช่น กรดฟีนอลิก (phenolic acid) เป็นต้น (Siyan et al., 2018) จากการศึกษาประวัติศาสตร์เกี่ยวกับการปลูกข้าวโพดในประเทศไทย ยังไม่มีหลักฐานยืนยันว่ามีการเริ่มปลูกข้าวโพดมาตั้งแต่เมื่อใด ถึงแม้จะมีการสันนิษฐานกันอย่างหลากหลาย แต่ก็ยังไม่สามารถยืนยันเป็นที่แน่ชัด เช่นข้าวโพดในสมัยโบราณของไทยอาจเป็นพืชหลวงหรือพืชหายาก ประชาชนทั่วไปจึงไม่ได้นิยมปลูก แต่เนื่องจากเป็นพืชที่เติบโตง่าย เหมาะกับสภาพภูมิประเทศของประเทศไทย จึงมีการขยายพันธุ์ออกไปในหมู่ของประชาชนในเวลาต่อมา (สำนักสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ, 2556)

ปัจจุบันข้าวโพดถือเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยเนื่องจากมีการปลูกอยู่ทั่วไปในหลายพื้นที่ และสร้างรายได้ให้ประเทศจำนวนมาก ข้าวโพดที่นิยมปลูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ข้าวโพดฝักสดและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดฝักสดที่ปลูกเพื่อใช้บริโภคนั้น มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และสามารถนำมาแปรรูปเพื่อเพิ่มมูลค่าผลผลิตทางการเกษตร เช่นข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋อง น้ำนมข้าวโพด ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด เป็นต้น (ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า OTOP, 2556)

2.1.2 ชนิดของข้าวโพด

ข้าวโพดถูกจัดจำแนกได้หลายเกณฑ์ เช่น จำแนกตามคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดและลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ด องค์ประกอบทางเคมีในเมล็ด เขตภูมิอากาศที่มีการเพาะปลูก หรืออายุการเก็บเกี่ยว โดยเกณฑ์ที่นิยมใช้คือการจำแนกตามคุณสมบัติของแป้งในเมล็ดและลักษณะเปลือกหุ้มเมล็ดเนื่องจากเป็นการแบ่งตามพันธุ์ย่อย (subspecies) (ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า OTOP, 2556; สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558; Neff, 2018) ดังนี้

- ข้าวโพดหัวแข็ง (flint corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays indurate* เมล็ดมีลักษณะค่อนข้างแข็ง เนื่องจากมีถูกห่อหุ้มด้วยแป้งชนิดแข็ง รูปร่างกลม เรียบ ไม่พบรอยบุ๋ม นิยมใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์
- ข้าวโพดหัวบุ๋ม (dent corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays indentata* เมล็ดมีรอบบุ๋มที่ด้านบน เนื่องจากส่วนบนประกอบด้วยแป้งชนิดอ่อน เมื่อตากแห้งส่วนแป้งอ่อนนี้จะยุบลง เกิดเป็นรอยบุ๋มที่ด้านบน นิยมใช้เป็นส่วนผสมของอาหารสัตว์

- ข้าวโพดคั่ว (popcorn) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays everta* เมล็ดมี 2 ลักษณะคือ เมล็ดแหลม และเมล็ดกลม ซึ่งทั้ง 2 ลักษณะมีเยื่อหุ้มแข็งภายนอก เมื่อได้รับความร้อนจะเกิดแรงดันภายในเมล็ด ทำให้เกิดการแตกออก จึงนิยมนำมาทำข้าวโพดคั่ว
- ข้าวโพดแป้ง (flour corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays amylocea* ประกอบด้วยแป้งอ่อน (soft starch) เกือบทั้งเมล็ด ทำให้สามารถบดเป็นขนาดเล็กได้ง่าย จึงนิยมนำมาผลิตเป็นแป้งข้าวโพด
- ข้าวโพดหวาน (sweet corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays saccharata* เมล็ดมีลักษณะกลม เรียบ เมื่อเมล็ดแก่จะเหี่ยว ย่น มียีนแฝงที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลอย่างช้า ๆ ทำให้มีรสหวาน นิยมนำมาประกอบอาหาร
- ข้าวโพดข้าวเหนียว หรือข้าวโพดเทียน (waxy corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays ceratina* มีเอนโดสเปิร์มอ่อน และมีลักษณะเฉพาะคือ เหนียว นุ่ม เพราะมี amylopectin เป็นส่วนประกอบ นิยมนำมาบริโภค
- ข้าวโพดป่า (pod corn) ชื่อวิทยาศาสตร์ *Zea mays tunica* มีลักษณะพิเศษคือมีเปลือกห่อหุ้มเมล็ด มีลำต้นและฝักที่ขนาดเล็กกว่าข้าวโพดชนิดอื่น ข้าวโพดป่าไม่นิยมนำมาบริโภคหรือใช้เป็นอาหารสัตว์ มีการปลูกไว้เพื่อศึกษาเท่านั้น

2.1.3 ข้าวโพดหวาน

ข้าวโพดหวาน เป็นข้าวโพดที่นิยมปลูกและรับประทาน เพราะมีรสชาติหวานเนื่องจากมีปริมาณน้ำตาลสูง สามารถบริโภคโดยตรง หรือนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ข้าวโพดกระป๋อง ซุปข้าวโพด และน้ำนมข้าวโพด (จันทนา สันทัดพร้อม และคณะ, 2559) ข้าวโพดหวานมีระยะการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มงอกจนถึงเก็บเกี่ยวประมาณ 100-120 วัน โดยจำแนกระยะการเติบโตได้เป็น 5 ระยะดังนี้ (วัชรินทร์ ชุ้นสุวรรณ, 2554)

- ระยะการเจริญเติบโตทางลำต้นและใบ (vegetative stage) เป็นระยะเริ่มตั้งแต่ใบเลี้ยงของข้าวโพดโผล่พ้นผิวดินจนกระทั่งต้นข้าวโพดออกดอกเพศผู้ อยู่ในช่วงวันที่ 1–45 หรือ 55 ขึ้นกับพันธุกรรมของข้าวโพดและสภาพแวดล้อม
- ระยะออกดอก (flowering stage) เป็นระยะตั้งแต่ดอกเพศผู้บานจนถึงระยะที่ไหมโผล่พ้นกาบหุ้มฝักและผสมเกสร โดยระยะนี้ใช้เวลาประมาณ 5-15 วัน
- ระยะการสะสมน้ำหนักเมล็ด (grain filling) เป็นระยะที่มีการสะสมแป้งในเมล็ดข้าวโพด ใช้เวลาประมาณ 35-45 วัน โดยแบ่งได้เป็น 2 ระยะย่อย ได้แก่
    - ระยะน้ำนม (milk stage) เป็นระยะที่เมล็ดจะเริ่มมีสีเหลือง และภายในเมล็ดเป็นน้ำนมสีขาว เป็นระยะที่เหมาะสมต่อการเก็บเกี่ยวเพื่อนำมาแปรรูปเป็นน้ำนมข้าวโพด
    - ระยะแป้งอ่อน (dough stage) เป็นระยะที่เมล็ดข้าวโพดมีเนื้อสัมผัสเป็นครีม เมล็ดอวบเต่งและเริ่มเป็นแป้ง

- ระยะสุกแก่ทางสารีระ (physiological maturity) เป็นระยะส่วนโคนของเมล็ดมีชั้นเนื้อเยื่อสีดำ (black layer) และสิ้นสุดการสะสมน้ำหนักแห้ง จึงเป็นระยะที่ข้าวโพดมีน้ำหนักแห้งสูงสุด
- ระยะสุกแก่เก็บเกี่ยว (harvest maturity) เป็นระยะที่ต้น ใบ และเมล็ดมีความชื้นลดลงตามอุณหภูมิและความชื้นของสภาพแวดล้อม

2.1.4 น้ำนมข้าวโพด

น้ำนมข้าวโพด คือเครื่องดื่มที่ทำจากข้าวโพดหวานสดระยะน้ำนม นำมาปั่นและคั้นแยกส่วนกากออก และนำส่วนน้ำนมข้าวโพดมาฆ่าเชื้อด้วยกระบวนการพาสเจอไรส์ ปรุงรสโดยอาจเติมส่วนประกอบอื่น เช่น นม ผง และสารให้ความคงตัว (stabilizer) เช่น กัม และแป้งดัดแปลง เป็นต้น จากนั้นจึงบรรจุขวด โดยน้ำนมข้าวโพดมีสีเหลือง กลิ่นหอม และรสหวานตามธรรมชาติของข้าวโพด (มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน มผช. 124/2554) อีกทั้งน้ำนมข้าวโพดยังมีวิตามินอี วิตามินเอ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 วิตามินซี วิตามินบี 5 และสารแคโรทีนอยด์ ได้แก่ ลูทีน (lutein) และ ซีแซนทิน (zeaxanthin) (บงกชมาศ โสภา, 2563)

2.2 ไอศกรีม

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่แข็งชนิดหนึ่ง ซึ่งได้จากการนำส่วนผสมต่าง ๆ เช่น นม ครีม น้ำตาล สารให้ความคงตัว แปรรูปด้วยกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การพาสเจอร์ไรซ์ การโฮโมจีไนซ์ การบ่ม การปั่นแข็งเพื่อเติมอากาศผสมในเนื้อไอกรีม และนำไปแช่แข็ง ไอศกรีมทั่วไปประกอบด้วยไขมันร้อยละ 10-17 ของแข็งในนมไม่รวมไขมัน (milk solid not fat, MSNF) ร้อยละ 8-11 น้ำตาลร้อยละ 13-17 และสารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ร้อยละ 0.2-0.5 (Clarke, 2004)

2.2.1 ประเภทของไอศกรีม

ไอศกรีมสามารถแบ่งได้หลายประเภท โดยเกณฑ์การแบ่งประเภทมีหลากหลายเกณฑ์ Clarke (2004) ได้จำแนกไอศกรีมเป็น 9 ประเภทตามองค์ประกอบและลักษณะเนื้อสัมผัส ได้แก่ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง เจลาโต้ โยเกิร์ตแช่เยือกแข็ง นมแช่เยือกแข็ง ซอร์เบต เชอร์เบต น้ำเชื่อมแช่เยือกแข็ง และน้ำผลไม้แช่เยือกแข็ง และได้อธิบายความแตกต่างของไอศกรีมแต่ละประเภทดังต่อไปนี้

ไอศกรีมนม (diary ice cream) คือไอศกรีมที่ผลิตจากการปั่นแข็งอากาศเข้าไปในของผสมซึ่งประกอบด้วยผลิตภัณฑ์นม น้ำตาล และส่วนผสมอื่น ๆ ส่วนไอศกรีมดัดแปลง (non-dairy ice cream) นั้นคือไอศกรีมที่ทดแทนไขมันนมด้วยน้ำมันพืช โดยอาจมีส่วนผสมของโปรตีนนมหรือไม่ก็ได้ สำหรับเจลาโต้ (gelato) นั้นเป็นไอศกรีมที่มีส่วนผสมของไขมันนมต่ำ และมีการปั่นแข็งเอาอากาศเข้าไปในส่วนผสมน้อย ทำให้ได้เนื้อไอศกรีมที่มีลักษณะแน่นและเหนียว โยเกิร์ตแช่เยือกแข็ง (frozen yoghurt) คือผลิตภัณฑ์ที่มีเนื้อสัมผัสคล้ายไอศกรีมซึ่งได้จากการปั่นแข็งโยเกิร์ต โดยอาจมีการเติมน้ำตาลและสารให้ความคงตัวสูง เพื่อรักษา

โครงสร้างของฟองกาศ (ชุติมา ไชยเชาว์, 2543) ส่วนนมแช่แข็ง (milk ice) คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำนม ไขมันนม น้ำตาลและอื่น ๆ แช่เยือกแข็งโดยไม่มีการปั่นแข็งและมีปริมาณของไขมันนมน้อยกว่าไอศกรีมนม สำหรับซอร์เบต (sorbet) นั้น คือไอศกรีมที่ผลิตจากน้ำผลไม้และน้ำเชื่อม นำมาปั่นแข็ง โดยไม่มีส่วนผสมของนมหรือไขมันนม เชอร์เบต (shertbet) มีความคล้ายกับซอร์เบต แต่มีการเติมนมและไขมันนมเล็กน้อย ผลิตภัณฑ์น้ำเชื่อมแช่แข็ง (water ice) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่เยือกแข็งน้ำเชื่อมโดยไม่มีการปั่นแข็ง อาจมีการปรุงแต่งสีหรือรสชาติ และน้ำผลไม้แช่เยือกแข็ง (fruit ice) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการแช่แข็งน้ำผลไม้ โดยไม่มีการปั่นแข็ง

2.2.2 องค์ประกอบของไอศกรีม

วัตถุดิบหลักที่ใช้ผลิตไอศกรีมโดยทั่วไปมักเป็นนมหรือผลิตภัณฑ์จากนม ซึ่งจะเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของไอศกรีมในส่วนของ ไขมัน และของแข็งในนมไม่รวมไขมัน (milk solid not fat, MSNF) และวัตถุดิบที่ไม่ได้มาจากนม ได้แก่ น้ำ น้ำตาล สารให้ความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ นอกจากนี้ยังมีอากาศเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งไม่ได้มาจากวัตถุดิบที่เติม แต่มาจากกระบวนการปั่นแข็งไอศกรีม

ไขมัน

ไขมันเป็นองค์ประกอบหลักของไอศกรีม ซึ่งเป็นส่วนสำคัญต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัส มีผลต่อการแบ่งประเภทของไอศกรีม และเกี่ยวข้องกับมาตรฐานทางกฎหมาย ไขมันเป็นองค์ประกอบที่จะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มลิ้น และเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อความหนืด อัตราการละลาย และความเสถียรของโฟม (Goff and Hartel, 2013) โดยไขมันจะเกิดเป็นโครงข่ายสามมิติล้อมรอบฟองอากาศ การเกิดโครงข่ายนั้นมีปัจจัยมาจาก ขนาดของเม็ดไขมัน ปริมาณไขมัน รวมถึงขั้นตอนการผลิต จากการศึกษาของ Boilger et al. (2000) พบว่าหากมีการรวมตัวบางส่วนของเม็ดไขมัน (partial coalescence) เพิ่มขึ้นในส่วนผสมไอศกรีม จะส่งผลให้ไอศกรีมมีความคงตัวมากขึ้น

โดยทั่วไปไขมันในไอศกรีมจะมาจากนม ครีม หรือเนย ซึ่งจัดเป็นไอศกรีมคุณภาพสูง (Clarke, 2004) และจัดเป็นไอศกรีมนมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) (กระทรวงสาธารณะสุข, 2556) แต่ในบางประเทศ เช่น สหราชอาณาจักร ฟินแลนด์ และหลายประเทศในทวีปเอเชีย อนุญาตให้ใช้ไขมันพืชในไอศกรีมได้ โดยไขมันพืชที่นิยมนำมาผลิตไอศกรีม ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันถั่วเหลือง (อัญชัน ชุณหะหิรัณย์, 2552) โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) ไอศกรีมประเภทนี้จะเรียกว่าเป็น ไอศกรีมดัดแปลง (กระทรวงสาธารณะสุข, 2556)

อากาศ

อากาศเป็นองค์ประกอบหลักของไอศกรีมซึ่งทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เบา โดยปริมาณอากาศ ขนาดและความแข็งแรงของฟองอากาศ ส่งผลต่อลักษณะทางกายภาพของไอศกรีม ปริมาณอากาศส่งผลโดยตรงต่อความแข็ง (hardness) ร้อยละการขึ้นฟู (overrun) สี และลักษณะปรากฏ การเพิ่มอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมนั้นเกิดจากกระบวนการปั่นแข็ง โดยปริมาณอากาศในเนื้อไอศกรีมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของส่วนผสม

และความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม ถ้ามีอากาศในเนื้อไอศกรีมมากเกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสเบา ปริมาณอากาศยังมีผลต่อสีและลักษณะปรากฏ เนื่องจากฟองอากาศสามารถสะท้อนแสงได้ดังนั้นไอศกรีมที่มีฟองอากาศมากจะมีความสว่างมากกว่าไอศกรีมที่มีฟองอากาศน้อย (Clarke, 2004) ขนาดและความแข็งแรงของฟองอากาศส่งผลต่ออัตราการละลายและเนื้อสัมผัสของไอศกรีม โดยฟองอากาศที่มีความคงตัวและมีขนาดเล็ก จะส่งผลให้ช่วยลดอัตราการละลายของไอศกรีมได้ (Sofjana and Hartel, 2004)

น้ำ

น้ำเป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณสูงที่สุดในไอศกรีม ซึ่งมีปริมาณถึงร้อยละ 60-70 โดยน้ำหนัก น้ำในไอศกรีมมาจากส่วนผสมที่เป็นของเหลว เช่น น้ำนม น้ำเชื่อม หรือครีม (ภัทรา กุลกิจวโรภาส, 2540) น้ำทำหน้าที่เป็นตัวทำละลายให้กับอิมัลซิไฟเออร์ สารให้ความคงตัว น้ำตาล และของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมัน โดยน้ำส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปผลึกน้ำแข็ง แต่ยังมีน้ำบางส่วนอยู่ในของเหลวข้นหนืด (serum phase) ขนาดของผลึกน้ำแข็งส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม โดยผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่กว่า 50 ไมโครเมตรจะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่หยาบไม่น่ารับประทาน (Goff and Hartel, 2013)

ของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมัน (milk solid not fat, MSNF)

ของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมัน ประกอบด้วย โปรตีน (เคซีนและโปรตีนเวย์) น้ำตาลแลคโตส และแร่ธาตุในนม โดยโปรตีนเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพของไอศกรีม โดยเฉพาะในด้านการขึ้นฟูและความคงตัวของฟองอากาศ รวมถึงเนื้อสัมผัสของไอศกรีม (ธิดาวัลย์ โพธิ์จิตร, 2551) เนื่องจากโปรตีนมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) ของโปรตีนจะเกิดอันตรกิริยากับผิวของฟองอากาศและเม็ดไขมันได้ดี และส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) ของโปรตีนเกิดอันตรกิริยากับของเหลวข้นหนืดได้ดี ดังนั้นโปรตีนจึงมีความสามารถในการเกิดโฟม (whipping ability) และมีความสามารถในการจับกับน้ำได้ดี (water holding capacity) ส่วนองค์ประกอบอื่น ได้แก่ แลคโตส และเกลือแร่จะทำหน้าที่ให้รสชาติแก่ไอศกรีม (Goff and Hartel, 2013)

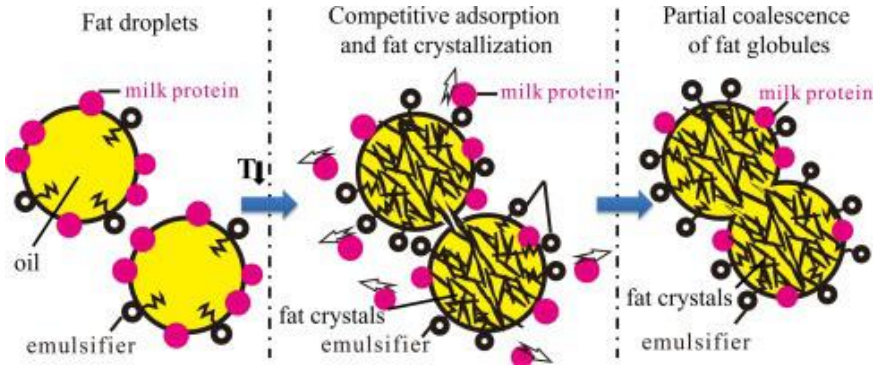
สารให้ความหวาน (sweetener)

สารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรักโตส และน้ำผึ้ง สารเหล่านี้มีหน้าที่หลักคือให้รสหวาน รวมทั้งเพิ่มความหนืดของส่วนผสมซึ่งจะส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่ดี นอกจากนี้สารให้ความหวานยังมีบทบาทในการป้องกันการเป็นน้ำแข็ง ช่วยให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลง ทำให้ในอุณหภูมิที่เย็นจัดเกิดผลึกน้ำแข็งได้น้อยลง (Goff and Hartel, 2013) ส่งผลให้ความแข็งของไอศกรีมลดลง ทำให้สามารถตักได้ง่ายขึ้น แต่หากมีสารให้ความหวานมากเกินไปก็จะทำให้ต้องใช้เวลาในการปั่นแข็งมากขึ้น ใช้อุณหภูมิในขั้นตอนแช่แข็งต่ำลง ซึ่งเป็นผลมาจากการลดลงของจุดเยือกแข็งของไอศกรีม ทำให้เกิดผลเสียในทางการผลิตที่ต้องใช้เวลานานขึ้นและอาจเป็นการเพิ่มต้นทุนจากที่ต้องลดอุณหภูมิ (Marshall and Arbuckle, 1996) การเลือกใช้ชนิดของสารให้ความหวานต่างกันนั้นจะส่งผลให้เนื้อสัมผัสและรสชาติของไอศกรีมต่างกัน เช่น ซูโครสเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ง่าย ช่วยลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมได้ดี ให้ความหวานสูง หากใช้มากเกินไปอาจทำให้รสชาติไอศกรีมหวานเกินไป จึงนิยมใช้ร่วมกับกลูโคสไซรัป โดยกลูโคสไซรัปจะ

เพิ่มปริมาณของแข็งโดยรวม ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยไม่เพิ่มความหวานให้มากเกินไป (สมลักษณ์ เนาวรัตน์พนมมาศ, 2538)

อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier)

อิมัลซิไฟเออร์เป็นสารที่ทำให้เกิดอิมัลชันด้วยการลดแรงตึงผิวของของเหลว โดยช่วยทำให้อิมัลชันมีความคงตัว โมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ต้องมีทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) อิมัลซิไฟเออร์มีบทบาทในการเกิดฟองอากาศในเนื้อไอศกรีม โดยจะเรียงตัวเป็นฟิล์มหุ้มเม็ดไขมันไว้ หันส่วนที่ชอบน้ำเข้าหาของเหลวข้นหนืด และหันส่วนที่ไม่ชอบน้ำเข้าหาไขมันและฟองอากาศ ส่งผลให้ฟองอากาศมีขนาดเล็กกระจายตัวสม่ำเสมอ ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่ดี (Goff and Hartel, 2013) เดิมส่วนผสมของไอศกรีมจะมีโปรตีนจับอยู่กับไขมัน อิมัลซิไฟเออร์จะไปแย่งจับกับไขมันทำให้โปรตีนถูกดูดซับบนผิวไขมันได้น้อยลง แรงตึงผิวของไขมันจึงลดลง ไขมันในส่วนผสมจึงเสียความคงตัว (destabilized) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ทำให้เกิดการจับกลุ่มเป็นก้อนของเม็ดไขมัน (agglomerate) เป็นโครงข่ายสามมิติ ซึ่งโครงข่ายนี้จะเป็นฉนวนกันความร้อน ลดการละลายของผลึกน้ำแข็งเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและจะแข็งตัวรวมกันใหม่เมื่ออุณหภูมิต่ำลง (Goff and Hartel, 2013) ซึ่งการรวมตัวกันของผลึกน้ำแข็งนี้จะส่งผลเสียต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด ตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ที่มาจากธรรมชาติ ได้แก่เลซิตินจากไข่แดงหรือถั่วเหลือง และกัมชนิดต่าง ๆ ส่วนตัวอย่างอิมัลซิไฟเออร์ที่มาจากการสังเคราะห์ ได้แก่ โมโนกลีเซอไรด์ และไดกลีเซอไรด์ (Marshall et al., 2003)



รูปที่ 2.1 การเปลี่ยนแปลงของเม็ดไขมันในไอศกรีมระหว่างการบ่มและการปั่นแข็ง
ที่มา : Cheng et al. (2020)

สารให้ความคงตัว (stabilizer)

การเติมสารให้ความคงตัวลงในส่วนผสมไอศกรีมมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสโดยการเติมสารให้ความคงตัวจะช่วยให้ผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมมีขนาดเล็ก ทำให้เนื้อสัมผัสเนียน ไม่หยาบ และปรับปรุงความคงตัวของเนื้อไอศกรีมระหว่างเก็บรักษา สารให้ความคงตัวส่วนมากจะช่วยเพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมแต่จะไม่มีผลต่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีม นอกจากนี้ยังพบว่าสารให้ความคงตัวที่ดีจะสามารถลดอัตราการละลายของไอศกรีม แต่ถ้าเติมสารให้ความคงตัวในปริมาณมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีความแน่นเนื้อสูงเกินไป มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง เหนียว (gumminess) และละลายช้าเมื่ออยู่ในปาก (Marshall and Arbuckle, 1996; Goff

and Hartel, 2013) สารให้ความคงตัวมีหลายชนิด เช่น กัวร์กัม โลคัสบีนกัม และคาร์ราจีแนน ซึ่งสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมได้แตกต่างกัน โดยในสารให้ความคงตัวสามชนิดนี้ โลคัสบีนกัมจะช่วยเพิ่มความหนืดได้มากที่สุด ส่วนแคปปาคาร์ราจีแนนจะช่วยเพิ่มความหนืดได้น้อยที่สุด แต่แคปปาคาร์ราจีแนนจะช่วยต้านทานการละลายได้ดีและช่วยให้ฟองอากาศมีความสม่ำเสมอ (Cottrell et al., 1980; Schmidt and Smith, 1992)

2.2.3 กระบวนการผลิตไอศกรีม

ในการผลิตไอศกรีมให้มีคุณภาพสูง สิ่งที่สำคัญคือวัตถุดิบที่ใช้ ยิ่งวัตถุดิบมีคุณภาพดี จะส่งผลให้ไอศกรีมมีคุณภาพดีไปด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีในการผลิตส่งผลถึงคุณภาพของไอศกรีมด้วยเช่นเดียวกัน เนื่องจากจะส่งผลต่อกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของไอศกรีม การผลิตไอศกรีมมีทั้งหมด 6 ขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมส่วนผสมไอศกรีม (mix preparation)

การเตรียมส่วนผสมขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่ใช้ ส่วนผสมไอศกรีมแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนผสมที่เป็นของเหลวและส่วนผสมที่เป็นของแห้ง ส่วนที่เป็นของเหลว เช่นน้ำ นม ครีม และไขมันเหลว จะเติมลงในหม้อผสมโดยตรง ส่วนที่เป็นของแห้ง เช่นสารให้ความหวานและสารให้ความคงตัว จะมีปัญหาในการกระจายตัว จึงจำเป็นต้องทำให้เป็นของเหลวก่อนจึงจะทำให้ส่วนผสมเข้ากับส่วนผสมอื่นได้ดียิ่งขึ้น ปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ การมีอากาศเข้าไปปะปนในส่วนผสมระหว่างการผสมอาจก่อให้เกิดปัญหาระหว่างการพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization) การโฮโมจีไนซ์ (homogenization) และการบ่ม (ageing) โดยอาจเกิดการไหม้ที่ก้นภาชนะหรือเกิดการแยกชั้นของส่วนผสม (ถนอมดวง แซ่ลี้, 2549)

2. การพาสเจอร์ไรส์ (pasteurization)

การพาสเจอร์ไรส์ คือการให้ความร้อนกับผลิตภัณฑ์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและเอนไซม์บางส่วน โดยทั่วไปจะให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 °C ในระยะเวลาที่เหมาะสม การพาสเจอร์ไรส์ไม่ได้ทำลายจุลินทรีย์ทั้งหมดในผลิตภัณฑ์ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C เพื่อลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางส่วน ซึ่งช่วยยืดอายุของผลิตภัณฑ์ได้ โดยการพาสเจอร์ไรสที่เหมาะสมประกอบด้วยการเพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่กำหนด และควบคุมอุณหภูมิไว้ที่จุดนั้นตามเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนมีอุณหภูมิต่ำกว่า 5 °C (Goff and Hartel, 2013)

การพาสเจอร์ไรส์เป็นขั้นตอนที่จำเป็นในการผลิตไอศกรีมเนื่องจากเป็นการทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคและยังเป็นการกำจัดกลิ่นและรสชาติที่ไม่พึงประสงค์ที่มาจากน้ำนมดิบอีกด้วย การพาสเจอร์ไรส์ต้องเป็นไปตามมาตรฐานที่ถูกกำหนดไว้

3. การโฮโมจีไนซ์ (homogenization)

การโฮโมจีไนซ์คือการทำให้ระบบอิมัลชันคงตัว ไขมันกระจายตัวและมีความเสถียร ทำโดยการลดขนาดของอนุภาคของไขมันลงให้มีขนาดต่ำกว่า 2 ไมโครเมตร ทำให้ไม่เกิดชั้นไขมันที่แยกออกมาในผลิตภัณฑ์ แช่เยือกแข็ง การโฮโมจีไนซ์ไขมันจะทำให้ไขมันมีความเสถียรมากขึ้นร่วมกับการทำงานของอิมัลซิไฟเออร์ที่

ใส่ลงไป ทำให้สามารถควบคุมความเสถียรของไขมันได้ดีขึ้น และส่งผลให้ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งละลายช้าลงอีกด้วย (Goff and Hartel, 2013) การโฮโมจีไนซ์มีความจำเป็นอย่างมากในการทำไอศกรีม เนื่องจากจะช่วยปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีม โดยเพิ่มอัตราการขึ้นโฟมในขณะปั่นแข็งไอศกรีม และสามารถยับยั้งการขยายขนาดของผลึกน้ำแข็งในระหว่างการเก็บ (Ruger et al., 2002) ในการทำโฮโมจีไนซ์นั้น อุณหภูมิที่ใช้ควรไม่ต่ำกว่าประมาณ 60 °C หากอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้เม็ดไขมันจับตัวเป็นก้อน ซึ่งจะทำให้มีความหนืดสูง และต้องใช้เวลานานในการปั่นแข็งส่วนผสม จึงควรทำการโฮโมจีไนซ์ทันทีหลังจากการพาสเจอร์ไรซ์ สำหรับความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์เพื่อผสมไขมันกับส่วนประกอบอื่น ๆ ควรเป็นความดันที่เหมาะสมกับปริมาณไขมันที่เป็นองค์ประกอบ เพื่อให้มีการกระจายตัวของไขมันที่เหมาะสม โดยทั่วไปความดันที่ใช้ในการผสมผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันนม จะใช้การโฮโมจีไนซ์ระบบสองระดับ (two-stage homogenization) ที่ความดันที่ 2,000 psi และ 500 psi (Goff and Hartel, 2013)

4. การบ่มส่วนผสม (aging)

หลังจากผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรส์และ โฮโมจีไนซ์แล้ว จะต้องทำให้ส่วนผสมเย็นลงอย่างรวดเร็วจนมีอุณหภูมิต่ำกว่า 5 °C จากนั้นนำไปบ่มที่ห้องเย็นอุณหภูมิ 4-5 °C เป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง เพื่อให้โครงสร้างเกิดเปลี่ยนแปลง เช่นไขมันมีความแข็งตัวขึ้น สารให้ความคงตัวมีการพองตัวและดูดน้ำได้อย่างสมบูรณ์ เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียนขึ้น และมีการละลายที่ช้าลง ทำให้คุณภาพด้านประสาทสัมผัสดีขึ้น (Arbuckle, 1986)

5. การแช่เยือกแข็งไอศกรีม (freezing)

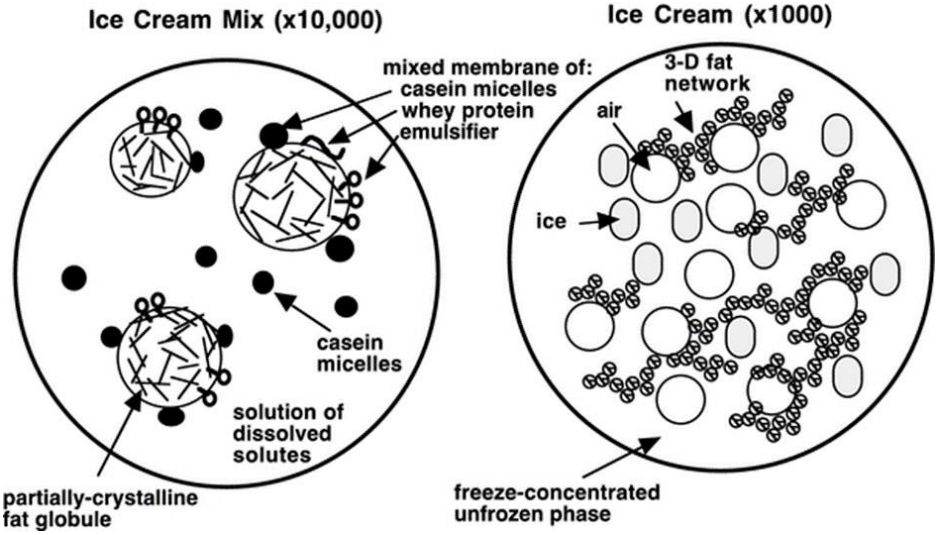
การแช่เยือกแข็งส่วนผสมเป็นส่วนที่สำคัญในการทำไอศกรีมเช่นกัน เนื่องจากคุณภาพ ความพึงพอใจ และปริมาณผลผลิตของผลิตภัณฑ์ขึ้นอยู่กับการแช่เยือกแข็งที่เหมาะสม การแช่เยือกแข็งประกอบด้วย 2 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การแช่เยือกแข็งแบบไดนามิกซ์หรือการปั่นให้แข็ง เป็นการเติมกาศเข้าไปในส่วนผสมของไอศกรีม พร้อมกับการทำให้เกิดผลึกน้ำแข็ง โดยทั่วไปไอศกรีมจะมีอากาศแทรกอยู่ประมาณร้อยละ 50 จากการทำงานของเครื่องแช่เยือกเยือกแข็งที่หมุนให้เนื้อไอศกรีมกระแทกกับผนังด้านในของถังปั่น ทำให้ฟองอากาศแตกตัวเป็นฟองอากาศขนาดเล็ก นอกจากนี้ยังทำให้เม็ดไขมันเสียความคงตัว หรือเกิดการเชื่อมติดกันบางส่วน (partial coalescence) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เม็ดไขมันที่เสียความคงตัวจะล้อมรอบฟองอากาศและทำให้ฟองอากาศมีความคงตัวอยู่ภายในโครงสร้างของไอศกรีม ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (Goff and Hartel, 2013) ปริมาณอากาศที่ตีเข้าไปในระหว่างการแช่เยือกแข็ง เรียกว่าร้อยละการขึ้นฟู (overrun) ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 1

$$\text{ร้อยละการขึ้นฟู} = \frac{\text{น้ำหนักของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม} - \text{น้ำหนักของไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักของไอศกรีม}} \times 100 \quad (1)$$

หมายหตุ: บรรจุไอศกรีมและส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมโดยใช้ภาชนะเดียวกันเพื่อกำหนดให้มีปริมาตรเท่ากัน

ขั้นตอนที่ 2 การแช่เยือกแข็งแบบสถิตย์ หรือการบ่มแข็ง หลังจากส่วนผสมไอศกรีมเริ่มแข็งตัวในช่วงการแช่เยือกแข็งในขั้นตอนที่ 1 แล้ว จำเป็นต้องแช่เยือกแข็งต่อไป โดยการลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วจนถึง -30

หรือ -40 °C เพื่อรักษาโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของไอศกรีมที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการปั่นให้แข็ง ซึ่งจะทำให้ไอศกรีมมีผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก ส่งผลให้ไอศกรีมที่ได้มีคุณภาพที่ดี (ถนอมดวง แซ่ลี้, 2549)



รูปที่ 2.2 โครงสร้างภายในของไอศกรีม
ที่มา : Goff and Hartel (2013)

6. การเก็บรักษาไอศกรีม (storage)

การเสื่อมเสียของไอศกรีมมักไม่ได้เกิดจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ หรือการทำงานของเอนไซม์ เนื่องจากอุณหภูมิที่แช่เยือกแข็งไอศกรีมนั้น จุลินทรีย์ส่วนมากไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และการทำงานของเอนไซม์ก็เกิดขึ้นได้ช้ามาก สาเหตุที่ทำให้เกิดการเสื่อมเสียของไอศกรีมคือ การสัมผัสกับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างผันผวนในระหว่างการขนส่ง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการเกิดผลึกน้ำแข็งหรือการจัดเรียงตัวใหม่ของโครงสร้างไอศกรีม โดยจะสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัส เพราะฉะนั้น ต้องมีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการขนส่ง เพื่อรักษาคุณภาพของไอศกรีม (Goff and Hartel, 2013)

2.2.4 สมบัติทางกายภาพของไอศกรีม

ไอศกรีมโดยทั่วไปประกอบด้วย นม น้ำตาล ครีม หรือเนย อิมัลซิไฟเออร์ และสารให้ความคงตัว ซึ่งองค์ประกอบและวิธีการผลิตจะส่งผลต่อคุณภาพของไอศกรีม ไอศกรีมที่ดีไม่ควรมีการแยกตัวของไขมัน มีความแข็ง และร้อยละการขึ้นฟูที่เหมาะสมตามประเภทของไอศกรีม การละลายของไอศกรีมควรละลายได้ดีในปาก แต่ละลายได้ช้าเมื่ออยู่ในบรรจุภัณฑ์ คุณสมบัติของไอศกรีมสามารถวัดได้จากสมบัติทางกายภาพของไอศกรีม ดังนี้

ความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม (viscosity of ice cream mix)

ความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมก่อนเข้าเครื่องปั่นไอศกรีมมีผลต่อคุณภาพไอศกรีมที่ได้ โดยความหนืดนี้ไม่ควรสูงหรือต่ำเกินไปเนื่องจาก ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีความหนืดสูง เมื่อผลิตเป็นไอศกรีมแล้วจะได้ไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนและละลายช้า แต่จะมีค่าร้อยละการขึ้นฟูต่ำ โดยปัจจัยที่มีผลต่อความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมได้แก่ องค์ประกอบของไอศกรีม กระบวนการผลิต และอุณหภูมิการเก็บรักษา โดยองค์ประกอบของไอศกรีมที่มีผลต่อความหนืดโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ได้แก่ ปริมาณของสารให้ความคงตัว โปรตีน น้ำตาลข้าวโพด (corn syrup solid) ไขมัน และของแข็งโดยรวม ตามลำดับ โดยเมื่อเพิ่มปริมาณองค์ประกอบเหล่านี้ ความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมจะเพิ่มขึ้น สำหรับกระบวนการผลิตไอศกรีมที่มีผลต่อความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม ได้แก่ การเพิ่มอุณหภูมิของการพาสเจอร์ไรซ์ การเพิ่มความดันในการโฮโมจีไนซ์ และการบ่มส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมมากกว่า 4 ชั่วโมง จะทำให้ความหนืดสูงขึ้น (Goff and Hartel, 2013)

ความเสถียร (stability)

ความเสถียรของไอศกรีม คือสภาวะที่โปรตีนนมคงอยู่ในสภาพของคอลลอยด์ และไขมันอยู่ในสภาพอิมัลชัน (emulsion) ซึ่งขั้นตอนการโฮโมจีไนซ์ การบ่ม มีผลต่อความเสถียรของไอศกรีม ลักษณะที่แสดงถึงความไม่เสถียรของไอศกรีมเช่น การเกิดลิ่มของเคซีน การแยกชั้นของเวย์ ขณะที่ไอศกรีมละลาย และการแยกตัวของน้ำเชื่อมขณะบ่ม (Goff and Hartel, 2013)

ความแข็ง (hardness)

ความแข็งเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม ไอศกรีมที่ดีจะต้องไม่แข็งมากหรือน้อยเกินไป ซึ่งความแข็งจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้บริโภค ความแข็งจะขึ้นกับปริมาณน้ำตาล ปริมาณของแข็งทั้งหมด ชนิดและปริมาณของสารให้ความคงตัว และร้อยละการขึ้นฟู โดยไอศกรีมที่มีปริมาณน้ำตาลและของแข็งทั้งหมดสูงจะมีความแข็งต่ำ ในขณะที่ไอศกรีมที่มีปริมาณสารให้ความคงตัวสูงและร้อยละการขึ้นฟูต่ำจะมีความแข็งสูง (Goff and Hartel, 2013)

อัตราการละลาย (meltdown)

การละลายของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมนั้นขึ้นกับอุณหภูมิ แต่การละลายของไอศกรีมไม่ได้เกิดจากน้ำแข็งในไอศกรีมละลายเพียงอย่างเดียว แต่เกิดจากการที่โครงสร้างไขมันที่หุ้มฟองอากาศยุบตัวร่วมด้วย Keeney (1958) พบว่าการละลายของไอศกรีมมีผลมาจากองค์ประกอบ สารเติมแต่ง และขนาดอนุภาคของไขมัน นอกจากนี้ Grenger et al. (2005) ยังพบอีกว่าไอศกรีมที่มีไขมันอิ่มตัวเป็นส่วนประกอบจะมีอัตราการละลายที่ช้ากว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันไม่อิ่มตัวเป็นส่วนประกอบ

