การประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

APPLICATION OF COCONUT OIL TO REPLACE CREAM IN ICE CREAM PRODUCT

ปุญญิศา โยนกรอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ปุญญิศา โยนกรอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม
	Application of Coconut Oil to Replace Cream in Ice Cream Product
ชื่อ - นามสกุล	นางสาวปุญญิศา โยนกรอง
สาขาวิชา	เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ เจริญชัย, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภินันท์ วัลภา, Ph.D.
ปีการศึกษา	2557

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

…….. ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภินันท์ วัลภา, Ph.D.)

…….. กรรมการ
(อาจารย์กนกกานต์ วีระกุล, Ph.D.)

…….. กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ เจริญชัย, Ph.D.)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

……คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(อาจารย์จีรวัฒน์ เหรียญอารีย์, คศ.ม.)
วันที่ 19 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2557

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม
ชื่อ - นามสกุล นางสาวปุญญิศา โยนกรอง
สาขาวิชา เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์เจริญ เจริญชัย, Ph.D.
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์อภินันท์ วัลภา, Ph.D.
ปีการศึกษา 2557

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาทดลองนำน้ำมันมะพร้าวมาทดแทนครีมในการผลิตไอศกรีมโดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อศึกษาอัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวต่อครีมที่เหมาะสมในการผลิต การยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ โอกาสทางการตลาดโดยการทดลองจำหน่ายและศึกษาต้นทุนการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ผลการวิจัยพบว่า เมื่อศึกษาอัตราส่วนน้ำมันมะพร้าว : ครีม ในอัตราส่วน 0:100 25:75 50:50 75:25 และ 100:0 อัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นมีผลต่อเนื้อสัมผัสไอศกรีมที่เนียนขึ้นโดยมีคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดังนี้ ค่าความหนืดลดลงที่ 2232 1152 491.33 157.33 และ 104.33 cP. ตามลำดับ ค่า% Overrun ที่มีอัตราการขึ้นโฟมสูงสุด คือ 25:75 (ร้อยละ 37.78) อัตราการละลายมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าว และสีของผลิตภัณฑ์มีค่า L* ร้อยละ 98.13 98.30 96.20 98.32 และ 98.52 a* ร้อยละ -1.52 -1.32 -1.25 -1.49 และ -1.78 b* ร้อยละ 15.45 13.60 13.12 14.19 และ 14.27 ปริมาณไขมันมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.23 9.50 10.48 11.83 และ 12.68 ตามลำดับ ไม่พบจุลินทรีย์ที่เป็นอันตรายในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเมื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคด้านประสาทสัมผัสในคุณลักษณะต่าง ๆ ได้แก่ รสชาติ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังนั้นอัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวต่อครีม 50:50 ในการศึกษาต่อไป พบว่า ต้นทุนไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวต่อครีม 50:50 มีต้นทุน 292.26 บาท/กิโลกรัม ในขณะที่ราคาต้นทุนไอศกรีมนมสูตรควบคุม 241.56 บาท/กิโลกรัม

เมื่อเปรียบเทียบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเป็นระยะเวลา 1 เดือน ที่ร้าน Ice cream Crepe Café พบว่า ยอดการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่นิยมรับประทานมากที่สุด คือ ช็อคโกแลต เชอร์เบ็ตมะนาว เชอร์เบ็ตสตรอเบอรรี่ น้ำมันมะพร้าว วานิลลา ชาเขียว และรัมเรซิ่น ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำมันมะพร้าว ครีม ส่วนประกอบของนม ไอศกรีม

Thesis Title	Application of Coconut Oil to Replace Cream in Ice Cream Product
Name - Surname	Miss Punyisa Yonkrong
Program	Home Economics Technology
Thesis Advisor	Assistant Professor Charoen Charoenchai, Ph.D.
Thesis Co - advisor	Assistant Professor Apinnun Wanrapa, Ph.D.
Academic Year	2014

ABSTRACT

This study uses coconut oil to replace cream for the production of ice cream. The objectives of this study were to determine suitable ratio of coconut oil per cream, to examine consumer acceptance of the product and to explore market opportunities by selling the ice cream and to compare the costs coconut oil ice cream

The results showed that increasing the ratio of coconut oil : cream perratio of 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 and 100:0 the texture of the ice cream became smoother. Viscosity of the ice cream decreased with increasing coconut oil with values from 2232, 1152, 491.33, 157.33 and 104.33 cP. respectively. Percent overrun of second treatment was the highest at 37.78%, Colours of the samples were measured as L*, a* and b* and gave values as followed; L* 98.13, 98.30, 96.20, 98.32, 98.52, a* -1.52, -1.32, -1.25, -1.49, -1.78 and b* 15.45, 13.60, 13.12, 14.19, 14.27. Lipid contents increased from 9.23, 9.50, 10.48, 11.83 and 12.68. Pathogenic microorganisms were not found in any sample. Sensory evaluation in taste, smell, colour and texture performed showed that there was no significant difference ($p > 0.05$) among the treatments. Therefore ice cream at ratio of 50:50 was taken for further study and found that the control ice cream formula cost 241.56 baht/kg and 50:50 coconut oil ice cream cost 292.26 baht/kg.

The results of selling the ice cream product for 1 month at Ice cream Crepe Café shop showed that the ranks of popular flavors were chocolate, lime sherbet, strawberry sherbet, coconut oil, vanilla, green tea and rum raisin, respectively.

Keywords : coconut oil, cream, mike composition, ice cream

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จไปได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เจริญ เจริญชัย ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ วัลภา และ ดร.กนกกานต์ วีระกุล ผู้ซึ่งเสียสละเวลาที่ช่วยให้คำปรึกษา ความช่วยเหลือทั้งการให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องจนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ผู้เขียนขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ อาจารย์อัญชลินทร์ สิงห์คำ อาจารย์ปาลิดา ตั้งอนุรัตน์ อาจารย์ชานนท์ สิงห์ทอง และนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี วิทยาเขตปทุมธานี ที่ได้เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย คอยช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติการทดลองงานวิจัยให้ลุล่วงไปได้ดี และนักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมการเกษตร ที่ให้คำแนะนำและคอยช่วยเหลือส่วนของห้องปฏิบัติการในการทดลองจนสำเร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทความรู้และคำแนะนำต่าง ๆให้แก่ผู้วิจัยเพื่อนำมาประยุกต์ใช้สำหรับการวิจัย นอกจากนี้ต้องขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่ได้อำนวยความสะดวกให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณปิยมาศ ทองเงิน เจ้าของผู้ประกอบการร้าน Crepe Carfe Iec Cream ณ ห้างสรรพสินค้า Supermarket – Max Value สาขาแจ้งวัฒนะ

ขอขอบพระคุณ ครอบครัวผู้ที่มีพระคุณอย่างสูงเป็นแรงพลักดันให้กำลังใจให้การสนับสนุนตั้งแต่เริ่มจนกระทั่งงานค้นคว้านี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้วิจัยหวังว่าการค้นคว้างานวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจที่จะทำธุรกิจเกี่ยวกับไอศกรีม

คุณค่าของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ คุณย่า คุณบิดามารดา ครอบครัว ตลอดจนครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่มิได้กล่าวถึงมา ณ โอกาสนี้

ปุญญิศา โยนกรอง

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		(3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		(4)
กิตติกรรมประกาศ		(5)
สารบัญ		(6)
สารบัญตาราง		(8)
สารบัญภาพ		(10)
บทที่ 1	บทนำ	12
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	12
	1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	14
	1.3 สมมุติฐานของการวิจัย	14
	1.4 ขอบเขตของของการวิจัย	14
	1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย	15
	1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
บทที่ 2	วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	17
	2.1 น้ำมันมะพร้าว	17
	2.2 ความหมายชนิดของอิมัลชัน	33
	2.3 ครีม	46
	2.4 ไอศกรีม	53
	2.5 บทบาทของไขมันต่อไอศกรีม	73
	2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	76
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	80
	3.1 วัตถุดิบ	80
	3.2 วิธีการผลิตไอศกรีม	81
	3.3 การศึกษาอัตราส่วนน้ำมันมะพร้าว : ครีม	84
	3.4 การศึกษาการยอมรับผู้บริโภค	91

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.5 การศึกษาทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว…….....	91
	3.6 การศึกษาต้นทุนการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว……..….	92
บทที่ 4	ผลการทดลองและวิจารณ์…….....	93
	4.1 ผลการศึกษาการใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในการผลิตไอศกรีม...…...	94
	4.2 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค……...…...	103
	4.3 ผลการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว……...……	113
	4.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอศกรีมนม กับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว…….....	114
บทที่ 5	สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ…….	117
	5.1 สรุปผลการวิจัยและการอภิปราย…….	117
	5.2 ข้อเสนอแนะ……...	119
บรรณานุกรม	……...…	120
ภาคผนวก	……...	121
	ภาคผนวก ก……...	122
	ภาคผนวก ข……...	129
	ภาคผนวก ค……...	134
	ภาคผนวก ง……	137
	ภาคผนวก จ……...……	141
	ภาคผนวก ฉ……...……	143
	ภาคผนวก ช……...…….	147
	ภาคผนวก ซ……...……	152
ประวัติผู้เขียน	……...…	159

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	แสดงสัดส่วนของกรดไขมันที่พบอยู่ในน้ำมันแต่ละชนิด…….....…..	19
ตารางที่ 2.2	ส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวเป็นร้อยละ ของกรดไขมันทั้งหมด…….……..	22
ตารางที่ 2.3	การเปรียบเทียบส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และน้ำมันมะพร้าว RBD……...…….....	23
ตารางที่ 2.4	คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันมะพร้าว……...…	29
ตารางที่ 2.5	อิมัลซิไฟเออร์ในกลุ่มอีธอกซิเลทเอสเทอร์ที่ FDA อนุญาตให้ใช้…….....….	40
ตารางที่ 2.6	ค่า HLB ที่สัมพันธ์กับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม……..…….....	43
ตารางที่ 2.7	ค่า HLB ของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหาร…….…….....	43
ตารางที่ 2.8	ชนิดของครีมแบ่งตามปริมาไขมัน……..……....	47
ตารางที่ 2.9	ส่วนประกอบทางเคมีของครีมชนิดต่างๆ……...…….....	51
ตารางที่ 2.10	องค์ประกอบของไอศกรีมและผลิตภัณฑ์…….....	59
ตารางที่ 2.11	ชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้กันทั่วไปในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม…….....	63
ตารางที่ 2.12	ค่าโอเวอร์รัน (overrun) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแช่งแข็งชนิดต่าง ๆ…….....	65
ตารางที่ 2.13	ระดับอุณหภูมิต่ำสุดที่ใช้ในกระบวนพาสเจอไรซ์ส่วนผสมไอศกรีม ตามมาตรฐานกฎหมายของสหรัฐอเมริกา……....	69
ตารางที่ 3.1	แสดงสูตรพื้นฐานของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม…...……...…	84
ตารางที่ 3.2	แสดงการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันมะพร้าว : ครีม สูตรทดลองที่ 1-5……..……..…	85
ตารางที่ 3.3	แสดงส่วนประกอบการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวแต่ละสูตรทดลอง…..….....	85
ตารางที่ 4.1	ผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ……..….....	101
ตารางที่ 4.2	ค่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีม น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม……..……...…	102
ตารางที่ 4.3	ข้อมูลโอกาสทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว……..…..….	110

สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 4.4	ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว…...……..…	112
ตารางที่ 4.5	ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไอศกรีมนมกับไอศกรีม สูตรน้ำมันมะพร้าว…….....	116

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 2.1	กรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางของน้ำมันมะพร้าวเปรียบเทียบกับพืชที่ให้น้ำมันชนิดอื่น ๆ……..……	25
ภาพที่ 2.2	ชนิดของอิมัลชัน……..……	34
ภาพที่ 2.3	การสูญเสียความคงตัวของระบบคอลลอยด์……...……	37
ภาพที่ 2.4	ลักษณะการจัดเรียงตัวของสารลดแรงตึงผิว……...……..…	38
ภาพที่ 2.5	กระบวนการพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีม……...……..……	48
ภาพที่ 2.6	เครื่องเหวี่ยงที่ใช้แยกน้ำนมในการผลิตครีม…….....…....……...……	49
ภาพที่ 2.7	โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีม a) ฟองอากาศ i) ผลึกน้ำแข็ง f) ส่วนของเหลวที่ไม่แข็งตัว fc) ผลึกน้ำตาลแล็กโตส.....	56
ภาพที่ 2.8	ผลของความดันในการโฮโมจีไนซ์เม็ดไขมันในส่วนผสมของไอศกรีม…...…	71
ภาพที่ 2.9	อิมัลซิไฟเออร์และโปรตีนนมที่ถูกดูดซับที่ผิวเม็ดไขมันและการตกผลึกของไขมันระหว่างกระบวนการบ่ม……....…...….	71
ภาพที่ 2.10	พัฒนาการของโครงสร้างไขมันในไอศกรีม ……...…	75
ภาพที่ 3.1	น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น (ยี่ห้อน้ำมันมะพร้าวไทย)…….……...….	80
ภาพที่ 3.2	การให้ความร้อนส่วนผสมไอศกรีมมิกซ์……..…….....	81
ภาพที่ 3.3	เครื่องโฮโมจีไนเซอร์……..…….....	82
ภาพที่ 3.4	เครื่องปั่นไอศกรีม (Homemate รุ่น Hom-122050)…….....……...…	83
ภาพที่ 3.5	ตู้แช่แข็ง (Ever med – medical refrigeration)……..……...….	83
ภาพที่ 3.6	เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น DV-II…….....……...…	86
ภาพที่ 3.7	การตรวจวัดอัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว……...…	87
ภาพที่ 3.8	เครื่องวัดสี color Flex EX ……..…….....	88
ภาพที่ 3.9	เครื่องอบลมร้อน Scientific รุ่น Series 2000…….....……..…	89
ภาพที่ 3.10	โถดูดความชื้น Vacuum Dessicator…….....	89
ภาพที่ 3.11	เครื่องสกัดไขมัน Soxhlet extraction apparatus รุ่น SER 148…….....	90

สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
ภาพที่ 4.1	กราฟการวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ทั้ง 5 สูตรทดลอง……..…..……..……	95
ภาพที่ 4.2	กราฟการวิเคราะห์ค่า % Overrun ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ทั้ง 5 สูตรทดลอง……...…..……	96
ภาพที่ 4.3	กราฟการวิเคราะห์อัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ทั้ง 5 สูตรทดลอง…….....……...	97
ภาพที่ 4.4	กราฟการเปลี่ยนแปลงค่า Color Lightness index (L*) ของผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง……...……..……..	98
ภาพที่ 4.5	กราฟการเปลี่ยนแปลงค่า Chromaticity coordinate (a*) ของผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง……....…..	99
ภาพที่ 4.6	กราฟการเปลี่ยนแปลงค่า Chromaticity coordinate (b*) ของผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง.....	100
ภาพที่ 4.7	แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศ.....	104
ภาพที่ 4.8	แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามช่วงอายุ.....	105
ภาพที่ 4.9	แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับการศึกษา.....	106
ภาพที่ 4.10	แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอาชีพ.....	106
ภาพที่ 4.11	แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามรายได้ต่อเดือน…..….....	107
ภาพที่ 4.12	แผนภูมิแสดงวิเคราะห์เปรียบเทียบยอดขายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมอื่น ๆ ของทางร้าน…….....….	114
ภาพที่ 4.13	แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบต้นทุนผลิตภัณฑ์ไอศกรีม……..…..	115

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไอศกรีม (Ice cream) จัดเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งชนิดหนึ่งซึ่งได้รับความนิยมมากในการบริโภคเนื่องจากไอศกรีมเป็นอาหารที่มีลักษณะดึงดูดใจ รสชาติอร่อย และสามารถรับประทานได้ทุกเพศ ทุกวัย จึงเป็นที่นิยมไปทั่วโลกรวมถึงในประเทศไทยทั้งนี้ยังมีรสหวาน กลิ่นหอม และความเย็นของไอศกรีมสามารถให้ความสดชื่นขณะรับประทานไอศกรีมไม่เหมือนอาหารหรือขนมประเภทอื่น ๆ เพราะมีการปรับตัวตามยุคสมัยโดยปัจจุบันการผลิตไอศกรีมมีวางขายทั่วไป ทั้งรถเข็นและลักษณะที่เป็นร้านในห้างสรรพสินค้าแล้วในปัจจุบันร้านกาแฟได้นำเอาไอศกรีมเข้ามาจำหน่ายด้วยและยังเป็นการเพิ่มทางเลือกในการบริโภคของลูกค้า ซึ่งปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภครวมถึงเรื่องของยี่ห้อ (Brand) รสชาติ กลิ่น สี และบรรจุภัณฑ์ของไอศกรีมที่มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้มีความหลากหลายในรูปแบบของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีทั้งขายปลีกหรือตักจำหน่ายเป็นลูกและเก็บรักษาในตู้แช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส จากการสำรวจพบว่าแนวโน้มทางการตลาดของไอศกรีมในปี พ.ศ. 2554 ตลาดไอศกรีมประเทศไทยยังมีอัตราการขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วและต่อเนื่อง (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย) ทั้งนี้ยังมีโอกาสขยายตัวเพิ่มผลผลิตทางการแข่งขันที่สูงขึ้น จากนี้ผู้ประกอบการผลิตไอศกรีมในประเทศไทยยังมีการส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ จึงเป็นแนวโน้มที่ดีในกระบวนการผลิตเพื่อพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารไทยให้มีความมั่นคงและยั่งยืน

ไอศกรีมจัดเป็นอาหารให้พลังงานสูงมีนมและไขมันนม (ครีม) เป็นส่วนประกอบซึ่งผลิตมาจากผลิตภัณฑ์ของสัตว์ [1] เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมบริโภคมากชนิดหนึ่งจากผลการศึกษาของ Roller และ Jones [2] พบว่าในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมซึ่งมีไขมันอิ่มตัวจำพวก กรดลอริก และไมริสติคประกอบอยู่ในสัดส่วนที่ค่อนข้างสูง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มระดับคอเรสเตอรอลในเลือดของผู้นิยมบริโภคไอศกรีมทำให้มีปัญหาด้านสุขภาพตามมาเพราะการบริโภคไขมันนม (ครีม) ที่มีกรดไขมันอิ่มตัวอยู่ในระดับสูงและผู้บริโภคบางกลุ่ม เช่น ผู้ที่มีระดับคอเลสเตอรอลสูงผู้ที่มีภาวะเสี่ยงต่อโรคไขมันในเลือด และโรคหลอดเลือดหัวใจไม่สามารถบริโภคได้ ดังนั้นผู้ที่กำลังควบคุมน้ำหนักพยายามหลีกเลี่ยงการบริโภคแต่อย่างไรก็ตามปริมาณพลังงานและสารอาหารที่พบในไอศกรีมนั้นขึ้นอยู่กับส่วนผสมที่ใช้ในการผลิต โดยปัจจุบันมีผู้ผลิตทั้งระดับครัวเรือนและระดับ

อุตสาหกรรมจนขยายไปเป็นอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ [3] จึงพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมให้มีคุณภาพ ความแปลกใหม่ และสร้างความแตกต่างโดยเน้นความต้องการผู้บริโภค มีการเลือกวัตถุดิบที่มีประโยชน์มาผลิตเพื่อใช้เป็นส่วนผสมในกระบวนการผลิตไอศกรีมที่มีประโยชน์และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้นทั้งยังเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มที่มุ่งสู่เศรษฐกิจและมีการนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ เพื่อเป็นการต่อยอดสินค้าโดยใช้เทคโนโลยีในการผลิตที่เหมาะสมเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ไอศกรีมให้มีความโดดเด่นและแตกต่างกันในธุรกิจให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน

จากสภาพสังคมในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพมากขึ้น โดยจะเน้นการบริโภคผลิตภัณฑ์อาหารที่ช่วยส่งเสริมทางด้านสุขภาพจึงเป็นที่นิยมมากขึ้น เช่นการบริโภคสมุนไพร อาหารชีวจิต หรือแม้แต่บริโภคน้ำมันที่มีคุณค่าทางอาหารสูงก็เป็นทางเลือกหนึ่ง น้ำมันมะพร้าวก็เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่กำลังได้รับความสนใจทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ เนื่องจากไขมันอิ่มตัวในน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติแตกต่างจากไขมันชนิดอื่น และมีกรดไขมันอิ่มตัว 90% ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีประโยชน์ต่อร่างกายที่พบในน้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยโมเลกุลไขมันสายกลาง (Medium-chain fatty acids) มีกรดลอริก (Lauric acid) อยู่ 50% และมีวิตามินอีสูง กรดลอริกมีคุณสมบัติเป็นสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย และไวรัสบางชนิด [4] ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีลักษณะเด่นกว่าน้ำมันชนิดอื่น ๆ เพราะมีปริมาณความชื้นต่ำมีความเหมาะสมในการบริโภคไม่เกิดการออกซิเดชันภายใต้สภาวะบรรยากาศ ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอมของมะพร้าว ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน ประกอบด้วยวิตามินอีธรรมชาติ มีสารแอนตีออกซิแดนต์ (Antioxidant) สูงเมื่อเกิดอุณหภูมิสูงจะไม่เกิดอนุมูลอิสระและไขมันทรานส์ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็วมีการเพิ่มเมตาบอลิสซึมไม่เกิดไขมันสะสมในร่างกายแล้วยังช่วยเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้ด้วยซึ่งเมื่อกินเข้าไปจะมีปฏิกิริยาคล้ายน้ำตาล คือจะถูกส่งผ่านกระแสเลือดโดยตรงเข้าสู่เซลล์และสามารถสลายตัวได้อย่างรวดเร็ว [5]

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยมุ่งเน้นนำมาทดแทนครีมในส่วนผสมของไอศกรีมนมในปริมาณที่เหมาะสมในการผลิตและศึกษาคุณสมบัติทางด้าน กายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางด้านประสาทสัมผัส ซึ่งเน้นการพัฒนาไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเพื่อน้ำมันเป็นทางเลือกใหม่สำหรับผู้บริโภคที่ดูแลใส่ใจสุขภาพมากขึ้น โดยคำนึงถึงคุณประโยชน์ของมะพร้าวเมื่อนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค รวมทั้งยังเป็นทางเลือกใหม่ให้กับผู้บริโภคที่ชอบทานไอศกรีม

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาสูตรและศึกษาอัตราส่วนการน้ำมันมะพร้าว : ครีม ที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวให้สามารถนำไปผลิตเพื่อเป็นการค้าได้

1.2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.2.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.2.4 เพื่อศึกษาโอกาสทางการตลาดโดยทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.2.5 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอศกรีมนมสูตรควบคุมกับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.3 สมมุติฐานของการวิจัย

อัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่เหมาะสมสามารถใช้ทดแทนครีมในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ ($p \leq 0.05$) และช่วยให้คุณสมบัติทางกายภาพไอศกรีมเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ซึ่งสามารถจำหน่ายได้จริงในตลาดไอศกรีม

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 พัฒนาสูตรและศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมซึ่งจะมีความเป็นไปได้ในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ทดแทนครีมเพื่อสามารถนำไปผลิตเป็นการค้าได้

1.4.2 ทำการทดสอบการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืด ค่า % Overrun อัตราการละลาย และสีของผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์ด้านเคมี ได้แก่ หาปริมาณไขมันในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.4.3 ทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูลที่ได้จากผู้บริโภคจำนวน 100 คน ในเขตกรุงเทพมหานครในการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.4.4 ศึกษาโอกาสทางการตลาดโดยการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวโดยใช้ร้าน Crepe Café Ice cream ณ ห้างสรรพสินค้า Supermarket – Max Value สาขาแจ้งวัฒนะเป็นสถานที่กรณีศึกษาในการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.4.5 วิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอศกรีมนมสูตรควบคุมกับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1.5 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

น้ำมันมะพร้าว (Coconut oil) หมายถึง น้ำมันพืช (Vegetable Oil) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และเป็น non-drying oil มีน้ำมันประมาณร้อยละ 63-68 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 4-7 เปอร์เซ็นต์ ใช้วิธีการบีบแยกน้ำมันออกมาซึ่งน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติแตกต่างจากน้ำมันพืชชนิดอื่น คือ ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย น้ำหนักโมเลกุลต่ำ และกรดไขมันที่มีปริมาณมากอยู่ในกลุ่มของน้ำมันลอริก (Lauric acid, $CH_3(CH_2)CH_2)_{10}$ เป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัว (ประมาณร้อยละ 90) กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากในน้ำมันมะพร้าว คือ กรดลอริก (Lauric acid) มีสูงถึงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวที่มีจุดหลอมเหลวต่ำจึงเปลี่ยนสถานะเป็นไขเมื่ออากาศเย็นและมีค่า “ไอโอดีน” อยู่ในช่วง 7 ถึง 12 มีกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมน้อยกว่า 12 อะตอม จะถูกจัดให้อยู่ในจำพวก Medium Chain Fatty Acid (MCFA) เอสเทอร์ของ MCFA กับกลีเซอรอลจะเป็นที่รู้จักในรูป Medium Chain Triglyceride (MCT) น้ำมันมะพร้าวสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oils : VCO) หรือ น้ำมันมะพร้าว RBD ที่ย่อมาจาก Refined, Bleached, De-odorised coconut oil [6] น้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง (cold-pressed coconut oil) คือ น้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวสดโดยใช้ความร้อนอุณหภูมิที่ควรต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส [7] เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นต่ำน้ำมันมะพร้าวที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปบริโภคนั้นต้องมีสีใส ประกอบด้วยวิตามินอีธรรมชาติ ไม่เกิดการออกซิเดชันภายใต้สภาวะบรรยากาศ ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอมของมะพร้าว ไม่มีกลิ่นเหม็นหืนและเหม็นเปรี้ยวสามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ และน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างจากน้ำมันมะพร้าวที่วางจำหน่ายในท้องตลาด โดยสกัดได้จากเนื้อมะพร้าวแห้งซึ่งเรียกว่า copra-derived oil ผลิตโดยใช้สารเคมีและความร้อนสูงในการทำให้บริสุทธิ์ (chemical refining) ผ่านการฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (deodorsing) ก่อนนำไปบริโภค โดยน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้จะมีสีเหลือง ไม่มีกลิ่น (แต่เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืน) ไม่มีรสชาติ และวิตามินอีธรรมชาติ เนื่องจากวิตามินอีได้ถูกกำจัดออกไประหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและใช้สารเคมี [8]

ครีม (Cream) หมายถึง ครีมเป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีปริมาณไขมันในระดับสูง และไขมันอยู่ในรูปเม็ดไขมันที่มีเยื่อหุ้ม ซึ่งผลิตภัณฑ์ครีมแยกได้จากนมด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ครีมมีไขมันนมเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญและผลิตภัณฑ์นม (Dairy product) ที่เป็นของเหลวข้นมีปริมาณไขมันนม (Milk fat) สูง ซึ่งครีมเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำผ่านกระบวนการให้ความร้อนการโฮโมจีไนซ์และอาจมีการเติมกรดของกระบวนการผลิตอีกด้วย

ส่วนประกอบของนม หมายถึง ส่วนประกอบในน้ำนม (วัว) ธรรมชาติที่มีประกอบน้ำประมาณร้อยละ 87 นอกนั้นเป็นของแข็งที่อยู่ในน้ำนม (Total Solid) สารอาหารสำคัญที่เป็นประโยชน์ในน้ำนมโค ได้แก่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ วิตามิน และน้ำ ในส่วนประกอบของนมทั้งหมดจะมีไขมันประมาณร้อยละ 3.20 โปรตีนร้อยละ 3.4

ไอศกรีม (Ice cream) หมายถึง ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากนม ไขมันนม น้ำตาล น้ำ สารให้ความคงตัว สารอิมัลซิไฟเออร์ (stabilizer) และผลิตภัณฑ์จาก ไข่ สี กลิ่นรส ที่ปลอดภัยโดยนำส่วนผสมไปผ่านการแปรรูปตามขั้นตอนต่าง ๆ คือ การพาสเจอร์ไรซ์ การโฮโมจีไนซ์ การบ่ม แล้วมีการนำส่วนผสมไอศกรีมเหลว (Ice cream mix) ไปปั่นเพื่อรวมตัวกับอากาศจนได้ลักษณะเนื้อไอศกรีมที่เนียนนุ่ม มีความคงตัว และมีรสชาติหอมหวาน

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ทราบถึงความเป็นไปได้ในการใช้สูตรที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม

1.6.2 พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ และเพิ่มทางเลือกใหม่ในการบริโภคไอศกรีมเพื่อสุขภาพ

1.6.3 สามารถนำความรู้ด้ารกระบวนการผลิตไอศกรีมที่ศึกษาได้นั้น มาใช้เป็นแนวทางในการผลิตไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม เพื่อสามารถส่งเสริมผลิตภัณฑ์ใหม่ต่อผู้ประกอบธุรกิจไอศกรีมมาประยุกต์ใช้ต่อในระดับอุตสาหกรรม

1.6.4 เพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และเผยแพร่สู่ตลาดอุตสาหกรรม SMEs

1.6.5 เพิ่มมูลค่าให้กับพืชเศรษฐกิจเพื่อสร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร

1.6.6 ได้รับองค์ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณลักษณะและคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ผลิตจากน้ำมันมะพร้าวด้วยกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ในแต่ละขั้นตอน

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 น้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าว (coconut oil) ซึ่งมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cocos nucifera* นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และเป็น non-drying oil โดยสกัดได้จากเนื้อมะพร้าวแห้งซึ่งเรียกว่า copra-derived oil มีน้ำมันประมาณร้อยละ 63-68 เปอร์เซ็นต์ และความชื้น 4-7 เปอร์เซ็นต์ [4] ใช้วิธีการบีบแยกน้ำมันออกมาซึ่งน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติแตกต่างจากน้ำมันพืชชนิดอื่น ๆ คือ ประกอบด้วยกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนน้อย น้ำหนักโมเลกุลต่ำ และกรดไขมันที่มีปริมาณมากอยู่ในกลุ่มของน้ำมันลอริก (Lauric acid, $CH_3(CH_2)CH_2)_{10}$ เป็นน้ำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัว (ประมาณร้อยละ 90) กรดไขมันอิ่มตัวที่พบมากในน้ำมันมะพร้าว คือ กรดลอริก (Lauric acid) มีสูงถึงประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันมะพร้าวมีกรดไขมันอิ่มตัวที่มีจุดหลอมเหลวต่ำจึงเปลี่ยนสถานะเป็นไขเมื่ออากาศเย็นและมีค่า “ไอโอดีน” อยู่ในช่วง 7 ถึง 12 จากคุณสมบัติที่อิ่มตัวของกรดไขมันนี้ทำให้มีความสามารถในการป้องกันการหืนได้ดี [5] กรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมน้อยกว่า 12 อะตอม จะถูกจัดให้อยู่ในจำพวก Medium Chain Fatty Acid (MCFA) เอสเทอร์ของ MCFA กับกลีเซอรอลจะเป็นที่รู้จักในรูป Medium Chain Triglyceride (MCT) ซึ่งเป็นส่วนประกอบในอาหารทางการแพทย์และสูตรอาหารสำหรับเด็กน้ำมันมะพร้าวเป็นแหล่งที่มี MCFA โดยมีองค์ประกอบของกรดไขมันที่มีจำนวนคาร์บอนอะตอมในโมเลกุล 6, 8 และ 10 อะตอม มากกว่ากรดไขมันที่มีคาร์บอนอะตอมอยู่ในโมเลกุล 15 อะตอม

2.1.1 น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil)

น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin coconut oil : VCO) หรือเรียกว่า “น้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง” (cold-pressed coconut oil) คือน้ำมันมะพร้าวที่สกัดได้จากเนื้อมะพร้าวสดโดยวิธีทางกลหรือวิธีทางธรรมชาติ โดยใช้หรือไม่ใช้ความร้อน และอุณหภูมิที่ใช้ควรต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส [7] เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นต่ำ น้ำมันมะพร้าวที่มีความเหมาะสมสำหรับการนำไปบริโภคนั้นต้องมีสีใส ประกอบด้วยวิตามินอีธรรมชาติ ไม่เกิดการออกซิเดชันภายใต้สภาวะบรรยากาศ ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอมของมะพร้าว ไม่มีกลิ่นเหม็นหืนและเหม็นเปรี้ยวสามารถเก็บรักษาได้นานโดยไม่เสื่อมสภาพ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างจากน้ำมันมะพร้าวที่วาง

จำหน่ายในท้องตลาดที่เรียกว่า copra-derived oil ซึ่งผลิตโดยใช้สารเคมีและความร้อนสูงในการทำให้บริสุทธิ์ (chemical refining) ผ่านการฟอกสี (bleaching) และการกำจัดกลิ่น (de-odorsing) ก่อนนำไปบริโภค บางครั้งอาจกล่าวได้ว่าเป็นน้ำมันมะพร้าวธรรมชาติ (coconut oil) แต่ความจริงแล้วเป็นน้ำมันมะพร้าว RBD ที่ย่อมาจาก Refined, Bleached, De-odorised coconut oil โดยน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้จะมีสีเหลือง ไม่มีกลิ่น (แต่เมื่อทิ้งไว้นานๆ จะมีกลิ่นเหม็นหืน) ไม่มีรสชาติ และวิตามินอีธรรมชาติเนื่องจากวิตามินอีได้ถูกกำจัดออกไประหว่างกระบวนการที่ใช้ความร้อนสูงและใช้สารเคมี [8]

ซึ่งปัจจุบันกำลังได้รับความนิยมและสนใจจากผู้บริโภคในประเทศแถบเอเชียและแปซิฟิกเป็นจำนวนมาก เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อุดมไปด้วยวิตามินและสารต้านอนุมูอิสระที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นอาหารและยา กล่าวคือ น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์อุดมไปด้วยคุณค่าทางโภชนาการ ซึ่งประกอบด้วยอาหารประเภทไขมัน (dietary fat) เส้นใยอาหาร (dietary fibres) โปรตีนคาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุรอง (micromineral) เช่นโพแทสเซียม ฟอสฟอรัส รวมทั้งวิตามิน เช่น ไนอะซีน(niacin) และไรโบฟลาวิน (riboflavin) [8] จึงนำมาประกอบในอาหารหวานคาวใช้เป็นน้ำมันทอดอาหาร (frying oil) และน้ำมันปรุงอาหาร (cooking oil) นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังสามารถใช้เป็นยาและสมุนไพรในการรักษาอาการเจ็บป่วย รักษาแผลเรื้อรัง และใช้สมานแผล อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตสบู่อาบน้ำ และเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางช่วยให้ความชุ่มชื้นแก่ผิวหนังและช่วยในการผ่อนคลายได้จากความรู้เกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ได้เรียบเรียงขึ้นมานี้สามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูงเพื่อประกอบการพิจารณาในการนำน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ได้ต่อไป และปัจจุบันการผลิตน้ำมันมะพร้าวทำกันเป็นอุตสาหกรรมขนาดเล็ก หรือในครัวเรือนจึงมีการเกิดผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายในเรื่องของยี่ห้อ (Brand) คุณภาพ และคุณสมบัติที่แตกต่างกันของน้ำมันมะพร้าว ซึ่งน้ำมันมะพร้าวจะเป็นไขที่อุณภูมิต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียส และจะกลับมาใสเหมือนเดิมที่อุณหภูมิห้องโดยคุณสมบัติทุกอย่างยังคงเหมือนเดิมและสามารถเก็บไว้ได้นานในอุณหภูมิปกติโดยไม่มีกลิ่นหืนหากเก็บรักษาไว้โดยไม่ให้โดนแสงแดดหรือความร้อนมากเกินชนิดและปริมาณของกรดไขมันที่เป็นส่วนประกอบในโมเลกุลของไตรกลีเซอไรด์เป็นตัวกำหนดคุณสมบัติของน้ำมันให้แตกต่างกันโดยน้ำมันที่ได้จากพืชแต่ละชนิดจะมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอไรด์ที่ค่อนข้างแน่นอนโดยปริมาณกรดไขมันชนิดต่าง ๆ ในน้ำมันแต่ละชนิดดังแสดงตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงสัดส่วนของกรดไขมันที่พบอยู่ในน้ำมันแต่ละชนิด

ชนิดของน้ำมัน	กรดไขมันอิ่มตัว (%)	กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (%)	กรดไขมันไม่อิ่มตัว (%)
น้ำมันมะพร้าว	85	6	2
น้ำมันข้าวโพด	13	25	58
น้ำมันเมล็ดปาล์ม	58	30	9
น้ำมันหมู	48	38	9
น้ำมันฝ้าย	26	29	51
น้ำมันมะกอก	14	72	9
น้ำมันถั่วลิสง	19	46	30
น้ำมันดอกคำฝอย	9	12	74
น้ำมันงา	15	40	40
น้ำมันถั่วเหลือง	15	23	58
น้ำมันดอกทานตะวัน	10	21	64

ที่มา : [4]

2.1.2 กระบวนการผลิตน้ำมันมะพร้าว

การผลิตน้ำมันมะพร้าวสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน วิธีการสกัดน้ำมันมะพร้าวเพื่อเอาไปใช้ประโยชน์ด้วยวิธีง่าย ๆ ที่ไม่ต้องมีเครื่องมือที่สลับซับซ้อน เช่น การหมักและการเคี่ยวน้ำกะทิโดยทั่วไปจะผลิตโดยใช้วิธีการสกัดร้อน ซึ่งบีบกะทิออกจากมะพร้าวขูดแล้วนำไปเคี่ยวเป็นวิธีการผลิตที่ง่ายที่สุด แต่การสกัดร้อนจะได้น้ำมันมะพร้าวดิบที่ต้องนำมาฟอกใหม่โดยใช้สารเคมีหรือการนำเอากะทิไปหมักแล้วแยกน้ำมันออกมาน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตโดยวิธีการนี้หากทิ้งไว้นาน ๆ จะเกิดกลิ่น และเปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากแบคทีเรียในปัจจุบันพบว่าได้มีวิธีการที่ใช้เทคโนโลยีและเครื่องจักรที่สะดวก ทันสมัย เข้ามาช่วยในกระบวนการสกัดทำให้สามารถสกัดน้ำมันมะพร้าวด้วยการผลิตโดยใช้วิธีการสกัดเย็น ซึ่งไม่ใช้ความร้อนเลยได้รับความนิยมมากขึ้นจะทำโดยการนำเอากะทิผ่านเข้าเครื่องเหวี่ยง ภายใต้อุณหภูมิต่ำจนได้น้ำมันแยกตัวออกมาแล้วนำไปผ่านเครื่องกรอง ซึ่งส่วนที่เป็นน้ำมันเรียกว่า Extra Virgin Oil ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีประสิทธิภาพใช้เป็น อาหาร ยารักษาโรค เครื่องสำอาง กล่าวได้ว่าวิธีการนำมาใช้ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านจากรุ่น

สู่รุ่นจนถึงปัจจุบันด้วยวิทยาการที่เจริญก้าวหน้า โดยมีรายละเอียดของกระบวนการสกัดทั้งสองแบบได้อธิบายในหัวข้อต่อไปนี้ [9]

2.1.2.1 สกัดร้อน

การผลิตน้ำมันมะพร้าวโดยวิธีแบบสกัดร้อน อาจเรียกว่ากระบวนการ RBD หรือ (Refining Bleaching Deodorization) ทำได้โดยการนำวัตถุดิบที่เป็นเนื้อมะพร้าวแห้ง (Copra) ซึ่งการทำให้แห้งโดยการนำเนื้อมะพร้าวมาตากหรืออบในเตาเพื่อลดความชื้นจากประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ ลดลงเหลือ 3.5 เปอรฺเซ็นต์ แล้วนำไปบดผสมกับน้ำเดือดก่อนนำไปสกัดน้ำมันออกมาโดยการบีบอัดหรือคั้นน้ำมันซึ่งของเหลวที่ได้จะถูกนำไปเคี่ยวด้วยความร้อนต่ำเป็นเวลานานเพื่อระเหยน้ำออกจนเหลือแต่น้ำมัน น้ำมันพร้าวที่ได้จะนำไปผ่านกระบวนการกรองและต้มอีกหลายชั่วโมงเพื่อกำจัดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ [10] น้ำมันพร้าวที่ผ่านวิธี (RBD) ซึ่งเป็นการทำให้บริสุทธิ์ (Refining) การฟอกสี (Bleaching) และขจัดกลิ่น (Deodorization) มีหลายแบบทั้งแตกต่างด้านคุณภาพ ความบริสุทธิ์ และอาจจะมีสีเหลืองอ่อนแต่จะมีกลิ่นหรือรสชาติของสารเคมีเจือปนเล็กน้อยปราศจากวิตามินอี น้ำมันมะพร้าวประเภทนี้จะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมสบู่หรือโลชั่น จำหน่ายในรูแบบของน้ำมันประกอบอาหาร [4]

2.1.2.2 สกัดเย็น

น้ำมันมะพร้าวแบบสกัดเย็น (Cold-pressed Coconut Oil) ซึ่งผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดหรือโดยขบวนการบีบไม่ผ่านความร้อนสูงผลิตจากเนื้อมะพร้าวสดภายใต้กระบวนการที่ใช้อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส [7] เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นต่ำเพื่อป้องกันการหืนของน้ำมันเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลานาน ซึ่งจะพบว่ามีผลต่อการเพิ่มปฏิกิริยาขณะที่มีแสงและอุณหภูมิสูงมีผลต่อการลดปฏิกิริยาการเหม็นหืน และการให้ความร้อนแก่น้ำมันที่มีเชื้อจุลินทรีย์ 2.4×10^5 โคโลนี/มิลลิลิตร [11] เป็นน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ไม่มีการเปลี่ยนองค์ประกอบของน้ำมันมีลักษณะสีใสเหมือนน้ำ มีวิตามินอี และไม่ผ่านขบวนการเติมออกซิเจน (Oxidation) มีค่า peroxide และกรดไขมันอิสระต่ำมีกลิ่นมะพร้าวอย่างอ่อน ๆ ถึงแรง (ขึ้นอยู่กับขบวนการการผลิต) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 0.1 เรียกน้ำมันมะพร้าวชนิดนี้ว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (Virgin Coconut Oil) ที่สกัดจากเนื้อมะพร้าวสดจะมีปริมาณส่วนประกอบที่ออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactivecomponents) มากกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD ที่สกัดโดยใช้การสกัดแบบแห้ง หรือ dry process [12] และมีกรดไขมันที่มีปริมาณมากได้แก่ กรดลอริกมีสูงถึงร้อยละ 54 สำหรับกรดไขมันชนิดอื่น ๆ ประกอบด้วยกรดไมริสติกร้อยละ17.4 กรดปาล์มมิติกร้อยละ 6.1 กรดโอเลอิกร้อยละ 5.0 กรดคาไพรลิกร้อยละ 7.1 กรดคาพริกร้อยละ 7.3 กรดสเตียริกร้อยละ 1.6 และกรดลิโอเลอิกร้อยละ 1.3 ทำให้น้ำมันเป็นของแข็ง

ที่อุณหภูมิห้องหรือ ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง 24 องศาเซลเซียส เล็กน้อยบางครั้งเรียกน้ำมันมะพร้าวว่า lauric acid oil มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 24 - 27 องศาเซลเซียส น้ำมันมะพร้าวนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น ทำเนยเทียม เนยขาว น้ำมันทอดอาหารผลิตภัณฑ์ขนมอบและใช้ในอุตสาหกรรมทำสบู่และผงซักฟอก

- น้ำมันมะพร้าวที่ผ่านการไฮโดรจิเนชัน จะนำมาใช้แทนน้ำมันเนยในการผลิตภัณฑ์นมข้นหวาน ประโยชน์ของนมข้นหวานนอกจากจะใช้บริโภคโดยตรงแล้วยังใช้ในการทำขนมอบต่าง ๆ ทำไอศกรีม ลูกกวาด และมายองเนส ส่วนน้ำมันมันพร้าวที่แข็งตัว มักใช้ในผลิตภัณฑ์พวกไขมันครีมสังเคราะห์ ซึ่งประโยชน์แทนไขมันจากเนยได้ในการทำ confectioner's hard butter [13] และใช้น้ำมันมะพร้าวก็มีขีดจำกัดเพราะน้ำมันมะพร้าวเมื่อเกิดการไฮโดรไลซิสเพียงเล็กน้อยจะทำให้มีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้น

- น้ำมันมะพร้าวชนิดที่ไม่ผ่านการไฮโดรจิเนชัน จะนำมาใช้เป็นส่วนผสมของสารเคลือบผิวผลิตภัณฑ์ (Coating) สำหรับไอศกรีมแท่งเพราะแข็งตัวเมื่ออยู่ในรูปแท่งที่อุณหภูมิต่ำเมื่อกินเข้าไปในปากจะละลายอย่างรวดเร็ว เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าอุณหภูมิร่างกาย น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันที่ทนต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันเนื่องจากมีกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัวน้อย คุณสมบัตินี้ทำให้น้ำมันมะพร้าวถูกนำไปใช้ประโยชน์มากโดยเฉพาะใช้ทอดถั่วและอาหารขบเคี้ยวต่าง ๆ ที่ต้องการอายุการเก็บรักษานาน นอกจากนั้นกรดไขมันที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำในน้ำมันมะพร้าวยังช่วยทำให้น้ำมันมะพร้าวมีความหนืดต่ำกว่าน้ำมันชนิดอื่นที่ทำให้ไม่รู้สึกเป็นมัน (Greasy) การใช้น้ำมันมะพร้าวก็มีขีดจำกัด เพราะน้ำมันมะพร้าวเมื่อเกิดการไฮโดรไลซิสเพียงเล็กน้อยจะทำให้มีกรดไขมันอิสระเกิดขึ้น ซึ่งมีกลิ่นแรงและกลิ่นเหม็นคล้ายสบู่ การเกิดไฮโดรไลซิสนี้จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ เมื่อมีความชื้นและจะเกิดเร็วขึ้นหากมีเอนไซม์ไลเพสปนอยู่ด้วยทำให้มีไตรเอซิลกลีเซอไรด์ชนิด trisaturated glyceride ร้อยละ 84 ส่วนไตรกลีเซอไรด์ชนิดอื่น ๆ ที่มีปะปนอยู่บ้างคือ ชนิดไม่อิ่มตัว (Disaturated) ร้อยละ 12 และ ชนิดเชิงเดี่ยว (Monounsaturated) ร้อยละ 4 [10]

2.1.3 คุณลักษณะของน้ำมันมะพร้าวตามข้อกำหนดของกระทรวงสาธารณสุข

กำหนดให้น้ำมันมะพร้าว เป็นอาหารควบคุมเฉพาะตาม "ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) และฉบับที่ (235) เรื่อง น้ำมันมะพร้าว" [14] กำหนดให้น้ำมันมะพร้าวที่ผลิตเพื่อจำหน่าย และการนำเข้าเพื่อจำหน่ายหรือที่จำหน่ายเพื่อใช้รับประทาน หรือใช้ในการปรุงแต่งอาหารต้องมีคุณภาพและได้มาตรฐานดังต่อไปนี้

- มีค่าของกรด (Acid value) ไม่เกิน 4.0 มิลลิกรัม โพแทสเซียม และไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม สำหรับน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตโดยวิธีธรรมชาติ ซึ่งมีไม่เกิน 0.6 มิลลิกรัม โพแทสเซียมไฮดรอไซด์ ต่อน้ำมัน 1 กรัม สำหรับน้ำมันมะพร้าวที่ทำโดยวิธีผ่านกรรมวิธีมีค่าต่าง ๆ ดังนี้

- มีค่าเพอร์ออกไซด์ (Peroxide value) ไม่เกิน 10.0 มิลลิกรัม สมมูลย์เพอร์ออกไซด์ออกซิเจนต่อน้ำมัน 1 กิโลกรัม

- มีส่วนประกอบของกรดไขมัน (Fatty acid) เป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมดโดยใช้วิธีก๊าซลิควิดโครมาโตกราฟฟี หรือ GLC (Gas Liquid Chromatography หรือ GLC) ดังแสดงตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนประกอบของกรดไขมันในน้ำมันมะพร้าวเป็นร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด

ส่วนประกอบของกรดไขมัน (Fatty acid composition)	**ร้อยละของกรดไขมันทั้งหมด**
กรดคาโปรอิก (Caproic acid)	ไม่เกิน 1.2
กรดคาปรีลิก (Caprylic acid)	ระหว่าง 3.4 ถึง 15
กรดคาปริก (Capric acid)	ระหว่าง 3.2 ถึง 15
กรดลอริก (Lauric acid)	ระหว่าง 41 ถึง 56
กรดไมริสติก (Myristic acid)	ระหว่าง 13 ถึง 23
กรดปาล์มมิติก (Palmitic acid)	ระหว่าง 4.2 ถึง 12
กรดสเตียริก (Stearic acid)	ระหว่าง 1.0 ถึง 4.7
กรดโอลีอิก (Oleic acid)	ระหว่าง 3.4 ถึง 12
กรดไลโนลีอิก (Linoleic acid)	ระหว่าง 0.9 ถึง 3.7

ที่มา : [15]

- มีค่าสปอนิฟิเคชั่น (Saponification value) ระหว่าง 248 ถึง 265 มิลลิกรัม แล้วมีโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ต่อน้ำมัน 1 กรัม

- มีค่าไอโอดีนแบบวิจส์ (Iodine value, Wijs) ระหว่าง 6 ถึง 11

- มีสารที่สปอนิฟายไม่ได้ (Unsaponifiable matter) ไม่เกินร้อยละ 1.5 ของน้ำหนัก

- มีสิ่งที่ระเหยได้ (Volatile matter) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส มีไม่เกินร้อยละ 0.2 ของน้ำหนัก

- มีปริมาณสบู่ (Soap content) ไม่เกินร้อยละ 0.005 ของน้ำหนัก
- มีกลิ่นและรสตามลักษณะเฉพาะสำหรับน้ำมันมะพร้าว
- มีสิ่งอื่นที่ไม่ละลาย (Insoluble impurities) ไม่เกินร้อยละ 0.05 ของน้ำหนัก
- ไม่มีกลิ่นหืน
- ไม่มีน้ำมันแร่

2.1.4 องค์ประกอบน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์

โดยทั่วไปพืชที่สามารถสกัดและให้น้ำมัน (plant seed oil) จะมีส่วนประกอบหลักคือไตรกลีเซอไรด์ (triglyceride : TGs) และส่วนประกอบรองคือโมโนกลีเซอไรด์ (monoglyceride : MGs) ไดกลีเซอไรด์ (diglyceride : DGs) สเตอรอล (sterols) และกรดไขมันอิสระ (free fatty acid : FFA) เมื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบต่าง ๆ ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าว RBD (ตารางที่ 2.3) จะพบว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีโมโนกลีเซอไรด์ สเตอรอล และกรดไขมันอิสระสูงกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD เนื่องจากน้ำมันมะพร้าว RBD ต้องผ่านการทำให้บริสุทธิ์โดยการใช้สารเคมีภายใต้สภาวะด่าง (alkaline refining) ส่วนน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์นั้นไม่มีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในการผลิต [16] ดังแสดงตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบส่วนประกอบต่างๆ ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์และน้ำมันมะพร้าว RBD

ส่วนประกอบ	น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์	น้ำมันมะพร้าว RBD
monoglyceride (1-MGs)	0.027 %	0.019 %
diglyceride	1.549 %	4.095 %
sterols	0.096 %	0.032 %
free fatty acid	0.127 %	0.015 %

ที่มา : [16]

Marina, AM., Che Man, YB. and Nazimah, SAH. [17] กล่าวว่า องค์ประกอบทางเคมีในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีความแตกต่างกัน เนื่องมาจากถิ่นกำเนิดทางภูมิศาสตร์ (geographical origin) วิธีการผลิตและระยะเวลาในการเก็บ (duration of storage) รวมทั้งความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity)ที่ได้รับผลกระทบจากการใช้ความร้อนในกระบวนการผลิต โดยความร้อนจะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ลดลง

2.1.4.1 กรดไขมันอิ่มตัว

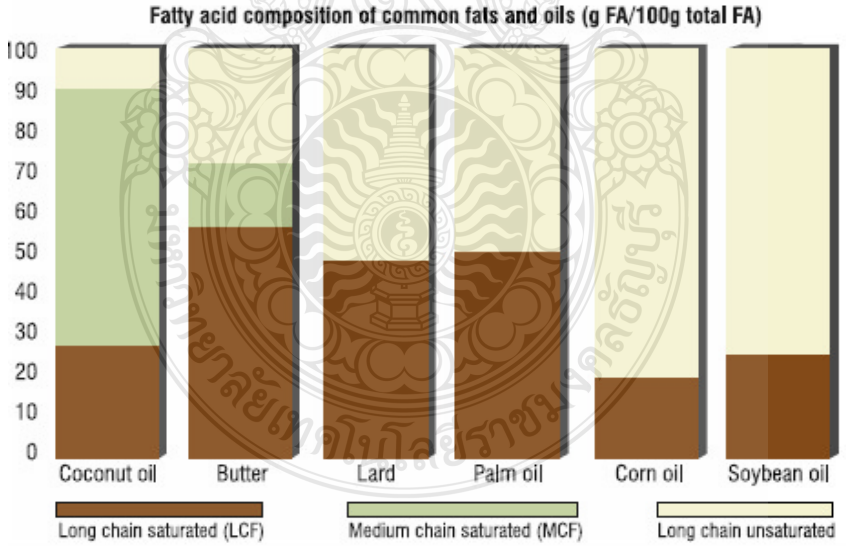
น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันอิ่มตัวประมาณ 85 - 92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีโครงสร้างของกรดไขมันอิ่มตัวนั้นมีธาตุคาร์บอน (C) จะจับกันด้วยพันธะเดี่ยว (Single bond) ไม่เปิดโอกาสให้ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) เข้าแทรกเพื่อทำปฏิกิริยาส่วนที่เหลืออีกประมาณ 8-15 เปอร์เซ็นต์ เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่มีธาตุคาร์บอนบางตัวจับกันด้วยพันธะคู่ เปิดโอกาสให้ธาตุไฮโดรเจน และธาตุออกซิเจนเข้าแทรกได้ ดังนั้นน้ำมันมะพร้าวจึงจัดเป็นไขมันอิ่มตัวทำให้มีความเสถียร (Stability) สูงเพราะไม่ถูกอะตอมของไฮโดรเจนและออกซิเจนเข้าไปแทรกในโครงสร้างหรือเกิดปฏิกิริยาที่เรียกว่า การเติมไฮโดรเจน (Hydrogenation) เกิดจากการนำน้ำมันไม่อิ่มตัวไปถูกกับอุณหภูมิสูง เช่น ในการทอดอาหารในน้ำมันท่วมจึงเกิดเป็นสารตัวใหม่ชื่อว่า “ไขมันทรานส์ (Trans fats)” ซึ่งเป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนรูปร่างไปและเกิดผลเสียต่อเซลล์ เช่น ทำให้เยื่อบุเซลล์บุบสลายทำให้เชื้อโรคหรือสารพิษเข้าไปในเซลล์ได้หรือเกิดการเปลี่ยนแปลง DNA ของเซลล์และยังสามารถเปลี่ยนแปลงกลไกของร่างกายในการขจัดคอเลสเตอรอลโดยขัดขวางการเปลี่ยนเป็นพลังงานในตับจึงทำให้มีปริมาณคอเลสเตอรอลในกระแสเลือดเพิ่มขึ้น เป็นต้น นอกจากนั้นยังเกิดจากการนำน้ำมันไม่อิ่มตัวไปเติมไฮโดรเจนเพียงบางส่วนในทางอุตสาหกรรม โดยต้องใช้ความดันและสารแคตาลิสต์เข้าช่วยเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นน้ำมันอิ่มตัว เพื่อจะได้ไม่เกิดการหืน (เพราะถูกเติมออกซิเจน) และทำให้น้ำมันอยู่ในรูปที่แข็งตัวทำให้จับต้องผลิตภัณฑ์อาหารได้สะดวกไม่เหนียวเหนอะหนะ และการเติมออกซิเจน (Oxidation) เป็นการะบวนการที่เกิดขึ้นตลอกเวลาก่อให้เกิดความเสื่อมของโมเลกุล กล่าวคือ เกิดอนุมูลอิสระขึ้นมาจากผลของการเติมออกซิเจนซึ่งเป็นที่รู้กันอยู่แล้วว่า “อนุมูลอิสระ” เป็นตัวการของการเกิดโรคแห่งความเสื่อมต่อสุขภาพมากมายและไม่มีกลิ่นหืนเหมือนไขมันไม่อิ่มตัวโดยเฉพาะพวกที่เป็นไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (Polyunsaturated oil) ซึ่งมีพันธะคู่หลายตำแหน่งเมื่อถูกความร้อนสูงจะทำให้เกิดเป็น trans fatty acids ซึ่งเป็นกรดไขมันชนิดเลว ซึ่งแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

- กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงเดี่ยว (monosaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีอะตอมของคาร์บอน 1 ตัว ไม่มีไฮโดรเจน 2 ตัว มาจับจึงต้องจับคู่กันเองด้วยพันธะคู่ (double bond) จึงเป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่เพียง 1 คู่ 14
- กรดไขมันไม่อิ่มตัวเชิงซ้อน (polyunsaturated fatty acid) เป็นกรดไขมันที่มีพันธะคู่มากกว่า 1 คู่ ซึ่งส่วนใหญ่กรดไขมันไม่อิ่มตัวจะมีจำนวนของคาร์บอนอะตอมมากจึงทำให้โมเลกุลมีความยาวมาก เช่น กรดลินโนเลอิก (linoleic acid-C18)

2.1.4.2 กรดไขมันขนาดกลาง (medium-chain fatty acids – MCFAs)

น้ำมันมะพร้าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่ร้อยละ (62.5) เป็นกรดไขมันขนาดกลางที่มีจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุล 8 - 14 อะตอม กรดไขมันที่สำคัญ ได้แก่ กรดคาปริก (carpic; acid) กรดลอริก (Lauric; acid) และกรดไมริสติก (Myristic; acid) และจากการที่ร่างกายสามารถตอบสนองต่อกรดไขมันขนาดต่าง ๆ ได้แตกต่างกันซึ่งแสดงภาพที่ 2.1 การเปรียบเทียบกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางของน้ำมันมะพร้าวกับพืชที่ให้น้ำมันชนิดอื่นโดยเฉพาะกรดไขมันขนาดกลาง ซึ่งพบมากในน้ำมันมะพร้าวจึงทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติดังนี้

ก. เปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว ร่างกายของมนุษย์สามารถเปลี่ยนน้ำมันมะพร้าวให้เปลี่ยนเป็นพลังงานอย่ารวดเร็ว เนื่องจากส่วนใหญ่ของกรดไขมันของน้ำมันมะพร้าวมีโมเลกุลขนาดกลาง เมื่อบริโภคเข้าไปจะถูกดูดซึมได้อย่างรวดเร็วและจะผ่านกระเพาะไปยังลำไส้ และในกระแสเลือดแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานที่ตับอย่างรวดเร็ว (ภายในหนึ่งชั่วโมง) ทำให้ไม่เหลือเป็นไขมันสะสมในร่างกายนอกจากนี้ซึ่งกรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางจะสามารถย่อยและสกัดได้ง่ายกว่ากรดไขมันที่มีขนาดความยาวมาก และเมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายไม่จำเป็นต้องมีการไฮโดรลิซิสและใช้เอนไซน์ช่วยย่อย [18]



ภาพที่ 2.1 กรดไขมันที่มีขนาดความยาวปานกลางของน้ำมันมะพร้าวเปรียบเทียบกับพืชที่ให้น้ำมันชนิดอื่น

ที่มา : [8]

ข. เพิ่มอัตราเมตาบอลิสซึม (Metabolism) น้ำมันมะพร้าวช่วยในการเร่งอัตราเมตาบอลิสซึม จากการเพิ่มประสิทธิภาพของต่อมธัยรอยด์และมีอัตราเผาผลาญที่เร็วขึ้น นอกจากตัวมันเองจะถูกเผาผลาญในอัตราที่เร็วแล้วยังช่วยเผาผลาญอาหารที่รับประทานเข้าไปพร้อมกันทำให้ไม่ไปสะสมเป็นไขมัน อีกทั้งยังไปเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้แต่เดิมอีกด้วย [4]

ค. ช่วยลดน้ำหนัก เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวที่เราบริโภคเข้าไปนั้นยังช่วยสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ทันทีจึงไม่มีไขมันสะสมในร่างกายอีก ทั้งยังกระตุ้นให้ต่อมธัยรอยด์ทำงานดีขึ้นจึงนำเอาไขมันที่ร่างกายสะสมไว้ก่อนหน้าไปใช้เผาผลาญให้เกิดพลังงานจึงสามารถช่วยลดความอ้วนได้

2.1.4.3 สารฆ่าเชื้อโรค

น้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันจากพืชที่มีกรดลอริกอยู่สูงมาก 48-53 เปอร์เซ็นต์ เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายจะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ ชื่อ "โมโนลอริน" ซึ่งเป็นสารตัวเดียวที่อยู่ในน้ำนมมารดาช่วยสร้างภูมิคุ้มกันให้กับทารกในระยะ 6 เดือนแรกที่ร่างกายยังไม่สามารถสร้างระบบภูมิคุ้มกันโรคและยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรค [19] ได้รายงานว่าน้ำมันมะพร้าวสามารถฆ่าแบคทีเรีย รา ยีสต์ โปโตซัว และแม้กระทั่งเชื้อไวรัส จากผลงานวิจัยของ Dayrit [16] พบว่า กรดลอริกและโมโนลอรินสามารถช่วยลดปริมาณของเชื้อไวรัส (HIV) ในคนไข้โรคเอดส์ได้อย่างไรก็ตามกรดโมโนลอรินไม่สามารถฆ่าจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดจะฆ่าได้เฉพาะเชื้อจุลินทรีย์ที่มีเยื่อหุ้มเซลล์ที่เป็นไขมัน เช่น เชื้อไข้หวัดใหญ่ เริม คางทูม และโรคเอดส์ การที่โมโนลอรินไม่ฆ่าจุลินทรีย์ทุกชนิดจัดเป็นข้อดีเพราะทำให้แบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในกระเพาะไม่ถูกทำลาย นอกจากกรดลอริกแล้วในน้ำมันมะพร้าวยังมีกรดไขมันขนาดกลางอีก 2 ตัว คือ กรดคาปริก 6-7 เปอร์เซ็นต์ และกรดคาปริลลิก 8 เปอร์เซ็นต์ ที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคได้เช่นกันและต่างก็ช่วยเสริมกรดลอริกในการเพิ่มภูมิคุ้มกันให้แก่ร่างกายเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคก่อโรคขึ้นหรือฆ่าเชื้อโรคเหล่านี้เมื่อปรากฏตัวขึ้น [4]

2.1.4.4 สารแอนตีออกซิแดนต์ (antioxidant)

น้ำมันมะพร้าวมีสารแอนตีออกซิแดนต์หลายชนิดอีกด้วยที่มีประสิทธิภาพสูงในปริมาณมาก เช่น วิตามินอีทำหน้าที่ต่อต้านอนุมูลอิสระโดยการป้องกันไม่ให้ถูกเติมออกซิเจนที่เป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ (Free radicals) ซึ่งทำให้เซลล์ผิดปกติ เช่น เยื่อบุเซลล์ฉีกขาด ผิวหนังเหี่ยวย่น อันเป็นสาเหตุของการเกิดโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อมของร่างกายโดยเฉพาะโรคหัวใจ มะเร็ง ไขข้ออักเสบ เบาหวาน ภูมิแพ้ และโรคชรา

2.1.4.5 กรดลอริก (Lauric acid)