ร้อยละการขึ้นฟู (overrun)

การขึ้นฟูของไอศกรีมคือปริมาตรที่เพิ่มขึ้นจากการปั่นแข็ง ซึ่งถือว่าเป็นการเติมอากาศลงในเนื้อไอศกรีม โดยค่าร้อยละการขึ้นฟูนี้จะแสดงออกเป็นร้อยละของปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นของส่วนผสม โดยทั่วไปไอศกรีมจะมีร้อยละการขึ้นฟูได้ร้อยละ 25-150 (Goff and Hartel, 2013) โดยปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อร้อยละการขึ้นฟู คือองค์ประกอบของส่วนผสม ปริมาณของแข็งทั้งหมด การใช้สารให้ความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์

การที่มีอากาศในเนื้อไอศกรีมน้อยเกินไปจะทำให้ไอศกรีมเนื้อแน่นหรือหนัก แต่ถ้ามีอากาศมากเกินไปไอศกรีมก็จะมีเนื้อเบาโปร่ง ไม่น่ารับประทาน

2.2.5 โครงสร้างของไอศกรีม

โครงสร้างของไอศกรีมมีลักษณะเป็นอิมัลชันแบบไขมันกระจายตัวอยู่ในน้ำ (oil in water emulsion) ที่มีลักษณะคล้ายโฟม ประกอบด้วยอากาศ (air cell) และผลึกน้ำแข็งกระจายตัวอยู่ในของเหลวข้นหนืด ไอศกรีมประกอบไปด้วย 3 วัฏภาค (three phase system) คือของแข็ง ของเหลว และอากาศ ดังแสดงในรูป 2.2 ในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมซึ่งเป็นของเหลวข้นหนืดนั้นประกอบไปด้วยเม็ดไขมันขนาดเล็กที่เป็นผลึกบางส่วน (partially crystalline fat globules) และมีเคซีนไมเซลล์ (casein micelles) กระจายตัวอยู่ และบนผิวของเม็ดไขมันมีการดูดซับเคซีนไมเซลล์ เวย์โปรตีน และอิมัลซิไฟเออร์ไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ในไอศกรีมโดยทั่วไปมีอากาศเป็นองค์ประกอบประมาณร้อยละ 50 ของปริมาตรทั้งหมด โดยฟองอากาศในไอศกรีมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 40-100 ไมโครเมตร และมีชั้นผลึกไขมันล้อมรอบจึงทำให้เนื้อสัมผัสเนียนเรียบ ผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมหรือน้ำในส่วนผสมที่กลายเป็นน้ำแข็งนั้นจะมีปริมาณขึ้นกับอุณหภูมิ โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางของผลึกน้ำแข็งเฉลี่ย 35-45 ไมโครเมตร (Goff and Hartel, 2013) ซึ่งขนาดของผลึกน้ำแข็งมีผลต่อคุณภาพของไอศกรีม โดยผลึกขนาดเล็กกว่า 50 ไมโครเมตรจะให้เนื้อสัมผัสที่เนียนเรียบ ส่วนผลึกขนาดใหญ่กว่า 50 ไมโครเมตรจะให้เนื้อสัมผัสที่หยาบ (จิราภรณ์ เตชะยศ, 2557)

การเกิดโครงสร้างของไขมัน

การโฮโมจีไนส์ (homogenization) เป็นกระบวนการที่จะทำให้ส่วนผสมเป็นอิมัลชัน โดยการลดขนาดเม็ดไขมันให้มีขนาดเล็กลง ทำให้พื้นที่ผิวของไขมันเพิ่มขึ้น พื้นที่ผิวนี้จะยึดเกาะกับโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว (surfactant) ได้แก่เคซีน โปรตีนเวย์ ฟอสโฟลิปิด ไลโพโปรตีน และอิมัลซิไฟเออร์ที่อยู่ในส่วนผสม และในขั้นตอนการบ่ม ส่วนผสมเหล่านี้จะถูกไขมันดูดซับไว้ที่พื้นผิวด้านนอกของเม็ดไขมัน โดยอิมัลซิไฟเออร์จะถูกดูดซับได้ดีกว่าโปรตีน เนื่องจากอิมัลซิไฟเออร์มีความเป็นไลโปฟิลิกมากกว่า และในระหว่างการบ่มนี้จะเกิดผลึกไขมันในเม็ดไขมันซึ่งมีโครงสร้างเป็นผลึกรูปเข็ม (needle-like crystals) โดยไตรกลีเซอไรด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงจะตกผลึกก่อนและอยู่ชิดผิวหน้าของเม็ดไขมัน และจะค่อย ๆ ตกผลึกเข้าไปชั้นใน โดยใจกลางของเม็ดไขมันจะเป็นไขมันเหลว ผลึกที่แหลมคมนี้จะเป็นเป็นเหมือนเข็มทิ่มแทงผิวเม็ดไขมันและทำให้เกิดการเชื่อมติดกันบางส่วนของเม็ดไขมันที่อยู่ติดกัน (partially coalescence) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (จิราภรณ์ เตชะยศ, 2557)

2.3 น้ำมันพืชสำหรับบริโภค

น้ำมันพืชสำหรับบริโภค คือน้ำมันที่สกัดจากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่นผลหรือเมล็ดพืช ซึ่งสามารถนำมาใช้ประกอบอาหารได้ องค์ประกอบของน้ำมันพืชสำหรับบริโภคประกอบด้วย ไตรกลีเซอร์ไรด์ (triglyceride) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งมีประมาณร้อยละ 98 และมีองค์ประกอบอื่น ๆ อีกประมาณร้อยละ 2 ซึ่งได้แก่

มอโนกลีเซอร์ไรด์ (monoglyceride) และ ไดกลีเซอร์ไรด์ (diglyceride) กรดแอมิโนอิสระ (free amino acid) ฟอสโฟลิพิด (phospholipid) สเตอรอล (sterol) วิตามินที่ละลายในไขมัน รงควัตถุ (pigment) และไข (wax) (Strayer, 2016)

โมเลกุลของไตรกลีเซอร์ไรด์ประกอบด้วยกรดไขมัน 3 โมเลกุล และกลีเซอรอล 1 โมเลกุล โดยชนิดของกรดไขมันจะเป็นตัวกำหนดสมบัติของไตรกลีเซอร์ไรด์นั้น กรดไขมันสามารถแบ่งได้เป็น 3 ประเภทตามจำนวนพันธะคู่ได้แก่ (1) กรดไขมันอิ่มตัว (saturated fatty acid; SFA) คือกรดไขมันที่มีพันธะระหว่างอะตอมคาร์บอนในโมเลกุลเป็นพันธะเดี่ยวทั้งหมด ทำให้มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูง มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีน้อยกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัว (2) กรดไขมันไม่อิ่มตัวหนึ่งตำแหน่ง (monounsaturated fatty acid; MUFA) หรือเรียกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว คือกรดไขมันที่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนในโมเลกุล 1 ตำแหน่ง มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน แต่น้อยกว่ากรดไขมันอิ่มตัว โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่พบบ่อยในธรรมชาติ คือ oleic acid (18:1) (3) กรดไขมันไม่อิ่มตัวหลายตำแหน่ง (polyunsaturated fatty acid; PUFA) หรือเรียกว่ากรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน คือกรดไขมันที่มีพันธะคู่ระหว่างอะตอมคาร์บอนในโมเลกุลมากกว่า 1 ตำแหน่ง ทำให้มีจุดเดือดและจุดหลอมเหลวต่ำ มีความว่องไวต่อปฏิกิริยาเคมีสูงที่สุด โดยเฉพาะอย่างยิ่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation reaction) ซึ่งเกิดจากออกซิเจนเข้าทำปฏิกิริยากับกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่บริเวณพันธะคู่ ทำให้น้ำมันมีกลิ่นหืน ปฏิกิริยาออกซิเดชันนี้สามารถเกิดได้ดีที่อุณหภูมิสูง กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนที่พบบ่อยในธรรมชาติ ได้แก่ linoleic acid (18:2) และ linolenic acid (18:3) (Strayer, 2006) โดยกรดไขมันแต่ละชนิดสามารถพบได้ในน้ำมันธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชนิดของกรดไขมันที่พบได้ในน้ำมันสำหรับบริโภค

สัญลักษณ์กรดไขมัน	**ชื่อสามัญ**	**แหล่งที่พบในน้ำมันธรรมชาติ**
4:0	butyric acid	เนย
6:0	caproic acid	เนย น้ำมันมะพร้าว
8:0	caprylic acid	เนย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม
10:0	capric acid	เนย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม

ตารางที่ 2.1 ชนิดของกรดไขมันที่พบได้ในน้ำมันสำหรับบริโภค (ต่อ)

สัญลักษณ์กรดไขมัน	ชื่อสามัญ	แหล่งที่พบในน้ำมันธรรมชาติ
12:0	lauric acid	เนย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม
14:0	myristic acid	เนย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันจากเนื้อในเมล็ดปาล์ม
16:0	palmitic acid	น้ำมันปาล์ม ไขมันวัว ไขมันหมู เนย เนยโกโก้ น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วลิสง
16:1	palmitoleic acid	ไขมันวัว ไขมันหมู เนย น้ำมันแมคคาเดเมีย
18:0	stearic acid	เนยโกโก้ ไขมันวัว ไขมันหมู เนย
18:1	oleic acid	น้ำมันคาโนลา น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วลิสง ไขมันวัว ไขมันหมู น้ำมันรำข้าว น้ำมันปาล์ม
18:2	linoleic acid	น้ำมันดอกคำฝอย น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันข้าวโพด น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันรำข้าว
18:3	linolenic acid	น้ำมันเมล็ดแฟลกซ์ น้ำมันคาโนลา น้ำมันถั่วเหลือง
20:0	arachidic acid	เนยโกโก้ น้ำมันมะกอก น้ำมันถั่วลิสง
20:1	gadoleic acid	น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันหมู
22:0	behenic acid	น้ำมันถั่วลิสง
24:0	lignoceric acid	น้ำมันถั่วลิสง

ที่มา : Gunstone (2011) และ Strayer (2016)

2.3.1 น้ำมันคาโนลา

น้ำมันคาโนลา คือน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดของต้นคาโนลา ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 6.3 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 62.4 โดยมีกรดไขมันมันหลักคือ oleic acid (18:1) และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 31.3 ดังแสดงในตารางที่ 2.2 น้ำมันคาโนลายังมีปริมาณ tocopherol, phytosterol และ phenolic compound สูง โดย tocopherol มีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ phenolic compound มีสมบัติต้านการกลายพันธุ์ (antimutagenic) และต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวที่สูงและสารต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันคาโนลา ช่วยลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์ และ LDL cholesterol และน้ำมันคาโนลายังช่วยเพิ่มความไวต่อการตอบสนองของระดับอินซูลินเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำมันบริโภคอื่น (Lin et al., 2013; Ghazani at al., 2014)

2.3.2 น้ำมันข้าวโพด

น้ำมันข้าวโพด คือน้ำมันที่สกัดจากจมูกข้าวโพด ประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 13.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 27.6 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 58.5 โดยมีปริมาณ linoleic acid (18:2) สูง ซึ่งมีถึงร้อยละ 57.3 (Moreau et al., 2009) และยังมีปริมาณ linolenic acid (18:3) ต่ำ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ทำให้น้ำมันข้าวโพดมีความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Gunstone, 2011) น้ำมันข้าวโพดเป็นน้ำมันพืชมีปริมาณสาร unsaponifiable หรือ สารในน้ำมันที่ไม่เกิดปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชันกับด่าง (Fontanel, 2013) สูงที่สุด โดยสาร unsaponifiable หลักในน้ำมันข้าวโพดได้แก่ phytosterol, tocopherol และ squalene โดย phytosterol ในน้ำมันข้าวโพดสามารถลดการดูดซึม cholesterol ได้ (Oatlund et al., 2002) และเนื่องจากน้ำมันข้าวโพดมีกลิ่นอ่อนและมีความเสถียรต่อการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจึงนิยมนำมาใช้ปรุงอาหารและเป็นส่วนผสมของน้ำสลัด (Gunstone, 2011)

2.3.3 น้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าว คือน้ำมันที่ได้จากการสกัดน้ำมันจากเนื้อมะพร้าวอบแห้ง (copra) น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 91.8 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 6.4 และ กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 1.6 นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวยัง เป็นน้ำมันพืชที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสายกลาง (medium chain fatty acid; MCFA) มากที่สุดดังแสดงในตารางที่ 2.2 กรดไขมันอิ่มตัวสายกลางนี้มีจำนวนอะตอมคาร์บอนในโมเลกุล 8-12 อะตอม ดูดซึมได้ง่ายที่ระบบย่อยอาหาร ใช้เป็นแหล่งพลังงานได้ง่ายและไม่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อไขมัน กรดไขมันที่พบมากในน้ำมันมะพร้าวได้แก่ lauric acid (12:0) และ myristic acid (14:0) ร้อยละ 47.8 และ 18.1 ตามลำดับ (Gunstone, 2011) น้ำมันมะพร้าวมีสมบัติที่เหมาะกับการใช้เป็นส่วนผสมในไอศกรีมแทนการใช้เนย เนื่องจากมีปริมาณไขมันที่เป็นของแข็ง (solid fat content; SFC) ที่ 0 °C สูง และ จุดหลอมเหลวที่ต่ำ (ประมาณ 24 °C) ทำให้ไอศกรีมแข็งตัวเมื่ออยู่ในตู้แช่แข็งและละลายได้เร็วในปาก (Gunstone, 2011)

Choo et al. (2013). ศึกษาผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (virgin coconut oil) ที่มีต่อสมบัติทางกายภา เคมี และประสาทสัมผัสของไอศกรีมโดยแปรความเข้มข้นของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ร้อยละ 4, 8 และ 12 พบว่าไอศกรีมที่ผลิตด้วยน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ร้อยละ 12 มีอัตราการละลายที่เร็วที่สุด โดยละลายหมดภายใน 20 นาที แต่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น เนื้อสัมผัส กลิ่นรส และการยอมรับโดยรวมสูงที่สุด

2.3.2 น้ำมันแมคคาเดเมีย

น้ำมันแมคคาเดเมีย คือน้ำมันที่สกัดได้จากเมล็ดแมคคาเดเมีย มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 15.1 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 82.5 และกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 2.4 (Maguire et al., 2004) น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นน้ำมันพืชที่มีปริมาณ palmitoleic acid (16:1) สูงที่สุดคือร้อยละ 17.3 (Gunstone, 2011) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวและ phytosterol ที่พบในแมคคาเดเมียมีผลช่วยลดปริมาณ plasma total cholesterol และ low-density lipoprotein (LDL) cholesterol นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มปริมาณ high-density lipoprotein (HDL) cholesterol อีกด้วย (Garg et al., 2003) น้ำมันแมคคาเดเมียมีกลิ่นเฉพาะตัวจึงนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของน้ำสลัด และด้วยกลิ่นคล้ายเนยของน้ำมันแมคคาเดเมียจึงมีการใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ และยังมีการใช้น้ำมันแมคคาเมียเป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารเนื่องจากมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง (Gunstone, 2011)

2.3.4 น้ำมันรำข้าว

น้ำมันรำข้าว คือน้ำมันที่สกัดได้จากเปลือกแข็งสีน้ำตาลด้านนอกของเมล็ดข้าว หรือ รำข้าว น้ำมันรำข้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวร้อยละ 23.3 กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวร้อยละ 43.0 โดยกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวหลักคือ oleic acid (18:1) และกรดไขมันอิ่มตัวเชิงซ้อนร้อยละ 33.1 (Gunstone, 2011) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 น้ำมันรำข้าวถือว่าเป็นน้ำมันที่ดีต่อสุขภาพเนื่องจากมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่เหมาะสม และมีสาร γ -oryzanol ในน้ำมันรำข้าว อัตราส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว:กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว:กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็น 0.7:1.3:1 (Gunstone, 2011) ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราส่วนของกรดไขมันที่ได้รับการแนะนำว่าจะช่วยให้อัตราส่วนของ LDL cholesterol ต่อ HDL cholesterol ในเลือดเป็นอัตราส่วนที่ดีที่สุด และช่วยป้องกันการสะสมของ LDL cholesterol ที่ผนังหลอดเลือด (Hayes, 2002) สำหรับ γ-oryzanol จัดเป็นกลุ่มสารประกอบเอสเทอร์ในกลุ่ม ferulic acid เป็นสารที่มีสมบัติต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าวิตามินอี ช่วยเพิ่มความเสถียรต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันพืชเมื่อโดนความร้อนสูง เช่น การทอด การอบ นอกจากนั้นยังมีรายงานว่าการบริโภค γ-oryzanol เป็นผลิตภัณฑ์เสริมอาหารปริมาณ 300 mg ต่อวันและการนำน้ำมันรำข้าวมาใช้ประกอบอาหารแทนน้ำมันข้าวโพด จะช่วยเพิ่มการเผาผลาญน้ำตาลกลูโคสเพิ่มการผลิตอินซูลิน ลดระดับน้ำตาลในเลือด เพิ่มการเผาผลาญไขมัน ลดปริมาณไตรกลีเซอไรด์ในเซลล์ ลดปริมาณ plasma total cholesterol ลดปริมาณ LDL cholesterol และเพิ่มปริมาณ HDL cholesterol (Cheong and Xu, 2019; Salar et al., 2019) ในน้ำมันรำข้าวยังมีสารอื่น ๆ ที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ได้แก่ อนุมูลของวิตามินอี

tocopherol และ tocotrienol, squalene และ phytosterols โดย phytosterol ที่พบมากในน้ำมันรำข้าว ได้แก่ campesterol, stigmasterol และ isofucosterol (Cheong and Xu, 2019) จิราภรณ์ เตชะยศ (2557) ศึกษาผลของการเติมน้ำมันรำข้าวก่ำสกัดต่อคุณสมบัติของไอศกรีมดัดแปลงข้าวก่ำซึ่งประกอบด้วยน้ำข้าวก่ำร้อยละ 55 (อัตราส่วน ข้าว:น้ำ = 1:4) น้ำตาลร้อยละ 15 และเจลาตินร้อยละ 0.3 และใช้น้ำมันรำข้าวก่ำเพื่อทดแทนกะทิ โดยแปรร้อยละของน้ำมันรำข้าวก่ำ:กะทิเป็น 0:30, 10:20, 20:10 และ 30:0 ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าไอศกรีมที่มีร้อยละของน้ำมันรำข้าวก่ำ:กะทิเป็น 10:20 ให้คุณสมบัติทางกายภาพดีที่สุด ได้แก่ overrun สูงที่สุด (ร้อยละ26.29) อัตราการละลายต่ำที่สุด (0.36 กรัมต่อนาที) คุณภาพทางเคมี สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมดีที่สุด

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบของกรดไขมัน (ร้อยละโดยมวล) ในน้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว

กรดไขมัน	น้ำมันคาโนลา	น้ำมันข้าวโพด	น้ำมันมะพร้าว	น้ำมันแมคคาเดเมีย	น้ำมันรำข้าว
6:0	-	-	0.4	-	-
8:0	-	-	7.3	-	-
10:0	-	-	6.6	-	-
12:0	-	-	47.8	-	-
14:0	0.1	0.0	18.1	1.0	0.4
16:0	3.6	10.7	8.9	8.4	19.8
16:1	0.2	0.0	-	17.3	0.2
18:0	1.5	1.9	2.7	3.2	1.9
18:1	61.6	27.6	6.4	65.2	42.3
18:2	21.7	57.3	1.6	2.3	31.9
18:3	9.6	1.2	-	0.1	1.2
20:0	0.6	0.5	0.1	2.3	0.9
20:1	0.3	-	-	-	0.5
22:0	0.3	-	-	0.2	0.3
กรดไขมันอื่น ๆ	0.2	0.8		0.3	0.6

ที่มา : Maguire et al. (2004), Moreau et al. (2009) และ Gunstone (2011)

2.3.6 การศึกษาผลของการใช้น้ำมันพืชชนิดต่าง ๆ ในการผลิตไอศกรีม

Marín-Suárez et al. (2016) ศึกษาผลของการผลิตไอศกรีมด้วยน้ำมันที่มีปริมาณ oleic acid ร้อยละ 70.7 และน้ำมันที่มีปริมาณ linoleic acid ร้อยละ 49.0 โดยเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ผลิตด้วยน้ำมัน