สามารถช่วยสร้างภูมิคุ้มกันและมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคในร่างกายได้ กล่าวได้ว่าเมื่อบริโภคน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์เข้าไปในร่างกาย กรดลอริกในน้ำมันมะพร้าวจะเปลี่ยนเป็นโมโนกลีเซอไรด์ ที่เรียกว่า"โมโนลอริน" (monolaurin) ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกับน้ำนมของมารดาที่ใช้เลี้ยงทารกในระยะ 6 เดือนแรก ซึ่งร่างกายยังไม่สามารถสร้างภูมิคุ้มกันได้ด้วย นอกจากนี้โมโนลอรินยังทำหน้าที่เป็นสารปฏิชีวนะ (antibiotic) และเป็นสารฆ่าไวรัส (antivirus) ได้โดยโมโนลอรินจะเข้าไปทำลายเฉพาะเชื้อโรคที่มีเกราะหุ้มเซลล์ที่เป็นไขมัน (lipid-coated membrane) เช่น เชื้อไข้หวัดใหญ่ โรคเริม คางทูม โรคซาร์ และโรคเอดส์ โดยเกราะนี้จะถูกละลายโดยน้ำมันมะพร้าวเพื่อให้โมโนลอรินเข้าไปทำลายเชื้อโรค อย่างไรก็ตาม โมโนลอรินก็ไม่สามารถฆ่าเชื้อโรคได้ทุกชนิด อีกทั้งไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ นอกจากกรดลอริกแล้วยังมีกรดคาปริกอีกตัวที่ช่วยเสริมประสิทธิภาพของโมโนลอริน โดยการเปลี่ยนเป็นสารโมโนคาปริน (monocaprin) เมื่อบริโภคเข้าไปในร่างกายจะมีฤทธิ์เช่นเดียวกับโมโนลอริน ทั้งนี้ประสิทธิภาพในการทำงานของสารทั้ง 2 ตัวขึ้นอยู่กับปริมาณที่มีอยู่ในน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ [6] [18]

2.1.4.6 วิตามินอี

ก. สารต่อต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) หรือวิตามินอีมีในน้ำมันมะพร้าวสามารถทำหน้าที่เป็นสารต่อต้านอนุมูลอิสระโดยการป้องกันเซลล์ไม่ให้ถูกเติมออกซิเจนและเป็นตัวต่อต้านอนุมูลอิสระ (Freer adicals) ซึ่งเกิดจากมลพิษในสิ่งแวดล้อม อาหาร เครื่องดื่ม การสูบบุหรี่ รังสี และความเครียด ฯลฯ โดยปกติร่างกายของมนุษย์มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระคอยทำลายอนุมูลอิสระอยู่แล้ว แต่เมื่อบริโภคน้ำมันพืชประเภทไม่อิ่มตัวซึ่งถูกเติมออกซิเจน (Oxidized) ได้ง่าย ๆ ตั้งแต่เริ่มสกัดตลอดจนระหว่างการขนส่ง การวางจำหน่าย และการเก็บรักษาก่อนบริโภค จึงเกิดเป็นอนุมูลอิสระได้ง่ายอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจะไปลบล้างประสิทธิภาพ (Neutralize) ของสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในร่างกายจึงทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดผลเสียแก่เซลล์และเนื้อเยื่อ เนื่องจากอนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนสภาพโดยสูญเสียอิเล็กตรอน (Electron) จึงไปจับกับโมเลกุลที่อยู่ใกล้เคียงต่อไปเรื่อย ๆ เกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่เป็นผลทำให้เซลล์ผิดปกติไป เช่น เยื่อบุเซลล์ฉีกขาดเปลี่ยนสารพันธุกรรมในนิวเคลียสเกิดการกลายพันธุ์ทำให้เกิดโรคที่เกี่ยวกับความเสื่อม (Degenerative diseases)

ข. สารโทโคไทรอีนอล (Tocotrienol) วิตามินอีในน้ำมันมะพร้าวมีวิตามินอีโทโคเฟอรอล (Tocopherol) (1.1 มล./100 ก.) และโทโคไทรอีนอล (3.1 มก./100 ก.) [20] วิตามินอีเป็นแอนตีออกซิแดนต์ที่มีประสิทธิภาพโดยเฉพาะโทโคไทรอีนอลมีประสิทธิภาพสูงกว่า

โทโคเฟอรอลซึ่งมีอยู่ในเครื่องสำอาง ถึง 40 – 60 เท่า ด้วยเหตุนี้น้ำมันมะพร้าวจึงต่อต้านอนุมูลอิสระได้อย่างมีประสิทธิภาพ [4]

ค. สารฟีนอล Dia [21] กล่าวว่ารายงานเรื่องน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการทดลอง 6 ตัวอย่าง มีสารฟีนอล (phenolic compounds)ในรูปของกรดแกลลิก (Gallic acid) อยู่ 6.29 - 8.38 มก./ก. Seneviratne and Dissanayake [22] ได้รายงานว่าน้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยวิธีอุตสาหกรรมมีสารฟีนอลอยู่ 91 ± 11 มก./กก. ขณะที่น้ำมันมะพร้าวที่สกัดโดยวิธีพื้นบ้านมีสารฟีนอลอยู่ 618 ± 46 มก./กก. ซึ่งสูงกว่าที่ได้จากการสกัดโดยวิธีทางอุตสาหกรรมถึง 7 เท่า

ง. สารไพโตสเตอรอล น้ำมันมะพร้าวมีสารไพโตสเตอรอ (Phytosterols) 400 - 1200 มก./กก. ทำหน้าที่ต่อต้านการเติมออกซิเจน และไฮโดรเจนไม่ให้เข้าแทรกในโมเลกุลตรงกันข้ามกับน้ำมันพืชที่ประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันดอกคำฝอย ที่เกิดการเติมออกซิเจนตลอดเวลาส่งผลให้เกิดอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุของโรคของความเสื่อม [4] ส่วนการเติมไฮโดรเจนนั้นเกิดจากการนำน้ำมันไม่อิ่มตัวไปสัมผัสกับอุณหภูมิที่สูงจะเกิดเป็นสารตัวใหม่ชื่อว่า “ไขมันทรานส์” (Trans fats) ซึ่งเป็นโมเลกุลที่เปลี่ยนรูปร่างไปและเกิดผลเสียต่อเซลล์ เช่น ทำให้เยื่อบุเซลล์บุบเซลล์สลาย และทำให้เชื้อโรคหรือสารพิษเข้าไปในเซลล์ได้เกิดการเปลี่ยนแปลง ดี เอ็น เอ (DNA) ของเซลล์ นอกจากนั้นการนำน้ำมันไม่อิ่มตัวไปเติมไฮโดรเจนเพียงบางส่วนในอุตสาหกรรม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันไม่อิ่มตัวเปลี่ยนเป็นน้ำมันอิ่มตัวเพื่อจะได้ไม่เกิดการหืนอันเนื่องจากถูกเติมออกซิเจน และทำให้น้ำมันอยู่ในรูปที่แข็งตัว ดังนั้นน้ำมันมะพร้าวซึ่งเป็นน้ำมันอิ่มตัวไม่สามารถเกิดการเติมออกซิเจนที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระและไม่มีการเติมไฮโดรเจนซึ่งเป็นการทำให้เกิดไขมันทรานส์

2.1.5 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวมีคุณค่าทางโภชนาการมากสามารถ และนำมาใช้ประโยชน์ทั้งแบบรับประทานไม่ได้ (inedible use) และรับประทานได้ (edible use) ได้แก่ น้ำมันทอดอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ ยา และเครื่องสำอาง [8] จึงได้รับการรับรองจากหน่วยงานต่าง ๆ และสถาบันทางด้านการตรวจสอบความปลอดภัยของอาหารทั้งในประเทศไทยและในต่างประเทศทั่วโลกมีการรับรองถึงมาตรฐานสากลของน้ำมันมะพร้าวในด้านคุณค่าทางโภชนาการและความปลอดภัยต่อสุขภาพในการบริโภค ซึ่งเป็นสิ่งที่ยืนยันถึงความมีมาตราฐานในระดับสากลของน้ำมันมะพร้าวทั้งนี้มีรายละเอียดคุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันมะพร้าว ดังแสดงตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 คุณค่าทางโภชนาการของน้ำมันมะพร้าว

Nutritional Information

Description	Per 100g.
Energy in K.Vkcal	3676/8.80
Protein	0g
Carbohydrate	0g
Sugars	0g
Total Fat	100g
Saturated Fat	93g
of which : Mcdium Chain Fatty Acids	
Caprylic c8	9g
Capric c10	7g
Lauric c12	50g
Myristic c14	17g
of which : Long Chain Fatty Acids	
Palmitic c16	8g
Stearic c18	2g
Monounsaturated Fat	6g
Polyunsaturated Fat.	1g
Sodium	0g
Cholesterol	0g

ที่มา : [8]

2.1.6 ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าว

ปัจจุบันน้ำมันมะพร้าวเป็นที่นิยมมากขึ้น เนื่องด้วยคุณสมบัติของน้ำมันมะพร้าวนั้นสามารถสร้างประโยชน์ให้กับมนุษย์ได้มากและในงานการจัดเสวนา “บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพและความงาม” โดย ดร.ณรงค์ โฉมเฉลา ประธานชมรมอนุรักษ์และพัฒนาน้ำมันมะพร้าวแห่งประเทศไทย มาให้ความรู้ใหม่เกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าวมนุษย์ใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นอาหาร เป็นยา เป็นเครื่องสำอางมาเป็นพันๆ ปี มีบันทึกไว้ว่าในประเทศอินเดียใช้น้ำมันมะพร้าวมาเป็นเวลากว่า 4,000 ปีแล้ว สำหรับประเทศไทย ปลูกมะพร้าวมาตั้งแต่สมัยพ่อขุนรามคำแหง เมื่อ 700 กว่าปีก่อน สกัดน้ำมันมะพร้าวมาประกอบอาหารหวานคาวใช้เป็นสมุนไพรและเครื่องสำอาง จากการศึกษาและทดลองพบว่าน้ำมันมะพร้าวเป็นน้ำมันจากพืชชนิดเดียวในโลกที่มี “กรดลอริก” อยู่ในปริมาณที่สูงมาก (48-53 เปอร์เซ็นต์) และกรดชนิดนี้เองที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติที่โดดเด่นและพิเศษกว่าน้ำมันพืชอื่น ๆ ในการเสริมสุขภาพ และความงามของมนุษย์ร่างกายรับ “กรดลอริก” นี้เข้าไปจะเปลี่ยนเป็น “โมโนลอริน” ซึ่งเป็นสารตัวเดียวกันกับนมน้ำเหลืองของมารดา โมโนลอรินช่วยสร้างภูมิคุ้มกัน และยังมีฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคโดยทำหน้าที่เป็นสารปฏิชีวนะ และเป็นสารฆ่าเชื้อไวรัส แบคทีเรีย รา ยีสต์ และโปรโตซัว รวมทั้งเชื้อที่ก่อให้หลอดเลือดแข็งตัวสารปฏิชีวนะในน้ำมันมะพร้าวไม่เป็นพิษต่อมนุษย์ และจะถูกสร้างขึ้นในร่างกายของมนุษย์ เมื่อบริโภคอาหารที่มีกรดลอริกอีกทั้งไม่เป็นอันตรายต่อแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ในลำไส้ ประเทศที่ได้รับการยกย่องว่ามีรูปร่างสมส่วนมีผิวและผมสวยที่สุดในโลกคือ ชาวเกาะตาฮิติ รวมทั้งชาวเกาะทะเลใต้อื่นๆ ด้วย ทั้งนี้ก็เพราะชาวเกาะเหล่านี้บริโภคมะพร้าวและใช้น้ำมันมะพร้าวชโลมตัวและผมทำให้ผิวไม่แตกแห้งเป็นกระแต่ชุ่มชื้นและเนียนส่วนผมก็สลวยดกดำเป็นเงางามทั้ง ๆ น้ำมันมะพร้าวยังอุดมด้วยวิตามินอีที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระ ตัวการทำให้เกิดความเสื่อมของเซลผิวหนัง ทำให้ผิวพรรณเยาว์วัยเนียนนุ่ม ไม่เกิดฝ้ากระ อีกทั้งไม่เป็นโรคทางผิวหนังมีสารปฏิชีวนะต่อต้านเชื้อโรคทำให้ไม่มีรังแค และมีวิตามินอีทำให้หนังศีรษะไม่เหี่ยวย่น นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวซึมเข้าไปในเส้นผมได้ดี ช่วยยืดอายุโปรตีนของเส้นผมด้วยจะเห็นได้ว่าน้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์ต่อสุขภาพในหลายแง่มุมทำให้ร่างกายทำงานได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงเป็นอีกทางเลือกสำหรับคนรักสุขภาพ

จากที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า น้ำมันมะพร้าวมีบทบาทอย่างมากต่อสุขภาพและความงามของมนุษย์ไม่ว่าจะใช้เป็นการบริโภคเป็นอาหารหรืออาหารที่เป็นยาด้วย (Nutraceutical หรือ Functional Food) และการใช้ภายนอกโดยการใช้ถูนวดตัว หรือชโลมผมเป็นต้น จากข้อมูลทั้งหมดหวังว่าจะจุดประกายการกระตุ้นให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องหันกลับมาทบทวนข้อมูลเชิงวิชาการเพื่อทำการวิจัยและพัฒนาน้ำมันมะพร้าวซึ่งมีบทบาทสำคัญในการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากสภาพ

ประเทศไทยมีแหล่งมะพร้าวที่สามารถตอบสนองความต้องการของคนในประเทศและต่างประเทศได้ จึงมีการช่วยกันสนับสนุนให้น้ำมันมะพร้าวกลับมาเป็นที่นิยมใช้และพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่แพร่หลายในอนาคตต่อไป

2.1.6.1 ประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ต่อสุขภาพ

ก. น้ำมันมะพร้าวช่วยลดคอเลสเตอรอล ชนิดเลวที่เรียกว่า LDL และช่วยเพิ่มคอเลสเตอรอลชนิดดีเรียกว่า HDLน้ำมันมะพร้าวจึงให้ผลดีกับหัวใจ ช่วยป้องกันโรคหัวใจ และโรคเส้นโลหิตตีบ ซึ่งต่างจากไขมันทรานส์ที่พบในน้ำมันพืชที่ผ่านกรรมวิธีบางชนิดซึ่งลด HDL แต่กลับเพิ่ม LDL

ข. น้ำมันมะพร้าวกับความอ้วน ผู้ที่บริโภคน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำอย่าง เช่น ชาวเกาะทะเลใต้ที่อยู่ในตอนใต้ของมหาสมุทรแปซิฟิก จะมีรูปร่างที่สมส่วน ไม่อ้วนแต่ก็ไม่ผอม ทั้งนี้เพราะน้ำมันมะพร้าวช่วยลดความอ้วนได้ดีกว่าน้ำมันอื่น ๆ ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

- ช่วยกระตุ้นเมตาบอลิสซึม นอกจากจะปลี่ยนพลังงานได้อย่างรวดเร็วแล้วน้ำมันมะพร้าวยังไปเร่งอัตรการเผาผลาญอาหารให้เป็นพลังงาน หรือเมตาบอลิซึม (metabolism) เพราะมันมีผลทำให้เกิดความร้อนสูง (thermogenesis) และการเพิ่มอัตราเมตาบอลิซึมนี้ยังนำไปสู่การมีการเพิ่มอุณหภูมิของร่างกายอีกด้วย เมื่อคนที่เป็นโรคที่ทำให้มีระบบการทำงานของต่อมธัยรอยด์ต่ำ (hypothyroidism) เมื่อบริโภคน้ำมันมะพร้าวเข้าไปอุณหภูมิของร่างกายจะสูงขึ้นประมาณ 1 ถึง 2 องศาเซลเซียส โดยไปกระตุ้นต่อมธัยรอยด์ให้ทำงานเร็วขึ้นและจะยังคงสูงอยู่เป็นเวลาหลายชั่วโมงขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่บริโภคเข้าไป ดังนั้นที่ต่อมธัยรอยด์ทำงานในระดับต่ำจึงสามารถใช้น้ำมันมะพร้าวกระตุ้นให้ต่อมธัยรอยด์ทำงานดีขึ้นเพื่อช่วยลดน้ำหนักได้ [23]

- ช่วยชะลอความหิว น้ำมันมะพร้าวสามารถช่วยลดปริมาณรวมของการบริโภคอาหารและจำนวนแคลอรี และสามารถที่จะรับประทานอาหารได้น้อยลงรู้สึกอิ่มนานขึ้นจึงไม่รับประทานมากขึ้นในมื้อถัดไป

ค. น้ำมันมะพร้าวกับโรคเบาหวาน น้ำมันมะพร้าวประกอบด้วยกรดไขมันขนาดกลาง (Medium-chain fatty acids – MCFAs, C 6-12) จึงเข้าไปในเซลล์ได้โดยไม่ต้องมีอินซูลินเป็นตัวพาเข้าอีกทั้งน้ำมันมะพร้าวยังสามารถใช้ เป็นอาหารหล่อเลี้ยงเซลล์ได้ส่งผลให้เซลล์มีอาหารโดยไม่ต้องพึ่งอินซูลิน ดังนั้นไม่ว่าร่างกายจะสร้างอินซูลินได้ไม่พอหรือเซลล์ไม่ตอบสนองต่ออินซูลินก็ไม่เป็นปัญหา และช่วยกระตุ้นกระบวนการเมตาบอลิสซึม น้ำมันมะพร้าวสามารถกระตุ้นการทำงานของต่อมธัยรอยด์ จึงช่วยเพิ่มอัตราเมตาบอลิสซึม ส่งผลให้มีการเพิ่มการผลิตอินซูลินและการดูดซึมน้ำตาลเข้าไปในเซลล์ ช่วยให้ตับอ่อน กลับมาสร้างอินซูลินได้อีกครั้ง เนื่องจากน้ำมัน

มะพร้าวสามารถทดแทนอาหารของเซลล์ได้โดยไม่ต้องพึ่งอินซูลิน ทำให้ความต้องการเอนไซม์ที่ใช้ในการผลิตอินซูลินในตับอ่อนลดลง จึงช่วยลดความเครียดให้แก่ตับอ่อนในขณะรับประทานอาหาร ซึ่งมีการผลิตอินซูลินอย่างเต็มที่ทำให้ตับอ่อนเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและกลับมาสร้างอินซูลินได้ดังเดิมส่วนกรดลอริก (lauric acid, C - 12, 48 - 53%) ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันมะพร้าวมีฤทธิ์ในการเพิ่มประสิทธิภาพของตับอ่อนในการสร้างอินซูลิน นอกจากนั้นกรดไขมันขนาดกลางชนิดอื่น ๆ ได้แก่กรดคาโปรอิก (capric acid, C - 10.7%) กรดคาปริลิก (caprylicacid, C - 8.8%) และกรดคาโปรอิก (caproic acid, C - 6.05%) ในน้ำมันมะพร้าวต่างช่วยกันเร่งกระบวนการเกิดของเมตาบอลิสซึมส่งผลให้เพิ่มการสร้างอินซูลินและการนำน้ำตาลเข้าสู่เซลล์ [23]

ง. น้ำมันมะพร้าวมีแร่ธาตุรองสำคัญ ๆ และวิตามิน ซึ่งวิตามินบางชนิดต้องละลายในไขมัน แคลเซียม แมกนีเซียม เบตาแคโรทีน วิตะมิน A, D, E, K ล้วนต้องละลายในไขมัน ร่างกายจึงจะดูดซับไปใช้งานได้ทันที คนเราจึงไม่สามารถขาดการบริโภคไขมันได้ ซึ่งการบริโภคน้ำมันมะพร้าวสามารถย่อยง่าย และจะเปลี่ยนเป็นพลังงานได้เร็วจึงช่วยนำแร่ธาตุและวิตามินต่าง ๆ เหล่านี้เข้าสู่ร่างกายได้เร็ว

จ. น้ำมันมะพร้าวช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรง น้ำมันมะพร้าวช่วยเสริมสร้างร่างกายที่ขาดแคลเซียม และแม็กเนเซี่ยมจะช่วยทำให้กระดูกที่ไม่แข็งแรงเกิดอาการกระดูกเปราะ แตกหักง่ายแนะนำการรับประทานน้ำมันมะพร้าวเป็นประจำช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซับแคลเซียม และแม็กเนเซี่ยม จึงเป็นหนทางหนึ่งที่ช่วยเสริมสร้างกระดูกให้แข็งแรงกับผู้บริโภค

ฉ. น้ำมันมะพร้าวเป็นประโยชน์กับทารกและตัวอ่อนในครรภ์ เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวทำให้ร่างกายดูดซับสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกายมาใช้ได้กับผู้ที่กำลังตั้งครรภ์รับประทานอาหารที่ประกอบด้วยน้ำมันมะพร้าว ทารกจะได้รับสารอาหารที่จำเป็นอย่างพอเพียง นอกจากนั้นในน้ำมันมะพร้าวยังประกอบด้วยกรดลอริก ซึ่งเป็นกรดไขมันที่พบได้ในน้ำนมแม่และการรับประทานน้ำมันมะพร้าวจึงเป็นการกระตุ้นให้น้ำนมแม่อุดมไปด้วยสารอาหาร และกรดลอริกช่วยในการฆ่าเชื้อโรคทำให้ทารกแข็งแรงมีภูมิคุ้มกัน

ช. น้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์กับผู้มีปัญหาเรื่องตับ กล่าวว่า คนเราจำเป็นต้องรับประทานไขมันแต่น้ำมันส่วนมากเป็นกรดไขมันสายยาวจึงย่อยยากซึ่งต้องอาศัยน้ำดีและเอนไซม์จากตับเป็นตัวช่วยย่อยกระบวนการการย่อยไขมันจะเกิดที่ลำไส้ ผู้ที่เป็เบาหวานตับอ่อนบกพร่อง หรือผู้ที่เคยผ่าตัดเอาถุงน้ำดีออกจะรู้กันดีว่ามีปัญหาเรื่องย่อยไขมัน สำหรับน้ำมันมะพร้าวเป็นไขมันสายปานกลาง ย่อยง่ายสามารถย่อยได้แม้ในกระเพาะอาหาร น้ำมันมะพร้าวจึงมีประโยชน์มากกับผู้มีปัญหาเรื่องตับ

2.2 ความหมายชนิดของอิมัลชัน

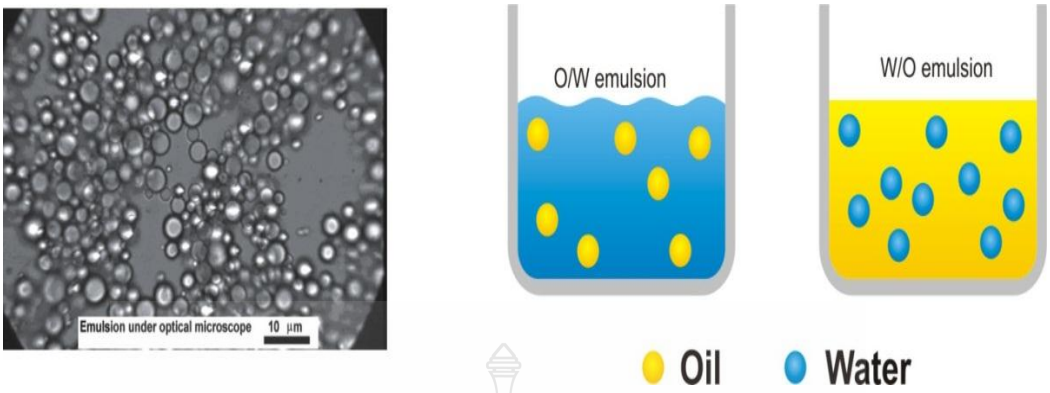
ระบบอิมัลชัน (Emulsion) คือสภาวะของเหลวตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปซึ่งปกติไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันมีการผสมเป็นเนื้อเดียวกันโดยไม่แยกชั้น เช่น น้ำกับน้ำมันโดยของเหลวชนิดหนึ่งจะแพร่กระจายเป็นเม็ดเล็กๆ อยู่ในของเหลวอีกชนิดหนึ่งของเหลวที่แพร่กระจายอยู่นี้เรียกว่า วัฏภาคที่กระจายตัว (Internal phase, Dispersed phase) ส่วนของเหลวที่ล้อมรอบนั้นเรียกว่า วัฏภาคต่อเนื่อง (External or continuous phaes) โดยไม่รวมตัวกันแต่สามารถอยู่ในลักษณะเดียวกันได้โดยจะใช้สารอิมัลซิไฟเออร์ สำหรับอาหารส่วนใหญ่อนุภาคจะมีขนาด 0.1-100 ไมครอน [24] คุณสมบัติที่สำคัญของอิมัลชัน คืออนุภาคในวัฏภาคที่กระจายตัวมีขนาดเล็ก และมีแรงตึงผิว (Surface tension) สูงจึงมีความคงตัว (Stability) ในเวลาจำกัดเท่านั้น [25] ชนิดอิมัลชันของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายในและวัฏภาคภายนอกในอาหารแบ่งออกได้ ดังนี้

2.2.1 การแบ่งชนิดของอิมัลชันในอาหาร ดังนี้

ก. อิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (W/O Emulsion) เป็นอิมัลชันที่ประกอบด้วยน้ำขนาดเม็ดเล็ก ๆ กระจายตัวอยู่ในน้ำมันซึ่งจะพบในไอศกรีมชนิดนี้ หรือผลิตภัณฑ์ เนย มาการีน มายองเนส และไส้กรอกเป็นต้น

ข. อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ (O/W Emulsion) เป็นอิมัลชันชนิดที่มีไขมันประกอบด้วยไขมันหรือน้ำมันเม็ดเล็ก ๆ กระจายอยู่ในน้ำพบอิมัลชันชนิดนี้ในผลิตภัณฑ์ น้ำสลัดชนิดต่าง ๆ นม กะทิ และไอศกรีม เป็นต้น

ค. อิมัลชันเชิงซ้อน (Multiple Emulsion) เป็นอิมัลชันที่มีวัฏภาคภายในซึ่งเป็นของเหลวต่างชนิดซ้อนกันอยู่ เช่น W/O/W หรือ O/W/O อิมัลชันเชิงซ้อนเหล่านี้สามารถกลายเป็นอิมัลชันชนิดธรรมดาได้ เช่น W/O/W ซึ่งมีน้ำเป็นวัฏภาคภายนอก แต่วัฏภาคภายในเป็นน้ำมันจะมีหยดเล็กๆของหยดน้ำซ้อนอยู่อีกทีเมื่อกลายเป็นอิมัลชันธรรมดาจได้ เช่นชนิด O/W/O กลายเป็น O/W เป็นต้นภาพชนิดของอิมัลชัน ดังแสดงภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ชนิดของอิมัลชัน
ที่มา : [26]

2.2.2 แบ่งตามความหนืดของอิมัลชัน ได้เป็น 2 ชนิด คือ

ก. ครีม (Cream) เป็นอิมัลชันที่มีความหนืดสูงซึ่งจะมีลักษณะกึ่งแข็งเพราะมีส่วนประกอบของสารพวกไขแข็ง (Waxes) และไขมัน (Fatty acid or fatty alcohol) ซึ่งช่วยเพิ่มความหนืดและเนื้อครีมที่ผสมอยู่กับน้ำมัน (Oils) ในวัฏภาคน้ำมัน ครีมมีทั้งชนิด O/W และ W/O ครีมมีความหนืดกว่าโลชั่น เพราะมีปริมาณวัฏภาคภายในสูงกว่า คือประมาณ 35 – 75 เปอร์เซ็นต์

ข. โลชั่น หรือ แบบนม (Lotion, milk, Milk lotion) เป็นอิมัลชันที่มีความหนืดต่ำ (เหลว) เพราะมีลักษณะเป็นของเหลวที่มีวัฏภาคภายนอกในปริมาณที่สูงและมักมีวัฏภาคภายในไม่เกิน 35 เปอร์เซ็นต์ โลชั่นอาจเป็นทั้งชนิด O/W และ W/O ซึ่งเป็นรูปแบบที่พบมากที่สุดในผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทาผิว หรือมีชื่อเรียกต่างออกไปว่า น้ำนม (Milk or milky lotion)

2.2.3 ผลิตภัณฑ์รูปแบบอิมัลชันมีส่วนประกอบหลักสำคัญ 3 ส่วน คือ

ก. วัฏภาคน้ำ (Water phaes) ได้แก่ น้ำ และสารต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นของแข็งหรือของเหลวที่ละลายได้ในน้ำอาจเป็นสารเพิ่มความหนืดเช่น Acacia, Vegum, Methylcellulose, Carbopol สารฮิวเมกแตนต์ เช่น Glycerlin, Propylene Glycol หรือ Glycol ทั้งหลายสารกันเสีย เช่น Metthylparaben, Sodium benzoate สารลดแรงตึงผิว เช่น Tween, Sodium lauryl sulfate สีที่ละลายน้ำ สารต้านอ๊อกซิเดชั่น เช่น sodium metabisulfite นอกจากนี้อาจเป็นสารออกฤทธิ์อื่นที่ละลายน้ำได้ เช่น Cetyl pyridinium chloride, Benzalkonium chloride เป็นต้น สารต่างๆ เหล่านี้อาจเติมลงในวัฏภาคน้ำได้ทั้งสิ้น แล้วแต่ส่วนประกอบของสูตรในผลิตภัณฑ์แต่ละประเภท

ข. วัฏภาคน้ำมัน (Oil phase) ได้แก่ น้ำมันต่างๆ เช่น Oilive oil, Mineral oil, Castor oil ไขมัน เช่น Stearyl alcohol, Stearic acid, Cetyl alcohol, Lanolin ไขแข็ง เช่น Bee wex, Paraffin wax, Canuba wex สีที่ละลายในน้ำมัน น้ำหอมต่าง ๆ สารกันหืน เช่น BHT, BHA สารลดแรงตึงผิว เช่น span, emulgin C 1000 หรือสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ เช่นฮอร์โมน วิตามิน เป็นต้น แล้วแต่ส่วนประกอบในสูตรของผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทเช่นกัน

ค. ตัวทำอิมัลชัน (Emulsifier) ได้แก่ สารลดแรงตึงผิว เช่น Tween, Span, Sodium lauryl ulfate คอลลอยด์ที่ชอบน้ำ เช่น Acacia, Gelatin ของแข็งอนุภาคละเอียด เช่น Bentonite, Colloidal magnesium aluminum silicate เป็นต้น ตัวทำอิมัลชันเป็นตัวสำคัญในการผสมผสานให้เกิดวัฏภาคน้ำ และน้ำมันเข้าเป็นเนื้อเดียวกันได้จากส่วนประกอบของอิมัลชัน ซึ่งมองดูแล้วการผลิตอิมัลชันน่าจะเป็นสิ่งที่ทำได้ง่ายแต่พบว่า การผลิตอิมัลชันให้ได้ดีคือมีลักษณะสวยงามน่าใช้เนื้อเนียนเรียบ มีความคงตัวโดยไม่แยกชั้น มีความหนืด และได้ชนิดที่ต้องการนั้นเป็นสิ่งที่ยุ่งยากพอสมควรต้องคำนึงถึงปัจจัยใหญ่อย่างน้อย 2 ประการ คือ

- มีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับกลไกการเกิดของอิมัลชัน และเป็นตัวที่จะทำให้เกิดอิมัลชัน

- มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเทคนิคที่ถูกต้องในการผลิตอิมัลชันและเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตการผสมเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอและคงตัวดี ตลอดจนการวิจัยและพัฒนาสูตรตำรับเพื่อปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของตลาด

2.2.4 กลไกการเกิดอิมัลชัน

การเกิดอิมัลชันจะเกิดจากของเหลวสองชนิด ซึ่งไม่รวมตัวกันเมื่อถูกนำมารวมกันจะเกิดการแยกกันอยู่เป็น 2 ชั้น เนื่องจากเกิดแรงตึงระหว่างผิวขึ้นแต่เมื่อมีการเขย่าซึ่งเป็นการเพิ่มพลังงานและเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างของเหลวทั้งสอง ซึ่งจะทำให้ของเหลวนั้นกระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ รวมกันและกันได้ และมีลักษณะของอิมัลชันเกิดขึ้นแต่เป็นเพียงลักษณะที่เกิดขึ้นชั่วคราว ซึ่งหลักการทางเทอร์โมไดนามิกส์อธิบายได้ว่าการเขย่าเป็นการเพิ่มพลังอิสระที่พื้นผิว (surface free energy) ของเหลวจึงเข้ากันได้ชั่วคราวสภาวะนี้ถือว่าไม่คงสภาพ เพราะเมื่อหยุดเขย่าหรือหยุดกวนของเหลวเหล่านั้นก็จะกลับมารวมตัวกันและแยกชั้นดังเดิม เนื่องจากมีการปรับสภาวะให้เข้าจุดคงสภาพโดยลดพื้นที่ผิวการสัมผัสระหว่างกันน้อยที่สุดเหตุการณ์ดังกล่าวนี้สามารถทำให้เกิดขึ้นอย่างถาวรได้กล่าวคือ เกิดการกระจายตัวเป็นหยดเล็ก ๆ ของกันและกันในของเหลวทั้งสองชนิดโดยที่ยังคงสภาพอยู่ซึ่งจะไม่กลับมาแยกชั้นดังเดิมได้โดยการเติมตัวทำอิมัลชันลงไปก่อนการเขย่า ดังนั้นการเกิดอิมัลชันได้ต้องอาศัยกระบวนการ 2 ขั้นตอน ดังนี้

ก. การทำให้ของเหลวที่เป็นวัฏภาคภายในแตกกระจายเป็นหยดขนาดเล็ก ๆ โดยจะอาศัยการให้พลังงาน ซึ่งอาจใช้ในรูปของความร้อน (heat) การคนหรือการปั่น (mechanical agitation) โดยการโฮโมจิไนซ์ (homogenization)การสั่นสะเทือนโดยคลื่นเสียง (untrasonic vibration) หรือไฟฟ้า (electricity) เป็นต้น

ข. การทำให้เกิดหยดเล็ก ๆ ที่กระจายตัวนั้นยังคงสภาพอยู่ได้นั้นจะต้องอาศัยตัวทำอิมัลชันดังกล่าวที่มีผู้อธิบายกลไกการทำงานของตัวทำอิมัลชันไว้ดังนี้

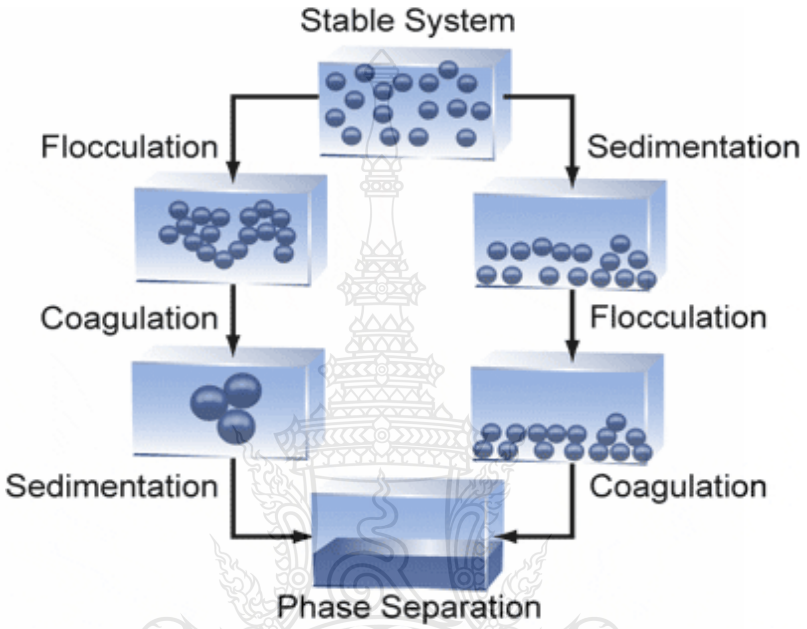
- เกิดการลดแรงตึงผิวขึ้นระหว่างผิวของเหลวทั้งสองนั้น โดยต้องมีการเติมสารอิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) เป็นการลดพลังงานอิสระที่พื้นผิวด้วยทำจะให้โอกาสที่หยดของวัฏภาคซึ่งกระจายตัวอยู่นั้นรวมตัวกันได้น้อยลงเป็นการเพิ่มความคงตัวทางเทอร์โมไดนามิกส์
- เกิดฟิล์มที่แข็งแรงและยืดหยุ่นโดยรอบหยดวัฏภาคภายใน คือ ความแข็งแรงและลักษณะการเรียงตัวของโมเลกุลของฟิล์มนี้แตกต่างกันออกไป แล้วแต่ชนิดและความเข้มข้นของตัวทำอิมัลชันที่ใช้ ฟิล์มอาจเรียงตัวเป็นโมเลกุลเดี่ยว (Monomolecllar film) โดยหันด้านมีประจุเข้าหาวัฏภาคน้ำ ด้านไม่มีประจุจะหันเข้าหาวัฏภาคน้ำมัน ฟิล์มชนิดนี้มักเกิดจากการใช้สารลดแรงตึงผิวเป็นตัวทำอิมัลชันหรือมีการ เรียงตัวซ้อนกันเป็นโมเลกุล (Multimolecular film) ซึ่งเกิดจากการใช้คอลลอยด์ที่ชอบน้ำเป็นตัวทำอิมัลชัน หรือมีการเรียงตัวของอนุภาคเล็กละเอียดของของแข็ง (Solid preticle film) ซึ่งเกิดจากการใช้ของแข็งเล็กละเอียดบางชนิดซึ่งดูดซับหน้าประจันของวัฏภาคทั้งสองได้

2.2.5 ความคงตัวของอิมัลชัน

ความคงตัวของอิมัลชัน คือ การให้วัฏภาคที่กระจายตัวซึ่งมีขนาดเล็กประมาณ 1-100 ไมโครเมตร กระจายตัวในวัฏภาคต่อเนื่อง ซึ่งโดยทั่วไประบบอิมัลชันของอาหารจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เนื่องจากปัจจัยภายนอก เช่น การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในระหว่างการแปรรูป และการเก็บรักษานอกจากจะไม่เสถียรแล้วระบบอิมัลชันยังเข้าสภาพสมดุล (equilibrium) ได้ยาก [25] การรักษาความคงตัวของระบบอิมัลชันสามารถทำได้โดยการทำให้พื้นผิวของอนุภาคในวัฏภาคที่กระจายตัวมีประจุ (charge stabilization) หรือการทำให้ผิวสัมผัสร่วม (interface) ระหว่างอนุภาคในวัฏภาคที่กระจายตัวกับวัฏภาคต่อเนื่องมีโมเลกุลหรืออนุภาคล้อมรอบ เพื่อกีดขวางการรวมตัวของอนุภาคไขมัน ไม่ว่าจะเป็นการเกาะกลุ่ม (flocculation) หรือการหลอมตัวเป็นอนุภาคเดียวกัน อาจทำได้โดยการเพิ่มความหนืดให้แก่วัฏภาคต่อเนื่อง เพื่อหน่วงการเคลื่อนที่ของอนุภาคในวัฏภาคที่กระจายตัวให้ช้าลง [24]

2.2.6 ความไม่คงตัวของอิมัลชัน

การสูญเสียความคงตัวของระบบอิมัลชันมีหลายระดับ โดยแต่ละลักษณะจะมีกลไกการเกิดปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และผลกระทบต่อคุณลักษณะของอิมัลชันที่แตกต่างกันออกไป ดังแสดงในภาพที่ 2.3



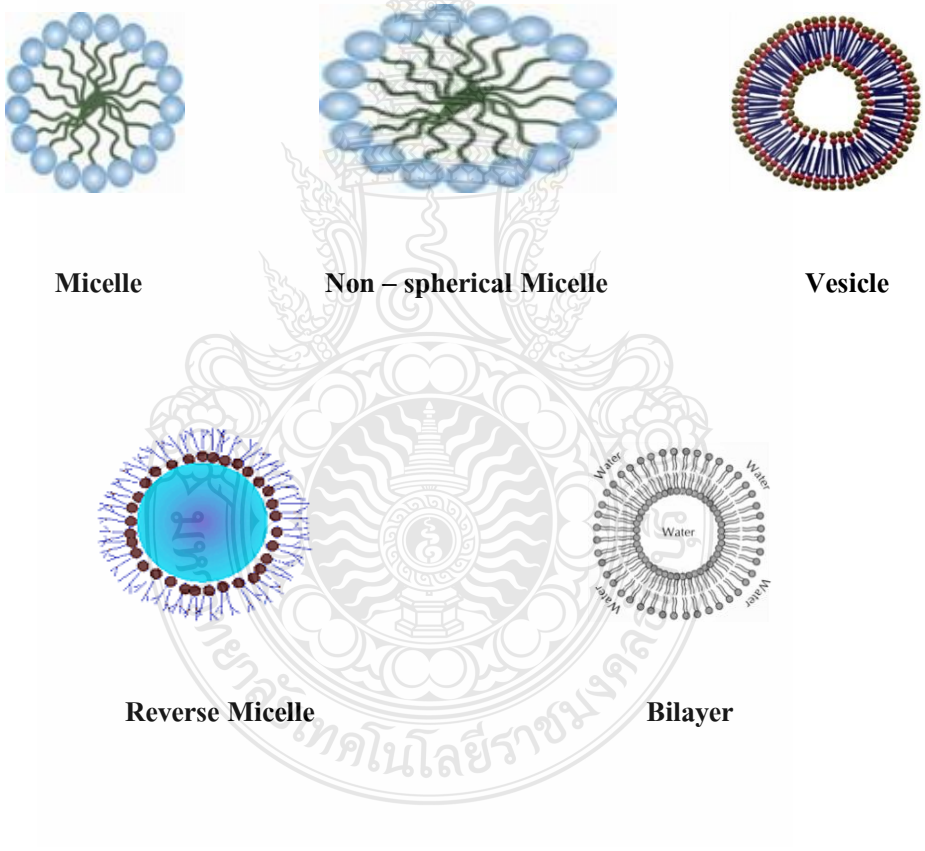
ภาพที่ 2.3 การสูญเสียความคงตัวของระบบคอลลอยด์
ที่มา : [24]

2.2.7 อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers)

เป็นวัตถุเจือปนอาหารชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากที่ใช้ในวงการผลิตอุตสาหกรรมอาหารช่วยรักษาคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น ความหนืด ลักษณะเนื้อสัมผัส และลักษณะปรากฏให้มีสภาพคงที่ ตัวอย่างเช่น ช่วยให้เกิดอิมัลชันคงตัวในผลิตภัณฑ์ น้ำสลัด ไอศกรีม เป็นต้น การรักษาความคงตัวของอิมัลซิไฟเออร์ในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งจำเป็นต้องมีการใช้สารช่วยให้เกิดความคงตัว เช่น อิมัลซิไฟเออร์ ก่อนการผสมหรือการโฮโมจีไนซ์ อิมัลซิไฟเออร์เป็นสารที่เกาะบริเวณพื้นผิวของอนุภาคที่กระจายอยู่เพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคเข้ามาอยู่ใกล้กันจนเกิดการรวมตัวกัน [27] อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหารจะต้องไม่เป็นพิษ (Nontoxic) ไม่เป็นสารก่อมะเร็ง (Noncarcinogenic) และไม่เป็นสารที่ทำให้เกิดอาการแพ้ (nonallergenic) โครงสร้างของอิมัลซิไฟเออร์

ประกอบด้วย 2 ส่วนที่มีหมู่ตรงข้ามกันใน 1 โมเลกุล เช่น polar/nonpolar, hydrophobic/hydrophilc, lipophobic/lipophilic และ lyophobic/lyophilic [28]

อิมัลซิไฟเออร์ หรือสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) จะมีการรวมตัวกันในสารละลายเพื่อทำให้เกิดการจัดเรียงตัวของโครงสร้างที่มีความเสถียรทางเทอร์โมไดนามิกส์ หรือเรียกลักษณะนี้ว่า association colloids เช่น micelles, bilayers, vesicles และ reverse micelles รูปแบบของการจัดเรียงตัวของโครงสร้างเหล่านี้ได้แสดงไว้ใน (ภาพที่ 2.4) ซึ่งการจัดเรียงตัวของโครงสร้างเหล่านี้ก็เพื่อลดบริเวณผิวสัมผัสระหว่างส่วน nonpolar tails ของโมเลกุลสารกับน้ำ ชนิดของ association colloids ของสารจะขึ้นกับความมีขั้วและรูปร่างของโมเลกุล



ภาพที่ 2.4 ลักษณะการจัดเรียงตัวของสารลดแรงตึงผิว
ที่มา : [24]

2.2.7.1 ชนิดของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอิมัลชัน

อิมัลซิไฟเออร์ ประกอบด้วย 2 ส่วนที่มีความแตกต่างกันภายในโมเลกุล เช่น polar/ nonpolar, hydrophobic/hydrophilic, lipophobic/lipophilic [28] ในโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำมันมักเป็นกรด stearic, palmitic หรือ linoleic หรือกรดไขมันผสมและส่วนที่ชอบน้ำมันมักประกอบด้วย หมู่ hydroxyl หรือ carbonyl

อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอิมัลชันมีหลายชนิด [29] ดังนี้

- โมโน และไดกลีเซอร์ไรด์ (Mono- and Diglycerides) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้มากที่สุด [29] สารทั้งสองประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำและส่วนที่ชอบน้ำมันทำให้ละลายได้บางส่วนทั้งในน้ำและน้ำมัน โดยจะถูกดูดซับที่บริเวณผิวระหว่างไตรกลีเซอร์ไรด์และน้ำ และเกิดเป็นผลึกของเหลว (Liquid crystal phase) ในน้ำ โมโนกลีเซอร์ไรด์มักใช้รักษาความคงตัวของอิมัลชันในน้ำมันโดยนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมอบ แป้งเค้กผสม มาการีน อาหารสะดวกซื้อ สารให้ความขาวในกาแฟ (Coffee whitener) และขนมหวานแช่แข็ง

- โพรพิลีนไกลคอลเอสเทอร์ (Propylene glycol monosteatate) ส่วนสารนี้ใช้สำหรับรักษาความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน เนื่องจากมีลักษณะที่ชอบน้ำมันและมีค่า HLB ต่ำ โพรพิลีนไกลคอลโมโนปาล์มิเตต (Proolkene glycol monopalmitate) มักใช้ในผลิตภัณฑ์เค้ก แป้งเค้กผสม วิปป์ทอปปิ้ง และขนมปัง

- แลคทิเลทเอสเทอร์ (Lactylated esters) สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ สเตียโรอิลแลคทิเลท (Stearoyl lactylates) โซเดียม สเตียโรอิล-2-แลคทิเลท (Sodium srearoy l-2-l actylate) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้มากในผลิตภัณฑ์ขนมอบส่วนแคลเซียม สเตียโรอิล-2-แลคทิเลท (Calcium stearoyl-2-lactylate) มักใช้ในผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ขนมขึ้นฟูด้วยยีสต์ [30]

- พอลิกลีเซอร์รอลเอสเทอร์ (Polyglycerol esters) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่สามารถกระจายตัวในน้ำได้เพียงเล็กน้อย แต่สามารถละลายได้ในน้ำมันและไขมันมักใช้ในการทำเค้ก เนยขาว เครื่องดื่ม ไอซิ่ง และมาการีน

- ซอร์บิแทนเอสเทอร์ (sorbitan esters) มีหลายชนิดแต่มีเพียงชนิดเดียวที่ FDA อนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหาร คือ sorbitan monosteatate สารในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกทางการค้าว่า Span [28] มักใช้ร่วมกับ polysorbates 60, 65 หรือ 80 ในวิปทอปปิ้งเค้กหรือส่วนผสมของเค้ก ผลิตภัณฑ์โกโก้ เป็นต้น

- อีธอกซิเลทเอสเตอร์ (ethoxylated esters) สารในกลุ่ม ethoxylated esters มี 4 ชนิด ที่ FDA อนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งในอาหาร (ตารางที่ 2.5) สารในกลุ่มนี้มีชื่อเรียกทางการค้าว่า Tween [28] [29] และมักใช้ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ในกลุ่ม Spans เพื่อรักษาความคงตัวของอิมัลชัน [31] polysorbate 60 ใช้เคลือบขนมหวานประเภทน้ำตาล dressing และใช้ในเนยขาวและน้ำมันที่ใช้สำหรับอบ และทอด ส่วน polysorbate 65 จะใช้ในไอศกรีม คัสตาร์ดแช่แข็ง นม (ice milk) เชอร์เบทผลไม้ และขนมหวานแช่แข็ง เป็นต้น นอกจากนี้อิมัลซิไฟเออร์ในกลุ่มอีธอกซิเลทเอสเตอร์ยังใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ในไขมันและน้ำมันที่เป็นส่วนประกอบในอาหารประเภท dietary foods ใช้เป็นสารช่วยในการกระจายตัวในขนมหวานที่มีเจลาติน เป็นต้น [30] สารปรุงแต่ง FDA ที่อนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งในอาหาร ดังแสดงตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อิมัลซิไฟเออร์ในกลุ่มอีธอกซิเลทเอสเทอร์ที่ FDA อนุญาตให้ใช้

Ethoxylated esters	**ชื่อเรียก**
Ethoxylated sorbitan monostearate	*Polyoxyethylene (20) sorbitan monostearate polysorbate 60 Tween 60*
Ethoxylated sorbitan tristearate	Polysorbate 65 Tween 65
Ethoxylated sorbitan monoleate	polyoxyethylene (20) sorbitan monoleate polysorbate 80
Ethoxylated saturated mono and diglycerides	Polyglycerate 60

ที่มา : [30]

- ซัคซินิเลทเอสเตอร์ (Succinylated esters) คือ ซัคซินิเลทเอสเทอร์ของโมโนกลีเซอร์ไรด์ และโพรพิลีนไกลคอลเอสเทอร์ ซึ่งรับอนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งอาหารได้ อิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้ใช้ในเนยขาว และใช้เป็นสารทำให้เกิดโด (Dough conditioner) ในขนมปัง

- เอสเทอร์ของกรดผลไม้ (fruid acid esters) มีกรดผลไม้ 2 ชนิด ที่มีการใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์ คือ กรดทาร์ทาริคและกรดซิตริค อิมัลซิไฟเออร์ที่ได้จากกรดทาร์ทาริค ได้แก่ ไดอะเซทิล ทาร์ทาริค เอสเทอร์ของโมโนกลีเซอร์ไรด์ (Diacetyl tartaric ester of MG ; DATAE) ใช้เป็นสารทำให้เกิดโด [29] ส่วนอิมัลซิไฟเออร์จากกรดซิตริค ได้แก่ โมโนกลีเซอร์ไรด์ซิเตรท (Monoglyceride citrates) จะใช้เป็นอิมลัซิไฟเออร์ในผลิตภัณฑ์ไส้กรอกและมาการีน โดยใช้เป็นสารป้องกันการเกิด spattering (Anti-spattering agent)

- อะเซททิเลทโมโนไดกลีเซอร์ไรด์ (acetylated mono and diglycerides) ได้แก่ โมโนกลีเซอร์ไรด์ อะซีเตท (monoglyceride acetate ,GMA) ที่อยู่ในรูปของแข็งจะใช้เป็นสารเคลือบในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ผลไม้ ผลไม้เปลือกแข็ง (Nut) ผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็ง ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ ส่วนโมโนกลีเซอร์ไรด์ อะซีเตท ที่อยู่ในรูปของเหลวจะใช้ในการผลิตลูกกวาดและใช้เป็นสารให้ความลื่น (Lubricant) ในผลไม้เปลือกแข็ง ลูกเกด เป็นต้น

- ฟอสเฟต โมโน และไดกลีเซอร์ไรด์ (Phosphated mono- and Diglycerides) อิมัลซิไฟเออร์ชนิดนี้อาจอยู่ในรูปของแข็ง ของเหลว หรือ เพส (Paste) มีการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมขนมหวานเพื่อเป็นสารลดความหนืด (Viscosity reducer)

- ซูโครสเอสเทอร์ (sucrose esters) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ชนิดใหม่ที่ FDA อนุญาตให้ใช้เป็นสารปรุงแต่งในอาหารได้สารกลุ่มนี้เป็นสารไม่เป็นพิษ ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี ไม่มีรส ไม่ทำให้ผิวหนังระคายเคือง และร่างกายสามารถย่อยได้ง่าย สิ่งที่ไม่เหมือนกันกับอิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่มีประจุชนิดอื่นคือ สารนี้มักพบในรูปของแข็งโดยมีลักษณะเป็นผง [29] ซูโครสเอสเทอร์เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่สามารถละลายน้ำได้ดี จึงถูกใช้เป็นอิมัลซิไฟเออร์สำหรับอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ

อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหารเป็นสารลดแรงตึงผิวที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำนั้น เนื่องจากความเป็นพิษของสาร ด้านกฎหมายและข้อจำกัดทางการตลาด การใช้อิมัลซิไฟเออร์ในอาหารจึงมีข้อจำกัดค่อนข้างมากอิมัลซิไฟเออร์ที่ได้รับอนุญาตให้ใช้มาก คือ เอสเทอร์ของกรดไขมัน (Patial esters) กับ polyvalent alcohols เช่น กลีเซอรอล โพรพิลีนไกลคอล หรือ ซอร์บิทอล และเพื่อเพิ่มประสิทธภาพของอิมัลซิไฟเออร์โมเลกุลเหล่านี้จึงถูกนำไปทำปฏิกิริยากับเอทิลีนออกไซด์ (Ethylene oxide) หรือทำปฏิกินิยาเอสเทอริฟิเคชันกับกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก หรือกรดแลคติก

กลุ่มของอิมัลซิไฟเออร์ที่อนุญาตให้ใช้ในอาหารส่วนใหญ่ประกอบด้วย

- อิมัลซิไฟเออร์ที่ไม่มีประจุ ได้แก่ โมโนกลีเซอร์ไรด์ ซอร์บิแทนเอสเทอร์ พอลิซอร์เบท และซูโครสเอสเทอร์

- อิมัลซิไฟเออร์ที่มีประจุลบ ได้แก่ โซเดียม แคลเซียม และสเตียโลอิล -2-แลคทิเลท ซัคซินิเลท โมโนกลีเซอร์ไรด์ และไดอะเซทิล ทาร์ทาริก เอสเทอร์ของโมโนกลีเซอร์ไรด์

- อิมัลซิไฟเออร์ชนิแอมโฟเทอริก (amphoteric) ได้แก่ ฟอสฟาทิดิลโคลีน (**Phosphatidylcholine**) หรือเลซิทิน สารดังกล่าวมีสมบัติเป็น zwitterionic ซึ่งจะให้ประจุสุทธิเป็นศูนย์ภายใต้สภาวะความเป็นกรดด่างที่เป็นกลาง [31]

2.2.7.2 ค่า HLB

ค่า HLB (hydrophilic-lipophilic balance) มีทั้งหมด 20 ระดับ แต่ที่มีการนำไปใช้ประโยนช์ในอุตสาหกรรมที่ต่างกัน (ดังแสดงตารางที่2.6) ตารางที่เป็นค่ามาตรฐานถึงความสัมพันธ์ระหว่างหมู่ที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และหมู่ที่ชอบน้ำมัน (lipophilic) ของอิมัลซิไฟเออร์ใช้ในการหาอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสม [32] อิมัลซิไฟเออร์แต่ละชนิดจะมีค่า HLB ตามโครงสร้างทางเคมีของสารนั้น ๆ โมเลกุลที่มีค่า HLB สูงจะมีอัตราส่วนของหมู่ hydrophilic ต่อหมู่ lipophilic สูง และโมเลกุลที่มีค่า HLB ต่ำจะมีอัตราส่วนของหมู่ hydrophilic ต่อหมู่ lipophilic ต่ำ [24]

ค่า HLB ของสารยังแสดงถึงความสามารถในการละลายไม่ว่าจะในเฟสของน้ำมันหรือน้ำ และใช้ทำนายชนิดของอิมัลชันที่จะเกิดขึ้นได้อีกด้วย เช่น สารลดแรงตึงผิวที่มีค่า HLB ต่ำ (3-6) เป็นสาร hydrophilic (ไม่ชอบน้ำ) ละลายได้ในน้ำมัน และช่วยรักษาความคงตัวของอิมัลชันในน้ำมัน และสารลดแรงตึงผิวมีค่า HLB สูง (8-18) เป็นสาร hydrophilic (ชอบน้ำ) ละลายได้ในน้ำช่วยรักษาความคงตัวของอิมัลชันในน้ำมีการจัดเรียงตัวแบบไมเซลล์ในน้ำ สารลดแรงตึงผิวที่มีค่า HLB ปานกลาง (6-8) มีลักษณะที่ไม่ได้ชอบน้ำหรือน้ำมันด้านใดด้านหนึ่งโมเลกุลที่มีค่า HLB น้อยกว่า 3 หรือมากกว่า 18 จะไม่มีสมบัติยึดเกาะติดผิวของอนุภาค (Surface active) ทั้งยังมีแนวโน้มที่จะรวมตัวกันในน้ำมันหรือ aqueous phase มากกว่าที่จะเกิดการเรียงตัวที่บริเวณผิวร่วมของน้ำมันและน้ำอนุภาคของอิมัลชันมีแนวโน้มในการเรียงตัวกันแบบ coalescence เมื่อเติมสารลดแรงตึงผิวที่มีค่า HLB สูงหรือต่ำเกินไปและปานกลางโดยค่า HLB สูงหรือต่ำมาก ๆ สารลดแรงตึงผิวจะมีค่า surface activity ต่ำทำให้สารไม่เกาะผิวอนุภาค จึงไม่สามารถป้องกันการรวมตัวของอนุภาคได้ที่ค่า HLB ปานกลาง (6-8) อิมัลชันจะไม่คงตัวจากการที่อนุภาครวมตัวกันมีขนาดใหญ่ขึ้น (Coalescence) เพราะมีค่าแรงตึงผิวที่บริเวณผิวร่วม (Interfacial tension) ต่ำ ดังนั้นจึงต้องการพลังงานอีกเล็กน้อยในการทำให้เมมเบรนแตกออก อิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำจะคงตัวมากที่สุดที่ HLB 10-12 ส่วนอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันจะคงตัวมากที่สุดที่ HLB 3-5 ในการปรับค่า HLB ให้มีประสิทธิภาพอาจทำโดยการผสมสารลดแรงตึงผิวมากกว่าหรือเท่ากับ 2 ชนิดเพื่อให้ได้ HLB ต่าง ๆ กันได้ [24] ค่า HLB ที่สัมพันธ์กับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแสดงไว้ในตารางที่ 2.6 ส่วนตารางที่ 2.7 แสดงค่า HLB ของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหาร

ตารางที่ 2.6 ค่า HLB ที่สัมพันธ์กับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม

ค่า HLB	การนำไปใช้
3-6	**W/O - Emulsifiers**
7-9	**Humectants**
8-18	**O/W - emulsifiers**
15-18	**สารทำให้ละลาย (Turbidity stabilization)**

ที่มา : [32]

ตารางที่ 2.7 ค่า HLB ของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในอาหาร

Emulsifier	HLB
Sorbitan tristearate (Span 65)	2.1
Glyceral monostearate	3.8
Sorbitan monooleate (Span 80)	4.3
Propylene glycol monolaurate	4.5
Succinic acid ester of monoglycerides	5.3
Sorbitan monopalmitate (Span 40)	6.7
Sorbitan monolaurate (Span 20)	8.6
Diacetal tartaric acid ester of monoglycerides	9.2
Polyoxyethylene sorbitan monostearate (Tween 60)	14.9
Polyoxyethylene sorbitan monopalmitate (Tween 40)	15.6
Polyoxyethylene sorbitan monolaurate (Tween 20)	16.7
Sodium oleate	18.0
Sodium stearoyl -2- lactylate	21.0

ที่มา : [33]

2.2.7.3 การเลือกอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสม

การเลือกอิมัลซิไฟเออร์เพื่อให้ระบบความคงผลิตภัณฑ์ [34] จำเป็นต้องพิจารณาเครื่องมือที่มีอยู่ ราคา และเวลา ที่ใช้เตรียมควรน้อยที่สุดโดยขั้นตอนแรกต้องตรวจสอบดูว่าอิมัลซิไฟเออร์ชนิดใดได้รับอนุญาตให้ใช้ในอาหารแล้วเลือกมา 2 ชนิด ชนิดหนึ่งควรละลายได้ดีในน้ำและอีกชนิดหนึ่งควรละลายได้ดีในน้ำมัน จากนั้นจึงนำมาผสมกันให้ได้ค่า HLB ต่าง ๆ กัน ซึ่งคำนวณได้จากสูตรในสมการที่ 2.1

$$(HLB)_{\text{อิมัลชัน}} = X_A(HLB)_A+(1 - X_A)(HLB)_B \qquad (2.1)$$

เมื่อ $(HLB)_{\text{อิมัลชัน}}$ = ค่า HLB ผสมที่ต้องการ

X_A = สัดส่วนของอิมัลซิไฟเออร์ชนิด A

$(HLB)_A$ = ค่า HLB ของอิมัลซิไฟเออร์ชนิด A

$(HLB)_B$ = ค่า HLB ของอิมัลซิไฟเออร์ชนิด B

การใช้อิมัลซิไฟเออร์ผสมมักทำให้อิมัลชันมีความคงตัวดีกว่า การใช้อิมัลซิไฟเออร์เพียงชนิดเดียวในปริมาณเท่ากันเนื่องจากอิมัลซิฟิเคชันกระทำได้ง่ายขึ้นโดยแรงตึงผิวจะลดลงจากการใช้อิมัลซิไฟเออร์ผสม ในระบบที่มีอิมัลซิไฟเออร์ผสมความแข็งแรงของฟิล์ม (extra film strength) จะเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเกาะตัวของโมเลกุลที่ชั้นจะดีขึ้น และการเกิดเฟสผสมของแข็ง และของเหลว (mixed liquid crystalline mesophase) ที่บริเวณผิวของอนุภาคหรือการเกิดโมเลกุลเชิงซ้อนระหว่างอิมัลซิไฟเออร์ที่บริเวณผิวร่วม [33] ในการผสมอิมัลซิไฟเออร์มักทำการผสมระหว่างอิมัลซิไฟเออร์ที่ละลายได้ในน้ำมันกับอิมัลซิไฟเออร์ที่ละลายได้ดีในน้ำ อิมัลซิไฟเออร์ที่มักนำมาผสมได้แก่ สารในกลุ่ม Spans และสารในกลุ่มTweens [31] [33]

หลักเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกใช้อิมัลซิไฟเออร์

เกณฑ์ในการเลือกใช้สารอิมัลซิไฟเออร์มาใช้ในอาหารที่เหมาะสมนั้น เพื่อให้ได้อิมัลซิไฟออร์ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารอาจทำได้ดังนี้

1. ควรเป็นสารอาหารที่ได้รับอนุญาตให้ใช้ตามที่ประกาศกระทรวงของสาธารสาธารณสุข

2. มีความสมดุลระหว่างหมู่ไฮโดรฟิลิก (Hydrophilic) และหมู่ไลโฟโพฟิลิก (Lipophilic) ที่พอเหมาะกับผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการให้เกิดอิมัลชัน อิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB ต่ำ (HLB, hydrophile - lipophile balance) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสำหรับใช้กับอิมัลชันประเภทน้ำในน้ำมัน และอิมัลซิไฟเออร์ที่มีค่า HLB สูงจะเหมาะสำหรับใช้กับอิมัลชันประเภทน้ำมันในน้ำ

3. สามารถช่วยลดแรงตึงผิวได้ดี

4. มีประสิทธิภาพสูง แม้ใช้ในความเข้มข้นต่ำ ๆ

5. ไม่ทำให้เกิดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดสีกลิ่นและรสที่ผิดปกติขึ้น

6. ถ้าหากต้องการจะใช้อิมัลซิไฟเออร์ 2 ชนิด นำมาผสมกันนั้นต้องนำมาหาค่าของ “HLB” ที่เหมาะสมก่อน

2.2.7.4 กลไกของอิมัลซิไฟเออร์

การทำงานร่วมกันของอิมัลซิไฟเออร์ผสมระหว่าง Span และ Tween จะให้อิมัลชันที่มีความคงตัวเพิ่มมากกว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์เพียงตัวใดตัวหนึ่ง และในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ Span และ Tween จะเข้าจัดเรียงตัวที่บริเวณผิวร่วมของน้ำมันและน้ำ โดยมีแรงหลายชนิดเกิดขึ้น คือ แรงแวนเดอร์วาลส์ (Van der Waals) ระหว่างสายไฮโดรคาร์บอนของโมเลกุลสารและอันตรกริยาแบบ ion – dipole หรือ dipole – dipole ระหว่างส่วนหัวของสาร แรงแวนเดอร์วาลส์ที่เกิดขึ้นระหว่างสารไฮโดรคาร์บอนจะจัดเรียงตัวของโมเลกุลสารใน mixed monolayers ถ้าหากสายไฮโดรคาร์บอนมีจำนวนคาร์บอนไม่ถึง 8 อะตอม โมเลกุลของสารจะไม่สามารถรวมตัวกันได้ง่ายนัก [35]