มะพร้าวซึ่งเป็นน้ำมันพืชที่นิยมใช้ในการผลิตไอศกรีมวีแกน พบว่าไอศกรีมที่ผลิตด้วยน้ำมันที่มีปริมาณ oleic acid ร้อยละ 70.7 และน้ำมันที่มีปริมาณ linoleic acid ร้อยละ 49.0 มีร้อยละการขึ้นฟูเป็นร้อยละ 34.19 และ 27.12 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าไอศกรีมที่ผลิตด้วยน้ำมันมะพร้าวที่ร้อยละ 45.06 แต่ในขณะเดียวกันพบว่าไอศกรีมที่ผลิตด้วยน้ำมันที่มีปริมาณ oleic acid ร้อยละ 70.7 และน้ำมันที่มีปริมาณ linoleic acid ร้อยละ 49.0 มีพฤติกรรมด้านการละลายที่ดีกว่าไอศกรีมที่ผลิตด้วยน้ำมันมะพร้าว โดยมีค่าอัตราการละลายเป็นร้อยละ 74.71, 66.09 และ 88.69 ตามลำดับ

อุมาพร มีเดช และคณะ (2556) ศึกษาผลของชนิดน้ำมันพืชต่อคุณภาพทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมดัดแปลงซึ่งประกอบด้วยไขมัน มอลโตเด็กซ์ตริน โพลีเด็กซ์โทรส น้ำตาล แบะแซ สารให้ความคงตัว และกลิ่นวานิลลาร้อยละ 10, 5.5, 5.5, 10, 5, 0.5, และ 0.9 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบผลของน้ำมันพืช 7 ชนิดได้แก่ ไขมันผสม (Commercial blend oil) น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันมะพร้าว น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันเมล็ดปาล์มและน้ำมันมะพร้าว และ น้ำมันปาล์มรีไฟน์ พบว่าชนิดของน้ำมันพืชมีผลต่อการขึ้นฟู ความแน่นเนื้อและการละลายของไอศกรีม โดยไอศกรีมที่ผลิตจากน้ำมันพืชที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงจะมีค่าความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูสูง และค่าความแน่นเนื้อต่ำ จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่า ไอศกรีมที่ผลิตจากน้ำมันผสมระหว่างน้ำมันเมล็ดปาล์มและน้ำมันมะพร้าวให้คะแนนด้านสี กลิ่นรสวานิลลา เนื้อสัมผัส รสหวาน และสิ่งตกค้างในปากสูงสุด

Nazarudinn et al. (2008) ศึกษาผลของชนิดน้ำมันพืชต่อสมบัติทางเคมีกายภาพของไอศกรีม โดยทดสอบกับน้ำมันพืช 3 ชนิดได้แก่ palm mid fraction (PMF) หรือส่วนของน้ำมันปาล์มที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันชนิด palmitic acid oleic acid และ palmitic acid น้ำมันปาล์มโอเลอิน (palm olein) หรือน้ำมันปาล์มที่ผ่านกระบวนการทำให้มีปริมาณ oleic acid สูง และน้ำมันรำข้าว โดยแปรอัตราส่วนของน้ำมันพืชแต่ละชนิดได้ออกมาเป็นไอศกรีม 14 สูตร พบว่าชนิดของน้ำมันพืชมีผลต่อสี ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไขมัน ความหนืด และพลังงานทั้งหมดของไอศกรีม โดยเมื่อปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวและกรดไขมันสายยาวที่เป็นองค์ประกอบในน้ำมันพืชเพิ่มขึ้น จะทำให้อนุภาคของเม็ดไขมันมีความเสถียรต่ำลง และสูตรไอศกรีมที่เหมาะสมที่สุดได้แก่สูตรที่มีน้ำมันรำข้าวร้อยละ 12 ซึ่งไอศกรีมที่ได้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเม็ดไขมันเล็ก ความหนืดและ ร้อยละการขึ้นฟูสูง และมีเนื้อสัมผัสเนียนนุ่ม

จากข้อมูลเบื้องต้น น้ำมันพืชทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว เป็นน้ำมันพืชที่ดีต่อสุขภาพและมีอัตราส่วนของกรดไขมันแตกต่างกันโดยน้ำมันมะพร้าวมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสายกลางสูง น้ำมันแมคคาเดเมียมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงที่สุดและเป็นน้ำมันที่มีปริมาณ palmitoleic acid (16:1) สูงที่สุด น้ำมันข้าวโพดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง น้ำมันรำข้าวมีอัตราส่วนของกรดไขมันอิ่มตัว:กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว:กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนเป็น 0.7:1.3:1 ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราส่วนที่ได้รับการแนะนำว่าดีต่อสุขภาพมากที่สุด และน้ำมันคาโนลามีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวสูงแต่น้อยกว่าน้ำมันแมคคาเดเมีย มีปริมาณ palmitoleic acid น้อยกว่าแต่มีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนมากกว่าน้ำมันแมคคาเดเมีย

บทที่ 3

วัตถุดิบ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

- ข้าวโพดหวานดิบ พันธุ์ไฮบริกซ์ 59 (ซื้อจากตลาดสี่มุมเมือง รังสิต)
- น้ำมันคาโนลา ตราเนเชอเรอล (บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน))
- น้ำมันมะพร้าว ตราเนเชอรอล (บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน))
- น้ำมันข้าวโพด ตราเนเชอรอล (บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน))
- น้ำมันแมคคาเดเมียสกัดเย็น ตราโอลิวาโด (Olivado Ltd, New Zealand)
- น้ำมันรำข้าว ตราเนเชอรอล (บริษัท ล่ำสูง (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน))
- เกลือ ตราปรุงทิพย์ (บริษัทอุตสาหกรรมเกลือบริสุทธิ์ จำกัด)
- น้ำตาล ตราลิน (กลุ่มน้ำตาลไทยรุ่งเรือง)
- กัวร์กัม (บริษัท ณายลอย เบเกอรี่ จำกัด)
- แคปปา คาร์ราจีแนน (บริษัท ณายลอย เบเกอรี่ จำกัด)

3.1.2 อุปกรณ์

- หม้อ stainless steel ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 28 เซนติเมตรและฝาหม้อ
- ทัพพี
- ช้อน
- บีกเกอร์ขนาด 150 mL
- บีกเกอร์ขนาด 250 mL
- เทอร์โมมิเตอร์ 0-100 °C
- เตาแม่เหล็กไฟฟ้า (PHILIPS รุ่น HD4911, Netherland)
- เครื่องสกัดน้ำผลไม้ (KUVINGS รุ่น CS520, South Korea)
- เครื่อง hand homogenizer (IKA รุ่น T25 digital ULTRA-TURRAX, China)
- เครื่องปั่นไอศกรีม (Nemox รุ่น GELATO CHEF 5L Nemox Inernational S.R.L., USA)
- เครื่องวัดสี (KONICA MINOLTA)
- เครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (texture analyser รุ่น TA.XT2i)
- ตู้แช่แข็ง (New Brunswick Scientific Ultra Low Temperature Freezer)
- เครื่อง image analyzer (Nikon รุ่น SMZ1000)

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.2.1 เตรียมน้ำนมข้าวโพด

1. ชั่งน้ำหนักเมล็ดข้าวโพดและล้างให้สะอาด
2. ต้มเมล็ดข้าวโพดในน้ำสะอาดที่อุณหภูมิ 75 °C เป็นเวลา 15 นาที
3. คั้นด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้แยกกาก และนำน้ำนมข้าวโพดที่ได้เก็บในอุณหภูมิ 4 °C

3.2.2 เตรียมไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

1. ชั่งส่วนผสมสำหรับการเตรียมไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด ตามสูตรส่วนผสมดังแสดงในตารางที่ 3.1
2. ผสมน้ำนมข้าวโพด น้ำตาลและเกลือโดยคนให้เข้ากันและให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 50 °C
3. เติมคาร์ราจีแนน กัวร์กัม และน้ำมันพืช แล้วให้ความร้อนต่อจนมีอุณหภูมิ 85 °C และคงไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลา 15 วินาที
4. ตีปั่นส่วนผสมด้วยเครื่อง homogenizer ที่ความเร็วรอบ 16000 rpm เป็นเวลา 15 นาที
5. บ่มที่อุณหภูมิ 4-6 °C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง
6. ปั่นแข็งส่วนผสมด้วยเครื่องทำไอศกรีมเป็นเวลา 25 นาที ได้เป็นไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด
7. เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 °C ตลอดระยะเวลาการทำวิจัย

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ส่วนผสม	**ปริมาณที่ใช้ (% โดยน้ำหนัก)**
น้ำนมข้าวโพด (ข้าวโพด:น้ำ = 1.2:1)	84.5
น้ำมันพืช	7
น้ำตาล	8
คาร์ราจีแนน	0.15
กัวร์กัม	0.15
เกลือ	0.1
Soy lecithin	0.1

3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

3.3.1 การวัดค่าความหนืด ดัดแปลงจากวิธีของ Goff et al. (1990)

วัดความหนืดส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมตัวอย่างละ 200 mL ที่บรรจุในบีกเกอร์ขนาด 250 ml ซึ่งผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง viscometer (Fungilab รุ่น premium series) ใช้หัววัดขนาด P5 ความเร็วรอบ 100 rpm อ่านค่าหลังจากมอเตอร์หมุนเป็นเวลา 30 วินาที ทำการวัด 3 ซ้ำ

3.3.2 การวัดจุดเยือกแข็งของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม จาก freezing curve (Rahman et al. 2002)

บรรจุส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมในถ้วยกระดาษขนาด 4 ออนซ์ บ่มที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง ประกอบ thermocouples เข้ากับเครื่อง data logger เจาะรูที่ฝาภาชนะแล้วเสียบ thermocouples เข้าไปจุ่มในตัวอย่างเพื่อวัดอุณหภูมิตัวอย่าง จากนั้นนำไปใส่ในตู้แช่เยือกแข็ง (New Brunswick Scientific Ultra Low Temperature Freezer) ที่อุณหภูมิ –60 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม ValSuite Pro ver.5.2.0.15 ทำการวัด 3 ซ้ำ

3.4 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

3.4.1 การวัดร้อยละการละลายของไอศกรีม ดัดแปลงจากวิธีของ Sofjan and Hartel (2004)

ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25 °C นำไอศกรีมตัวอย่างละ 15–20 กรัม ชั่งน้ำหนักไอศกรีม จากนั้นวางไอศกรีมบนตะแกรงที่มีช่องขนาด 1.3 × 1.3 เซนติเมตร ซึ่งตั้งอยู่บนเครื่องชั่งน้ำหนัก 4 ตำแหน่ง โดยมีภาชนะสำหรับรองรับไอศกรีมที่หยดลงมา เริ่มจับเวลาเมื่อได้ไอศกรีมหยดแรก บันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่หยดลงมาทุก ๆ 3 นาที เป็นเวลา 36 นาที คำนวนหาร้อยละการละลายจากสมการ

$$\text{ร้อยละการละลาย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ละลาย} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

3.4.2 การวัดค่าร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีม (%overrun) หลังผ่านกระบวนการผลิตไอศกรีม ดัดแปลงจากวิธีการของ Marshall and Arbuckle (1996)

หลังจากบ่มตัวอย่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 20 ชั่วโมง บรรจุในถ้วยขนาดเล็กที่ชั่งและทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว ชั่งน้ำหนักส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม (Gelato chef 5L automatic, Nemox professional class, Italy) นาน 25 นาที จากนั้นตักไอศกรีมที่ผ่านการปั่นแล้วบรรจุลงในถ้วยที่ชั่งน้ำหนักของไอศกรีมที่ได้ และคำนวณหาร้อยละการขึ้นฟู ทำการวัด 3 ซ้ำ

$$\text{ร้อยละการขึ้นฟู} = \frac{\text{น้ำหนักของปริมาตรของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม} - \text{น้ำหนักของไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักของไอศกรีม}} \times 100$$

3.4.3 การวัดความแข็งของไอศกรีม ดัดแปลงจากวิธีการของ Bolliger et al. (2000)

วัดความแข็งของไอศกรีมด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (texture analyzer รุ่น TA.XT2i) ด้วยหัววัดทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (P/2) load cell ขนาด 1 กิโลกรัม ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนทดสอบ ขณะทดสอบ หลังทดสอบอยู่ที่ 2.0, 1.0 และ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ระยะสูงสุดที่หัววัดกดลงในเนื้อไอศกรีมเท่ากับร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง และทำการวัดเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมที่ระดับจากผิวหน้า 1 เซนติเมตรเท่ากับ -3.0 ± 1.0 °C โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำการวัด 3 ซ้ำ

3.4.4 การวัดสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแช่แข็งในระบบ Hunter (L* a* b*)

วัดสีไอศกรีมด้วยระบบ Hunter (L* a* b*) โดยใช้ตัวอย่างไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ วัดสีด้วยเครื่องวัดสี (KONICA MINOLTA) ทำการวัด 3 ซ้ำ ปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐาน (white tail) ก่อนการวัดทุกครั้ง

3.4.5 การวัดขนาดเซลล์อากาศในเนื้อไอศกรีม

นำตัวอย่างวางบนแผ่นสไลด์ หยดกลีเซอรอลเย็นเพื่อให้ความเย็นแก่ตัวอย่างป้องกันไม่ให้ไอศกรีมละลาย ปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ นำไปส่องกับเครื่อง image analyzer (Nikon รุ่น SMZ1000) ด้วยกำลังขยาย 600 เท่า และใช้โปรแกรม NIS-Elements ในวัดขนาดเซลล์อากาศ

3.4.6 การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัส

ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด โดยใช้ผู้ทดสอบจำนวน 30 คน อายุ 18-42 ปี (ชาย 8 คนและหญิง 22 คน) ทำการทดสอบตัวอย่างละ 3 ซ้ำ โดยใช้ 9–point hedonic scale ในการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ได้แก่ สี กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะทางกายภาพ (การละลาย) ความเคลือบภายในปาก เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม

เตรียมตัวอย่างไอศกรีมโดยการนำไอศกรีมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -11 ± 2 °C มาเก็บที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 10 นาทีก่อนการทดสอบทางประสาทสัมผัสและมีการกำหนดรหัสของตัวอย่างโดยใช้เลขรหัสสุ่ม 3 หลัก นำเสนอตัวอย่างต่อผู้ทดสอบโดยลำดับแบบสุ่ม จำนวน 5 ตัวอย่างต่อหนึ่งครั้งการนำเสนอตัวอย่าง นำเสนอตัวอย่างทั้งหมด 3 ครั้ง ผู้ทดสอบทำการประเมินตามลำดับจากซ้ายไปขวา และล้างปากระหว่างตัวอย่างโดยการบ้วนน้ำและขนมปังกรอบรสจืด เว้นระยะเวลาระหว่างการนำเสนอตัวอย่างแต่ละชุดเป็นเวลา 10 นาที

3.4.7 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และใช้การวิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรม SPSS โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way ANOVA) และวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Fisher's Least Significant Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

3.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบด้าน ปริมาณของแข็งทั้งหมด ไขมัน โปรตีน เถ้าและคาร์โบไฮเดรตด้วยวิธีของ AOAC 941.08, 952.06, 930.33 และ 946.46 ตามลำดับ (AOAC, 2012), ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ (รายละเอียดในภาคผนวก ก) และทำการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมัน (fatty acid profile) ด้วยวิธีของ AOAC 9960.06 (AOAC, 2019)

3.6 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา

3.6.1 การวัดร้อยละการละลายของไอศกรีม

การวัดร้อยละการละลายของไอศกรีม ดัดแปลงจากวิธีของ Sofjan and Hartel (2004) โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 25 °C นำไอศกรีมตัวอย่างละ ประมาณ 15 – 20 กรัม ชั่งน้ำหนักไอศกรีม จากนั้นวางไอศกรีมบนตะแกรงที่มีช่องขนาด 1.3 × 1.3 เซนติเมตร ซึ่งตั้งอยู่บนเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง โดยมีภาชนะสำหรับรองรับไอศกรีมที่หยด เริ่มจับเวลาเมื่อได้ไอศกรีมหยดแรก บันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่หยดลงมาทุกๆ 5 นาที เป็นเวลา 60 นาที คำนวนหาร้อยละการละลายจากสมการ จากนั้นเก็บรักษาไอศกรีมที่ -11 ± 2 °C ดึงตัวอย่างมาวัดผลทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 8 สัปดาห์

$$\text{ร้อยละการละลาย (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างที่ละลาย} \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}}$$

3.6.2 การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแช่แข็งในระบบ Hunter (L* a* b*)

วัดค่าสีไอศกรีมด้วยระบบ Hunter (L* a* b*) โดยใช้ตัวอย่างไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งเป็นระยะเวลา 3 สัปดาห์ วัดสีด้วยเครื่องวัดสี (KONICA MINOLTA) ทำการวัด 3 ซ้ำ ปรับเทียบค่าเครื่อง (calibrate) ด้วยแผ่นสีมาตรฐาน (white tail) ก่อนการวัดทุกครั้ง จากนั้นเก็บรักษาไอศกรีมที่ -11 ± 2 °C ดึงตัวอย่างมาวัดผลทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 8 สัปดาห์

3.6.3 การวัดความแข็งหลังผ่านกระบวนการผลิตไอศกรีม

การวัดความแข็งของไอศกรีม ดัดแปลงจากวิธีการของ Bolliger et al. (2000) โดยนำไอศกรีมที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -11 ± 2 °C เป็นเวลา 2 สัปดาห์ ไปวัดความแข็งด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัสอาหาร (texture analyzer รุ่น TA.XT2i) ด้วยหัววัดทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (P/2) load cell ขนาด 1 กิโลกรัม ควมเร็วในการเคลื่อนที่ของหัววัดก่อนทดสอบ ขณะทดสอบ หลังทดสอบอยู่ที่ 2.0, 1.0

และ 1.0 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ ระยะสูงสุดที่หัววัดกดลงในเนื้อไอศกรีมเท่ากับร้อยละ 50 ของความสูงของตัวอย่าง และทำการวัดเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมที่ระดับจากผิวหน้า 1 เซนติเมตรเท่ากับ -3.0 ± 1.0 °C โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำการวัด 3 ซ้ำจากนั้นเก็บรักษาไอศกรีมที่ -11 ± 2 °C ดึงตัวอย่างมาวัดผลทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 8 สัปดาห์

3.6.4 การวัดค่า peroxide ของไอศกรีม

ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไอศกรีม 5 ± 0.05 กรัม อุ่นตัวอย่างที่อุณหภูมิ 38 °C เป็นเวลา 10 นาที ใส่ลงใน glass stoppered Erlenmeyer flask เติม acetic acid:chloroform (อัตราส่วน 3:2) ปริมาตร 30 mL คนเป็นครั้งคราว จากนั้นเติม saturated KI solution ปริมาตร 20 mL จับเวลา 1 นาที และเติมน้ำ 30 mL เติมอินดิเคเตอร์สารละลายน้ำแป้ง 1% 0.5 mL จากนั้นไตเตรทด้วย 0.1N $Na_2S_2O_3$ สังเกตการเปลี่ยนแปลงสี ทำการสอบสอบ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่า peroxide ดึงตัวอย่างไอศกรีมที่เก็บรักษาที่ -11 ± 2 °C ทุก 2 สัปดาห์ จนครบ 8 สัปดาห์

$$\text{Peroxide value (meq. Peroxide/Kg)} = \frac{S \times N \times 1000}{g.\ sample}$$

S คือ ปริมาณไตเตรทที่แน่นอน (ปริมาณไตเตรทตัวอย่าง - ปริมาณไตเตรท blank)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ (Normality of the $Na_2S_2O_3$ solution)