การรวมตัวของโมเลกุลที่บริเวณผิวร่วมของน้ำมันกับน้ำระหว่าง Span และ Tween อาจดูได้จากรูปแบบเฉพาะของสาร (distinctive pattern) ในกรณีนี้จะยกตัวอย่างของสารผสมระหว่าง Span 80 และ Tween 40 โดย Span 80 จะจัดเรียงตัวโดยสารไฮโดรคาร์บอนแต่ละสายจะวางตัวอยู่ในส่วนของน้ำมัน และส่วนของ sorbitan ring จะอยู่ในส่วนของน้ำเมื่อแรงตึงผิวระหว่างน้ำมันกับน้ำลดลงระหว่างกระบวนการอิมัลซิฟิเคชัน สายไฮโดรคาร์บอนของ Span 80 จะถูกป้องกัน

ไม่ให้เคลื่อนที่เข้าหากันเพราะความกว้างของส่วน sorbitan ring สำหรับ Tween 40 สาย polyoxyethylene จะมีแรงดึงดูดกับน้ำมากโมเลกุลสารจึงจัดเรียงตัวที่ระหว่างผิวน้ำมันกับน้ำโดยมีสารไฮโดรคาร์บอนบางส่วนที่วางตัวอยู่ในส่วนของน้ำมันและส่วนอื่น ๆ จะอยู่ในน้ำเมื่อนำสารทั้งสองมาใช้ร่วมกัน ส่วนของสายไฮโดรคาร์บอน Tween 40 จะอยู่ในส่วนของน้ำมันระหว่างโมเลกุล Span 80 เมื่อระยะห่างระหว่างสายไฮโดรคาร์บอนที่อยู่ใกล้กันลดลงแรงดึงดูดระหว่างสายจึงมีมากขึ้น เมื่อเวลาผ่านไปอนุภาคของอิมัลชันจะเคลื่อนที่เข้าใกล้กันและเกิดการเกาะตัว (floccules) เมื่อทิ้งไว้นาน ๆ อนุภาคจะเกิดการรวมตัวกัน (coalescence) การเกิด flocculation จะดำเนินได้เร็วมากในช่วงระยะเริ่มแรกภายหลังการเตรียมอิมัลชันภายใน floccules ผิวบางส่วนของอนุภาคจะอยู่ติดกับอีกอนุภาคโดยส่วนที่ผิวติดกันจะมีรูปแบบอันเนื่องมากจากอิทธิพลของปัจจัยทางไฮโดรไดนามิกส์ต่าง ๆ ระยะห่างของเฟสต่อเนื่องที่อยู่ระหว่างอนุภาคที่อยู่ติดกันจะคงอยู่ได้เพราะมีสาย polyoxyethylene ของ Tween 40 อยู่ โดย Tween 40 แต่ละโมเลกุลจะมีสาย polyoxyethylene 3 สาย สายเหล่านี้อาจมีการสานระหว่างกันทำให้มีโครงสร้างคล้ายเจล อิมัลชันมีความคงตัวเมื่อเติม Span 80 ลงไปจะทำให้ความคงตัวเพิ่มขึ้นโดยสายไฮโดรคาร์บอน Span 80 กับ Tween 40 มีการวางตัวสลับกันบนผิวของอนุภาคน้ำมัน นอกจากนี้ยังมีการศึกษากลไกการดูดซับของอิมัลซิไฟเออร์และสารช่วยเพิ่มความคงตัวชนิดอื่น ซึ่งเป็นลักษณะของการดูดซับอิมัลซิไฟเออร์ในอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ การดูดซับที่ผิวชั้นแรก (first monolayer) ของโมเลกุลที่บริเวณผิวร่วมระหว่างอนุภาคน้ำมันและน้ำ ส่วนหัวที่มีขั้วของโมเลกุลจะอยู่ในส่วนของน้ำ (aqueous phase) และส่วนหางที่เป็นสายไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่มีขั้วและประกอบด้วยคาร์บอน 12 - 20 อะตอม จะอยู่ในส่วนของน้ำมัน [36]

2.3 ครีม (cream)

ครีมเป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีปริมาณไขมันในระดับสูง และไขมันอยู่ในรูปเม็ดไขมันที่มีเยื่อหุ้ม ครีมจะมีส่วนประกอบและคุณสมบัติทางหน้าที่แตกต่างกันขึ้นกับปริมาณไขมัน [37] ชนิดของครีมสามารถแบ่งได้ตามปริมาณไขมันจะมีอยู่ 5 ชนิด (ดังตารางที่ 2.8) ผลิตภัณฑ์ครีมแยกได้จากนมด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ มีไขมันนมเป็นองค์ประกอบหลักที่สำคัญและผลิตภัณฑ์นม (Dairy product) ที่เป็นของเหลวข้นมีปริมาณไขมันนม (Milk fat) สูงซึ่งครีมเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำผ่านกระบวนการให้ความร้อน การโฮโมจีไนซ์ และอาจมีการเติมกรดของกระบวนการผลิต

ตารางที่ 2.8 ชนิดของครีมแบ่งตามปริมาณไขมัน

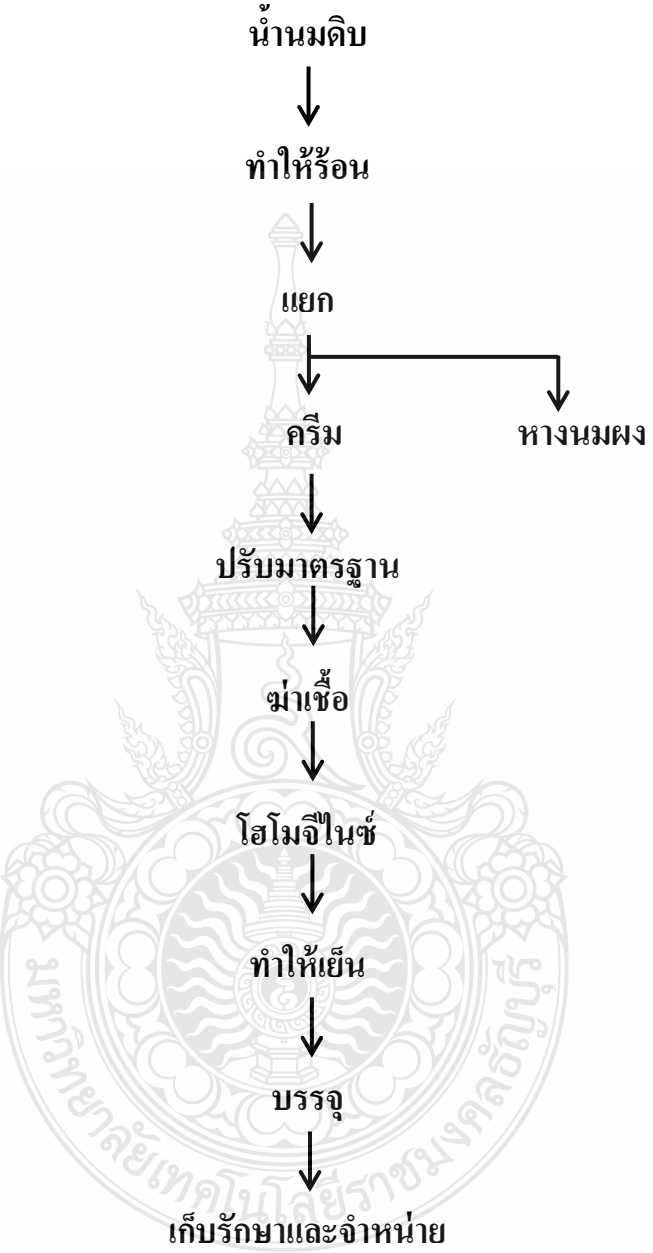
ชนิด	ปริมาณไขมัน (ร้อยละ)
ครีมธรรมดา (single cream)	$\geq 18\%$
ครีมพร่องมันเนย (Half cream)	$10 - 18\%$
วิปปิ้งครีม (whipping cream)	$\geq 28\%$
เฮฟวีวิปิ้งครีม (Heavy whipping cream)	$\geq 35\%$
ดับเบิ้ลครีม (Double cream)	$\geq 45\%$

ที่มา : [38]

2.3.1 กระบวนการผลิตครีม

กระบวนการผลิตครีม คือ ขั้นตอนที่สำคัญในการผลิตครีมและการแยกเนื้อครีมซึ่งเป็นขั้นตอนพื้นฐานสำหรับครีมทุกชนิด ส่วนการโฮโมจีไนซ์และกระบวนการอื่น ๆ มีไว้เพื่อให้ได้ครีมที่คุณสมบัติต่าง ๆ กันไปสำหรับกระบวนการพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมมีรายละเอียดและขั้นตอน (ภาพที่ 2.6) ดังนี้ การผลิตครีมได้จากน้ำนม (milk) มาผ่านเครื่องแยกเพื่อแยกไขมันนมซึ่งมีความหนาแน่นต่ำกว่าออกมาจากน้ำนมโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส ครีมจะมีเปอร์เซ็นต์ของไขมันนมสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความเร็วของเครื่องแยก อุณหภูมิที่ใช้เป็นอุณหภูมิต่ำ ๆ ประมาณ 7 องศาเซลเซียส อัตราการไหลของน้ำนมและจำนวนครั้งที่ครีมผ่านเครื่อง [39] ซึ่งครีมที่ได้จากการแยกน้ำนมด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยงดังแสดงไว้ใน (ภาพที่ 2.5) ครีมที่แยกได้นั้นจะประกอบด้วยเม็ดไขมันขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 2 ไมครอนขึ้นไปพบเม็ดไขมันขนาด 1 – 2 ไมครอน ไม่มากนักส่วนในหางนมประกอบด้วยไขมันขนาด 1 ไมครอน และเล็กกว่าเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งครีมที่แยกออกมาได้จะนำมาพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ที่อุณหภูมิ 150-155 องศาฟาเรนไฮต์ (65.6-68.3 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 30 นาที หรือใช้วิธี HTST ที่อุณหภูมิ 74.4-79.4 องศาเซลเซียส (166-175 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นเวลา 15 วินาที หลังจากนั้นทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 1.7 องศาเซลเซียส (35 องศาฟาเรนไฮต์) หากครีมมีไขมันนมน้อยกว่าร้อยละ 30 จะทำการโฮโมจิไนซ์ (homogenization) เพื่อการลดอนุภาคของไขมันครีม แล้วบรรจุลงในภาชนะแก้วพลาสติกหรือกล่องกระดาษ

กระบวนการพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมมีขั้นตอนการผลิตดังนี้



ภาพที่ 2.5 กระบวนการพื้นฐานในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีม
ที่มา : [40]

ภาพที่ 2.6 เครื่องเหวี่ยงที่ใช้แยกน้ำนมในการผลิตครีม
ที่มา : [41]

2.3.2 การจัดประเภทของครีม

การจัดประเภทของครีมแตกต่างกันไปตามลักษณะ องค์ประกอบ และรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่สามารถแบ่งครีมออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ดังนี้ [42]

2.3.2.1 ผลิตภัณฑ์ครีมที่ใช้บริโภคสด (Market cream)

ก. Light cream หรือ table cream เป็นผลิตภัณฑ์ครีมที่ใช้เติมในเครื่องดื่ม เช่น น้ำชา กาแฟ และผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ (bakery) ครีมแต่งหน้าเค้ก (frosting) มีไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 18 และไม่เกินร้อยละ 30

ข. Light whipping cream คือ เป็นครีมที่ใช้ตีให้ขึ้นฟูมีไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 30 และไม่เกิน ร้อยละ 36

ค. Heavy whipping cream คือ เป็นลักษณะของครีมข้นที่ใช้ในการผลิตอาหารประเภทขนมหวานต่าง ๆ ที่มีไขมันนมไม่น้อยกว่า ร้อยละ 36 ขึ้นไป

2.3.2.2 ผลิตภัณฑ์ครีมที่ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารจากนม (Manufacturing cream)

มีผลิตภัณฑ์หลากหลายชนิดที่นำครีมมาเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ เช่น ไอศกรีม เนยแข็ง เป็นต้น อุตสาหกรรมจัดให้ครีมเป็นครีมเกรด 2 ซึ่งมีความเป็นกรดมากกว่า ร้อยละ 0.2 – ร้อยละ 5 ในรูปของกรดแลคติก (lactic acid) ในประเทศไทยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พุทธศักราช 2522 (ฉบับที่ 22) ได้แบ่งครีมออกเป็นหลายประเภท ดังนี้

2.3.2.3 ครีมเหลว เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทครีมเหลวที่ทำมาจากน้ำนมเท่านั้นซึ่งมีความเป็นกรดของครีมไม่เกิน ร้อยละ 0.2 ไม่รวมครีมเปรี้ยว เช่น

ก. Half cream (ครีมพร่องมันเนย) มีไขมันระหว่าง ร้อยละ 10 – 17

ข. Cream หรือ Single cream (ครีมธรรมดา) มีไขมันไม่น้อยกว่า ร้อยละ 10

ค. Whipping cream มีไขมันไม่น้อยกว่า ร้อยละ 28

ง. Double ream หรือ Heavy cream หรือ Thick cream และมีไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 36

จ. Sour cream (ครีมรสเปรี้ยว) เป็นครีมที่มีความเป็นกรดมากกว่าร้อยละ 0.2 ในรูปของกรดแลคติก (lactic acid) ทำได้โดยการเอาครีมรสหวานที่มีไขมันนม ร้อยละ18 มาโฮโมจิไนซ์ (homogenization) และพาสเจอไรซ์ (pasteurization) แล้วนำไปเติมแบคทีเรียที่สังเคราะห์กรดแลคติก (lactic acid bacteria) ลงไปและปล่อยตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 24-48 ชั่วโมง จนได้ปริมาณกรดแลคติก (lactic acid) เพิ่มขึ้นตามต้องการ ซึ่งทั้งสองชนิดจะมีไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 18 มีกรดแลคติกไม่น้อยกว่า ร้อยละ 0.6 แต่ชนิดหนึ่งมีของแข็งที่ไม่รวมไขมันนมไม่น้อยกว่า ร้อยละ 2.8 และอีกชนิดหนึ่งมีไม่น้อยกว่า ร้อยละ 9 โดยส่วนประกอบทางเคมีของครีมแต่ละชนิด ดังที่แสดงในตารางส่วนประกอบทางเคมีของครีมชนิดต่าง ๆ ตารางที่ 2.9

ตารางที่ 2.9 ส่วนประกอบทางเคมีของครีมชนิดต่าง ๆ

ผลิตภัณฑ์	% น้ำ	% ไขมันนม	% โปรตีน	% แล็กโทส	% เถ้า	% แคลเซียม	% ฟอสฟอรัส	ปริมาณน้ำนมที่ใช้
น้ำนม	87.0	3.9	3.5	4.9	0.7	-	-	1.0
Half and half*	80.2	11.6	3.1	4.5	0.7	0.1	0.08	3.1
Light cream	73.0	19.3	2.9	4.2	0.6	0.1	0.08	5.2
Light whipping cream	62.9	30.5	2.5	3.6	0.5	0.08	0.06	7.9
Heavy whipping cream	57.3	36.8	2.2	3.2	0.5	0.07	0.05	9.4
Plastic cream	18.2	80.0	0.7	1.0	0.1	0.03	0.02	21.0

*half and half เป็นส่วนผสมของน้ำนมและครีมนิยมใช้ใส่กาแฟ

ที่มา : [41]

2.3.2.4 ครีมผง มีไขมันเนยไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 40 มีความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 5 ทำมาจากน้ำนม มีจำนวนแบคทีเได้ไม่เกิน 1×10^5 โคโลนี ในตัวอย่างหนึ่งกรัม

2.3.2.5 ครีมผสม (mixed cream) เป็นผลิตภัณฑ์ครีมซึ่งอาจจะเป็นครีมเหลวหรือครีมผง แต่ว่าใช้ไขมันชนิดอื่นผสมอยู่ด้วย มีไขมันไม่น้อยกว่า ร้อยละ 30 ของไขมันทั้งหมดและมีไขมันทั้งหมดเหมือนในข้อ 2.2.2.1 ครีมผสมต้องมีความเป็นกรดไม่เกิน ร้อยละ 0.2 แลคติกมาตรฐานของครีมชนิดผสม ชนิดผง เหมือนกับครีมผงทุกประการ

2.3.2.6 ครีมเทียม เป็นผลิตภัณฑ์ประเภทครีมเหลว ครีมผง หรือครีมผสมแต่ใช้จะไขมันอื่นแทนทั้งหมด

2.3.3 การตีขึ้นฟูของครีม

การนำเอาครีมชนิด whipping cream มาตีจนขึ้นฟูได้นั้นเนื่องจากโปรตีนเวย์ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างหลักที่หุ้มเม็ดไขมันไว้กับฟองอากาศในสภาพที่มีความคงตัว อุณหภูมิขณะตีขึ้นฟูไม่ควรเกิน 50 องศาฟาเรนไฮต์ ($10^{\circ C}$) อาจเติมสารบางอย่างที่ช่วยทำให้ขึ้นฟูได้เร็วขึ้นและไม่นิยมตีครีมไปพร้อมกับน้ำตาลเนื่องจากน้ำตาลจะลดความคงตัวของการขึ้นฟูของครีมในการผลิต whipping cream สำเร็จรูปซึ่งสะดวกต่อการใช้งาน เรียกครีมชนิดนี้ว่า aerated cream เนื่องจากอัดก๊าซ เช่น

คาร์บอนไดออกไซด์ และฟลูออโรคาร์บอน (fluorocarbon) ช่วยทำให้ครีมฟูตัวและมีความคงตัวได้นานแต่ค่าใช้จ่ายในการผลิตครีมชนิดนี้ค่อนข้างสูง

ครีมที่ไม่ผ่านการโฮโมจิไนซ์มักสร้างปัญหาในการใช้งานโดยเฉพาะ (table cream) เมื่อเติมในเครื่องดื่มจะสังเกตเห็นหยดน้ำมันที่ผิวบน สาเหตุอาจเนื่องมาจากสารน้ำนมในสภาพที่เย็นจัดมาแยกเป็นครีมและการพาสเจอไรซ์ครีมอาจใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไป สามารถแก้ไขปัญหาด้วยการโฮโมจิ-ไนซ์ด้วยความดัน 500 ปอนด์/ตารางนิ้ว บางครั้งอาจพบว่า table cream ในเครื่องดื่มที่มีลักษณะเป็นเกล็ดขาว ๆ หรือเป็นฝ้าสีขาวลอยอยู่ตอนบนสาเหตุเนื่องจากความไม่สมดุลของแคลเซียมและแมกนิเซียมในน้ำนมหรือครีม อาจจะแก้ไขด้วยการเติมเกลือซิเตรตในปริมาณ 2 - 5 ออนซ์ / ครีม 1000 ปอนด์

2.3.4 การคำนวนปริมาณครีม

สามารถคำนวนได้ในการแยกครีมจากน้ำนมจำนวนหนึ่งจะได้รับครีมในปริมาณเท่าใด โดยคำนวนจากสูตร ดังนี้

$$C = M \times \frac{f - f_1}{f_2 - f} \qquad (2.2)$$

เมื่อ **C** = น้ำหนักของครีม

M = น้ำหนักของน้ำนมที่นำมาแยก

F = % ไขมันของน้ำนมที่นำมาแยกครีม

$\mathbf{F_1}$ = ไขมันของนมขาดมันเนย (หางนม)

$\mathbf{f_2}$ = % ไขมันของครีมที่แยกออกมาได้

2.4 ไอศกรีม

ไอศกรีม (ice cream) เป็นผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็ง ซึ่งได้จากการนำส่วนผสมของไอศกรีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์มาปั่นแข็งเพื่อเติมอากาศและทำให้ผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียวกัน โดยทั่วไปส่วนผสมในการผลิตส่วนใหญ่ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากนม (milk and dairy product) ได้แก่ น้ำนมไขมันนม ครีม และหางนมผงเป็นต้น ส่วนที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ น้ำตาล น้ำ สารให้ความคงตัว สารอิมัลซิไฟเออร์ และผลิตภัณฑ์จาก ไข่ สารให้กลิ่นรส สีที่ปลอดภัย [43] โดยการนำส่วนผสมไปผ่านการแปรรูปตามขั้นตอนต่าง ๆ คือ การพาสเจอร์ไรซ์ การโฮโมจีไนซ์ การบ่ม แล้วมีการนำส่วนผสมไอศกรีมเหลว (ice cream - mix) ไปปั่นเพื่อรวมตัวกับอากาศจนได้ลักษณะที่เนื้อไอศกรีม จากนั้นนำไปแช่แข็งให้เนื้อไอศกรีมคงตัวและองค์ประกอบของไอศกรีมแตกต่างกันไปตามความต้องการของตลาดและท้องถิ่น [42] ไอศกรีมมีคุณภาพที่ดีประกอบด้วยไขมันร้อยละ 12 ของแข็งในนมไม่รวมไขมัน (milk solid not fat, MSNF) ร้อยละ 11 น้ำตาลร้อยละ 15 สเตบิไลเซอร์ (stabilizer) และอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ร้อยละ 0.3 และปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid, TS) ร้อยละ 38.3 (Arbuckle,1986) ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) [44] เรื่องไอศกรีม สามารถจำแนกไอศกรีมออกเป็น 5 ชนิด และกำหนดคุณภาพมาตรฐานของไอศกรีมแต่ละชนิดไว้ดังนี้ (1) ไอศกรีมนม ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้นม หรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมโดยต้องมีมันเนยเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนักและมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก (2) ไอศกรีมดัดแปลง ได้แก่ ไอศกรีมนมที่ทำขึ้นโดยใช้ไขมันชนิดอื่นแทนมันเนยทั้งหมดหรือมีบางส่วนและไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันแต่ผลิตภัณฑ์นั้นมิใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม และต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก (3) ไอศกรีมผสม ได้แก่ ไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลงซึ่งมีผลไม้หรือวัตถุอื่นที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วยโดยต้องมีมาตรฐานเช่นเดียวกับไอศกรีมนมหรือไอศกรีมดัดแปลงทั้งนี้ไม่นับรวมน้ำหนักของผลไม้ หรือวัตถุที่เป็นอาหารอื่นผสมอยู่ด้วย (4) ไอศกรีมชนิดเหลวหรือผง ได้แก่ ไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสมที่เป็นชนิดเหลวหรือ ผงนั้น ซึ่งต้องไม่มีกลิ่นหืนมีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของไอศกรีมชนิดนั้นมีลักษณะ ไม่เกาะเป็นก้อน ไม่มีวัตถุกันเสีย มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคและไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ (5) ไอศกรีมหวานเย็น ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้น้ำ และน้ำตาลหรืออาจมีวัตถุอื่นที่เป็นส่วนผสมอยู่ด้วยและอาจใส่วัตถุแต่งกลิ่นรส และสีด้วยก็ได้ไอศกรีมทั้ง 5 ชนิด ต้องไม่มีกลิ่นหืน ไม่มีวัตถุกันเสีย ไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้ เกิดโรคและไม่มีสารพิษจากเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2.4.1 ประเภทของไอศกรีม

ประเภทของไอศกรีมในที่นี้มีทั้งแบบดังเดิมจนถึงปัจจุบัน ดังนี้

ก. ชาร์บาท (Sharbet) เป็นหวานเย็นน้ำแข็งใสสไตล์เปอร์เซีย ซึ่งเน้นน้ำหวานที่ทำจากผลไม้ และเครื่องทำน้ำแข็งแบบง่าย ๆ ใช้สะดวกมีขายทั่วไป

ข. กรานิตา (Granite) หวานเย็นสไตล์อิตาเลียนก็คือ น้ำผลไม้แช่แข็งที่ขูดเป็นเกล็ด ซึ่งเป็นน้ำแข็งขนาดเล็กละเอียดทำให้รับประทานนุ่มลิ้นกว่าน้ำแข็งใสธรรมดา น้ำผลไม้ หรือน้ำหวานที่ใช้ปรุงรสของกรานิตามีความหวานต่ำ กรานิตาผลไม้ จึงแตกต่างกับชาร์เบทตรงที่หวานน้อยกว่าและผนึกน้ำแข็งหยาบกว่า

ค. เชอร์เบท (Sherbet) หรือ (Sorbet) เป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมผลไม้ไม่ใส่นม ครีม และไข่แดง แต่อาจจะผสมไข่ขาวเพื่อให้ไอศกรีมนุ่มเนียน และไม่ละลายเร็วเกินไป

ง. ไอศกรีม (Ice-cream) ไอศกรีมมีส่วนผสมหลักเป็น นม ครีม ไข่แดง (คัสตาร์ต) โดยส่วนผสมที่ปรุงมีความหลากหลาย รวมทั้งผลไม้ เครื่องเทศ และสมุนไพร การใช้โยเกิร์ตแทนนม และครีม ก็เรียกว่า ไอศกรีมโยเกิร์ต หรือ frozen yogurt

2.4.2 การแบ่งในเชิงการค้า

ไอศกรีมสามารถแบ่งตามกลิ่น รส ส่วนประกอบ และกระบวนการผลิตสามารถแบ่งออกได้เป็นชนิดย่อย ๆ ดังนี้ [42]

- Plain Ice Cream : ไอศกรีมที่ส่วนประกอบด้วยสารให้สี และกลิ่นในปริมาณที่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของส่วนผสมของไอศกรีม เช่น ไอศกรีมวนิลา กาแฟ Maple และ Caramel Ice Cream
- Chocolate : ไอศกรีมที่เติมผงโกโก้ หรือ ช็อกโกแลต
- Fruit : ไอศกรีมที่มีส่วนประกอบด้วยผลไม้และอาจจะมีการเติม สี รสชาติ กลิ่น หรือผลไม้ชนิดต่าง ๆ ที่บรรจุกระป๋องหรือผลไม้เชื่อม – แช่อิ่ม
- Nut : ไอศกรีมที่ประกอบด้วยผลไม้เนื้อแข็งที่นิยม (Nut) เช่น Almond, Walnuts, ถั่วลิสงและอื่น ๆ อาจเติมสีหรือกลิ่นเพิ่มเติม
- Frozon Custard, French Ice Cream, French Custard Ice Cream : ซึ่งในการผลิตไอศกรีมที่มีส่วนประกอบด้วยไข่ มีปริมาณเนื้อไข่แดง (Egg Yolk Solids) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.4 ของน้ำหนักผลิตภัณฑ์
- Ice Milk : ผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนไขมันร้อยละ 2-7 MSNF (Milk Solid Non Fat) ร้อยละ 12-15 โดยมีการเติมสารให้ความหวาน กลิ่น และมีลักษณะแช่แข็งเหมือนไอศกรีม

- Fruit Sherbet : ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้ น้ำตาล สเตบิไลเซอร์ และมีการผลิตเหมือนผลิตภัณฑ์นมที่มีลักษณะคล้ายน้ำแข็งแต่ใช้นมเป็นส่วนผสม (นมพร่องมันเนย นมขาดมันเนย นมข้น หรือนมผง) แทนที่จะใช้น้ำอย่างเดียว

- Ice : ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำผลไม้ น้ำตาล สเตบิไลเซอร์ อาจต้องมีการเติมด้วยกรดของผลไม้ (Fruit Acid) สี กลิ่น หรือ น้ำ แล้วนำไปแช่แข็งซึ่งผลิตภัณฑ์ทั่วไปประกอบด้วยน้ำตาลร้อยละ 28 - 30 และมีค่าโอเวอร์รัน (Overrun) ร้อยละ 20 - 25 ไม่มีการใช้นมหรือผลิตภัณฑ์นมแต่อย่างไร

- Confection : ไอศกรีมที่มีการแต่งกลิ่นและรสตามต้องการ ซึ่งมีการเติมชิ้นของลูกกวาดเป็นส่วนผสมในการผลิต (Candy) เช่น Peppermint Stick, Butter Crunch หรือ Chocolate Chip ในผลิตภัณฑ์

- Pudding : ไอศกรีมที่มีการเติมเนื้อผลไม้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มความอร่อย เช่น ลูกนัท ลูกเกด ยังมีการเติมเหล้า และเครื่องเทศ หรือไข่ ตัวอย่างเช่น Nesselrode และ Plum Puddings

- Mousse : ไอศกรีมที่ทำจากครีม น้ำตาล สี เติมกลิ่น และนำไปแช่แข็งบางครั้งใช้นมข้นเพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมที่ดี

- Variegated Ice Cream : ไอศกรีมวานิลาธรรมดา (Plain Ice Cream) ที่มีการเติมน้ำเชื่อมหรือของเหลวข้นๆ เช่น ช็อกโกแลต Butter Crunch ซึ่งทำให้ไอศกรีมมีลายคล้ายหินอ่อน (Marbled Effect)

- Fanciful Name Ice Cream : ไอศกรีมที่จำหน่ายมักประกอบด้วยส่วนผสมที่ให้กลิ่น (กลิ่นผสม) ต่าง ๆ กันไป

- Neapolitan : ไอศกรีมที่มีสองรสในบรรจุภัณฑ์เดียวกัน

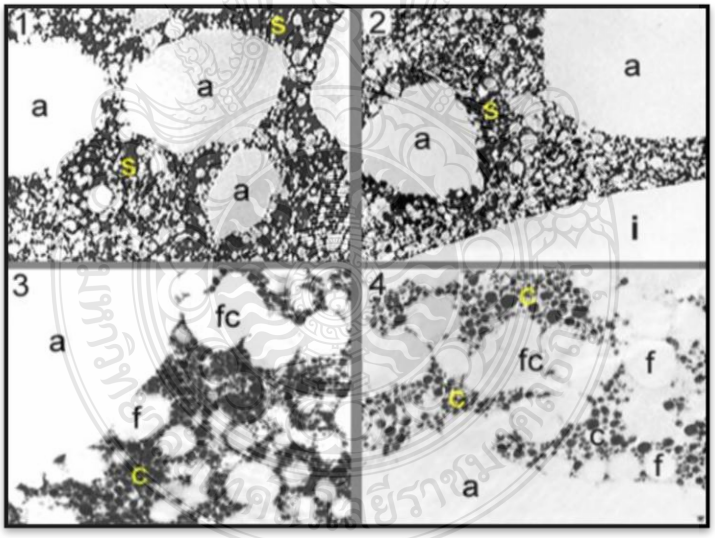
- New York หรือ Philadelphia : ไอศกรีมวานิลาธรรมดาที่มีการเติมสีเข้ม อาจจะมีการเติมไขมันและไข่มากกว่าในสูตรไอศกรีมทั่ว ๆ ไป

- Soft Serve Ice Cream Ice Milk : เป็นผลิตภัณฑ์แช่แข็งที่ไม่ต้องผ่านขั้นตอนที่มีชื่อว่า Hardening เหมือนไอศกรีมทั่ว ๆไป (Hardening เป็นกรรมวิธีทำให้ส่วนของน้ำในส่วนผสมไอศกรีมกลายเป็นผลึกน้ำแข็งทั้งหมด) การจำหน่ายผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ไม่ใช้การตักแต่จะเป็นการหมุนออกจากเครื่องปั่นไอศกรีม (Freezer) โดยตรง

- Rainbow Ice Cream : ไอศกรีมลายรุ้งที่ได้จากการเติมสีลงในตัวไอศกรีมตั้งแต่ 6 สีขึ้นไปจนทำให้มองเห็นเป็นสีสายรุ้ง และเวลาที่จำหน่ายผลิตภัณฑ์ตัวเนื้อไอศกรีมจะหมุนออกจากเครื่องปั่นไอศกรีมเหมือน Ice Milk