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

จากการศึกษาผลของชนิดน้ำมันต่อสมบัติทางกายภาพของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด ซึ่งประกอบด้วย น้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพด:น้ำ = 1.2:1) น้ำมันพืช น้ำตาลทราย คาร์ราจีแนน กัวร์กัม เกลือแกง และเลซิทิน ร้อยละ (โดยน้ำหนัก) 84.5, 7.00, 8.00, 0.150, 0.150, 0.100 และ 0.100 ตามลำดับ โดยแปรชนิดน้ำมันได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว พบว่าตัวอย่างมีค่าความหนืดและจุดเยือกแข็ง ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จุดเยือกแข็งและความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชนิดน้ำมัน	จุดเยือกแข็ง (°C)	ความหนืด (cP)
น้ำมันคาโนลา	$-1.531^{ab} \pm 0.059$	$2,442.8^{b} \pm 75.2$
น้ำมันข้าวโพด	$-1.711^{b} \pm 0.212$	$2,587.5^{a} \pm 77.7$
น้ำมันมะพร้าว	$-1.574^{ab} \pm 0.103$	$2,246.4^{c} \pm 17.8$
น้ำมันแมคคาเดเมีย	$-1.497^{a} \pm 0.064$	$2,073.4^{d} \pm 81.5$
น้ำมันรำข้าว	$-1.464^{a} \pm 0.031$	$2,359.6^{bc} \pm 106.4$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a, b, ... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองที่แสดงในตารางที่ 4.1 พบว่า ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้น้ำมันข้าวโพดเป็นองค์ประกอบมีจุดเยือกแข็งต่ำสุด มีค่าเท่ากับ -1.711 °C ในขณะที่ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้น้ำมันรำข้าวเป็นองค์ประกอบมีจุดเยือกแข็งสูงสุดมี ซึ่งมีค่าเท่ากับ -1.464 °C ทั้งนี้จุดเยือกแข็งของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่แตกต่างกันนี้อาจเป็นผลมาจากจุดเยือกแข็งของน้ำมันพืชที่ใช้ โดยพบว่าน้ำมันข้าวโพดมีจุดเยือกแข็งที่ -5.30 °C (Fasina et al., 2008) ซึ่งต่ำกว่าน้ำมันอีก 4 ชนิด สำหรับน้ำมันรำข้าวนั้น พบว่ามีจุดเยือกแข็งที่ 1.8 °C (Jennings and Akoh, 2009) จุดเยือกแข็งของน้ำมันนี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบของกรดไขมัน น้ำมันข้าวโพดมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวต่ำและกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนสูง โดยปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยวแปรผันตรงกับจุดเยือกแข็งของน้ำมัน แต่ปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อนแปรผกผันกับจุดเยือกแข็งของน้ำมัน จึงทำให้ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีน้ำมันข้าวโพดเป็นองค์ประกอบมีจุดเยือกแข็งต่ำที่สุด (Fasina et al., 2008)

สำหรับค่าความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้น้ำมันต่างชนิดกันแสดงในตารางที่ 4.1 พบว่าส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้น้ำมันข้าวโพดเป็นองค์ประกอบมีความหนืดสูงที่สุด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 2,587.5 cP

สำหรับส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบมีค่าความหนืดต่ำที่สุด ซึ่งเท่ากับ 2,073.4 cP ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการเชื่อมติดกันบางส่วนของเม็ดไขมันและองค์ประกอบกรดไขมัน โดยน้ำมันข้าวโพดซึ่งมีปริมาณกรดไขมันที่มีความยาว 18 คาร์บอนที่ร้อยละ 88.5 ของกรดไขมันทั้งหมด ทำให้สามารถเกิดการเชื่อมติดกันบางส่วนของเม็ดไขมันได้ดี ซึ่งทำให้ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้น้ำมันข้าวโพดเป็นองค์ประกอบมีความหนืดสูง ในขณะที่น้ำมันแมคคาเดเมียมีปริมาณกรดไขมันที่มีปริมาณกรดไขมันที่มีความยาว 18 คาร์บอนต่ำที่ร้อยละ 73.3 ของกรดไขมันทั้งหมด ทำให้สามารถเกิดการเชื่อมติดกันบางส่วนได้น้อยกว่า ส่งผลให้ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบมีความหนืดต่ำ (Syaliza, A. et al., 2007; Nazaruddin, R. et al, 2008)

4.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

จากการศึกษาผลของชนิดน้ำมันต่อสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด โดยแปรชนิดน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว พบว่าตัวอย่างมีขนาดเซลล์อากาศ ร้อยละการขึ้นฟู ความแข็ง สี และร้อยละการละลาย ดังแสดงในตารางที่ 4.2-4.5

ตารางที่ 4.2 ขนาดเซลล์อากาศของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชนิดน้ำมัน	ขนาดเซลล์อากาศของไอศกรีม (ไมโครเมตร)
น้ำมันคาโนลา	$32.60^{a} \pm 11.33$
น้ำมันข้าวโพด	$30.76^{b} \pm 10.36$
น้ำมันมะพร้าว	$29.80^{bc} \pm 9.09$
น้ำมันรำข้าว	$28.40^{c} \pm 14.28$
น้ำมันแมคคาเดเมีย	$22.21^{d} \pm 6.92$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a, b, ... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวัดขนาดเซลล์อากาศในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร (ตาราง 4.2) พบว่าขนาดเซลล์อากาศในไอศกรีมแต่ละสูตรแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมที่มีขนาดเซลล์อากาศใหญ่ที่สุดคือ ไอศกรีมที่ใช้น้ำมันคาโนลาเป็นองค์ประกอบ รองลงมาคือน้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันรำข้าวตามลำดับ ส่วนไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบมีขนาดเซลล์อากาศเล็กที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่แตกต่างกัน โดยไอศกรีมที่ใช้น้ำมันคาโนลาและน้ำมันข้าวโพดเป็นองค์ประกอบมีความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมสูง จึงทำให้มีขนาดฟองอากาศที่มีขนาดใหญ่กว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันชนิดอื่นส่วนไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบมีความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมต่ำ ความหนืดที่ต่ำนี้ส่งผลให้มีแรงต้านพลังงานในการตีปั่นฟองอากาศเข้าส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมน้อย จึงทำให้ฟองอากาศที่เกิดขึ้นระหว่างการตีเซลล์อากาศเข้าไปในส่วนผสมมีขนาดเล็กด้วย

จากการศึกษาของศุกฤตย์ ไทยอุดม (2550) ซึ่งศึกษาผลของสัดส่วนไขมันนมต่อน้ำมันถั่วเหลืองต่อคุณภาพของไอศกรีมนม โดยใช้สัดส่วนของไขมันนมต่อน้ำมันถั่วเหลืองที่แตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 100:0 50:50 และ 0:100 ตามลำดับ พบว่าเมื่อแทนที่ไขมันนมด้วยน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นไขมันไม่อิ่มตัว สูตรที่มีอัตราส่วนน้ำมันถั่วเหลืองสูงกว่าจะให้เซลล์อากาศที่เล็กกว่าเนื่องจากส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่มีอัตราส่วนของน้ำมันถั่วเหลืองสูงขึ้นจะมีค่าความหนืดปรากฏต่ำลง

ตารางที่ 4.3 ร้อยละการขึ้นฟูและความแข็งของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชนิดน้ำมัน	ร้อยละการขึ้นฟู (%)	ความแข็ง (kg)
น้ำมันคาโนลา	$19.05^{b} \pm 0.36$	$3.2759^{a} \pm 0.4806$
น้ำมันข้าวโพด	$17.20^{b} \pm 0.71$	$2.3998^{b} \pm 0.1204$
น้ำมันมะพร้าว	$22.82^{a} \pm 1.23$	$2.4913^{b} \pm 0.3214$
น้ำมันแมคคาเดเมีย	$14.40^{c} \pm 1.94$	$2.2897^{b} \pm 0.3567$
น้ำมันรำข้าว	$18.02^{b} \pm 2.23$	$2.5440^{b} \pm 0.1376$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดลองวิเคราะห์ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีม พบว่าไอศกรีมที่ผลิตจากน้ำมันต่างชนิดกันมีร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบมีร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด (ตารางที่ 4.3) ซึ่งอาจเกิดจากการที่น้ำมันมะพร้าวมีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงที่สุด จึงส่งผลให้ค่าร้อยละการขึ้นฟูสูงด้วย เนื่องจากน้ำมันที่มีปริมาณกรดไขมันอิ่มตัวสูงจะมีปริมาณไขมันที่อยู่ในสถานะของแข็งสูงซึ่งช่วยทำให้ไอศกรีมกักเก็บอากาศไว้ในโครงสร้างได้ดีจึงเป็นผลให้ร้อยละการขึ้นฟูสูง (Vargas-Bello-Pérez et al., 2019) นอกจากนี้งานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ทดแทนไขมันนมด้วยน้ำมันพืช โดย Nadeem et al. (2010) ศึกษาผลของการทดแทนไขมันนมบางส่วนด้วยน้ำมันคาโนลาซึ่งมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงต่อคุณภาพของไอศกรีม พบว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำมันคาโนลาและไขมันนมร้อยละ 3.0 และ 1.5 ตามลำดับ มีร้อยละการขึ้นฟูต่ำกว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันนมร้อยละ 4.5 อย่างมีนัยสำคัญ แต่จากงานวิจัยนี้ พบว่าร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดทุกตัวอย่างมีค่าต่ำกว่าไอศกรีมโดยทั่วไปซึ่งควรมีค่าอยู่ที่ร้อยละ 25 - 150 (Goff and Hartel, 2013) อาจเกิดจากส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม มีลักษณะเป็นเจลจากการเติมคาราจีแนน จึงอาจขัดขวางการตีปั่นอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีม ส่งผลให้ไอศกรีมที่ถูกตีปั่นนั้นไม่ขึ้นฟูเท่าที่ควร (อุมาพร มีเดช และคณะ, 2556)

สำหรับค่าความแข็งของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่แปรชนิดน้ำมันทั้ง 5 ตัวอย่าง แสดงในตารางที่ 4.3 จากตาราง พบว่าชนิดของน้ำมันมีผลต่อค่าความแข็งอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไอศรีมที่ใช้น้ำมันคาโนลาเป็นองค์ประกอบ มีค่าความแข็งสูงที่สุดเมื่อเทียบกับไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้อาจ

เกิดจากการที่ไอศกรีมที่ใช้น้ำมันคาโนลาเป็นองค์ประกอบ มีเซลล์อากาศขนาดใหญ่ที่สุด (ตารางที่ 4.2) และมีร้อยละการขึ้นฟูน้อย จึงอาจส่งผลให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ จึงทำให้มีค่าความแข็งสูง (Alphenaar, 2020) ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Amador et al. (2017) ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสของไอศกรีม โดยแปรอุณหภูมิ ณ จุดยุติการปั่นให้แข็ง พบว่า ไอศกรีมที่มีอุณหภูมิที่จุดยุติการปั่นแข็งสูงจะ มีผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ เซลล์อากาศขนาดใหญ่และมีค่าความแข็งสูง นอกจากนี้มีปัจจัยอื่นที่ส่งผลต่อความแข็งของไอศกรีม โดย Goff and Hartel (2013) กล่าวว่าความแข็งของไอศกรีมขึ้นกับ ปริมาณและชนิดของสารให้ความหวานและสารให้ความคงตัวที่เป็นองค์ประกอบในไอศกรีม จำนวนโมลของของแข็งทั้งหมด และร้อยละการขึ้นฟู โดยไอศกรีมที่มีปริมาณสารให้ความหวานมาก จะมีจำนวนโมลของของแข็งมาก ส่งผลให้มีจุดเยือกแข็งต่ำ ความแข็งของไอศกรีมจึงลดลง อีกทั้งปริมาณสารให้ความคงตัวสูง และร้อยละการละลายต่ำ ส่งผลให้ไอศกรีมมีความแข็งต่ำเช่นกัน

ตารางที่ 4.4 สีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชนิดน้ำมัน	**L***	**a*^{ns}**	**b***
น้ำมันคาโนลา	76.27^{c} ± 0.75	0.34 ± 0.17	25.98^{ab} ± 1.64
น้ำมันข้าวโพด	73.42^{d} ± 0.52	0.59 ± 0.43	24.45^{ab} ± 3.07
น้ำมันมะพร้าว	82.47^{a} ± 1.07	0.41 ± 0.09	23.14^{b} ± 0.93
น้ำมันแมคคาเดเมีย	80.38^{b} ± 0.76	0.46 ± 0.16	25.63^{ab} ± 1.32
น้ำมันรำข้าว	77.21^{c} ± 0.68	0.56 ± 0.18	26.50^{a} ± 0.34

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a, b, ... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดลองวิเคราะห์ค่าสีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดทั้ง 5 สูตร พบว่า ค่าสีแดง (a*) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนค่าความสว่าง (L*) และค่าสีเหลือง (b*) มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) จากตารางที่ 4.4 พบว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ มีค่า L* สูงที่สุด และมีค่า b* ต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับไอศกรีมที่ใช้น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากสีของน้ำมันพืชที่ใช้เป็นองค์ประกอบ เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีสีออกขาว ซึ่งแตกต่างจากน้ำมันพืชชนิดอื่นที่มีสีเหลืองอ่อน ส่วนน้ำมันรำข้าวที่มีสีเหลืองเข้มที่สุด ส่งผลให้ไอศกรีมที่มีส่วนผสมของน้ำมันรำข้าวมีค่า b* สูงที่สุดด้วย นอกจากสีของน้ำมันที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมจะส่งผลด้านสีแล้ว ร้อยละการขึ้นฟูก็อาจจะเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดความแตกต่างด้านสีของไอศกรีม จากค่าร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบที่สูงที่สุด (ตารางที่ 4.3) แสดงถึงการกักเก็บฟองอากาศในเนื้อไอศกรีมได้มากที่สุด ซึ่งฟองอากาศเหล่านี้สามารถสะท้อนแสง ทำให้ไอศกรีมมีสีสว่างขึ้น จึงมีค่า L* สูง (จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2558)

ตารางที่ 4.5 ร้อยละการละลายของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชนิดน้ำมัน	ร้อยละการละลายของไอศกรีมที่เวลา 36 นาที (%)
น้ำมันคาโนลา	$88.19^{a} \pm 11.51$
น้ำมันข้าวโพด	$96.40^{a} \pm 2.53$
น้ำมันมะพร้าว	$22.48^{b} \pm 5.91$
น้ำมันแมคคาเดเมีย	$98.49^{a} \pm 1.28$
น้ำมันรำข้าว	$95.68^{a} \pm 1.61$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a, b, ... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.5 พบว่าร้อยละการละลายของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่มีองค์ประกอบของน้ำมันพืชต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมจากน้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว มีร้อยละการละลายสูงกว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าว ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุดเยือกแข็งของน้ำมันพืชที่ต่างกัน โดยน้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าวมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าน้ำมันมะพร้าว เพราะมีองค์ประกอบหลักเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า ในขณะที่น้ำมันมะพร้าวมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่น โดยมีจุดหลอมเหลวอยู่ที่ 24.73 °C (Srivastava et al., 2017) ซึ่งใกล้เคียงกับอุณหภูมิของห้องทดลอง จึงทำให้ไอศกรีมละลายได้ช้า นอกจากนั้นยังพบว่าผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ อุมาพร มีเดช และคณะ (2556) ซึ่งศึกษาผลของชนิดไขมันพืชต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีม โดยแปรชนิดของไขมันพืช 7 ชนิดได้แก่ น้ำมันปาล์มโอเลอิน น้ำมันทานตะวัน น้ำมันรำข้าว น้ำมันมะพร้าว น้ำมันผสมระหว่างน้ำมันเมล็ดปาล์มและน้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์มรีไฟน์ และไขมันผสมทางการค้า พบว่าไอศกรีมดัดแปลงที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวมีร้อยละการละลายที่ 30 นาที ซึ่งต่ำกว่าไอศกรีมดัดแปลงที่ผลิตจากน้ำมันรำข้าว น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันปาล์มโอเลอิน และน้ำมันปาล์มรีไฟน์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

4.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

จากการศึกษาผลของชนิดน้ำมันต่อการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด โดยแปรชนิดน้ำมันได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว เพื่อศึกษาความชอบทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคในไอศกรีมทั้ง 5 สูตร ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชนิดน้ำมัน	สี^{ns}	กลิ่นรส	รสชาติ	ลักษณะทางกายภาพ (การละลาย)	ความเคลือบภายในปาก	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
น้ำมันคาโนลา	6.05 ± 0.88	4.94^{b} ± 1.48	5.19^{c} ± 1.24	5.58^{b} ± 1.24	5.61^{a} ± 0.85	5.43^{bc}± .14	5.42^{b} ± 0.99
น้ำมันข้าวโพด	6.18 ± 0.94	5.58^{ab} ± 0.95	5.86 ^{ab} ± 1.16	5.54^{b} ± 1.15	5.67^{a} ± 0.85	5.61^{ab} ± 1.05	5.90^{b} ± 0.99
น้ำมันมะพร้าว	6.57 ± 1.28	5.83^{a} ± 1.01	6.26^{a} ± 1.26	6.48^{a} ± 1.10	6.04^{a} ± 0.87	6.14^{a} ± 1.19	6.49^{a} ± 1.08
น้ำมันแมคคาเดเมีย	6.11 ± 1.31	4.09^{c} ± 1.56	4.22^{d} ± 1.43	5.31^{b} ± 0.89	5.08^{b} ± 1.04	4.96^{c} ± 1.05	4.54^{c} ± 1.19
น้ำมันรำข้าว	6.22 ± 0.88	5.22^{ab} ± 1.28	5.53^{bc} ± 1.36	5.64^{b} ± 1.04	5.71^{a} ± 0.81	5.51^{b} ± 0.97	5.74^{b} ± 1.00

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic test แบบ 9 – point โดยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 30 คน ทำการทดสอบ 3 ซ้ำ (ตารางที่ 4.6) พบว่าชนิดของน้ำมันพืชมีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดด้านต่าง ๆ ได้แก่ กลิ่นรส รสชาติ ลักษณะทางกายภาพ ความเคลือบภายในปาก เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวม แต่ไม่ส่งผลต่อคุณภาพด้านสี

เมื่อพิจารณาคะแนนด้านสี พบว่าเมื่อแปรชนิดของน้ำมันพืชในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดไม่ส่งผลต่อคะแนนความชอบด้านสีของผลิตภัณฑ์ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะผู้ทดสอบมีความคาดหวังให้ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดมีสีเหลืองอ่อนซึ่งน้ำมันแต่ละชนิดมีสีเหลือง-ใส ทำให้ไอศกรีมแต่ละสูตรมีสีที่แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยแต่ยังได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบในระดับเดียวกัน จึงสรุปได้ว่าชนิดของน้ำมันพืชไม่มีผลต่อการยอมรับด้านสีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

สำหรับคะแนนด้านกลิ่นรส พบว่าไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุดคือ 5.83 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ใช้น้ำมันข้าวโพดและน้ำมันรำข้าวเป็นองค์ประกอบ ส่วนไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสต่ำที่สุด คือ 4.09 ทั้งนี้เนื่องจากไขมันเป็นตัวนำพากลิ่นรสของไอศกรีมระหว่างที่ไอศกรีมละลายอยู่ในปาก (อุมาพร มีเดช และคณะ, 2556) โดยน้ำมันแมคคาเดเมียมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดียวสูง ทำให้มีจุดหลอมเหลวสูง จึงละลายได้ช้าเมื่ออยู่ในปาก ทำให้กลิ่นรสของน้ำนมข้าวโพดถูกปลดปล่อยออกมาช้าไปด้วย อีกทั้งน้ำมันแมคคาเดเมียมีกลิ่นเฉพาะตัว จึงอาจทำให้ผสมหรือบดบังกลิ่นรสของข้าวโพดที่ผู้ทดสอบรับรู้ได้ต่ำลง จึงทำให้คะแนนด้านกลิ่นรสของไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบมีค่าต่ำกว่าตัวอย่างอื่น ส่วนคะแนนด้านรสชาติ พบว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนด้านรสชาติสูงที่สุดคือ 6.26 แต่ไม่ต่างกับไอศกรีมที่ใช้น้ำมันข้าวโพดเป็นองค์ประกอบ ส่วนไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนความชอบด้านรสชาติต่ำที่สุด คือ 4.22 ซึ่งอาจเกิดจากน้ำมันแมคคาเดเมียมีกลิ่นรสเฉพาะตัว ซึ่งอาจรบกวนการรับรู้รสชาติของไอศกรีม ทำให้คะแนนด้านรสชาติของไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบต่ำกว่าตัวอย่างอื่นดังเช่นที่อธิบายไว้ข้างต้น