2.4.3 โครงสร้างของไอศกรีม

โครงสร้างทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเป็นระบบทางเคมี และทางกายภาพที่มีความซับซ้อนมีลักษณะกึ่งโฟม ซึ่งประกอบด้วยเซลล์อากาศ (Air cell) กระจายตัวอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวที่ฟิลม์ของส่วนผสมล้อมรอบเซลล์อากาศ เม็ดไขมันกระจายตัวอยู่ในฟิมล์ หรือชั้นส่วนผสมผนึกน้ำแข็งถูกโอบล้อมอยู่ภายในขั้นตอนการบ่มแข็งจะเกิดผนึกน้ำแข็งขึ้น โฟมเกิดการหดตัวและถ้าฟิมล์ของส่วนผสมบอบบางจะเกิดการฉีกขาดเป็นสาเหตุให้ไอศกรีมมีปริมาณเล็กลง และจะเกิดเหตุการแบบนี้ได้มากถ้าส่วนผสมมีของแข็งอยู่ในปริมาณต่ำ [37] ซึ่งประกอบด้วยเม็ดไขมันแข็ง โปรตีนนม ผนึกน้ำตาลแลคโตส น้ำตาล และสารให้ความคงตัว (Stabilizer) ที่มีขนาดเล็กๆ ในสภาพของคอลลอยด์ ไอศกรีมที่พร้อมจำหน่ายนั้นจึงประกอบด้วยส่วนของของเหลว อากาศ และของแข็ง เรียกลักษณะเช่นนี้ว่า Three-phase system [42] ดังแสดงภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีม a) ฟองอากาศ i) ผลึกน้ำแข็ง f) ส่วนของเหลวที่ไม่แข็งตัว fc) ผลึกน้ำตาลแล็กโตส

ที่มา : [45]

2.4.4 สมบัติทางกายภาพของไอศกรีม

2.4.4.1 ความเสถียร

ความเสถียรของไอศกรีม คือ สภาวะที่โปตีนนมยังคงอยู่ในสภาพของคอลลอยด์ และไขมันนมอยู่ในสภาพของอิมัลชัน (emuision) ขั้นตอนการโฮโมจีไนเซชั่นจะมีความเป็นกรดของส่วนผสม เกลือ อัตราส่วนของไขมันกับธาตุน้ำนมที่ไม่รวมมันเนย (MSNF) การปั่น เวลาของการบ่ม (aging time) ตลอดจนปริมาณของ bound water มีความสัมพันธ์กับความเสถียรของส่วนผสมไอศกรีมมาก และการเกิดลิ่ม การแยกชั้นของไขมัน หรือเวย์ ขณะไอศกรีมละลายตลอดจนการแยกตัวของน้ำเชื่อมขณะบ่ม บ่งบอกถึงความไม่เสถียรของผลิตภัณฑ์

2.4.4.2 ความแน่นแข็ง (hardness)

ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความแน่นแข็งของเนื้อไอศกรีม เนื่องจากไอศกรีมที่ดีต้องไม่แข็งมากหรือน้อยเกินไปถ้าไอศกรีมมีความแน่นแข็งเกินไปทำให้ไอศกรีมเหลวง่าย ปัจจัยที่ผลต่อความแน่นแข็งของไอศกรีม ได้แก่ ปริมาณของเฟสที่เป็นน้ำแข็ง การขึ้นฟู และคุณสมบัติการไหล (rheogical properties) ของไอศกรีม [45] ความแน่นแข็งของไอศกรีมสามารถทดสอบได้ โดยใช้เครื่องวัดความแน่นแข็ง (Cone Penetrometer) ที่ออกแบบมาสำหรับวัดความแน่นแข็งของครีมหรือไขมัน

2.4.4.3 ค่า (pH)

ค่าความเป็นกรด – ด่างของส่วนผสมไอศกรีมจะเกิดการแปรผันไปตามองค์ประกอบของไอศกรีม ได้แก่ โปรตีนนม เกลือแร่ (โดยเฉพาะ ฟอสเฟส และซิเตรด) และคาร์บอนไดร์ออกไซด์ที่ละลายในนม และการเพิ่มปริมาณธาตุน้ำนมที่ไม่รวมมันเนย (MSNF) มีผลต่อการเพิ่มความเป็นกรดของไอศกรีมทำให้ pH ลดลง โดยทั่วไปไอศกรีมมีค่าพีเอชประมาณ 6.3 [45]

2.4.4.4 ความหนืด (viscosity)

ความหนืด แสดงถึงความต้านทานการไหลของเหลวโดยปกติไอศกรีมมีความหนืดอยู่ในช่วง 50 – 300 เซนติพอยซ์ ซึ่งเป็นช่วงความหนืดที่ทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อดี เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ปัจจัยที่ผลต่อความหนืดของไอศกรีมได้แก่ ไขมัน สารให้ความคงตัวที่มีผลต่อความหนืดของไอศกรีมมากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ชนิดและคุณภาพของวัตถุดิบ กระบวนการผลิต เช่น การพาสเจอร์ไรซ์ การโฮโมจิไนซ์ และการบ่ม เป็นต้น

2.4.4.5 อัตราการละลาย (meltdown)

การละลายของไอศกรีมเกิดจากผนึกน้ำแข็งไอศกรีมเกิดละลายและร่วมกับการยุบตัว (collapse) ของโครงสร้างไขมันที่หุ้มฟองอากาศ แต่การละลายของน้ำแข็งอย่างเดียวไม่ได้ทำให้ไอศกรีมเกิดการละลายจนกว่าโครงสร้างไขมันจะเกิดการยุบตัว ปัจจัยที่มีผลต่อการละลายของน้ำแข็งในไอศกรีม ได้แก่ อุณหภูมิภายนอก และอัตราการถ่ายเทความร้อน (heat transfer)

2.4.4.6 แรงตึงผิว

แรงที่เกิดจากการดึงดูดระหว่างโมเลกุลของเหลว ซึ่งจะทำให้เกิดแผ่นฟิล์มบนผิวของของเหลว แรงตึงผิวมีหน่วยเป็นดายน์ (dyne) เครื่องที่นิยมวัดแรงตึงผิวของไอศกรีมมีชื่อว่า Du Nouy แรงตึงผิวของส่วนผสมไอศกรีมมีค่าระหว่าง 48 -53 ดายน์

2.4.4.7 จุดเยือกแข็ง

จุดเยือกแข็งของไอศกรีมขึ้นอยู่กับส่วนประกอบที่ละลายน้ำ และส่วนผสมไอศกรีมโดยเฉลี่ยประกอบด้วยไขมันร้อยละ12 ของแข็งในนมไม่รวมไขมัน (milk solid not fat, MSNF) ร้อยละ 11 น้ำตาลร้อยละ 15 สเตบิไลเซอร์ (stabilizer) และน้ำร้อยละ 6.17 นั้นมีจุดเยือกแข็งประมาณ 27.5 องศาฟาเรนไฮต์ ถ้าลดปริมาณไขมันและน้ำตาลจะทำให้จุดเยือกแข็งสูงขึ้นเป็น 29.5 องศาฟาเรนไฮต์

2.4.4.8 อัตราการตีขึ้นฟู (overrun)

การขึ้นฟูของไอศกรีมแสดงถึงปริมาณไอศกรีมที่เพิ่มขึ้น จากปริมาตรของไอศกรีมซึ่งเกิดจากการเก็บกักอากาศในขณะที่ปั่นเยือกแข็ง ไอศกรีมแต่ละชนิดมีการขึ้นฟูแต่งกันโดยทั่วไปมีการขึ้นฟูที่ร้อยละ 40 – 100 คำนวณค่าขึ้นฟูจาก ร้อยละของปริมาตรไอศกรีมที่เพิ่มขึ้นหรือร้อยละของไอศกรีมที่หายไป [45] [46]

2.4.5 องค์ประกอบของไอศกรีม

องค์ประกอบของไอศกรีมแตกต่างไปตามความต้องการของตลาด และวัตถุดิบที่ใช้เป็นส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมนั้นมีหลายชนิด [47] แบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ วัตถุดิบที่มาจากส่วนประกอบของน้ำนมหรือผลิตภัณฑ์นมและวัตถุดิบที่ไม่ใช่ส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์นม โดยทั่วไปแล้ววัตถุดิบที่มาจากผลิตภัณฑ์นมเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญ และเป็นส่วนประกอบพื้นฐานในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ส่วนประกอบเหล่านี้ ได้แก่ ไขมันนม ส่วนของของแข็งในนมที่ไม่ใช่ไขมัน ซึ่งได้มาจาก นมสด นมผง หางนมผง ส่วนวัตถุดิบที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ น้ำ น้ำตาล สารให้ความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ ไอศกรีมที่ผลิตได้จะมีคุณภาพดีนั้นประกอบด้วยไขมันร้อยละ 12 ของแข็งในนมที่ไม่รวมไขมัน (millk solid not fat, MSNF) ร้อยละ11 น้ำตาล ร้อยละ 15

สเตบิไลเซอร์ (stabilizer) และอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ร้อยละ 0.3 และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total Solid, TS) ร้อยละ 38.3 [48] โดยองค์ประกอบของไอศกรีมและผลิตภัณฑ์นมได้แสดงไว้ดังตารางที่ 2.10

ตารางที่ 2.10 องค์ประกอบของไอศกรีมและผลิตภัณฑ์

ส่วนประกอบ	ปริมาณ (%)	ค่าเฉลี่ย (%)
Milk Fat	8 – 20	12
MSNF	8 – 15	11
Sugar	13 – 20	15
Stabilizer and Emulsifier	0 - 0.7	0.3
Approximate Total Solids	36 - 43	38.3

ที่มา : [48]

2.4.5.1 ไขมัน (fat)

ไขมันจัดเป็นองค์ประกอบหลักที่มีความสำคัญในการผลิตไอศกรีม ซึ่งการใช้ไขมันในปริมาณที่เหมาะสมช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุลของสูตรในไอศกรีม แต่ยังเกี่ยวข้องกับมาตรฐานที่กฎหมายกำหนดอีกด้วย ไขมันในส่วนผสมจะช่วยให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อโครงสร้างของไอศกรีมและเนื้อสัมผัสที่เนียนนุ่มลิ้น รวมถึงการเพิ่มกลิ่นรส และลักษณะการละลายที่ดีให้กับไอศกรีม [49] เนื่องจากการเกิดการรวมตัวกันบางส่วนของเม็ดไขมัน (fat partial coalescence) ในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม (ice cream mix) เป็นโครงข่ายสามมิติ (three-dimensional network) ล้อมรอบฟองอากาศในโครงสร้างของไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีความคงตัวมากขึ้น [46] และจากการศึกษาของ Bolliger, Goff, and Tharp [50] พบว่าการเพิ่มปริมาณการรวมตัวกันบางส่วนของเม็ดไขมันในโครงสร้างไอศกรีมจะส่งผลให้ให้มีความคงตัวต่อการละลายมากขึ้นด้วย และมีปริมาณไขมันตามมาตรฐานกำหนด ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 205) พ.ศ. 2543 กำหนดไว้ว่าไอศกรีมดัดแปลงต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก นอกจากนี้ไขมันยังไม่มีผลในการลดจุดเยือกแข็งแต่การใช้ไขมันในปริมาณมากขึ้นทำให้ผลึกน้ำแข็ง มีขนาดเล็กลงเนื่องจากปริมาณไขมันที่มากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในสูตรลดลงผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กลงไขมันนมจัดเป็นแหล่งไขมันหลักที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม เช่น นมสด ครีม เนย น้ำมันเนย หางนมผง และนมระเหยต่าง ๆ [45] หลายประเทศส่วนใหญ่ใช้ไขมันที่ได้จากไขมันนมในการผลิตไอศกรีมเป็นตัวบอก

คุณภาพผลิตภัณฑ์โดยการผลิตไอศกรีมที่มีคุณภาพสูงจะใช้ครีมสด ครีมแช่แข็ง เนย และ น้ำมันเนย แต่มีบางประเทศ เช่น สหราชอาณาจักรและฟินแลนด์ อนุญาตให้ใช้ไขมันจากพืชในไอศกรีมได้ [51] ส่วนในเอเชียยอมให้ใช้ไขมันพืชในไอศกรีมได้เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต เนื่องจากในแถบประเทศที่ไม่มีการเลี้ยงโคนมนั้น ไขมันจากนมจะมีราคาแพงโดยไขมันพืชที่นิยมใช้ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันเมล็ดปาล์ม เป็นต้น ปัจจุบันการผลิตไอศกรีมโดยใช้น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันถั่วเหลือง และน้ำมันข้าวโพด แทนไขมันนมพบว่าแรงตึงผิว ความหนืด และอัตราการละลายของไอศกรีมที่ใช้ไขมันจากพืชมีค่าใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม แต่ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมที่ใช้ไขมันจากพืชต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม และมีค่าพีเอชสูงกว่าตัวอย่างควบคุมเล็กน้อยเมื่อทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันจากพืชมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับส่วนการใช้ไขมันพืชที่นำมาผลิตไอศกรีมโดยใช้น้ำมันถั่วลิสง และ vanaspati ghee แทนไขมันนม พบว่า แรงตึงผิว ความหนืด อัตราการละลาย พีเอช รวมทั้งคุณภาพทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุมส่วนร้อยละการขึ้นฟูต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม

2.4.5.2 ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (millk solid not fat, MSNF)

ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (MSNF) ส่วนมากใช้ในรูปของนมผงขาดมันเนย (skim milk power) ในปริมาณร้อยละ 8-15 มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ โปรตีน (เคซีน และ โปรตีนเวย์) ร้อยละ 37 แลคโตส ร้อยละ 55 และเกลือแร่ ร้อยละ 8 โปรตีน ซึ่งจะช่วยให้ไอศกรีมเพิ่มเนื้อ (body) และเนื้อสัมผัส (texture) เพิ่มค่าการขึ้นโฟมให้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนนมในส่วนของของแข็งมิ่ไม่ใช่ไขมันมีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ มีความสามารถในการเกิดโฟม (whipping ability) และความสามารถในการจับตัวกับน้ำได้ดี (water holding capacity) [52] นอกจากนี้ยังพบว่าโปรตีนนมช่วยให้ฟองอากาศในโครงสร้างไอศกรีมคงสภาพได้ดีซึ่งฟองอากาศเป็นส่วนสำคัญและมีผลต่อความคงตัวของโครงสร้างไอศกรีม นอกจากนี้การศึกษาคุณลักษณะหรือพฤติกรรมที่รอยต่อระหว่างผิวหน้า (interfacial behavior) ของโปรตีนนมในระบอิมัลชันของไอศกรีมทั้งบนผิวอากาศและเม็ดไขมัน ซึ่งโปรตีนนมสามารถเคลื่อนที่และถูกดูดซับบนผิวอากาศและเม็ดไขมันได้ดีทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างของโปรตีนประกอบด้วยทั้งส่วนที่ชอบน้ำ (hydrophilic) และส่วนที่ไม่ชอบน้ำ (hydrophobic) โดยส่วนที่ไม่ชอบน้ำในโครงสร้างจะเกิดอันตรกิริยากับผิวของอากาศและเม็ดไขมันได้ดี [53] แลคโตสช่วยเพิ่มรสหวานให้ไอศกรีมเล็กน้อย เกลือแร่ช่วยเพิ่มรสเค็ม ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยยังให้คุณค่าทางอาหารสูงให้กลิ่นรสที่แรงแก่ไอศกรีมช่วยเพิ่มความข้นหนืด และการขึ้นฟูของไอศกรีมควบคุมขนาดเกล็ดน้ำแข็งในระหว่างการแช่แข็งช่วยลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมและทำให้ไอศกรีมละลายช้าลงแต่มีจุดเยือกแข็งสูงขึ้น

ปริมาณธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยแปรผันตรงข้ามกับปริมาณไขมันเพื่อรักษาสมดุลของส่วนผสม และได้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสดีมีคุณภาพในการเก็บรักษาที่ดีการเติมธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีรสเค็ม มีกลิ่นไหม้ และเสี่ยงต่อการเกิดผลึกแลคโตสในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีผลทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสหยาบคล้ายทราย [45]

2.4.5.3 สารให้ความหวาน (sweeteners)

สารให้ความหวานที่นำมาใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส น้ำผึ้ง และคอร์นไซรัป จุดประสงค์ของสารให้ความหวานที่นำมาใช้ในไอศกรีมนั้นเพื่อให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์และให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดแก่ส่วนผสมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สารให้ความหวานยังช่วยเพิ่มความหนืดปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้ดีขึ้น ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมเหลว (ice cream mix) ไอศกรีมจึงไม่แข็งตัวเมื่อเก็บในตู้เย็นธรรมดาที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส น้ำหนักโมเลกุลของสารให้ความหวานที่ใช้มีผลต่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีม เป็นอย่างมากสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลงได้มากกว่าสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ดังนั้นการเลือกใช้สารให้ความหวานต่างชนิดกันในไอศกรีมอาจทำให้ไอศกรีมที่ได้มีคุณลักษณะต่างกันโดยปกตินิยมใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับกลูโคสไซรัปในการผลิตไอศกรีม เนื่องจากน้ำตาลซูโครสนั้นเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดีหาง่ายมีความหวานสูงและมีผลต่อการลดลงของจุดเยือกแข็งของไอศกรีมเป็นอย่างมากส่งผลให้ไอศกรีมมีจุดเยือกแข็งค่อนข้างต่ำ แต่มีราคาสูงจึงนิยมใช้ร่วมกับกลูโคสไซรัปด้วยเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต [52] แต่ในประเทศไทยน้ำตาลซูโครสจะมีราคาถูกกว่ากลูโคสไซรัปสำหรับกลูโคสไซรัปนั้นจะช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรโดยไม่เพิ่มความหวานปรับปรุงให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้นช่วยปรับปรุงลักษณะการแข็งตัวช่วยให้ไอศกรีมมีการหลอมละลายที่ดีทำให้ไอศกรีมไม่ละลายเร็วเกินไป และการใช้กลูโคสไซรัปแทนที่น้ำตาลซูโครสนั้นมักใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 70 – 75 ร่วมกับกลูโคสไซรัปร้อยละ 25 - 30 [54]

2.4.5.4 อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier)

อิมัลซิไฟเออร์เป็นสารที่ทำให้เกิดอิมัลชัน เนื่องจากมีความสามารถในการลดแรงตึงผิวของของเหลวสองชนิดที่ไม่ละลายซึ่งกันและกันและเพิ่มความคงตัวให้กับอิมัลชันไม่ให้เกิดการแยกชั้นของของเหลว นอกจากนี้อิมัลซิไฟเออร์ยังเป็นตัวเหนี่ยวนำให้อิมัลชันของไขมันเสียความคงตัวระหว่างการแช่แข็งของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม [55] สำหรับบทบาทหน้าที่ของอิมัลซิไฟเออร์ในไอศกรีมนั้น ได้แก่ (1) เพิ่มค่าการขึ้นโฟมของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม เนื่องจากคุณสมบัติความไม่มีขั้วของอิมัลซิไฟเออร์ซึ่งเข้ากันได้กับผิวอากาศ (air-interface) ที่ไม่มีขั้ว

เช่นเดียวกันเป็นผลให้ขนาดของฟองอากาศมีขนาดเล็กและกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในเนื้อไอศกรีม (2) ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เนียนแห้งง่ายต่อการขึ้นรูป (3) ลดอัตราการหลอมละลาย (4) ลดอัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่และทำให้ผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็ก ทั้งนี้เนื่องจากหน้าที่ของอิมัลซิไฟเออร์ในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมไม่ได้ต้องการให้ระบบอิมัลชันของไอศกรีมเกิดความคงตัวแต่จะเข้าไปแทนที่โปรตีนเวย์และเคซีน บนผิวเม็ดไขมัน เมื่อปริมาณโปรตีนที่ถูกดูดซับอยู่บนผิวไขมันลดลง และค่าแรงตึงผิวที่ลดลงจากการแทนที่ของอิมัลซิไฟเออร์ ทำให้เยื่อผิวของเม็ดไขมันอ่อนแรงลง [56] จากนั้นเม็ดไขมันในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมจะเสียความคงตัว (destabilized) ทำให้เกิดการจับกันเป็นกลุ่มก้อนของเม็ดไขมัน (agglomerate) เป็นโครงข่ายสามมิติในระดับที่เหมาะสม [52] ซึ่งแนวโครงข่ายสามมิติของไขมันในไอศกรีมจะเป็นตัวป้องกันการรวมกันของผลึกน้ำแข็งโดยเป็นฉนวนป้องกันความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิระหว่างการเก็บเป็นเหตุให้ผลึกน้ำแข็งละลายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และรวมตัวกันใหม่เมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง ส่วนการเกิดอิมัลชันสามารถทำได้โดยการใช้อิมัลชันจากธรรมชาติ เช่น ไข่แดง หรือเลซิทิน ที่เติมลงไปและอิมัลซิไฟเออร์ที่นิยมใช้ได้แก่ กลีเซอรอลเอสเทอร์ เช่น โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอร์ไรด์ นอกจากนี้ยังมี Sorbitol Ester เช่น Polysorbate 80 ในไอศกรีมมีอิมัลซิไฟเออร์ประมาณร้อยละ 0.2-0.5 ของส่วนผสมทั้งหมด [39]

2.4.5.5 สเตบิไลเซอร์ (stabilizer)

สารให้ความคงตัวที่ใช้กันทั่วไปในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม สามารถแบ่งชนิดได้ดังแสดงตารางที่ 2.11 โดยทั่วไปวัตถุประสงค์ของการเติมสารให้ความคงตัวเติมลงในส่วนผสมไอศกรีมนั้นเพื่อช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสและปรับปรุงความคงตัวของไอศกรีมระหว่างการเก็บรักษาโดยชะลอการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ จากรายงานพบว่าไอศกรีมที่มีการเติมสารให้ความคงตัวมีขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เล็กกว่าไอศกรีมที่ไม่ได้เติมสารให้ความคงตัวเมื่อระยะเวลาการเก็บเพิ่มมากขึ้น[41] [57] เมื่อเกิดความแปรปรวนของอุณหภูมิระหว่างการเก็บและขนย้ายทั้งนี้เนื่องจากสารให้ความคงตัวจะมีผลต่อการเคลื่อนที่ของน้ำในส่วนที่ไม่แข็งตัวในโครงสร้างไอศกรีม ส่วนหนึ่งเป็นผลมาจากไฮโดรเจนอะตอมที่มีอยู่ในโมเลกุลของสารให้ความคงตัวซึ่งจะตรึงโมเลกุลน้ำไม่ให้เคลื่อนที่โดยเกิดอันตรกิริยากับโมเลกุลของน้ำด้วยพันธะไฮโดรเจนอีกส่วนหนึ่งเกิดจากโครงข่ายสามมิติของสารให้ความคงตัวเป็นผลให้ความหนืดในส่วนของของเหลวที่ไม่แข็งตัวในโครงสร้างไอศกรีมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้โครงข่ายสามมิติของสารให้ความคงตัวอาจจะเข้าไปล้อมรอบผลึกน้ำแข็งและอาจจะทำให้ผลึกน้ำแข็งเกิดการเปลี่ยนรูปผลึกเป็นผลให้อัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ลดลง [58] ส่วนผลของสารให้ความคงตัวต่อคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ (thermodynamic properties) ของไอศกรีม เช่น

ผลต่ออุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงเฟส (glass transition temperature; Tg) และอุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (freezing point temperature; Tf) นั้นได้มีการศึกษากันค่อนข้างมาก [59] [41] [57] ทำให้ทราบว่าสารให้ความคงตัวที่เติมลงในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมมีผลทำให้ค่าอุณหภูมิการแช่เยือกแข็งของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ไม่มีการเติม และเติมสารให้ความคงตัวแต่ไม่ได้ทำให้ค่าอุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงเฟสเปลี่ยนแปลงไปทั้งนี้อาจจะเนื่องจากปริมาณสารให้ความคงตัวที่เติมลงในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมมีความเข้มข้นต่ำมาก (ร้อยละ 0.3-0.6) ปริมาณและชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้ในส่วนผสมของไอศกรีมนั้นจะขึ้นกับปริมาณและประเภทของส่วนผสมในสูตร ระยะเวลา อุณหภูมิและความดันที่ใช้ในกระบวนการผลิต อุณหภูมิ และระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ซึ่งโดยทั่วไปนั้นปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้จะอยู่ในช่วงร้อยละ 0.25-0.1 โดยน้ำหนักขึ้นกับชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้ดังแสดงตารางที่ 2.11

ตารางที่ 2.11 ชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้กันทั่วไปในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

Types	Stabilizers
Proteins	gelatin
Plant exudates	arabic, ghatti, karaya, and tragacanth gums
Seed gums	locust (carob) bean gum, psyllium, starch and modified
Miicrobial gums	starch
Seaweed extract	xanthan
Pectins	agar, alginates, and carrageenan
Cellulose	low and high methoxyl
	sodium carboxymethylcellulose, microcrystalline
	cellulose, methyl and methylethyl cellulose,
	hydroxypropyl and hydroxypropyl- methyl cellulose

แหล่งที่มา : [52]

2.4.5.6 น้ำ (warter)

น้ำเป็นองค์ประกอบที่มีมากที่สุดในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และไอศกรีมส่วนใหญ่ยังประกอบด้วยน้ำอย่างน้อยร้อยละ 60-70 โดยน้ำหนักและอยู่ในสภาพผลึกน้ำแข็งเกือบทั้งหมด ณ อุณหภูมิที่รับประทานน้ำในรูปของผลึกน้ำแข็งเป็นกุญแจสำคัญในการทำให้ไอศกรีมสร้างความรู้สึกสดชื่น ซึ่งแตกต่างไปจากผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมบริโภคชนิดไม่แช่แข็งชนิดอื่น ๆ ความสมดุลระหว่างผลึกน้ำแข็งกับส่วนที่เป็นของเหลวและขนาดของผลึกน้ำแข็งมีบทบาทที่สำคัญต่อการรับประทานไอศกรีมโดยปกติน้ำจะไม่ใช่องค์ประกอบที่เติมลงในส่วนผสมไอศกรีม แต่น้ำจะมาจากส่วนผสมต่าง ๆ ได้แก่ น้ำนม ไข่เหลว น้ำเชื่อม และผลไม้ ซึ่งส่วนผสมทั้งหลายเหล่านี้จะกระจายหรือแขวนลอยอยู่ในส่วนของน้ำของไอศกรีม [60]

2.4.5.7 สารให้กลิ่น (flavoring Matter)

สารที่ให้กลิ่นมีความสำคัญมากในการผลิตไอศกรีม ซึ่งเป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภคสารที่ให้กลิ่นแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่เป็นสารที่ให้กลิ่นโดยธรรมชาติซึ่งเป็นกลิ่นที่แพร่หลายและนิยมกันมากได้จากการสกัดจากฝักวานิลา ได้แก่ วานิลา ผงโกโก้ ผงกาแฟ ช็อกโกแลต สตอเบอรี่ กลิ่นนูกัท (nougat) กลิ่นลูกนัท และน้ำผลไม้เข้มข้นหรือโดยกระบวนการทางชีวสังเคราะห์ (biosynthesis) ได้จากกลิ่นนินและกลิ่นรสที่ได้จากการสังเคราะห์ ได้แก่ เอทิลวานิลลิน (ethyl vanillin) และเมนทอล (menthol) เป็นต้น [60] [61] กลิ่นรสเหล่านี้สามารถใส่เข้าไปในตอนผสมส่วนผสม แต่สิ่งที่ทำให้กลิ่นนั้นมีกลิ่นรสพร้อมรับประทานนั้นและมีเนื้อ เช่น นูกัท ผลไม้ และแยมพวกนี้จะใส่หลังจากการปั่นไอศกรีม

2.4.5.8 สารให้สี (color)

ไอศกรีมบางชนิดมีการเติมสีลงไปเพื่อให้ไอศกรีมมีสีที่น่ารับประทาน และอาจจะเป็นสีธรรมชาติที่ได้จากผลไม้ต่าง ๆ หรือเป็นการสังเคราะห์ก็ได้ เช่น การเติมผงโกโก้ น้ำสตอเบอรี่ และน้ำสกัดจากใบเตย กระเจี๊ยบ อัญชัญ [62] และการเติมสีต่าง ๆ ที่ต้องการจะให้สีและกลิ่นพร้อมกันเพื่อเป็นการดึงดูดใจของผู้บริโภคและบ่งบอกถึงกลิ่นของผลิตภัณฑ์ที่ได้ [39] ซึ่งสียังมีผลต่อการยอมรับต่อผู้บริโภคในคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นการเพิ่มสีสันแล้วยังช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความน่าสนใจและยังสามารถบ่อบอกถึงกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษ์ของผลิตภัณฑ์ได้ [60]

2.4.5.9 อากาศ (air)

อากาศเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการผลิตของลักษณะของเนื้อไอศกรีม ซึ่งมีผลต่อลักษณะทางกายภาพ และความคงตัวของการเก็บรักษาซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าความแข็ง (hardness) ของไอศกรีม ถ้าไอศกรีมไม่มีฟองอากาศจะได้เนื้อไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสที่แข็ง

การเพิ่มค่าการฟูขึ้น **(overrun)** ให้สูงขึ้นจะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าไอศกรีมที่มีค่าการขึ้นฟูต่ำกว่า [60] ค่าการขึ้นฟูจะแสดงออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาตรอากาศที่เพิ่มขึ้นของส่วนผสม การที่ปริมาตรเพิ่มขึ้นนั้นเป็นผลเนื่องมาจากระหว่างกระบวนการปั่นไอศกรีมมีการผสมอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมอากาศจะเข้ากระจายไปกระทั่งเนื้อไอศกรีมอยู่ในช่วงที่มีการแข็งตัวและผนึกน้ำแข็งก็จะเกิดขึ้นในช่วงนี้ด้วยเช่นกัน ซึ่งในการผลิตไอศกรีมที่ดีจะมีเซลล์อากาศขนาด 110 - 185 ไมโครเมตร ขนาดผนึกน้ำแข็ง 30 - 45 ไมโครเมตร และขนาดเม็ดไขมัน 1 - 10 ไมโครเมตร การผสมของอากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของส่วนผสมหากมีอากาศมากเกินไปไอศกรีมจะมีเนื้อเบา โปร่งไม่น่ารับประทานแต่ถ้ามีอากาศน้อยเกินไปเนื้อจะแน่นหรือหนัก [51]

2.4.5.11 โอเวอร์รัน (overrun)

โอเวอร์รัน หมายถึง ปริมาณที่เพิ่มขึ้นของส่วนผสมไอศกรีม หลังจากที่มีการอัดอากาศเข้าไปในส่วนผสมแล้วอากาศจะเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดการขึ้นฟู เช่น ปริมาณของแข็งทั้งหมดในส่วนผสม ราคาจำหน่ายของไอศกรีมและชนิดของไอศกรีมเป็นต้น การผลิตไอศกรีมมีการขึ้นฟูต่างกันประมาณร้อยละ 10 ย่อมมีผลต่อทั้งต้นทุนการผลิตและการยอมรับรวมถึงการนิยมของผู้บริโภค [63] ซึ่งการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมชนิดต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 2.12

ตารางที่ 2.12 ค่าโอเวอร์รัน (overrun) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนมแช่งแข็งชนิดต่าง ๆ

ผลิตภัณฑ์	การขึ้นฟู (Overrun) / เปอร์เซ็นต์
ไอศกรีม (บรรจุกล่อง)	70-80
ไอศกรีม (ทั่วไป)	90-100
เชอร์เบท	30-40
ไอซ์	25-30
ไอศกรีมชนิดเหลว	30-50
ไอซ์มิลค์	50-80
มิคล์เชค	10-15

ที่มา : [63]

นอกจากนี้ฟองอากาศยังมีผลต่อลักษณะปรากฏทางกายภาพ และสีของไอศกรีมเนื่องจากฟองอากาศจะสะท้อนแสงได้ ดังนั้นไอศกรีมที่มีฟองอากาศมากจะมีสีสว่างกว่าไอศกรีมที่มีฟองอากาศน้อยกว่า นอกจากนี้ขนาดของฟองอากาศมีผลต่อลักษณะของประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมตัวอย่างเช่น ไอศกรีมที่มีฟองอากาศขนาดเล็กจะให้เนื้อสัมผัสที่นุ่มกว่าและน่ารับประทาน [60] และค่าของโอเวอร์รันยิ่งสูงแสดงว่าการผลิตไอศกรีมมีประสิทธิภาพสูงในแง่ของผู้ผลิตจะได้กำไรสูงขึ้น ดังนั้นค่าโอเวอร์รัน (overrun) จึงมีความสำคัญมากในการผลิตไอศกรีมซึ่งสามารถคำนวณได้ทั้งในหน่วยปริมาตรและน้ำหนักดังสมการที่ 2.3 และ 2.4