เมื่อพิจารณาคะแนนด้านลักษณะทางกายภาพ (การละลาย) พบว่าไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนความชอบสูงที่สุดคือ 6.48 ซึ่งแตกต่างจากไอศกรีมที่ใช้น้ำมันพืชชนิดอื่นเป็นองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อพิจารณาผลเทียบกับผลทดสอบการละลาย (ตารางที่ 4.5) พบว่ามีความสอดคล้องกัน ซึ่งไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบมีร้อยละการละลายต่ำที่สุดเช่นกัน จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคมีแนวโน้มชอบไอศกรีมที่ละลายได้ช้า สำหรับคะแนนความชอบด้านความเคลือบภายในปาก พบว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนสูงสุด คือ 6.04 และไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับไอศกรีมที่ใช้น้ำมันรำข้าว น้ำมันข้าวโพด และน้ำมันคาโนลาเป็นองค์ประกอบ ส่วนไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนต่ำที่สุด คือ 5.08 ทั้งนี้อาจเกิดจากสมบัติของไอศกรีมเมื่อละลายแล้ว ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม และเมื่อพิจารณาจากตารางที่ 4.1 พบว่าส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมของไอศกรีมที่ใช้น้ำมันแมคคาเดเมียเป็น

องค์ประกอบมีความหนืดต่ำที่สุด จึงอาจทำให้ผู้ทดสอบรับรู้ความรู้สึกว่ามีสิ่งที่เคลือบในปากได้น้อยกว่าตัวอย่างที่ใช้น้ำมันชนิดอื่น ๆ (Amador et al., 2017) จึงอาจส่งผลให้ความชอบของผู้บริโภคต่ำไปด้วย

จากคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส พบว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนสูงที่สุดคือ 6.14 และไม่แตกต่างทางสถิติกับไอศกรีมที่ใช้น้ำมันข้าวโพดเป็นองค์ประกอบ ทั้งนี้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมขึ้นอยู่กับ คุณลักษณะด้านความหนืด และร้อยละการขึ้นฟู เนื่องจากไอศกรีมที่มีความหนืดสูงจะทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นโดยเคลือบลิ้นไว้ทำให้บดบังการรับรู้ของผลึกน้ำแข็ง ส่งผลให้ผู้ทดสอบรู้สึกเนียนภายในปาก (Amador et al., 2017) และไอศกรีมที่มีร้อยละการขึ้นฟูสูง จะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มฟู (จันทิมา ภูงามเงิน และคณะ, 2558) และเมื่อพิจารณาคะแนนด้านความชอบโดยรวม พบว่าไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนรวมสูงที่สุดคือ 6.49 ซึ่งแตกต่างจากไอศกรีมที่ใช้น้ำมันพืชชนิดอื่นเป็นองค์ประกอบอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งคะแนนความชอบโดยรวมที่สูงที่สุดนี้ น่าจะเป็นผลมากจากไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ ได้รับคะแนนด้านความชอบด้านต่าง ๆ สูงที่สุดดังที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น จึงทำให้ผู้บริโภครู้สึกชอบในภาพรวมมากกว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ นั่นเอง

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสนี้ พบว่าไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนด้านกลิ่นรส รสชาติ ลักษณะทางกายภาพ ความเคลือบภายในปาก เนื้อสัมผัสและความชอบโดยรวมสูงที่สุด จึงเลือกมาเป็นตัวอย่างที่ใช้ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดต่อไปในระหว่างการเก็บรักษา

4.4 การวิเคราะห์ทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ

จากการศึกษาสมบัติทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ ซึ่งประกอบด้วย น้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพด:น้ำ = 1.2:1) น้ำมันมะพร้าว น้ำตาลทราย คาร์ราจีแนน กัวร์กัม เกลือแกง และเลซิทิน ร้อยละ (โดยน้ำหนัก) 84.5, 7.00, 8.00, 0.150, 0.150, 0.100 และ 0.100 ตามลำดับ พบว่าตัวอย่างมีองค์ประกอบทางเคมี และองค์ประกอบกรดไขมัน ดังแสดงในตารางที่ 4.7-4.8

ตารางที่ 4.7 องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

องค์ประกอบ	**ร้อยละ**
ความชื้น	76.99
ไขมัน	8.60
โปรตีน	0.79
เถ้า	0.55
คาร์โบไฮเดรต	13.07

จากตารางที่ 4.7 พบว่า ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ มีปริมาณไขมันร้อยละ 8.60 ซึ่งสูงกว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวในสูตร (ร้อยละ 7) เนื่องจากในข้าวโพดหวานมีปริมาณน้ำมันอยู่ร้อยละ 5.78 (Evangelista and Felix, 2020) จึงทำให้ปริมาณไขมันโดยรวมในไอศกรีมมีมากกว่าน้ำมันที่เติมลงไปในสูตร และเมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตไอศกรีมจากน้ำนมข้าวโพดหวาน ซึ่งผลิตจากน้ำนมข้าวโพด (อัตราส่วนข้าวโพดหวาน:น้ำ = 2:1) สารให้ความคงตัว ไขมันพืช แบะแซ นมผง เกลือ และน้ำตาลร้อยละ (โดยน้ำหนัก) 73.2, 0.40, 2.00, 9.00, 12.0, 0.06 และ 3.01 ตามลำดับ พบว่า ไอศกรีมมีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 68.36 ± 0.23, 4.0 ± 0.5, 4.36 ± 0.12, 2.22 ± 1.03 และ 25.13 ± 0.61 ตามลำดับ (รัตพล พนมวัน ณ อยุธยา และ ปัทมา ไทยอู่, 2563) เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยในครั้งนี้พบว่าไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ มีร้อยละความชื้นและไขมันสูงกว่า แต่ร้อยละขององค์ประกอบอื่นต่ำกว่างานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น เนื่องจากไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดมีปริมาณน้ำนมข้าวโพดสูงกว่า (ร้อยละ 84.5) น้ำนมข้าวโพดที่ใช้มีอัตราส่วนข้าวโพด:น้ำต่ำกว่า (1.2:1) และอัตราส่วนไขมันสูงกว่านั่นเอง

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบกรดไขมันของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ

ชนิดกรดไขมัน	**ปริมาณกรดไขมัน (กรัม/100 กรัมตัวอย่าง)**
Saturated Fat	5.56
Caproic acid (C6:0)	0.07
Caprylic acid (C8:0)	0.50
Capric acid (C10:0)	0.35
Lauric acid (C12:0)	2.65
Myristic acid (C14:0)	1.12
Palmitic acid (C16:0)	0.67
Stearic acid (C18:0)	0.19
Arachidic acid (C20:0)	0.01
Unsaturated Fat	0.81
Monounsaturated fatty acid	0.53
Tran-9-Elaidic acid (C18:ln9t)	0.01
Cis-9-Oleic acid (C18:ln9c)	0.52
Polyunsaturated fatty acid	0.28
Cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n6c)	0.27
alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.01

จากผลการทดสอบองค์ประกอบกรดไขมันในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบด้วยวิธีการทดสอบของ AOAC 996.06 (AOAC, 2019) พบว่ากรดไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดไขมันอิ่มตัว โดยมี Lauric acid (C12:0) มากที่สุด รองลงมาคือ Myristic acid (C14:0) และพบกรดไขมันไม่อิ่มตัวทั้งกรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว และที่มีพันธะคู่ตั้งแต่ 2 ตำแหน่งขึ้นไป จากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีพบว่ามีปริมาณไขมันสูงกว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในส่วนผสม ซึ่งปริมาณไขมันที่เกินมานี้มาจากไขมันในน้ำนมข้าวโพด เนื่องจากข้าวโพดมีไขมันเป็นองค์ประกอบอยู่เล็กน้อย กรดไขมันที่ตรวจพบในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบเกือบทุกชนิดตรงกับกรดไขมันที่พบในน้ำมันมะพร้าว ยกเว้น alpha-Linolenic acid (C18:3n3) ซึ่งตรวจพบในไอศกรีมตัวอย่าง ทั้งนี้เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าว พบว่าไม่มีกรดไขมันชนิดนี้เป็นองค์ประกอบ แต่สามารถพบกรดไขมันชนิดนี้ได้ในน้ำมันข้าวโพด ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า alpha-Linolenic acid (C18:3n3) ที่พบในไอศกรีมตัวอย่างมาจากน้ำนมข้าวโพด (Gunstone, 2004) นอกจากนี้ในน้ำมันข้าวโพดยังมีกรดไขมันชนิดอื่น ๆ อีกโดยเฉพาะ Linoleic acid (C18:2) ซึ่งเป็นกรดไขมันหลักในน้ำมันข้าวโพด ซึ่งมีอัตราส่วนมากกว่าร้อยละ 50 ของกรดไขมันทั้งหมด แต่กรดไขมันชนิดนี้จะพบได้น้อยมากในน้ำมันมะพร้าว จึงคาดว่า Linoleic acid ที่ตรวจพบในไอศกรีมตัวอย่างมาจากน้ำนมข้าวโพดเป็นหลัก (Hamid et al., 2011; Carrillo et al., 2017)

4.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบระหว่างการเก็บรักษา

เมื่อนำตัวอย่างไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ผลิตโดยใช้น้ำมันมะพร้าวมาศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีระหว่างการเก็บรักษา โดยทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -11 ± 2 °C และดึงตัวอย่างมาตรวจสอบและวิเคราะห์ผลทุก 2 สัปดาห์ เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าตัวอย่างมีร้อยละการละลาย ส่วนค่าความแข็ง ค่าสี และค่า peroxide ดังแสดงในตารางที่ 4.9-4.12

ตารางที่ 4.9 ร้อยละการละลายของไอศกรีมนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา

ร้อยละการละลายที่เวลา (นาที)	**เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)**				
	0 (3 วัน)	2	4	6	8
0	$0.77^{a} \pm 0.08$	$0.54^{c} \pm 0.05$	$0.71^{ab} \pm 0.16$	$0.64^{abc} \pm 0.07$	$0.55^{bc} \pm 0.04$
5	$16.26^{a} \pm 10.02$	$2.42^{b} \pm 0.18$	$1.66^{b} \pm 0.64$	$2.10^{b} \pm 0.60$	$2.99^{b} \pm 1.44$
10	$32.98^{a} \pm 5.55$	$4.79^{b} \pm 0.83$	$3.85^{b} \pm 0.62$	$3.61^{b} \pm 0.98$	$5.11^{b} \pm 1.32$
15	$56.75^{a} \pm 6.51$	$8.42^{b} \pm 0.77$	$6.28^{b} \pm 0.56$	$6.53^{b} \pm 1.53$	$7.30^{b} \pm 0.70$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.9 ร้อยละการละลายของไอศกรีมนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา (ต่อ)

ร้อยละการละลายที่เวลา (นาที)	เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)				
	0 (3 วัน)	2	4	6	8
20	$72.04^{a} \pm 3.20$	$12.25^{b} \pm 0.66$	$9.60^{b} \pm 0.76$	$9.74^{b} \pm 0.79$	$11.22^{b} \pm 0.53$
25	$93.27^{a} \pm 0.80$	$14.77^{b} \pm 0.71$	$13.04^{c} \pm 0.33$	$11.99^{c} \pm 1.07$	$12.67^{c} \pm 2.74$
30	$94.65^{a} \pm 0.56$	$16.71^{b} \pm 1.21$	$15.28^{bc} \pm 0.30$	$13.38^{c} \pm 1.22$	$14.99^{bc} \pm 0.71$
35	$94.65^{a} \pm 0.56$	$17.87^{b} \pm 1.38$	$17.09^{bc} \pm 0.72$	$14.86^{c} \pm 0.98$	$15.95^{bc} \pm 2.08$
40	-	$19.00^{a} \pm 1.42$	$18.20^{a} \pm 1.16$	$16.02^{b} \pm 1.23$	$17.33^{a} \pm 1.28$
45	-	$19.83^{a} \pm 1.51$	$19.19^{a} \pm 0.69$	$17.10^{b} \pm 1.38$	$18.91^{a} \pm 1.37$
50	-	$20.96^{a} \pm 1.72$	$20.22^{a} \pm 0.52$	$18.22^{b} \pm 1.34$	$20.05^{a} \pm 1.47$
55	-	$22.95^{a} \pm 0.13$	$20.99^{a} \pm 0.60$	$19.29^{b} \pm 1.50$	$21.36^{a} \pm 1.74$
60	-	$24.45^{a} \pm 0.50$	$22.35^{ab} \pm 0.45$	$20.30^{b} \pm 1.47$	$22.14^{b} \pm 1.54$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากผลการทดลองร้อยละการละลายของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.9 พบว่าระยะเวลาในการเก็บรักษามีผลต่อร้อยละการละลายของไอศกรีมอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 วันมีร้อยละการละลายสูงที่สุด โดยไอศกรีมที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 วันมีลักษณะการละลายเป็นของเหลวที่ไม่เกิดการแยกตัว เนื่องจากสารให้ความคงตัวยังทำงานไม่สมบูรณ์ ในขณะที่ไอศกรีมที่ระยะเวลาการเก็บอื่นละลายเป็นน้ำแยกออกจากเจล แสดงถึงสารเพิ่มความคงตัวที่สามารถอุ้มน้ำให้อยู่ในโครงสร้างของไอศกรีมระหว่างการละลายในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 6 และ 8 สัปดาห์ ทำให้ร้อยละการละลายของไอศรีมมีค่าต่ำ โดยไอศกรีมที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2 4 6 และ 8 สัปดาห์มีร้อยละการละลายใกล้เคียงกัน โดยผลการทดลองที่ได้นี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ BaharamParva et al. (2013) ซึ่งศึกษาผลของปริมาณ K-carrageenan ในไอศกรีมและเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติของไอศกรีมวานิลา พบว่าเวลาการเก็บรักษามีผลต่ออัตราการละลาย แต่อัตราการละลายไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญในไอศกรีมที่เก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน โดยทั่วไปเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ร้อยละการละลายจะสูงขึ้น ซึ่งเกิดจากผลึกน้ำแข็งรวมตัวกันระหว่างการเก็บรักษา (recrystallization) ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งส่งผลให้ร้อยละการละลายของไอศกรีมเพิ่มขึ้น (Muse and Hartel, 2004)

ตารางที่ 4.10 ค่าความแข็งของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ความแข็ง (kg)
0	$2.83^{c} \pm 0.04$
2	$2.98^{c} \pm 0.10$
4	$4.73^{a} \pm 0.22$
6	$4.64^{a} \pm 0.28$
8	$3.73^{b} \pm 0.28$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ความแข็งของไอศกรีมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ร้อยละการขึ้นฟูขนาดของผลึกน้ำแข็ง (Muse and Hartel, 2003) ในการศึกษานี้เมื่อเก็บรักษาไอศกรีมที่ -11 ± 2 °C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า ความแข็งของไอศกรีมจะเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการรวมตัวกันของผลึกน้ำแข็งในระหว่างการเก็บรักษา แต่ในสัปดาห์ที่ 8 จะเห็นได้ว่า ค่าความแข็งลดลง (ตารางที่ 4.10) จากการศึกษาของ BaharamParva et al. (2013) ซึ่งศึกษาผลของปริมาณ κ-carrageenan ในไอศกรีมและเวลาการเก็บรักษาต่อสมบัติของไอศกรีมวานิลา พบว่าความแข็งของไอศกรีมเพิ่มขึ้นตามเวลาการเก็บรักษา เนื่องจากการรวมตัวของผลึกน้ำแข็ง (recrystallization of ice) อีกทั้ง Hakiwara and Hartel (1996) ทำการศึกษาผลของสารให้ความหวานและสารให้ความคงตัวต่อการรวมตัวของผลึกน้ำแข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -15.2 °C เป็นเวลา 24 สัปดาห์ พบว่า ขนาดของผลึกน้ำแข็งเพิ่มขึ้นเนื่องจากการรวมตัวกันของผลึกน้ำแข็ง

ตารางที่ 4.11 ค่าสีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	L*	a*	b* ^{ns}	ΔE ^{ns}
0	$83.14^{ab} \pm 0.36$	$0.68^{a} \pm 0.08$	25.11 ± 1.75	-
2	$84.62^{a} \pm 0.66$	$0.62^{a} \pm 0.03$	25.08 ± 0.19	1.49 ± 0.66
4	$83.35^{ab} \pm 1.51$	$0.54^{b} \pm 0.04$	25.25 ± 1.84	1.72 ± 1.16
6	$82.60^{b} \pm 1.14$	$0.47^{b} \pm 0.03$	24.73 ± 1.12	1.36 ± 0.47
8	$82.89^{ab} \pm 0.92$	$0.16^{c} \pm 0.02$	24.53 ± 0.12	1.09 ± 0.31

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

สีของไอศกรีมมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยค่า L* และ a* มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้น แต่ค่า b* และ ΔE ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ดังแสดงในตารางที่ 4.11 ในระหว่างการเก็บรักษา ตัวอย่างมีค่าความสว่างลดลง และมีค่าสีแดงน้อยลง เนื่องจากเกิดการสลายตัวของแคโรทีนอยด์ระหว่างการเก็บรักษา โดยปริมาณแคโรทีนอยด์จะแปรผันกับค่า a* แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่า b* (หิรัญกุล พลรักษ์, 2556) แต่จากการสังเกตโดยผู้วิจัยไม่สามารถเห็นความแตกต่างได้ด้วยตาสอดคล้องกับค่า ΔE โดยค่า ΔE ที่มีค่าระหว่าง 1-2 มีการเปลี่ยนแปลงของสีน้อยมาก ซึ่งสังเกตได้เมื่อทดสอบกับผู้ที่ได้รับการฝึกฝนเท่านั้น และค่า ΔE ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญในระหว่างการเก็บรักษาในสัปดาห์ที่ 2-8 จึงสรุปได้ว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของผลิตภัณฑ์จากการศึกษาของ Park et al. (2015) ซึ่งศึกษาคุณภาพของไอศกรีมพรีเมี่ยมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 -30 -50 และ-70 °C เป็นเวลา 52 สัปดาห์ พบว่าเมื่อเก็บรักษาไอศกรีมวานิลาที่อุณหภูมิ -18 °C และ -30 °C เป็นเวลา 52 สัปดาห์ ค่า L* มีค่าลดลงเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้น ในขณะที่ค่า a* และ b* ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) นอกจากนี้ Kaur et al. (2011) ซึ่งศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -25 °C เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ตัวอย่างไอศกรีมมีค่า L* a* และ b* ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.12 ค่า peroxide ในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษา

เวลาการเก็บรักษา (สัปดาห์)	ค่า peroxide (meq/kg)
0	$3.21^{c} \pm 0.04$
2	$3.53^{c} \pm 0.61$
4	$3.89^{bc} \pm 0.61$
6	$4.62^{b} \pm 0.61$
8	$6.74^{a} \pm 0.62$

ค่าในตารางแสดงในรูปค่าเฉลี่ย ± SD จากการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

a,b,... ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรต่างกันตามแนวตั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เนื่องจากไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบและมีอายุการเก็บรักษาที่นาน ไอศกรีมจึงอาจเกิดการเสื่อมเสียได้จากกลิ่นหืน ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยา oxidation ผู้วิจัยจึงทำการวัดค่า peroxide ระหว่างการเก็บรักษาไอศกรีมเพื่อติดตามการเกิดปฏิกิริยา oxidation และจากการทดลองวัดค่า peroxide ในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ พบว่าค่า peroxide เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ในทุก ๆ 2 สัปดาห์ ดังตารางที่ 4.12 ทั้งนี้อาจเกิดจากบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการเก็บรักษาไอศกรีมไม่ได้มีการป้องกันอากาศผ่านเข้า-ออก อาจทำให้ไอศกรีมมีโอกาสสัมผัสกับอากาศ และเกิดปฏิกิริยา oxidation ได้ ซึ่งค่า peroxide ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ยอมรับได้ ไม่ควรเกิน 15 meq/kg (Gonzalez et al., 2003) จากการทดลองของ Gonzalez et al. (2003) ศึกษาผลขององค์ประกอบของกรดไขมันในไขมันนมต่อคุณภาพของ

เนยและไอศกรีม พบว่าตัวอย่างไอศกรีมนมดัดแปลงกรดไขมันโดยไอศกรีมนมที่มี oleic acid สูงมีค่า peroxide เพิ่มขึ้นจาก 2.91 เป็น 7.77 meq/kg ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน และจากการทดลองของ Kaur et al. (2011) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ -25 °C เป็นเวลา 4 เดือน พบว่า ตัวอย่างไอศกรีมมีค่า peroxide เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 1.580 เป็น 3.588 meq/kg ระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

จากงานวิจัยนี้พบว่า ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันพืชเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว เมื่อพิจารณาลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสแล้วพบว่าไอศกรีมแต่ละสูตรมีลักษณะทางกายภาพและลักษณะทางประสาทสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบได้รับคะแนนความชอบโดยรวมสูงที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในระดับที่ยอมรับได้ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์ ซึ่งสามารถนำความรู้ที่ได้จากงานวิจัยไปประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมโดยทดแทนไขมันนมด้วยน้ำมันมะพร้าวในการผลิตไอศกรีม เพื่อเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคอาหารมังสวิรัติ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

- ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันพืชเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ น้ำมันคาโนลา น้ำมันข้าวโพด น้ำมันมะพร้าว น้ำมันแมคคาเดเมีย และน้ำมันรำข้าว เมื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด ได้แก่ จุดเยือกแข็งและความหนืด ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด ได้แก่ ขนาดเซลล์อากาศ ร้อยละการขึ้นฟู ความแข็ง สี และร้อยละการละลาย และผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส ได้แก่ ด้านสี ด้านกลิ่นรส ด้านรสชาติ ด้านลักษณะทางกายภาพ (การละลาย) ด้านความเคลือบภายในปาก ด้านเนื้อสัมผัส และด้านความชอบโดยรวม พบว่า ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ ได้รับคะแนนด้านความชอบโดยรวมสูงที่สุดซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดสูตรอื่น ๆ นอกจากนี้ ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวมีร้อยละการขึ้นฟูสูงที่สุด และร้อยละการละลายต่ำที่สุด
- ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ดังนี้ ค่า peroxide และความแข็งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และสีของไอศกรีมมีค่า ΔE ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- ควรเพิ่มโปรตีนหรือสารอาหารอื่น ๆ ลงในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดเพื่อเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ
- ควรเก็บไอศกรีมที่อุณหภูมิคงที่ที่ -18 °C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษาไอศกรีม
- ควรเพิ่มระยะเวลาการศึกษาการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาเพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของไอศกรีมที่ชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

จันทนา สันทัดพร้อม, วิจิตรา เรียนชาลี, นพวรรณ เกตุใหม่, รุ่งโรจน์ องอาจ และ เพลงพิณ เพียรภูมิพงศ์. (2559). น้ำนมข้าวโพดผลิตจากข้าวโพดหวานพันธุ์สตาร์. ใน เอกสาร การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสถาปัตยกรรมศาสตร์ ครั้งที่ 7, หน้า 548-551. 25-26 กรกฎาคม 2559. นครราชสีมา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

จันทิมา ภูงามเงิน, ณัฐธยาน์ ชูสุข, นฤมล นามซุย และ สุวรรณา ไชโย. (2558). ผลของสารเพิ่มความคงตัวบางชนิดต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด. วารสารมหาวิทยาลัยศรีนครินวิโรฒ 7: 1-14.

จิราภรณ์ สุชินพงพันธ์. (2557). ผลของการเติมน้ำมันรำข้าวก่ำสกัดต่อคุณสมบัติของไอศกรีมดัดแปลงข้าวก่ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ฐานข้อมูลส่งเสริมและยกระดับคุณภาพสินค้า OTOP. (2556). ข้าวโพด. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก http://otop.dss.go.th/index.php/en/knowledge/informationrepack/319-corn?showall=1&limitstart=.

ถนอมดวง แซ่ลี้. (2549). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดัดแปลงจากโปรตีนถั่วเหลืองและไขมันพืช. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ธิดาวัลย์ โพธิ์จิตร. (2551). ผลของชนิดของโปรตีนนมและอิมัลซิไฟเออร์ต่อความคงตัวและคุณภาพของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมและไอศกรีม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

บงกชมาศ โสภา. (2563). ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดหวาน. ค้นเมื่อ 19 พฤษภาคม 2564 จาก https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=59419.

ภัทรา กุลกิจวโรภาส. (2540). การพัฒนาไอศกรีมลดพลังงานกลิ่นรสผลไม้ไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน. น้ำนมข้าวโพด. มผช.124/2554.

รัตนพล พนมวัน ณ อยุธยา และ ปัทมา ไทยอู่. (2563). การผลิตไอศกรีมจากน้ำนมข้าวโพดหวาน. ใน เอกสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ครั้งที่ 4, หน้า 584-592. 23-24 เมษายน 2563. พระนครศรีอยุธยา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

วราลักษณ์ คงเจียมศิริ. (2552). การพัฒนาไอศกรีมลูกเดือย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

วัชรินทร์ ซุ้นสุวรรณ. (2554). ข้าวโพด (Corn, Maize : *Zea mays*). ค้นเมื่อ 26 เมษายน 2564, จาก http://www.natres.psu.ac.th/Department/PlantScience/510-211/pages/corn.htm.

ศิวัฒ ไทยอุดม. (2563). ผลของน้ามันมะพร้าวบริสุทธิ์ในการใช้เป็นสารทดแทนมันเนยต่อคุณภาพ ของไอศกรีมที่มีปริมาณน้ำตาลแล็กโทสต่ำ. รายงานวิจัยสำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ศุกฤตย์ ไทยอุดม. (2550). ผลของสัดส่วนไขมันนมต่อน้ำมันถั่วเหลืองและเวลาในการตีปั่นไอศกรีมต่อคุณภาพของไอศกรีม. Songklanakarin Journal of Science and Technology. 29(1): 191-204.

สมลักษณ์ เนาวรัตน์พนมมาศ. (2538). การผลิตและการใช้กลูโคสไซรัปจากสตาร์ชข้าวโพดในไอศกรีม. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2558). ข้าวโพด: การจำแนกชนิดข้าวโพด. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=8879.

สำนักสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนโดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. (2556). ประวัติของข้าวโพดในประเทศไทย. ค้นเมื่อ 1 กันยายน 2563, จาก http://saranukromthai.or.th/sub/book/book.php?book=3&chap=2&page=t3-2-infodetail04.html.

หิรัญกุล พลรักษ์. (2556). การศึกษาปริมาณสารเบต้าแคโรทีนในฟักทองของไทย และต่างประเทศ ที่ปลูกในพื้นที่อำเภอกำแพงแสน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

อัญชัน ชุณหะหิรัณย์. (2552). การใช้เมล็ดประร่วมกับมอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมันในไอศกรีม. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

อุมาพร มีเดช, น้องนุช ศิริวงศ์ และ ศิริพร เรียบร้อย. (2556). ผลของชนิดของไขมันต่อคุณภาพททางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมดัดแปลง. ใน บทความวิจัยเสนอในการประชุมหาดใหญ่วิชาการ ครั้งที่ 4 เรื่อง “การวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมไทย”, หน้า 56-64. 10 พฤษภาคม 2556. สงขลา. มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

ภาษาอังกฤษ

Amador, J., Hartel, R., and Rankin, S. (2017). The Effects of Fat Structures and Ice Cream Mix Viscosity on Physical and Sensory Properties of Ice Cream. Journal of Food Science. 82(8): 1851-1860.

AOAC International. (2012a). Official Methods of Analysis, Method 941.08, Total Solid in Ice Cream and Frozen Dessert. (19th edition). MD, USA: Gaithersburg. Chapter 45, pp 35-57.

AOAC International. (2012b). Official Methods of Analysis, Method 930.33, Kjeldahl method. method. (19th edition). MD, USA: Gaithersburg. Chapter 33, pp 97.

AOAC International. (2012c). Official Methods of Analysis, Method 945.46, Ash method. method. (19th edition). MD, USA: Gaithersburg. Chapter 45, pp 35-37.

Arbuckle, W. (1986). Ice cream. Boston: Springer, 483 pp.

BahramParvar, M., Mazaheri, T. M., and Razavi, S. (2013). Effects of a novel stabilizer blend and presence of K-carrageenan on some properties of vanilla ice cream during storage. Food Bioscience. 3: 10-18.

Bolliger, S., Kornbrust, B., and Goff, H.D. (2000). In fluence of emulsifiers on ice cream produced by conventional freezing and low temperature extrusion processing. International Dairy Journal. 10: 497-504.

Carrillo, W., Carpió, C., Morales, D., Vilcacundo, E., Alvarez, W., and Silva, M. (2017). Content of fatty acids in corn (*Zea mays* L.) oil from Ecuador. Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research. 10(8): 150-153.

Cheng, J., Eyituoyo, D., Li, X., and Yan, T. (2020). Effect of emulsifier-fat interactions and interfacial competitive adsorption of emulsifiers with proteins on fat crystallization and stability of whipped-frozen emulsions. Food Hydrocolloids. 101: 1-11.

Cheong, L., and Xu, X. (2019). Rice bran and rice bran oil. London: Academic press, 315 pp.

Choo, S.Y., Leong, S.K., and Henna Lu, F. (2010). Physicochemical and sensory properties of ice cream formulated with virgin coconut oil. Food Science and Technology International. 16(6): 531-541.

Clarke, C. (2004). The science of ice cream. The Royal Society of Chemistry. 204 pp.

Cottrell, J., Pass, G., and Phillips, G. (1980). The effect of stabilizers on the viscosity of an ice cream mix. Journal of The Science of Food and Agriculture. 31(10): 1066-1070.

Evangelista, C. G., and Felix, A. (2020). Physical characteristics and proximate composition of three commercial shrunken 2 Varieties of sweet corn in the Philippines as influenced by harvest maturit. Asian Journal of Agriculture and Food Sciences. 8(5): 129-135.

Fasina, O.O., Craig-Schmidt, M., Colley, Z., and Hallman, H. (2007). Predicting melting characteristics of vegetable oils from fatty acid composition. LWT - Food Science and Technology. 41: 1501-1505.

Food and Agricultural Organization of the United Nations. (2003). Food energy–methods of analysis and conversion factors. Retrieved October 10, 2020 from http://www.fao.org/3/y5022e/y5022e00.htm.

Garg, M., Blake, R., and Wills, R. (2003). Macadamia nut consumption lowers plasma total and LDL cholesterol levels in hypercholesterolemic men. The Journal of Nutrition. 133(4): 1060-1063.

Goff, H., and Hartel, R. (2013). Ice cream (7th edition). New York: Springer, 462 pp.

Gonzalez, S., Duncan, S.E., O'Keefe, S.F., Sumner, S.S., and Herbein, J.H. (2003). Oxidation and textural characteristics of butter and ice cream with modified fatty acid profiles. Journal of Dairy Science. 86: 70–77.

Granger, C., Leger, A., Barey, P., Langendorff, V., and Cansell, M. (2005). Influence of formulation on the structural networks in ice cream. International Dairy Journal. 15: 255-262.

Gunstone, F. (2011). Vegetable oils in food technology. (2nd edition). Hoboken: Wiley-Blackwell, 376 pp.

Hagiwara, T., and Hartel, R.W. (1996). Effect of sweetener, stabilizer, and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. Journal of Dairy Science. 76(5): 735-744.

Hamid, M.A., Sarmidi, M.R., Mokhtar T.H., Sulaiman, W.R.W., and Aziz, R.A. (2011). Innovative integrated wet process for virgin coconut oil production. Journal of Applied Sciences. 11: 2467-2469.

Hayes, K. (2002). Dietary fat and heart health: In search of the ideal fat. Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition. 11(s): S394-S400.

Jennings, B.H., and Akoh, C.C. (2009). Characterization of a rice bran oil structured lipid. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 57: 3346-3350.

Kaur, D., Wani A.A., Singh, D.P., and Sogi, D.S. (2011). Shelf life enhancement of butter, ice cream, and mayonnaise by addition of lycopene. International Journal of Food Properties. 14(6): 1217–1231.

Koxholt, M.M.R., Eisenmann, B., and Hinrichs, J. (2001). Effect of the fat globule sizes on the meltdown of ice cream. Journal of Dairy Science, 84: 31-37.

Laura, N. (2018). Types of corn. Retrieved April 26, 2021 from https://www.nativeseeds.org/blogs/blog-news/types-of-corn.

Lin, L., Allemekinders, H., Dansby, A., Campbell, L., Durance-Tod, S., Berger, A., and Jones, P. (2013). Evidence of health benefits of canola oil. Nutrition Reviews. 71(6): 370-385.

Maguire, L., O'Sullivan, S., Galvin, K., O'Connor, T., and O'Brien, N. (2004). Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. International Journal of Food Sciences and Nutrition. 55(3): 171-178.

Marina, A., Che Man, Y., Nazimah, S., and Amin, I. (2009). Chemical properties of virgin coconut oil. Journal of the American Oil Chemists' Society. 86(4): 301-307.

Marín-Suárez, M., García-Moreno, P., Padial-Domínguez, M., Guadix, A., and Guadix, E. (2016). Production and characterization of ice cream with high content in oleic and linoleic fatty acids. European Journal of Lipid Science and Technology. 118(12): 1846-1852.

Marshall, R.T., and Arbuckle, W.S. (1996). Ice Cream (5th edition). New York: Chapman and Hall, 364 pp.

Marshall, R.T., Goff, H.D., and Hartel, R.W. (2003). Ice Cream(6th edition). New York: Plenum Publishing, 371 pp.

Moreau, R., Lampi, A., and Hicks, K. (2009). Fatty acid, phytosterol, and polyamine conjugate profiles of edible oils extracted from corn germ, corn fiber, and corn kernels. Journal of the American Oil Chemists' Society. 86(12): 1209-1214.

Muse, M. R., and Hartel, R. W. (2004). Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. Journal of Dairy Science. 87: 1-10.

Nadeem, M., Abdullah, M., and Ellahi, M.Y. (2010). Effect of incorporating rape seed oil on quality of ice cream. Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism. 3: 121-126.

Nazaruddin, R., Syaliza, A., and Wan Rosnani, A. (2008). The effect of vegetable fat on the physicochemical characteristics of dates ice cream. International Journal of Dairy Technology. 61(3): 265-269.

Ostlund, R., Racette, S., Okeke, A., and Stenson, W. (2002). Phytosterols that are naturally present in commercial corn oil significantly reduce cholesterol absorption in humans. The American Journal of Clinical Nutrition. 75(6): 1000-1004.

Park, S.H., Jo, Y.J., Chun, J.Y., and Hong, G.P. (2015). Effect of frozen storage temperature on the quality of premium ice cream. Korean Journal for Food Science of Animal Resources. 35(6): 793-799.

Ruger, P., Baer, R., and Kasperson, K. (2002). Effect of double homogenization and whey concentrate on the texture of ice cream. Journal of dairy science. 85(7): 1684-1692.

Salar, A., Faghih, S., and Pishdad, G. (2016). Rice bran oil and canola oil improve blood lipids compared to sunflower oil in women with type 2 diabetes: A randomized, single-blind, controlled trial. Journal of Clinical Lipidology. 10(2): 299-305.

Schmidt, K., and Smith, D. (1992). Rheological Properties of Gum and Milk Protein Interactions. Journal of Dairy Science. 75(1): 36-42.

Siyuan, S., Tong, L., and RuiHai, L. (2018). Corn phytochemicals and their health benefits. Food science and human wellness. 7(3): 185-195.

Sofjana, R.P., and Hartel, R.W. (2004). Effects of overrun on structural and physical characteristics of ice cream. International Dairy Journal. 14: 255-262.

Srivastava, Y., Semwal, A.D., Sajeevkumar,V.A., and Sharma, G.K. (2017). Melting, crystallization and storage stability of virgin coconut oil and its blends by differential scanning calorimetry (DSC) and Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR). Journal of Food Science and Technology. 54(1): 45-54.

Strayer, D. (2006). Food fats and oils (9th edition). Washington, DC: Institute of shortening and edible oils, 357 pp.

Syaliza, A.S., Nazaruddin, R., and Wan Rosnani, A.I. (2007). Influence of the fat characteristics on the physicochemical behavior of ice cream. Retrieved June 11, 2021 from https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MY2015000089.

The IFRA analytical working group. (2019). Determine of the peroxide value. Retrieved April 12, 2021 from https://ifrafragrance.org/docs/default-source/guidelines/20190910-revised-ifra-analytical-method-on-peroxide-value.pdf?sfvrsn=c4a931e2_0.

U.S Department of Health and Human Services. (2011). Grade a pasteurized milk ordinance. Retrieved October 17, 2020 from https://www.fda.gov/media/114169/download.

Vargas-Bello-Pérez, E., Cancino-Padilla, N., Geldsetzer-Mendoza, C., Vyhmeister, S., Morales, M., Leskinen, H., Romero, J., Garnsworthy, P. C., and Ibáñez, R. A. (2019). Effect of feeding cows with unsaturated fatty acid sources on milk production, milk composition, milk fatty acid profile, and physicochemical and sensory characteristics of ice cream. Animals. 9(8): 568-581.

Yalcin, H., Toker, O. S., and Dogan, M. (2012). Effect of oil type and fatty acid composition on dynamic and steady shear rheology of vegetable oils. Journal of Oleo Science. 61(4): 181-187.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

ก.1 ของแข็งทั้งหมดในไอศกรีม จาก AOAC official method 941.08 (2012)

ชั่งตัวอย่างไอศกรีมประมาณ 2 กรัม ในจานก้นแบนเพื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำตัวอย่างไปให้ความร้อนบน water bath เป็นเวลา 30 นาที และนำเขาเตาอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 3.5 ชั่วโมง เพื่อระเหยของเหลวทั้งหมดออกจากตัวอย่าง เก็บตัวอย่างให้เย็นใน desiccator และนำมาชั่งน้ำหนัก ปริมาณของแข็งทั้งหมดในตัวอย่างและร้อยละความชื้นคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ร้อยละของแข็งทั้งหมด (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักของแข็งทั้งหมด}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละความชื้น (w/w)} = 100 - \text{ร้อยละของแข็งทั้งหมด (w/w)}$$

ก.2 ปริมาณไขมันในไอศกรีม จาก AOAC official method 952.06 (2012)

วิเคราะห์หาปริมาณไขมันในไอศกรีมด้วยวิธี modified Mojonnier method และใช้ ether ในการสกัดไขมัน ชั่งตัวอย่างไอศกรีมน้ำหนัก 4-5 กรัม ใน Mojonnier flask และจดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน เติม deionized water 10 ml และ ammonium hydroxide 2 ml นำตัวอย่างไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 20 นาที และทำการเขย่าบางเป็นครั้งคราว นำตัวอย่างหลังจากให้ความร้อนและทิ้งไว้ให้เย็นเติม 95% ethanol 10 ml หลังจากนั้นทำการสกัดไขมันออกจากตัวอย่างโดยเติม diethyl ether 25 ml และ petroleum ether 25 ml ทิ้งให้เกิดการแยกชั้น และเทแยกสารละลายส่วนบนลงใน flat bottom flask ทำการสกัดทั้งหมด 3 ครั้ง จากนั้นทำการระเหยตัวทำละลายใน flat bottom flask ออกโดยใช้ rotary evaporator และนำ flat bottom flask อบในเตาอบที่อุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 30 นาที นำ flat bottom flask ทิ้งให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนัก ร้อยละของไขมันในไอศกรีมคำนวณได้จากสมการดังนี้

$$\text{ร้อยละไขมัน (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักไขมัน}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ก.3 ปริมาณโปรตีนในไอศกรีมจาก AOAC official method 930.33 (2012)

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนในตัวอย่างไอศกรีมด้วยวิธี Kjeldahl method โดยชั่งตัวอย่างไอศกรีมน้ำหนัก 4-5 กรัม ใน Kjeldahl flask และจดบันทึกน้ำหนักที่แน่นอน เติม Potassium sulfate 2.5 กรัม และ Copper sulfate 0.4 กรัม เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 25 ml ทำการย่อยจนกระทั่งสารละลายใส ตั้งงทิ้งไว้ให้เย็นและเติมน้ำกลั่น 25 ml ทำการกลั่นด้วยเครื่อง Kjeldahl apparatus โดยเติมสารละลาย 40% (w/v)

sodium hydroxide 100 ml เพื่อเปลี่ยน ammonium sulfate ในสารละลายให้เป็นแก๊สแอมโมเนีย และดักไว้โดยสารละลาย 4% (w/v) boric acid 150 ml ซึ่งเปลี่ยนแก๊สแอมโมเนียเป็น ammonium borate นำสารละลาย ammonium borate มาไทเทรตกับ 0.1N sulfuric acid โดยใช้ methyl red เป็นอินดิเคเตอร์ และจดบันทึกปริมาตรของ sulfuric acid ที่ใช้ในการไทเทรตเพื่อคำนวณปริมาตรโปรตีนดังสมการนี้

$$\text{ร้อยละโปรตีน (\%w/w)} = \frac{\mathbf{0.014} \times N \times V \times Emirical\ factor}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

โดย

N = Normality of sulfuric acid = 0.1

V = ml of sulfuric acid ที่ใช้ในการไทเทรต

Empirical factor = 6.25

ก.4 ปริมาณเถ้าในในไอศกรีม ดัดแปลงจาก AOAC official method 945.46 (2012)

ชั่งตัวอย่างไอศกรีมประมาณ 2 กรัม ในจานก้นแบนเพื่อทราบน้ำหนักที่แน่นอน นำตัวอย่างไปให้ความร้อนบน water bath ที่อุณหภูมิ 40 °C เป็นเวลา 30 นาที นำตัวอย่างไปเผาบนเตา จนกระทั้งหมดควัน และนำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 550 °C จนกระทั้งตัวอย่างเป็นสีขาว นำตัวอย่างออกจากเตาเผา ทิ้งให้เย็นใน desiccator และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน คำนวณร้อยละเถ้าในไอศกรีมจากสมการดังนี้

$$\text{ร้อยละเถ้า (w/w)} = \frac{\text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

ก.5 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013)

คำนวณร้อยละคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดจากสมการดังนี้

ร้อยละคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (w/w) = 100 – (ร้อยละความชื้น + ร้อยละไขมัน + ร้อยละโปรตีน + ร้อยละเถ้า)

ภาคผนวก ข.