การคำนวณค่าโอเวอร์รันสามารถทำได้ 2 แบบ คือ อาศัยปริมาตรและอาศัยน้ำหนักมีวิธีคำนวณดังนี้

หน่วยปริมาตร

$$\text{ค่าโอเวอร์รัน} = \frac{\text{ปริมาตรของไอศกรีม} - \text{ปริมาตรของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม}}{\text{ปริมาตรของส่วนผสมไอศกรีม}} \times 100 \qquad (2.3)$$

หมายเหตุ: ไอศกรีมและส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้ในการคำนวณจะต้องมีน้ำหนักเท่ากัน

หน่วยน้ำหนัก

$$\text{ค่าโอเวอร์รัน} = \frac{\text{น้ำหนักของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม} - \text{น้ำหนักของไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักของไอศกรีม}} \times 100 \qquad (2.4)$$

หมายเหตุ : ไอศกรีมและส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่ใช้ในการคำนวณจะต้องมีปริมาตรเท่ากัน

2.4.6 กระบวนการผลิตไอศกรีม

2.4.6.1 การคำนวณสูตร (mix calculations)

การคำนวณส่วนผสมของไอศกรีมจะเป็นขั้นตอนแรกในการผลิตไอศกรีม ซึ่งนับว่าการคำนวณส่วนผสมของไอศกรีมมีความสำคัญมาก เนื่องจากจะทำให้ได้สูตรที่มีความสมดุลและสามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอและผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม กำหนดราคาของไอศกรีมไม่ให้สูงเกินไป และได้ส่วนผสมของไอศกรีมที่เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนด [64] [48]

2.4.6.2 การผสมส่วนผสมของไอศรีม (blending)

การนำส่วนผสมของไอศกรีมที่เตรียมผสมลงในภาชนะผสมให้เข้ากันร่วมกับการให้ความร้อนและการกวนเพื่อให้เกิดการผสมเป็นเนื้อเดียวกันการให้ความร้อนและการกวนจะต้องทำอย่างระมัดระวังเพื่อให้เกิดการละลายหรือการกระจายตัวของส่วนผสมอย่างมีประสิทธิภาพและป้องกันส่วนผสมที่ไวต่อความร้อนเกิดการเสียสภาพ ขั้นตอนการผสมเริ่มจากการนำส่วนผสมที่เป็นของเหลว เช่น น้ำ นมสด นมข้น ครีม น้ำเชื่อม และกลูโคสไซรัป เทลงในภาชนะผสมจากนั้นให้ความร้อนพร้อมทั้งกวนส่วนผสมให้เข้ากันจนกระทั่งอุณหภูมิของส่วนผสมถึง 50 องศาเซลเซียส จึงเติมส่วนผสมที่เป็นของแข็ง ได้แก่ น้ำตาล สเตบิไลเซอร์ ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย สารให้ความคงตัว และอิมัลซิไฟเออร์ลงไป และในขั้นตอนนี้ยังไม่ควรเติมสารให้สี หรือกลิ่นรส เนื่องจากเมื่อนำส่วนผสมไปให้ความร้อนอาจจะเกิดการสลายตัวได้ ควรเติมในช่วงก่อนปั่นแข็งไอศกรีมไม่ควรผสมตั้งแต่แรกเพราะอาจทำให้กลิ่นระเหยออกไปได้ จากนั้นกวนส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากันของผสมทั้งหมดที่ผสมแล้วเรียกว่า ไอศกรีมมิกซ์ (ice cream mix) หลังจากผสมส่วนผสมให้เข้ากันแล้วโดยทั่วไปจะเพิ่มอุณหภูมิของไอศกรีมเหลวให้เท่ากับหรือสูงกว่า 65 องศาเซลเซียส เพื่อนำไปโฮโมจิไนซ์ในลำดับต่อไป [48] [60]

2.4.6.3 การโฮโมจิไนเซชั่น (homogenization)

การโฮโมจีไนซ์มีจุดประสงค์ คือ การลดขนาดของเม็ดไขมันให้มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน และทำให้เกิดอิมัลชันของส่วนผสมไอศกรีมมีความคงตัว นอกจากนี้ยังทำให้อิมัลซิไฟเออร์ที่เติมในส่วนผสมกระจายตัวอยู่ในส่วนผสมและที่ผิวหน้าสัมผัสของเม็ดไขมันที่เกิดขึ้นใหม่อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งการโฮโมจีไนซ์เป็นสิ่งจำเป็นในการผลิตไอศกรีมอย่างมากเนื่องจากการโฮโมจีไนซ์จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของไอศกรีมโดยช่วยเพิ่มอัตราการขึ้นโฟมในขณะปั่นไอศกรีมและช่วยยับยั้งการโตของผลึกน้ำแข็งระหว่างการเก็บช่วยปรับปรุงพฤติกรรมการหลอมละลาย (meltdown behavior) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม [56] ซึ่งจะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่เนียนนุ่มลิ้น อุณหภูมิของส่วนผสมขณะทำการโฮโมจีไนซ์ควรอยู่ในช่วง 62.8 - 76.7 องศาเซลเซียส หรือ 45 - 147 องศาฟาเรนไฮต์ แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้จะทำให้เม็ดไขมันจับกันเป็นก้อนมีความหนืดสูงและต้องใช้เวลานานในการปั่นส่วนผสมส่วนผสมที่ผ่านการพาสเจอไรซ์แล้วจะถูกทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 65.5 องศาเซลเซียส / 150 องศาฟาเรนไฮต์ ส่วนความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ขึ้นอยู่กับความหนืดของส่วนผสมความคงตัวของส่วนผสมและอุณหภูมิโดยทั่วไปแล้วจะใช้ความดันรวมประมาณ 2,000-2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) สำหรับการโฮโมจีไนซ์ระบบเดี่ยว (single-stage homogenizer) และสำหรับการโฮโมจีไนซ์ระบบสองระดับความดัน (two-stage homogenizer) จะใช้

ความดันประมาณ 2,500-3,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่ระดับแรกและ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ในระดับที่สองจากการศึกษาผลของความดันในการโฮโมจีไนซ์ส่วนผสมไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 ต่อการเสียความคงตัวของเม็ดไขมันและหลอมละลายของไอศกรีมโดย Koxhlot et al., [56] พบว่าระดับความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนซ์ส่วนผสมอย่างน้อยที่ 10 MPa หรือ 1,500 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว ที่ระดับความดันแรก และที่ 3.45 MPa หรือ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่ความดันระดับที่สองจะทำให้ไอศกรีมมีโครงสร้างทางกายภาพที่เหมาะสมและคงตัวในการผลิตไอศกรีมนั้นไม่ต้องการลดขนาดเม็ดไขมันจนมีขนาดเล็กที่สุด และการโฮโมจีไนซ์ที่มากเกินไปเป็นสิ่งที่ผิดปกติถ้าใช้ความดันที่สูงเกินไปเม็ดไขมันจะจับตัวกันเป็นก้อนและเกิดการเปลี่ยนสถานะกลับระหว่างการแช่เยือกแข็งในทางตรงกันข้ามถ้าใช้ความดันไม่เพียงพอก็จะไม่เกิดการกระจายตัวที่เหมาะสมของเม็ดไขมัน [64] Schmidt and Smith [65] พบว่า ส่วนผสมไอศกรีมที่ไม่ผ่านการโฮโมจีไนซ์จะมีลักษณะไม่เป็นเนื้อเดียวกันมากกว่าส่วนผสมไอศกรีมที่ผ่านการโฮโมจีไนซ์ เนื่องจากการโฮโมจีไนซ์ทำให้ขนาดเม็ดไขมันลดลง และทำให้เนื้อสัมผัสไอศกรีมมีความเรียบเนียนมีอัตราการละลายช้าลงและกลิ่นรสของไอศกรีมถูกปลดปล่อยออกช้ากว่า

2.4.6.4 พาสเจอร์ไรซ์เซชั่น (pasteurization)

เป็นการการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมเหลว (ice cream mix) ที่ได้ต้องผ่านการฆ่าเชื้อในระดับการพาสเจอร์ไรซ์เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และลดจำนวณแบคทีเรียลงได้มากที่สุดการพาสเจอร์ไรซ์ที่ดีควรให้ความร้อนแก่ไอศกรีมเหลวอย่างรวดเร็วเพื่อให้ถึงอุณหภูมิในการฆ่าเชื้อที่กำหนด และคงอุณหภูมินั้นตามระยะเวลาที่เหมาะสมจากนั้นจึงลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วแต่อย่างไรก็ตามจำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ก่อโรคก็จะลดลงด้วย โดยปกติปริมาณจุลินทรีย์สูงสุดที่ยอมให้มีได้ในไอศกรีมหลังการละลาย เท่ากับ 100,000 cfu ต่อกรัมตัวอย่าง และเป็นโคลิฟอร์มแบคทีเรียสูงสุดได้ 100 cfu ต่อกรัมตัวอย่าง และระดับความร้อนต่ำสุดที่ใช้จะแตกต่างกันเพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคและสภาวะที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์สามารถเลือกใช้อุณหภูมิและเวลาแตกต่างกันแล้วแต่วิธีการดังแสดงในตารางที่ 2.13

ตารางที่ 2.13 ระดับอุณหภูมิต่ำสุดที่ใช้ในกระบวนพาสเจอไรซ์ส่วนผสมไอศกรีมตามมาตรฐานกฎหมายของสหรัฐอเมริกา (United States Public Health Service)

วิธีการ	เวลา	อุณหภูมิ (°C/°C)
แบบ Batch	30 นาที	69/155
HTST*	25 วินาที	80/175
HHST**	1-3 วินาที	90/194
UHT***	2-40 วินาที	138/280

หมายเหตุ : *HTST = High-Temperature Shot-Time ** HHST = Higher-Heat Shot-Time ***UHT = Ultra High Temperature

ที่มา : [45]

ในระหว่างการพาสเจอไรซ์ อิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัวที่ต้องอาศัยความร้อนในการละลายจะละลายและเปลี่ยนเป็นสารแขวนลอยคุณสมบัติในการอิมัลซิไฟด์และการให้ความคงตัวจะเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเสียสภาพธรรมชาติของโมเลกุลโปรตีนซึ่งเดิมจะอยู่ในลักษณะที่ขดตัวและจะคลายออกโมเลกุลที่เป็นไลโปฟิลิกซึ่งขดตัวอยู่ด้านในจะออกมาอยู่ด้านนอกและทำหน้าที่ลดแรงตรึงผิวที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำและน้ำมันในส่วนผสม การเสียสภาพธรรมชาติจะให้ผลดีต่อคุณภาพของไอศกรีมซึ่งผลิตภัณฑ์จะมีลักษณะเป็นครีมมากขึ้น เนื้อสัมผัสเรียบเนียน การเสียสภาพของโปรตีนอย่างสมบูรณ์จะต้องอาศัยความร้อนที่รุนแรง แต่การใช้ความร้อนที่มากเกินไปจะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงลักษณะทางประสาทสัมผัสจนไม่เป็นที่ยอมรับ เช่น กลิ่นคาราเมล หรือกลิ่นไหม้ขึ้น ดังนั้นรสชาติจะเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่จำกัดอุณหภูมิและเวลาในระหว่างการพาสเจอไรซ์ [37]

2.4.6.5 การทำให้ส่วนผสมเย็นลง (cooling)

เป็นขั้นตอนต่อเนื่องจากการพาสเจอไรซ์ โดยส่วนผสมของไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอไรซ์จะถูกทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์และเตรียมส่วนผสมของไอศกรีมมิกซ์ให้พร้อมสำหรับการบ่มในลำดับต่อไป [48]

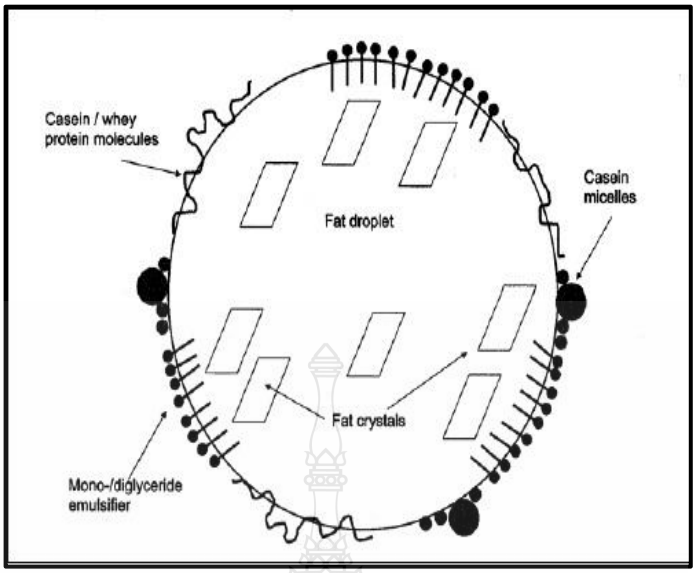
2.4.6.5 การบ่มส่วนผสม (aging mixes)

หลังการพาสเจอไรซ์ และโฮโมจีไนซ์แล้วส่วนผสมจะถูกทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิ 0 - 5 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการบ่มต่อในห้องเย็นที่ 4 - 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 4 - 24 ชั่วโมง เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของส่วนผสม ดังแสดงภาพที่ 2.8

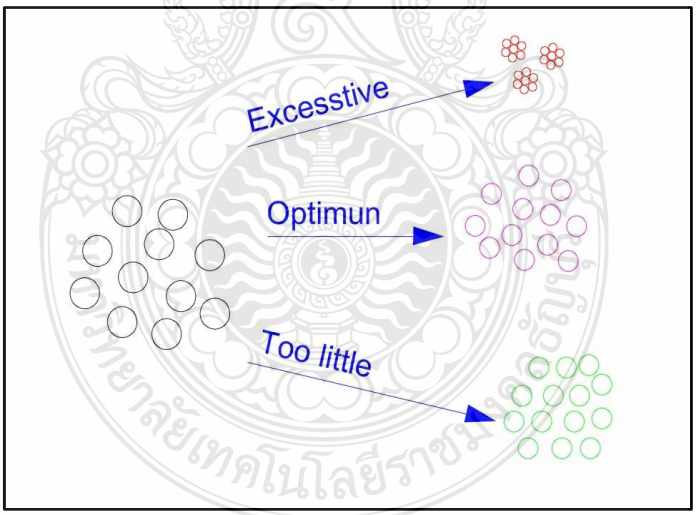
ก. ส่วนผสมที่เป็นของแข็งจะดูดซับน้ำได้อย่างสมบูรณ์ แม้ว่าอยู่ระหว่างการผสมของส่วนผสมที่เป็นของแข็งจะละลายแล้วก็ตาม แต่ส่วนผสมแข็งและสารให้ความคงตัวต้องการเวลาเพื่อจับกับน้ำอย่างสมบูรณ์ ซึ่งมีผลต่อความข้นหนืดของส่วนผสมและสิ่งที่ตามมา คือความมีเนื้อความมัน ความต้านทานการละลายและความคงตัวของผลิตภัณฑ์เมื่อเก็บรักษาไว้

ข. อิมัลซิไฟเออร์ ในส่วนผสมที่พร้อมทำไอศกรีมจะถูกดูดซับที่ผิวของเม็ดไขมันโดยเข้าไปแทนที่โปรตีนนม (ดังภาพที่ 2.9) เนื่องจากในช่วงระยะเวลาในการบ่ม อิมัลซิไฟเออร์ (โมโนไดกลีเซอร์ไรด์) เริ่มตกผลึกเป็นผลให้อิมัลซิไฟเออร์มีความเป็นไลโปฟิลิกมากขึ้นจึงถูกดูดซับที่ผิวเม็ดไขมันได้ดีกว่าโปรตีน ทั้งนี้เนื่องจากเม็ดไขมันมีความเป็นไลโปฟิลิกจึงเข้ากันได้ดีกับอิมัลซิไฟเออร์แต่อิมัลซิไฟเออร์ที่เข้าไปแทนที่โปรตีนนั้นทำให้ส่วนของเยื่อผิว (surfacemembrane) เม็ดไขมันไม่แข็งแรงทำให้อิมัลชันเสียความคงตัวและเหนี่ยวนำให้เกิดการรวมตัวของเม็ดไขมันขึ้น

ค. การตกผลึกของไขมัน (crystallization of fat) เม็ดไขมันในส่วนผสมจะเริ่มตกผลึกอย่างช้า ๆ โดยไตรกลีเซอร์ไรด์กลุ่มที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าจะตกผลึกก่อนและอยู่ชิดผิวหน้าของเม็ดไขมันการตกผลึกจะดำเนินต่อไปและสร้างชั้นหรือเปลือกของเม็ดไขมันหลาย ๆ ชั้น โดยที่ใจกลางยังคงเป็นไขมันเหลว ผลึกไขมันที่เกิดขึ้นจะทิ่มแทงผิวเม็ดไขมันและเกิดการเชื่อมติดกันบางส่วน (partially-coalesced) ระหว่างเม็ดไขมันที่อยู่ใกล้กันและเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ของเม็ดไขมันเกิดเป็นโครงข่ายสามมิติถ้าเวลาการบ่มไม่เพียงพอก็จะไม่เกิดกระบวนนี้ขึ้น ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการการแช่เยือกแข็งโดยจะส่งผลให้การตีปั่นเอาอากาศเข้าในโครงสร้างไม่ดีและปริมาณอัตราการขึ้นโฟมต่ำซึ่งจะทำให้ฟองอากาศในไอศกรีมไม่คงตัวและยังส่งผลให้ไอศกรีมมีคุณภาพและความคงตัวในการเก็บรักษาต่ำ ดังแสดงภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.8 ผลของความดันในการโฮโมจีไนซ์เม็ดไขมันในส่วนผสมของไอศกรีม
แหล่งที่มา : [37]



ภาพที่ 2.9 อิมัลซิไฟเออร์และโปรตีนนมที่ถูกดูดซับที่ผิวเม็ดไขมัน และการตกผลึกของไขมัน ระหว่างกระบวนการบ่ม
ที่มา : [60]

2.4.6.6 การปั่นไอศกรีม (aeration and freezeing)

การปั่นเป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญในกระบวนการผลิตไอศกรีมเพราะมีผลต่อคุณภาพและปริมาณผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้ ขั้นตอนการปั่นไอศกรีมทำได้โดยนำส่วนผสมของไอศกรีมที่ผ่านการบ่ม การเติมสีและกลิ่นรสตามที่ต้องการจากนั้นทำให้แข็งตัวอย่างรวดเร็วพร้อมกับการเติมอากาศตลอดเวลาภายในเครื่องปั่นไอศกรีมที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส เพื่อทำให้น้ำในส่วนผสมกลายเป็นผนึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็ก การปั่นไอศกรีมหากใช้เวลาน้อยเท่าไรจะได้ผลิตภัณฑ์เนื้อนุ่ม (Smooth) ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของน้ำจะเกิดการสร้างผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กแต่ถ้าใช้เวลานานจะเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่แทนในช่วงของการปั่นไอศกรีม นอกจากเพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งแล้วยังเป็นขั้นตอนที่ทำให้อากาศเข้าไปผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วยการปั่นจะสิ้นสุดลงเมื่อไอศกรีมมีความเหนียวหรือเมื่อพบว่ามีปริมาณอากาศและผลึกน้ำแข็งที่มากเพียงพอแล้ว [43] ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน และสามารถอุ้มอากาศได้ดีเมื่อสิ้นสุดการปั่นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้เรียกว่า soft ice cream เนื่องจากไอศกรีมที่ปั่นออกจากเครื่องปั่นไอศกรีมมีอุณหภูมิ -4 ถึง -5 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิระดับนี้ปริมาณน้ำจะกลายเป็นผลึกน้ำแข็งคิดเป็นร้อยละ 47 ของปริมาณน้ำทั้งหมดในส่วนผสมเท่านั้น ดังนั้นจึงต้องผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้ไปบรรจุในภาชนะบรรจุในรูปแบบต่าง ๆ และนำไปแช่แข็งในลำดับต่อไป [45] [48] [64]

2.4.6.7 แช่แข็ง (hardening)

การแช่แข็ง คือ การนำไอศกรีมที่ผ่านการปั่นแล้วโดยไม่มีการเติมอากาศเข้าไปอีกเนื่องจากไอศกรีมที่ออกจากถังปั่นมีลักษณะกึ่งของแข็ง ไม่สามารถที่จะคงรูปร่างได้ และการแช่แข็งควรทำอย่างรวดเร็วเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ดังนั้นอัตราการแช่แข็งที่รวดเร็วจะทำให้ได้ผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมที่มีขนาดเล็กและละเอียดทำให้ไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน [66] เวลาที่ใช้ในการแช่แข็งทั่วไปจะใช้เวลาที่ทำให้อุณหภูมิ ณ จุดกึ่งกลางของไอศกรีมในภาชนะบรรจุลงเหลือ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าโดยนิยมทำที่อุณหภูมิ -25 องศาเซลเซียส ถึง -30 องศาเซลเซียส ในระหว่างการทำให้ไอศกรีมแข็งตัวและปริมาณน้ำในไอศกรีมจะกลายเป็นน้ำแข็งมากขึ้นโดยเพิ่มจากประมาณร้อยละ 47 ในช่วงที่ไอศกรีมออกจากเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นร้อยละ 75-80 ในช่วงของการทำให้ไอศกรีมแข็งตัวซึ่งทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเพิ่มขึ้นจุดเยือกแข็งของไอศกรีมจึงลดลงอีกจนถึงจุดหนึ่งที่ไม่มีผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นได้ ดังนั้นไม่ว่าอุณหภูมิจะต่ำเพียงใดก็ยังมีส่วนที่ไม่เยือกแข็ง หรือ unfrozen phase หลงเหลืออยู่ในไอศกรีม [62] [66] การแช่แข็งยิ่งเร็วยิ่งดีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะได้ผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็กและละเอียดทำให้มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ดังนั้นไอศกรีมที่ได้จะมีคุณภาพดี แต่ในการเก็บรักษาหรือการขนส่งถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่คงที่

อาจจะทำให้น้ำแข็งละลายเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและแข็งตัวใหม่อีกครั้งเมื่ออุณหภูมิต่ำลง และทำให้ขนาดผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้นเรียกปรากฏการณ์นี้ว่า heat shock ซึ่งจะส่งผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีม [45] [48]

2.4.6.8 การเก็บรักษาไอศกรีม (storage)

ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมควรเก็บในอุณหภูมิที่คง ซึ่งการแปรปรวนของอุณหภูมิการเก็บจะนำไปสู่การเคลื่อนที่และการรวมตัวของน้ำและเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่หลังการแข็งตัวอีกครั้ง [67] [68] [69] [70] อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นาน ๆ ควรมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงเฟส (glass transition temperature; Tg) ของผลิตภัณฑ์ [69] เพื่อป้องการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่หรือการโตของผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ หรือเก็บที่อุณหภูมิในช่วง -20 ถึง -25 องศาเซลเซียส ถ้าต้องการเก็บผลิตภัณฑ์ไว้นานๆ สำหรับระหว่างการขนย้ายและการจัดจำหน่ายในเวลาสั้นสามารถเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ที่อุณหภูมิ -13 ถึง -18 องศาเซลเซียสได้ [37]

2.5 บทบาทของไขมันต่อไอศกรีม

ไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสมีความเนียน ความมัน นอกจากนี้ไขมันยังเคลือบปากเพื่อลดความรู้สึกเย็นจัดของไอศกรีม ลักษณะการละลายของไขมันในปากถือเป็นคุณภาพทางประสาทสัมผัสที่สำคัญ [51] ส่วนในด้านกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมไขมันจะมีบทบาทเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งโดยทั่วไปเชอร์เบทมีกลิ่นรสผลไม้เป็นหลักและมีกรดที่จะไปบดบังรสชาติของไขมันแต่การที่มีทั้งกรดและไขมันอาจทำให้เกิดกลิ่นหืนได้ จึงต้องคำนึงถึงปริมาณของไขมันที่ใช้ด้วยไขมันในเชอร์เบทจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะคล้ายไอศกรีมนมเพราะทำให้มีการจับอากาศไว้ภายในโครงสร้างของเชอร์เบท [71]

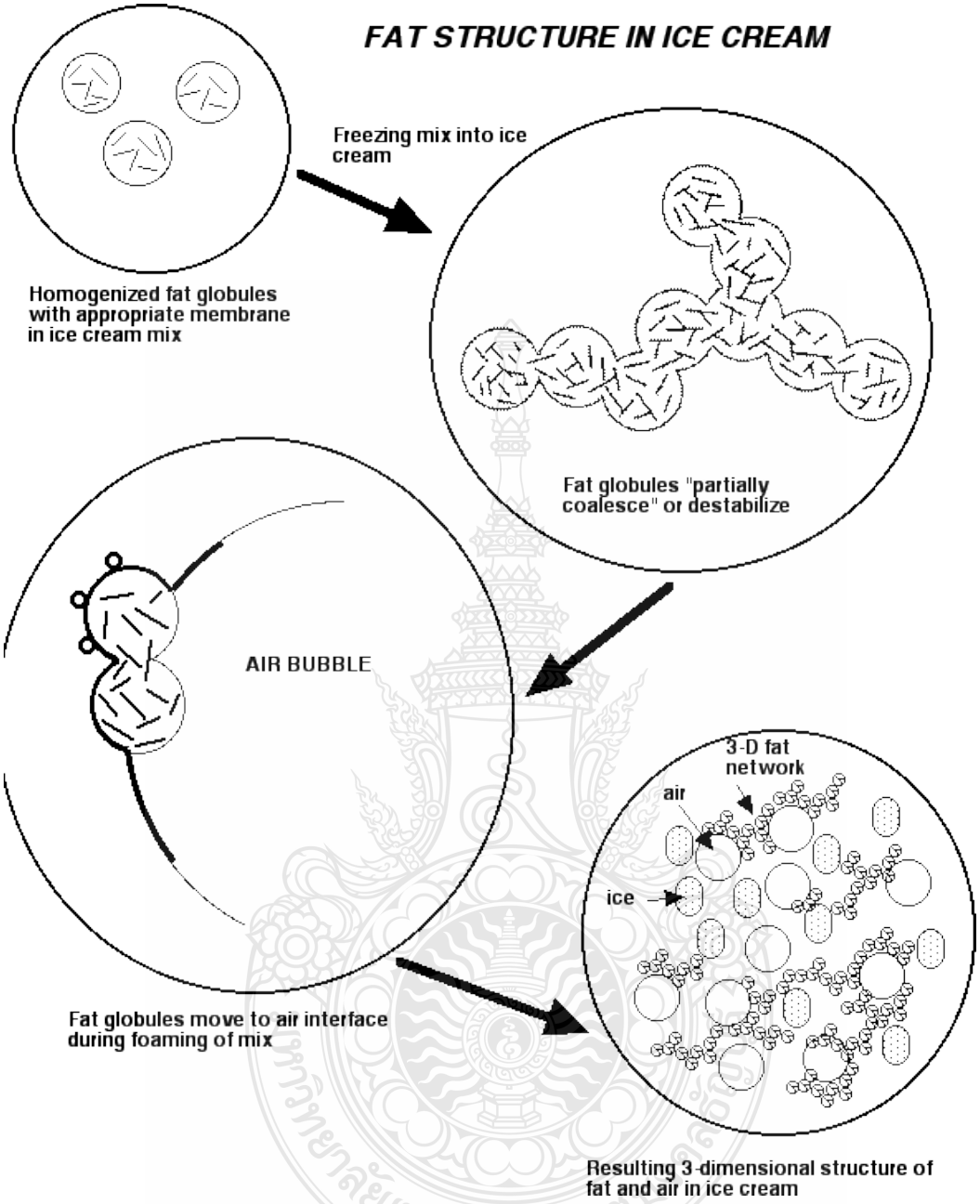
จากการศึกษาของ Aime et. al., [72] พบว่า ไขมันซึ่งมีผลต่อเนื้อสัมผัสของไอศกรีมที่ผลิตคือแนวโน้มของตัวอย่างที่มีไขมันต่ำ (low fat) จะมีความคงตัวกว่าตัวอย่างที่ไม่มีไขมัน (fat free) และตัวอย่างที่มีไขมันสูงกว่า (light และ regular fat) เนื่องจากตัวอย่างที่มีไขมันต่ำกว่าจะมีปริมาณผลึกน้ำแข็งมากขึ้น ขณะที่ระดับของผลึกไขมันนมมีค่าลดลง

Wan Rosnani and Nor Aini [73] ศึกษาการนำน้ำมันปาล์ม (palm oil) และน้ำมันเมล็ดในของปาล์ม (palm kernel oil) มาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแทนการใช้ไขมันนม พบว่าคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (อัตราการขึ้นโฟม และร้อยละการเสียสภาพของไขมัน: % fat destabilization) ที่ได้จากการใช้น้ำมันปาล์มและน้ำมันเมล็ดในปาล์มใกล้เคียงกับไอศกรีมที่ได้จากการใช้ไขมันนมโดยที่น้ำมันปาล์มเหมาะสำหรับนำมาผลิตไอศกรีมเนื้อแข็ง

(hard ice cream) เนื่องจากความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมมีค่ามากส่วนน้ำมันเมล็ดในของปาล์มเหมาะสำหรับการผลิตไอศกรีมเนื้อนุ่ม (soft ice cream) เนื่องจากความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมมีค่าต่ำและไอศกรีมที่ได้มีอัตราการหลอมละลายที่เร็ว

Roland et. al., [74] ได้ศึกษาเรื่องไอศกรีมวนิลาที่มีการทดสอบไขมันนมร้อยละ 0.1, 3, 7 และ 10 พบว่าไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 0.1, 3 และ 7 ไม่มีความแตกต่างกันในด้านความแข็งและอัตราการละลายแตกต่างจากไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 มีอัตราการละลายช้ากว่า และมีความแข็งน้อยกว่าไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 7 สำหรับการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ไอศกรีมไขมันต่ำจะมีลักษณะเป็นน้ำแข็งและร่วนมากกว่าส่วนด้านความมันจะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นสอดคล้องกับผลจากการศึกษาของ Guinard. et. al., [75] เกี่ยวกับผลของไขมันที่มีต่อลักษณะทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมวนิลาที่ใช้ปริมาณไขมันร้อยละ 10, 14 และ 18 พบว่า เมื่อใช้ปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นมีผลต่อการรับรู้กลิ่นเนย รสหวาน และความมันเพิ่มขึ้นอีกทั้งทำให้การละลายช้าลง

อรพิน ชัยประสพ [76] จากได้ศึกษาการใช้ไขมันปาล์มไฮโดรจิเนตในการผลิตไอศกรีมกะทิเนื้อนุ่มแทนไขมันจากกะทิ พบว่า การใช้ไขมันปาล์มไฮโดรจิเนตทำให้ไอศกรีมที่ได้มีลักษณะทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสดีขึ้นโดยไอศกรีมมีอัตราการเกิดโฟมเพิ่มขึ้นและมีอัตราการละลายลดลงตามปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไขมันไฮโดรจิเนตที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้นั้นไม่ควรเกินร้อยละ 10 เพราะจะทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมด้อยลงและเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของไขมันในไอศกรีมดังแสดงภาพที่ 2.10 โดย fat globule membranes เกิดจาก emulsifiers เข้าไปห่อหุ้มที่เม็ดไขมันได้เร็วกว่าโปรตีนซึ่งเม็ดไขมันจะเกิดการเคลื่อนที่ด้วยแรงเฉือนระหว่างขั้นตอนการปั่นไอศกรีม ในลักษณะที่เรียกว่า dehulling ทำให้อิมัลชันมีความคงตัวลดลงจึงเกิดการรวมตัวบางส่วนของเม็ดไขมันที่มีลักษณะกึ่งของเหลวกลายเป็นผลึกไขมันระหว่างการแช่เยือกแข็ง [77]