แบบประเมิน

แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 9-point hedonic scale

ตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด

ชื่อ ..... วันที่ .....

อายุ ..... เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง

<u>คำชี้แจง</u> กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวา และให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะ ที่ตรงกับความรู้สึกชอบของท่าน ตามคำอธิบายความชอบข้างล่างนี้

9 = ชอบมากที่สุด	6 = ชอบเล็กน้อย	3 = ไม่ชอบปานกลาง
8 = ชอบมาก	5 =เฉยๆ	2 = ไม่ชอบมาก
7 = ชอบปานกลาง	4 = ไม่ชอบเล็กน้อย	1 = ไม่ชอบมากที่สุด

* กรุณาเว้นระยะห่างระหว่างการชิมตัวอย่าง 30 วินาที โดยการบ้วนปากด้วยน้ำ

** ความเคลือบภายในปาก คือ ความรู้สึกว่ามีอะไรตกค้างหลังกลืนตัวอย่าง

รหัสตัวอย่าง	.....	.....	.....	.....	.....
กลิ่น					
สี					
รสชาติ					
ลักษณะทางกาภาพ (การละลาย)					
ความเคลือบภายในปาก**					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค.

รายละเอียดโครงการการเรียนการสอนเพื่อเสริมประสบการณ์

ปีงบประมาณ 2563

ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อโครงการ ผลของน้ำมันพืชต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด
(Effect of vegetable oils on quality of corn milk ice cream)

ชื่อนิสิตเข้าร่วมโครงการ หัวหน้าโครงการ นางสาว พนิตพิชา มะมา 6032542823
ผู้ร่วมโครงการ 1. นางสาว ธนพร บำรุงตระกูล 6032523923
2. นางสาว มนฐิติ กุนทรวรินทร์ 6032554323

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ผศ.ดร. อินทาวุธ สรรพวรสถิตย์

มูลเหตุจูงใจ

ในปีพ.ศ. 2561 ตลาดไอศกรีมในประเทศไทยมีมูลค่าประมาณ 16,000 ล้านบาท ซึ่งเติบโตขึ้นร้อยละ 7.2 จากปีพ.ศ. 2560 และมีแนวโน้มที่จะปรับตัวสูงขึ้นอีกเรื่อย ๆ (ศูนย์อัจฉริยะเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร, 2562) ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลให้ตลาดไอศกรีมในประเทศไทยมีการเติบโต เนื่องจากสภาพอากาศที่ค่อนข้างร้อน และด้วยคุณสมบัติของไอศกรีมที่มีความเย็น ความหวาน ทำให้ผู้บริโภครู้สึกสดชื่นเมื่อรับประทาน ไอศกรีมจึงเป็นที่นิยม วัตถุดิบหลักในการผลิตไอศกรีมคือ นม ทำให้ผู้บริโภคที่แพ้นม ไม่สามารถบริโภคได้ และปัจจุบันการบริโภคอาหารมังสวิรัติกำลังได้รับความสนใจ จึงเป็นเหตุผลให้ผู้วิจัยคิดที่จะพัฒนาไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดขึ้น ซึ่งน้ำนมข้าวโพดเป็นทางเลือกหนึ่งของกลุ่มคนที่รักสุขภาพ เนื่องจากในข้าวโพดมีสารต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้สารสีเหลืองในข้าวโพด เช่น ลูทีน และซีแซนทีน ช่วยในการชะลอปัญหาจอประสาทตาเสื่อม (หน่วยสารสนเทศมะเร็ง, 2553) และน้ำนมข้าวโพดยังเหมาะกับผู้บริโภคที่แพ้นม รวมถึงผู้บริโภคมังสวิรัติแต่แพ้ถั่วอีกด้วย และในไอศกรีมยังมีอีกส่วนผสมหนึ่งที่สำคัญคือไขมัน โดยทำหน้าที่ให้ความรู้สึกเป็นครีม เนื้อสัมผัสเรียบเนียน และช่วยให้ไอศกรีมคงรูปได้ ไขมันในไอศกรีมนิยมใช้ในรูปของครีม หรือเนย โดยในไอศกรีมสำหรับมังสวิรัติมีการใช้น้ำมันพืชเป็นตัวเลือกหนึ่งแทนครีม หรือเนย ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาผลของน้ำมันพืชสำหรับบริโภคชนิดต่าง ๆ ที่มีองค์ประกอบของกรดไขมันแตกต่างกัน ซึ่งองค์ประกอบของกรดไขมันที่แตกต่างกันนี้อาจส่งผลต่อสี ขนาดอนุภาคของไขมัน ความหนืด และการยอมรับของผู้บริโภค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของชนิดของน้ำมันพืชต่อสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติกายภาพและเคมีของไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 สัปดาห์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรไอศกรีมข้าวโพดที่มีสมบัติที่ดีและได้รับการยอมรับจากผู้บริโภค
2. ทราบถึงสมบัติทางกายภาพ เคมีและประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ผลิตจากน้ำมันพืชแต่ละชนิด

วิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	เดือนที่ทำการทดลอง											
	พ.ศ.2563										พ.ศ.2564	
	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ	←	—	→									
วิเคราะห์ข้อมูลและวางแผนการทดลอง		←	—	—	→							
ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง						←	—	—	—	→		
วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองที่ได้จัดทำรายงานและเสนอผลงานวิจัย									←	—	—	→

รายละเอียดการดำเนินการ

1. ค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
2. วางแผนการวิจัย
3. เตรียมวัตถุดิบ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย
4. เตรียมไอศกรีมตามสูตร โดยใช้น้ำมันพืชที่แตกต่างกัน 5 ชนิด ดังต่อไปนี้
   - 4.1 น้ำมันมะพร้าว
   - 4.2 น้ำมันแมคคาเดเมีย
   - 4.3 น้ำมันข้าวโพด
   - 4.4 น้ำมันรำข้าว
   - 4.5 น้ำมันคาโนลา
5. วิเคราะห์สมบัติของส่วนผสมไอศกรีมหลังบ่ม

6. วิเคราะห์สมบัติทางเคมี ทางกายภาพ จุลชีววิทยา และประสาทสัมผัสของไอศกรีมแต่ละสูตรที่เตรียมได้โดยการทดลอง 3 ซ้ำ
7. คัดเลือกไอศกรีมสูตรที่ดีที่สุดหนึ่งสูตรจากผลการวิเคราะห์สมบัติทางประสาทสัมผัส ข้อ 7.4 นำมาวิเคราะห์สมบัติระหว่างการเก็บรักษาโดยเก็บไอศกรีมที่อุณหภูมิ -18 °C เป็นเวลา 3 เดือน สุ่มตรวจวิเคราะห์ทุก 15 วัน
8. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติขององค์ประกอบทางเคมี สมบัติทางเคมี กายภาพ และจุลชีววิทยา โดยออกแบบการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) และสมบัติทางประสาทสัมผัสออกแบบการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย analysis of variance (ANOVA) และหาความแตกต่างโดยใช้ Duncan's new multiple range test (DNMRT) ที่ความเชื่อมั่นทางสถิติ ร้อยละ 95
9. สรุปผลการทดลอง จัดทำรายงาน และนำเสนองานวิจัย

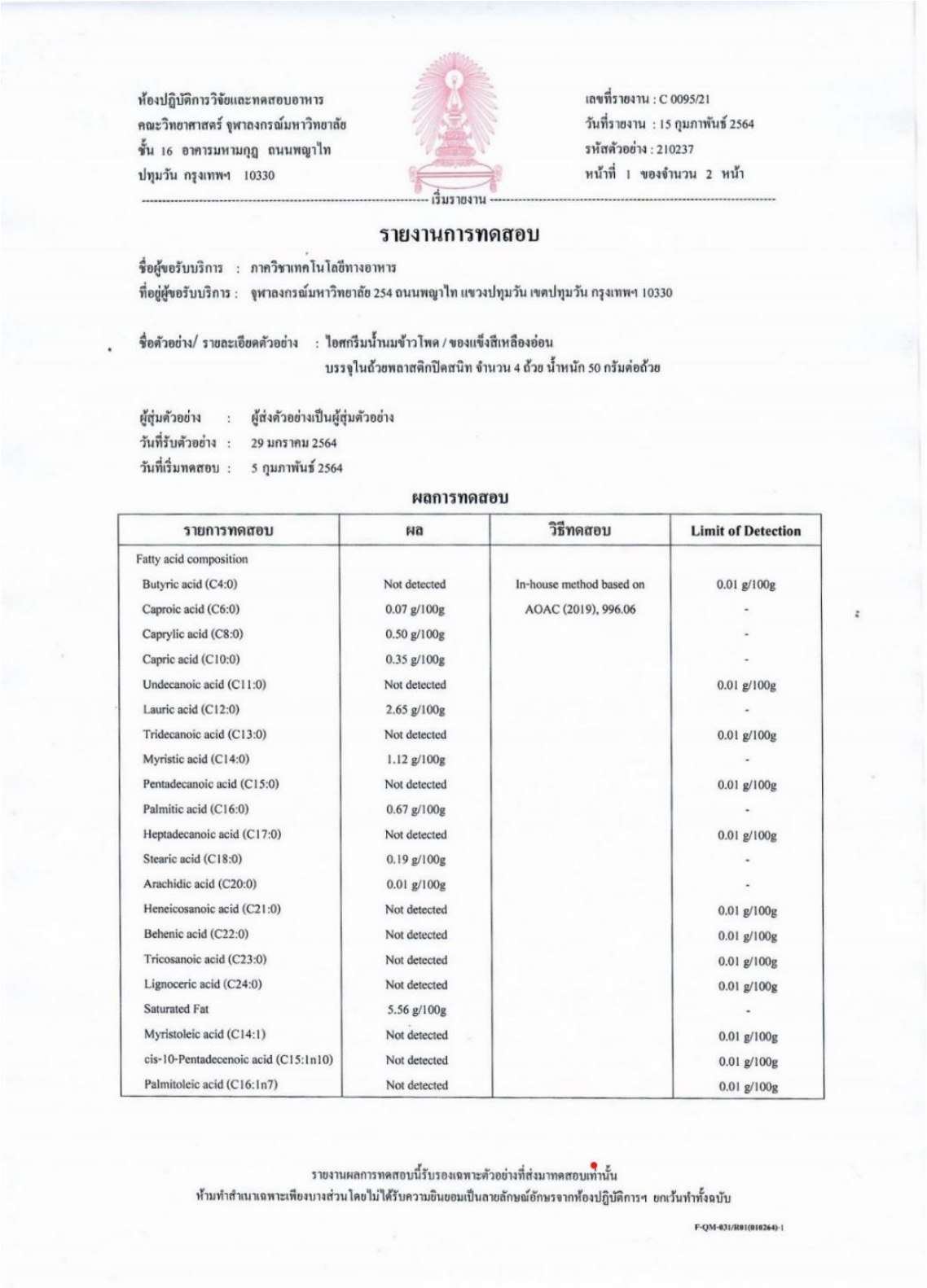
งบประมาณในการดำเนินงานวิจัย

1. หมวดค่าใช้จ่ายทั่วไป
   - 2.1 ค่าเดินทางในการจัดหาวัตถุดิบและข้อมูล 400 บาท
   - 2.2 ค่าสำเนาเอกสารจากการรายงานและสิ่งพิมพ์อ้างอิง 100 บาท
2. วัตถุดิบและอุปกรณ์
   - 1.1 ข้าวโพด 700 บาท
   - 1.2 น้ำมัน
     - น้ำมันมะพร้าว 240 บาท
     - น้ำมันแมคคาเดเมีย 500 บาท
     - น้ำมันรำข้าว 240 บาท
     - น้ำมันคาโนลา 150 บาท
     - น้ำมันข้าวโพด 200 บาท
   - 1.3 น้ำตาลทราย 240 บาท
   - 1.4 เกลือ 22 บาท
   - 1.5 สารให้ความคงตัว
     - โลคัสบีนกัม 225 บาท
     - กัวร์กัม 160 บาท
     - คาร์ราจีแนน 370 บาท
   - 1.6 ภาชนะสำหรับใส่วัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ 500 บาท
   - 1.7 สารเคมีและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ 6,000 บาท

รวมทั้งหมด 10,047 บาท

ภาคผนวก ง.

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบกรดไขมันในไอศกรีมน้ำนมข้าวโพดที่ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นองค์ประกอบ



ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 16 อาคารมหามกุฎ ถนนพญาไท
ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

เลขที่รายงาน : C 0095/21
วันที่รายงาน : 15 กุมภาพันธ์ 2564
รหัสตัวอย่าง : 210237
หน้าที่ 1 ของจำนวน 2 หน้า

เริ่มรายงาน

รายงานการทดสอบ

ชื่อผู้ขอรับบริการ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร
ที่อยู่ผู้ขอรับบริการ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 254 ถนนพญาไท แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

ชื่อตัวอย่าง/ รายละเอียดตัวอย่าง : ไอศกรีมน้ำนมข้าวโพด / ของแข็งสีเหลืองอ่อน
บรรจุในถ้วยพลาสติกปิดสนิท จำนวน 4 ถ้วย น้ำหนัก 50 กรัมต่อถ้วย

ผู้สุ่มตัวอย่าง : ผู้ส่งตัวอย่างเป็นผู้สุ่มตัวอย่าง
วันที่รับตัวอย่าง : 29 มกราคม 2564
วันที่เริ่มทดสอบ : 5 กุมภาพันธ์ 2564

ผลการทดสอบ

รายการทดสอบ	ผล	วิธีทดสอบ	Limit of Detection
Fatty acid composition			
Butyric acid (C4:0)	Not detected	In-house method based on	0.01 g/100g
Caproic acid (C6:0)	0.07 g/100g	AOAC (2019), 996.06	-
Caprylic acid (C8:0)	0.50 g/100g		-
Capric acid (C10:0)	0.35 g/100g		-
Undecanoic acid (C11:0)	Not detected		0.01 g/100g
Lauric acid (C12:0)	2.65 g/100g		-
Tridecanoic acid (C13:0)	Not detected		0.01 g/100g
Myristic acid (C14:0)	1.12 g/100g		-
Pentadecanoic acid (C15:0)	Not detected		0.01 g/100g
Palmitic acid (C16:0)	0.67 g/100g		-
Heptadecanoic acid (C17:0)	Not detected		0.01 g/100g
Stearic acid (C18:0)	0.19 g/100g		-
Arachidic acid (C20:0)	0.01 g/100g		-
Heneicosanoic acid (C21:0)	Not detected		0.01 g/100g
Behenic acid (C22:0)	Not detected		0.01 g/100g
Tricosanoic acid (C23:0)	Not detected		0.01 g/100g
Lignoceric acid (C24:0)	Not detected		0.01 g/100g
Saturated Fat	5.56 g/100g		-
Myristoleic acid (C14:1)	Not detected		0.01 g/100g
cis-10-Pentadecenoic acid (C15:1n10)	Not detected		0.01 g/100g
Palmitoleic acid (C16:1n7)	Not detected		0.01 g/100g

รายงานผลการทดสอบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาทดสอบเท่านั้น
ห้ามทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการฯ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

F-QM-031/R01(010264)-1

รูปที่ ง.1 รายงานการทดสอบองค์ประกอบกรดไขมัน

ห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบอาหาร
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ชั้น 16 อาคารมหามกุฎ ถนนพญาไท
ปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

เลขที่รายงาน : C 0095/21
วันที่รายงาน : 11 กุมภาพันธ์ 2564
รหัสตัวอย่าง : 210237
หน้าที่ 2 ของจำนวน 2 หน้า

เริ่มรายงาน

รายงานการทดสอบ (ต่อ)

ผลการทดสอบ (ต่อ)

รายการทดสอบ	ผล	วิธีทดสอบ	Limit of Detection
cis-10-Heptadecenoic acid (C17:1n10)	Not detected		0.01 g/100g
trans-9-Elaidic acid (C18:1n9t)	0.01 g/100g		-
cis-9-Oleic acid (C18:1n9c)	0.52 g/100g		-
cis-11-Eicosenoic acid (C20:1n11)	Not detected		0.01 g/100g
Erucic acid (C22:1n9)	Not detected		0.01 g/100g
Nervonic acid (C24:1n9)	Not detected		0.01 g/100g
Monounsaturated fatty acid	0.53 g/100g		-
trans-Linolelaidic acid (C18:2n6t)	Not detected		0.01 g/100g
cis-9,12-Linoleic acid (C18:2n6c)	0.27 g/100g		-
gamma-Linolenic acid (C18:3n6)	Not detected		0.01 g/100g
alpha-Linolenic acid (C18:3n3)	0.01 g/100g		-
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	Not detected		0.01 g/100g
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3n6)	Not detected		0.01 g/100g
cis-11,14,17-Eicosatrienoic acid (C20:3n3)	Not detected		0.01 g/100g
Arachidonic acid (C20:4n6)	Not detected		0.01 g/100g
cis-13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	Not detected		0.01 g/100g
cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic acid (C20:5n3)	Not detected		0.01 g/100g
4,7,10,13,16,19-Docosahexaenoic acid (C22:6n3)	Not detected		0.01 g/100g
Polyunsaturated fatty acid	0.28 g/100g		-
Unsaturated Fat	0.81 g/100g		-

หมายเหตุ : -

สิ้นสุดรายงาน

ลงชื่อ .....
(นางวิไล ประยูรหงษ์)
ผู้จัดการด้านวิชาการ
ห้องปฏิบัติการเคมี

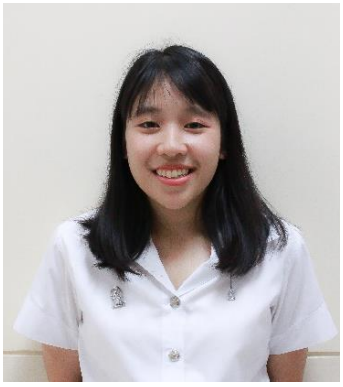
อนุมัติ โดย
ลงชื่อ .....
(นางสาวบุษบา วงศ์ลา)
ผู้อำนวยการ (แทน)

รายงานผลการทดสอบนี้รับรองเฉพาะตัวอย่างที่ส่งมาทดสอบเท่านั้น
ห้ามทำสำเนาเฉพาะเพียงบางส่วนโดยไม่ได้รับความยินยอมเป็นลายลักษณ์อักษรจากห้องปฏิบัติการฯ ยกเว้นทำทั้งฉบับ

F-QM-031/R01(010264)-1

รูปที่ ง.2 รายงานการทดสอบองค์ประกอบกรดไขมัน

ประวัติผู้วิจัย



ชื่อ-สกุล	นางสาว พนิตพิชา มะมา
ตำแหน่ง	หัวหน้าโครงการ
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	083-137-1318
E-mail	panitpichamamar@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาว ธนพร บำรุงตระกูล
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	091-458-0354
E-mail	tanaporn.bumrungtrakul@gmail.com

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาว มนฐิติ กุนทรวรินททร์
ตำแหน่ง	ผู้วิจัยร่วม
วุฒิการศึกษา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)
ภาควิชา	เทคโนโลยีทางอาหาร
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่สำเร็จการศึกษา	2563
โทรศัพท์	091-458-0354
E-mail	monthiti.k@gmail.com