ภาพที่ 2.10 พัฒนาการของโครงสร้างไขมันในไอศกรีม

ที่มา : [77]

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผาณิต [78] กล่าวว่าการนำน้ำมันมะพร้าวมาใช้ในการผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้นนั้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มาเปรียบเทียบน้ำมันมะพร้าวในรูปแบบของครีมมะพร้าว เนยขาว และมาการีน และเปรียบเทียบผลของการนำไปผลิตเค้กชนิดส่วนผสมข้น โดยศึกษาสมบัติทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัสของเค้กวิเคราะห์ค่า Thiobarbituric acid (TBA) number ทางด้านจุลินทรีย์ของเค้กผลการทดลอง พบว่า น้ำมันมะพร้าวและเนยขาวเป็นไขมันที่บริสุทธิ์ในขณะที่ครีมมะพร้าว และมาการีนมีองค์ประกอบอื่นอยู่ด้วยและเมื่อนำไปผลิตเค้ก พบว่า เค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าวจะมีเนื้อเค้กที่แน่นกว่าโดยปริมาณของเค้กและการยอมรับโดยรวมของผู้ทดสอบชิมน้อยกว่าเค้กที่ใช้ครีมมะพร้าว เนยขาว และมาการีน โดยเค้กที่ผลิตจากครีมมะพร้าวมีลักษณะทางกายภาพ และทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับเค้กที่ใช้เนยขาว และมาการีน แต่ค่า TBA Number และปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของเค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าวมีค่าต่ำที่สุดโดยที่เค้กที่ใช้ครีมมะพร้าวมีค่า TBA Number สูงกว่าเค้กที่ใช้ไขมันชนิดอื่น แต่มีอัตราการเพิ่มขึ้นของจุลินทรีย์ค่อนข้างต่ำกว่าเค้กที่ใช้เนยขาวและมาการีน และมีปริมาณใกล้เคียงกับเค้กที่ใช้น้ำมันมะพร้าว

ณรงค์ [4] กล่าวว่าน้ำมันมะพร้าวจัดเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติดีต่อสุขภาพ ซึ่งมีคุณสมบัติแตกต่างจากไขมันอิ่มตัวที่พบในพืชชนิดอื่นด้วยกรดไขมันอิ่มตัว 90%ประกอบด้วยโมเลกุลไขมันสายกลาง (Medium-chain fatty acids) ที่สามารถพบได้ในน้ำมันมะพร้าวนอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยที่บ่งชี้ว่าน้ำมันมะพร้าว มีกรดลอริก (lauric acid) อยู่ 50% และมีวิตามินอีสูง กรดลอลิกนี้จึงเป็นส่วนที่ทำให้น้ำมันมะพร้าวมีลักษณะเด่นกว่าน้ำมันพืชชนิดอื่นเพราะมีสารฆ่าเชื้อแบคทีเรีย โปโตซัว และไวรัสบางชนิด นอกจากนี้ยังมีสารแอนตีออกซิแดนต์สูง (antioxidant) เมื่อเกิดอุณหภูมิสูงจะไม่เกิดอนุมูลอิสระและไขมันทรานส์สามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็วมีการเพิ่มเมตาบอลิสซึมไม่เกิดไขมันสะสมในร่างกายแล้วยังช่วยเผาผลาญไขมันที่สะสมไว้ด้วย

น้ำมันมะพร้าวไม่ได้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ แต่เนื้อมะพร้าวกับน้ำมะพร้าวลดระดับคอเลสเตอรอลอย่างมีนัยสำคัญแต่น้ำมันมะพร้าวเพิ่มปริมาณของ High density lipoprotein (HDL) ได้มากกว่าน้ำมันถั่วลิสงซึ่งน้ำมันมะพร้าวไม่เพิ่มอัตราส่วนของ LDL ต่อ HDL ในขณะที่ไปลดระดับของไตรกลีเซอไรด์ โดยเฉพาะ LDL เปลี่ยนไปเป็นสารสเตอรอยด์ ที่ทำหน้าที่เป็นฮอร์โมนเพศ ได้แก่ เปรกนีโนโลน (pregnenolone) โปรเจสเตอรอล (progesterone) และดีไฮโดรเอบปีแอนโดรสเตอรอล (dehydroepiandrosterone – DHEA) สารเหล่านี้

เองที่ไปช่วยป้องกันการชราภาพได้รวดเร็วแบบที่เกิดในวัยทองยังสามารถคงระดับการเผาผลาญอาหารทำให้ไม่อ้วนง่าย และชลอโรคทั้งหลายที่ก่อให้เกิดความเสื่อมของสุขภาพรวมทั้งโรคมะเร็งหลายชนิด

บรูซ [10] กล่าวว่าสถาบันวิจัยมะพร้าวของประเทศฟิลิปปินส์ เริ่มมีการให้ข้อคิดใหม่ ๆ ในเรื่องนี้ว่า "ในทางตรงกันข้ามมีงานวิจัยอีกหลายชิ้นใน 40 ปีที่ผ่านมาว่าการกินน้ำมันมะพร้าวไม่ได้ทำให้คอเลสเตอรอลสูง" เริ่มจากงานวิจัยของฮาชิมและคณะเมื่อปี 1959 ได้เติมน้ำมันมะพร้าวลงไปในอาหารถึง 21% ของแคลอรีรวมถึงให้กับคนที่มีคอเลสเตอรอลสูงอยู่แล้วผลปรากฏว่าไม่ได้เพิ่มคอเลสเตอรอลของผู้ทดสอบเหล่านั้น แต่ตรงกันข้ามมีอยู่ 29 คน ที่คอเลสเตอรอลลดลง

ประคองศิริ [79] กล่าวว่านักวิชาการองค์การเภสัชกรรมได้นำเสนอผลงานวิจัยที่เกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าว "ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมะพร้าว" ในการประชุมวิชาการงานชุมนุมการแพทย์แผนไทย การแพทย์พื้นบ้านไทยแพทย์ทางเลือกแห่งชาติครั้งที่ 1 ณ อิมแพค เมืองทองธานี โดยกล่าวน้ำมันมะพร้าวส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายเนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีฤทธิ์ต่อต้านมะเร็ง และนักวิจัยบางคนจึงเชื่อว่าเป็นเพราะกรดไขมันขนาดกลางของน้ำมันมะพร้าวส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย น้ำมันมะพร้าวสามารถเพิ่มไขมันชนิดดีในเลือด (HDL-cholesterol) ซึ่งลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ นอกจากนี้ยังมีความเป็นธรรมชาติไม่รบกวนการทำงานของเอนไซม์ และยังมีกรดไขมันช่วยต้านเชื้อจุลินทรีย์และเสริมภูมิคุ้มกันได้ดีอีกด้วยขณะที่น้ำมันข้าวโพดถั่วเหลืองจะลดไขมัน HDL- cholesterol ทำให้เกิดการรบกวนของเอนไซม์และรบกวนระบบภูมิคุ้มกัน ทั้งนี้การวิจัยยังพบว่าหากเป็นมะพร้าวสดที่ไม่ผ่านกระบวนการ Hydrogenated oil ซึ่งเป็นกระบวนการที่มีการใช้สารเคมีจะได้น้ำมันมะพร้าวที่มีสรรพคุณช่วยในหลาย ๆ เรื่องทั้งเป็นเครื่องสำอางบำรุงผิวหน้า ผิวกาย เรือนผม และอีกมากมายส่วนที่มีงานวิจัยของประเทศแถบยุโรประบุถึงผลเสียน้ำมันมะพร้าวนั้นอาจเป็นเพราะเขาจะขายน้ำมันถั่วเหลืองซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของบ้านเขาขณะที่มะพร้าวมีเฉพาะย่านเอเชีย ดังนั้นงานวิจัยที่ดิฉันได้ศึกษาครั้งนี้ถือเป็นการจุดประกายผลิตภัณฑ์ของไทยให้ออกสู่สายตาชาวโลกแต่การผลิตน้ำมันมะพร้าวมีต้นทุนสูง

ผุสดี [80] กล่าวว่าจากการศึกษาฤทธิ์การต้านจุลินทรีย์ของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ พบว่าสารละลายกรดลอริก สารโมโนลอริน และร่วมกับกรดแลกติกต่อเชื้อ *Listeria monocytogenes* ที่แยกได้จากซากสุกรด้วยการวิเคราะห์หาค่า Fractional bactericidal concentration index (FBCI) และระยะเวลาที่ใช้ทำลายแบคทีเรียร่วมกับ Sodium dodeyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) และ Scanning and Transmission Electron Microscopy จากการศึกษาพบว่า ความเข้มข้นต่ำที่สุดที่สามารถทำลายเชื้อ *L. monocytogenes* (Minimum bactericidal

concentrations, MBC) ของกรดลอริก สารโมโนลอริน และกรดแลกติก มีค่าเท่ากับ 1,000 mg/ml 0.31 mg/ml และ 4% (v/v) ตามลำดับ การใช้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ กรดลอริก สารโมโนลอริน ร่วมกับกรดแลกติก ซึ่งมีฤทธิ์เสริมกันโดยมีค่า FBCI เท่ากับ 0.1875 0.7500 และ 0.6250 ตามลำดับ และการใช้สารร่วมกันที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดสมารถออกฤทธิ์ทำลายแบคทีเรียโดยการเหนี่ยวนำเซลล์แบคทีเรียจากสภาวะปกติสู่สภาวะเครียดซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดและความเข้มข้นของสาร แล้วยังจะส่งให้ไซโตรพลามสมเมมเบรน และการสังเคราะห์โปรตีนของแบคทีเรียเกิดการสูญเสียและเปลี่ยนแปลงไปในขณะที่น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ไม่สามารถที่ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *L. monocytogenes* ได้

Granger et. al., [81] กล่าวว่าการทดลองใช้ไขมันมะพร้าวไฮโดรจีเนต น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ และน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ร่วมกับอิมัลซิไฟเออร์ผสมระหว่างโมโน และไดกลีเซอร์ไรด์ 2 ชนิด คือ ชนิดที่กรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัวในการผลิตไอศกรีม พบว่า ชนิดของไขมันมีผลต่อขนาดของเม็ดไขมันในไอศกรีมยิ่งใช้นำมันพืชที่มีกรดไขมันอิ่มตัวสูงและมีกรดไขมันที่มีโมเลกุลใหญ่ ยิ่งทำให้เม็ดไขมันมีขนาดใหญ่และเสียความคงตัวมากขึ้นส่วนการละลายนั้นขึ้นกับชนิดของอิมัลซิไฟเออร์มากกว่าชนิดของไขมันหรือน้ำมัน การใช้อิมัลซิไฟเออร์ที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงไอศกรีมมีคุณสมบัติต้านทานการละลายสูงกว่าอิมัลซิไฟเออร์ที่มีกรดไขมันอิ่มตัว

อิมัลซิไฟเออร์ เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญช่วยให้ไขมันกระจายตัวในส่วนของน้ำเพิ่มความสามารถในการจับอากาศทำให้มีร้อยละการขึ้นฟู (overrun)สูง ฟองอากาศมีขนาดเล็กและกระจายตัวอยู่อย่างสม่ำเสมอเพิ่มความคงตัวของฟองอากาศโดยช่วยให้ไขมันเกิดการจับตัวกันบางส่วนและห้อมรอมฟองอากาศแต่ถ้ามากเกิดไปก็จะทำให้ฟองอากาศไม่เสถียร Zhang and Goff [82] นอกจากนี้การใช้อิมัลซิไฟเออร์ในปริมาณที่เหมาะสมยังทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่แห้งและเรียบเนียน ผนึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก การละลายช้า และช่วยลดการแยกตัวของไขมันจากส่วนของน้ำในระหว่างกระบวนการแช่เยือกแข็งไอศกรีม แต่ถ้าใช้อิมัลซิไฟเออร์มากเกินไปมีผลทำให้ไอศกรีมมีการละลายและเนื้อสัมผัสไม่ดี อีกทั้งอาจให้กลิ่นรสผิดปกติ [45] [48]

Marina, AM., Che Man, YB. and Amin, I. [83] รายงานว่าน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถลดคอเลสเตอรอล ไตรกลีเซอร์ไรด์ และฟอสโฟไลปิดได้ รวมทั้งทำให้ค่า low density lipoprotein (LDL) และ verylow density lipoprotein cholesterol (VLDL) ต่ำและต่ำมาก ตามลำดับ แต่กลับทำให้ค่า high density lipoprotein (HDL) เพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากเนื้อมะพร้าวแห้ง (copra oil) ทั้งนี้ Nevin, KG. and Rajamohan, T. [84] ได้ศึกษาผลของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ที่มีต่อคอเลสเตอรอลในอาสาสมัคร 258 คน อายุระหว่าง 18-65 ปี ที่บริโภคน้ำมันมะพร้าว

บริสุทธิ์ 15.40 กรัม/คน/วัน โดยพบว่า น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์สามารถลด LDL และเพิ่ม HDL นอกจากนี้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังสามารถเพิ่มการต่อต้านอนุมูลอิสระของเอนไซม์ (antioxidant enzyme) และลดปริมาณการเกิดปฏิกิริยาเปอร์ออกซิเดชันของไขมัน (lipid peroxidation content) ได้ซึ่งอาจเนื่องมาจากน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีปริมาณของสารพอลีฟีนอล (polyphenols) สูง จึงสามารถป้องกันการเกิด lipid peroxidation ได้มากกว่าน้ำมันมะพร้าว RBD [12]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

การศึกษาครั้งนี้จะทำการผลิตไอศกรีมที่มีการใช้น้ำมันมะพร้าวมาทดแทนครีมในสูตรผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนม โดยใช้ส่วนผสมตามสูตรที่เป็นสูตรพื้นฐานจากทองยศ [85] ซึ่งมีส่วนประกอบหลักคือ นมสด (ตราโฟรโมสต์) ครีม (ตราโฟรโมสต์) หางนมผง จากประเทศออสเตรเลีย น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล) กลูโคสไซรัป (ตราดอกไม้) เลซิติน (ตราแม็กกาแรต) สำหรับวัตถุดิบหลักคือน้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น (Cold-pressed Coconut Oil) ที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมโดยเลือกยี่ห้อ มะพร้าวไทยมาใช้ในการผลิตไอศกรีมในการทดลองครั้งนี้ ดังภาพที่ 3.1

ภาพที่ 3.1 น้ำมันมะพร้าวสกัดเย็น (ยี่ห้อน้ำมันมะพร้าวไทย)

3.2 วิธีการผลิตไอศกรีม

กระบวนการผลิตไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวมาทดแทนครีมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมงานวิจัยนี้ทำการผลิตโดยมีขั้นตอนและรายละเอียดการผลิตดังต่อไปนี้

1. การเตรียมส่วนผสม mixing (ได้ ice cream mixed)

ขั้นตอนนี้เป็นการเตรียมส่วนผสมต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การผลิตไอศกรีมซึ่งเริ่มจากการชั่งอัตราส่วนผสมตามที่ได้คำนวณไว้ โดยแบ่งส่วนผสมออกเป็น 2 ส่วนคือ ของเหลวและของแข็งส่วนที่ 1 ได้แก่ นมสด ครีม ส่วนที่ 2 หางนมผง น้ำตาลทราย เจลาติน กลูโคสไซรัป และน้ำมันมะพร้าวนำส่วนผสมที่ 1 ไปให้ความร้อนโดยใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นานประมาณ 5 นาที เพื่อฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคแล้วนำส่วนผสมส่วนที่ 2 ผสมให้เข้ากันกับส่วนผสมที่ 1 จะได้ส่วนผสมไอศกรีมมิกซ์

ภาพที่ 3.2 การให้ความร้อนส่วนผสมไอศกรีมมิกซ์

2. การโฮโมจิไนซ์ (Homogenization)

นำไอศกรีมมิกซ์ที่ได้ผ่านขั้นตอนการโฮโมจิไนซ์โดยนำไอศกรีมมิกซ์ จำนวน 500 กรัม บรรจุลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกันด้วยเครื่อง Homogenizer High Mixer Dispenser ยี่ห้อ Y stral รุ่น HG 200 ที่ระดับความเร็วรอบ 26,000 รอบ/นาที เป็นระยะเวลา 5 นาที ดังภาพที่ 3.3 หลังการปั่นจะได้ไอศกรีมมิกซ์ที่มีลักษณะที่เป็นเนื้อเดียวกันและเม็ดไขมันมีขนาดเล็กลง

ภาพที่ 3.3 เครื่องโฮโมจีไนเซอร์ (Homogenizer High mixer Dispenser ยี่ห้อ Y stral รุ่น HG 200)

3. การบ่ม (Aging)

เป็นขั้นตอนการแช่เย็นไอศกรีมมิกซ์ซึ่งทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิประมาณ 0-5 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการบ่มต่อในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 - 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 18 ชั่วโมง (การบ่มค้างคืนจะให้ผลดี) ขั้นตอนนี้เป็นการช่วยเพิ่มความหนืดให้แก่ไอศกรีมเหลวเป็นการปรับปรุงลักษณะเนื้อไอศกรีมและทำให้เม็ดไขมันเกาะตัวกันดีขึ้นทำให้ไอศกรีมฟูดีในขณะปั่น เมื่อครบเวลาบ่มตามกำหนดนำส่วนผสมไปปั่นแข็ง

4. การปั่น (Aeration)

เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการบ่มไอศกรีมที่อุณหภูมิ 4 - 5 องศาเซลเซียส ทำให้เนื้อไอศกรีมเย็นจัดจนแข็งตัวด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม ยี่ห้อ Homemate รุ่น Hom-122050 ลักษณะถังปั่นดังภาพที่ 3.4 ซึ่งใช้เวลานาน 30 นาที เพื่อทำให้เนื้อไอศกรีมแข็งตัวซึ่งต้องปั่นกวนไอศกรีมเหลวตลอดเวลาเพื่อให้อากาศแทรกตัวเข้าไปในเนื้อไอศกรีมขณะกำลังเปลี่ยนสถานะโดยทำให้ไอศกรีมฟูตัวขึ้นแล้วนำไอศกรีมที่ได้ไปแช่แข็ง (hardening)

ภาพที่ 3.4 เครื่องปั่นไอศกรีม (Homemate รุ่น Hom-122050)

5. การแช่แข็ง (Hardening)

การจะทำให้ไอศกรีมแข็งตัวจะใช้ตู้แช่แข็ง ยี่ห้อ Ever med – medical refrigeration ดังภาพที่ 3.5 โดยนำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้มาบรรจุใส่ภาชนะ และนำไปบ่มในตู้แช่แข็งที่ควบคุมอุณหภูมิอยู่ที่ -40 องศาเซลเซียส

ภาพที่ 3.5 ตู้แช่แข็ง (**Ever med – medical refrigeration**)

3.3 การศึกษาการแทนที่ครีมด้วยน้ำมันมะพร้าวในอัตราส่วนที่เหมาะสมการผลิตไอศกรีม

ศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำน้ำมันมะพร้าวมาทดแทนสัดส่วนครีมในสูตรผลิตภัณฑ์ของไอศกรีมนมซึ่งใช้สูตรพื้นฐานจากทองยศ [85] ในการผลิตและใช้เป็นสูตรควบคุม ดังแสดงรายละเอียดส่วนผสมไว้ในตารางที่ 3.1 ซึ่งการทดลองนี้ทำการปรับเปลี่ยนอัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวในสูตรการผลิตแตกต่างกันออกเป็น 5 ระดับ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 โดยยังคงสัดส่วนของส่วนผสมอื่น ๆ ไว้เหมือนเดิมในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.3 เพื่อนำผลทางกายภาพ และการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคที่มีผลต่อปริมาณน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ทดแทนครีมว่ามีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมในการผลิตเพื่อจำหน่ายต่อผู้บริโภค โดยการทำการทดลอง 3 ซ้ำ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Completely Randomized Design : CRD) เพื่อวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี และการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีม

ตารางที่ 3.1 แสดงสูตรพื้นฐานของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ % โดยน้ำหนัก
1. นมสด	79.0
2. ครีมข้น	5
3. หางนมผง	2
4. น้ำตาลทราย	11
5. กลูโคสไซรัป	2.5
6. สารคงตัว/อิมัลซิไฟเออร์	0.5

ที่มา : ดัดแปลงมาจาก ทองยศ [85]

ตารางที่ 3.2 แสดงการหาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างน้ำมันมะพร้าว : ครีม สูตรทดลองที่ 1-5

สูตรทดลองที่	อัตราส่วนระหว่างน้ำมันมะพร้าว : ครีม (ร้อยละ)
T 1*	0 : 100
T 2	25 : 75
T 3	50 : 50
T 4	75 : 25
T 5	100 : 0

หมายเหตุ : สูตรทดลองที่ 1 เป็นสูตรการควบคุม

ตารางที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวแต่ละสูตรทดลอง

ส่วนประกอบ	สูตรทดลองที่				
	T^*_1	T_2	T_3	T_4	T_5
นมสด (ml)	790	790	790	790	790
ครีมข้น (ml)	50	37.5	25	12.5	0
น้ำมันมะพร้าว (ml)	0	12.5	25	37.5	50
หางนมผง (g)	20	20	20	20	20
น้ำตาลทราย (g)	110	110	110	110	110
กลูโคสไซรัป (g)	25	25	25	25	25
สารคงตัว(เจลาติน) (g)	5	5	5	5	5

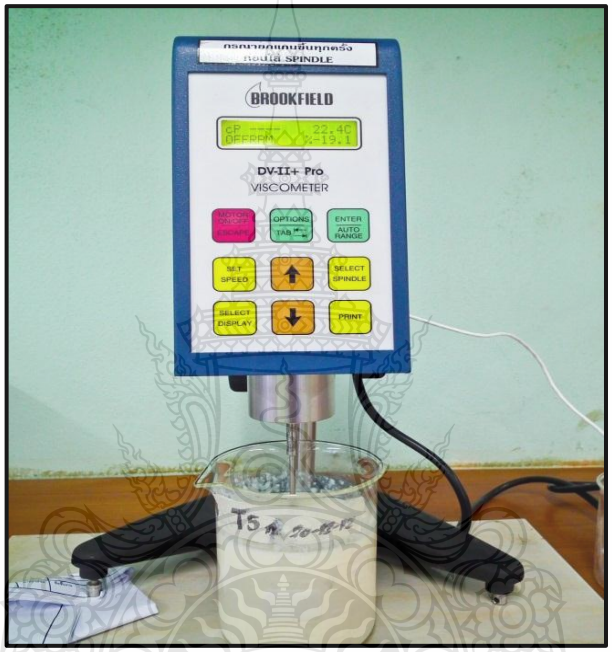
หมายเหตุ : * (สูตรทดลองที่ 1) เป็นไอศกรีมนมสูตรทางการค้าใช้เป็นสูตรทดลองควบคุม

โดยมีการควบคุมสภาวะปัจจัยต่าง ๆ ให้เท่ากันในกระบวนการผลิตไอศกรีม ได้แก่ การควบคุมคุณภาพวัตถุดิบและกระบวนการผลิต ได้แก่ อุณหภูมิ และเวลาในการให้ความร้อน โฮโมจิไนซ์ การบ่ม การปั่นและการแช่แข็งไอศกรีม [86] ซึ่งจะนำไอศกรีมที่ผลิตได้ทั้ง 5 สูตร นำมาศึกษาตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัส ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.3.1 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- การตรวจวัดความหนืด(Viscosity) ดัดแปลมาจาก Dervisoglu [87] ความหนืดเป็นเป็นสมบัติการไหลทางรีโอโลยี (Rheological properties) ของของเหลวที่บอกถึงสมบัติการต้านทานการไหลที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของอาหาร และการยอมรับของผู้บริโภคต่อความข้นหนืดของ

ไอศกรีมมิกซ์ โดยใช้เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น DV-II +Pro ดังภาพที่ 3.6 ในการทดสอบใช้ตัวอย่างไอศกรีมที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 - 5 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 18 ชั่วโมง จำนวน 600 มิลลิลิตร นำใส่บีกเกอร์แล้ววัดด้วยเครื่อง (Brookfield Viscometer รุ่น DV-II) ใช้หัวเบอร์ 5 ความเร็วรอบในการหมุน 50 รอบ/นาที และอ่านค่าหลังมอเตอร์หมุน 30 วินาที หน่วยของความหนืดเป็นระบบเมตริก มีหน่วยเป็น Poise (P) หรือ Centipoise (cps) และอุณหภูมิของส่วนผสมไอศกรีมขณะที่ใช้ในการวัดอยู่ที่ 10 ± 1 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.6 เครื่องวัดความหนืด Brookfield Viscometer รุ่น DV-II

- **การวัดค่า % Overrum** โดยวิธีการของ Marshall and Arbuckle [45] ทำการชั่งน้ำหนักส่วนผสมของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่อุณหภูมิประมาณ 4 - 5 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการบ่มนาน 18 ชั่วโมง แล้วนำมาบรรจุเต็มถ้วยพลาสติกก่อนนำไปปั่นแช่แข็ง และเมื่อปั่นไอศกรีมจนแข็งขึ้นฟูแล้วตักไอศกรีมที่ได้ลงในถ้วยพลาสติกใบเดิมให้เต็มถ้วยโดยมีปริมาตรเท่ากันกับปริมาตรส่วนผสมไอศกรีม ทำการชั่งน้ำหนักไอศกรีมภายหลังการปั่นเพื่อหาค่า % Overrun ของไอศกรีมโดยใช้สูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ค่าโอเวอร์รัน} = \frac{(\text{น้ำหนักส่วนผสมหนึ่งหน่วยปริมาตร} - \text{น้ำหนักของปริมาตรไอศกรีมหนึ่งหน่วย}) \times 100}{\text{น้ำหนักไอศกรีมหนึ่งหน่วยปริมาตร}}$$

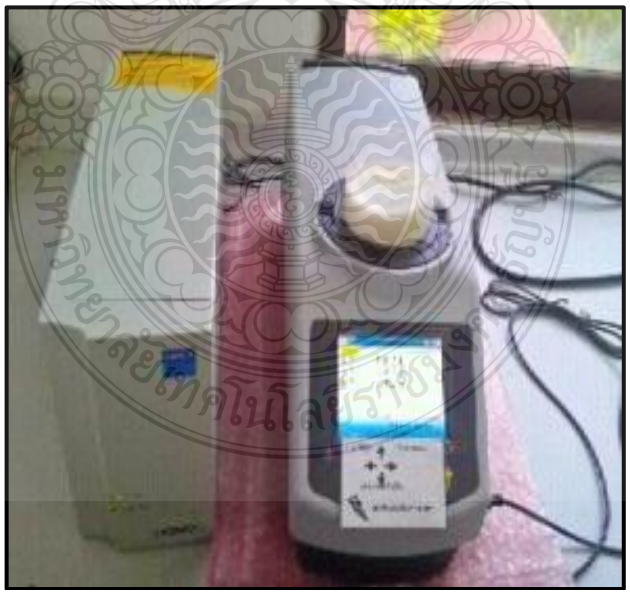
- การวัดอัตราการละลาย โดยวิธีการ Guinard *et dl*., [75] Roland *et dl*., [74] นำตัวอย่างไอศกรีมที่บรรจุเต็มถ้วยพลาสติก และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน 50 ± 5 กรัม ไปเก็บไว้ในตู้แช่ที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบการละลายและนำเนื้อไอศกรีมวางบนตะแกรงขนาด 4 mesh วางลงบนกรวยที่รองรับด้วยบีกเกอร์ภายในห้องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลาการละลายเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมที่ระดับลึกจากผิวหน้า 1 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ -13 ± 0.5 องศาเซลเซียส จับเวลาต่อทุก ๆ 30 นาที ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายผ่านตะแกรง ดังภาพที่ 3.7 แล้วคำนวณน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายคิดเทียบน้ำหนักไอศกรีม 100 กรัม รายงานเป็นอัตราการละลายต่อ 100 กรัม (กรัม/นาที)

ภาพที่ 3.7 การตรวจวัดอัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

- **การวัดสี (Color)** ทำการวัดสีโดยใช้เครื่อง color Flex EX ดังภาพที่ 3.8 ค่าที่แสดงเป็นค่า CIE ด้วยระบบฮันเตอร์ โดยอ่านค่าสี L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a* เป็นค่าสีแดงและเขียว (Redness/Greeness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Buleness) ดังนี้

L* คือค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 100	
	เมื่อ 0	มีค่าสีมืดสุด
	เมื่อ 100	มีค่าสว่างที่สุด
a* คือค่าเสียงแดง หรือ สีเขียว	เมื่อ a*	มีค่าบวกเป็นสีแดง
	เมื่อ a*	มีค่าลบเป็นสีเขียว
b* คือค่าสีเหลือง หรือ สีน้ำเงิน	เมื่อ b*	มีค่าบวกเป็นสีเหลือง
	เมื่อ b*	มีค่าลบเป็นสีน้ำเงิน

โดยเลือกโปรแกรม Hunter Lab (L* a* b*) illuminate = D65 และ observer = 10 องศาเซลเซียส ทำการปรับมาตรฐานสีโดยใช้แผ่นเทียบสีดำมาตรฐานและแผ่นเทียบสีขาวมาตรฐานนำตัวอย่างไอศกรีม (ของเหลว) ทำการวัด 3 ซ้ำ แล้วนำไปว่างที่ตำแหน่งวัดค่าสี ค่าที่ออกมาเป็น L* a* b*

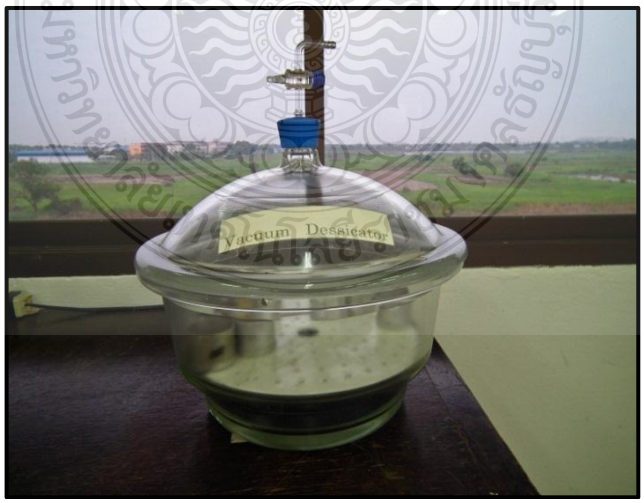


ภาพที่ 3.8 เครื่องวัดสี color Flex EX

3.3.2 การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- **การวัดปริมาณไขมัน** โดยใช้เครื่องสกัด (Soxhlet extraction apparatus) ตามวิธีของ Randall Technique โดยได้รับการรับรองจาก Association of Official Analytical Chemists [88] การเตรียมตัวอย่างไอศกรีมต้องทำให้อาหารอยู่ในสภาพของแข็ง โดยการนำไปอบจนแห้งด้วยเครื่องอบลมร้อน ยี่ห้อ Scientific รุ่น Series 2000 ดังภาพที่ 3.9 จนได้เป็นของแข็งแล้วนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น Vacuum Dessicator ดังภาพที่ 3.10

ภาพที่ 3.9 เครื่องอบลมร้อน Scientific รุ่น Series 2000



ภาพที่ 3.10 โถดูดความชื้น Vacuum Dessicator

แล้วอบกระบอกวิเคราะห์ไขมัน (Extraction cup) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักของกระบอกไขมัน (ก่อนนำมาใช้ทุกครั้ง) ชั่งตัวอย่างไอศกรีมที่อบแห้งประมาณ 2-3 กรัม ใส่บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิดแล้วนำไปใส่ในหลอดตัวอย่าง (Thimbles) นำ O-ring มาครอบปิดบน Thimbles นำเข้าใส่ใน Thimbles adapter (ควรใส่ถุงมือเพื่อป้องกันการปนเปื้อนไขมันจากมือ) ทำการเติมตัวทำลายเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ ประมาณ 50 – 70 มิลลิลิตร ลงในกระบอกวิเคราะห์ไขมัน (Extraction cup) ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักที่แน่นอนนำมาวางที่ Heating plate ติดแน่นกับ Extraction cup ปิดที่ยกแก้วที่อยู่ในส่วนกลั่นให้อยู่ในตำแหน่งตั้ง เปิดเครื่องพร้อมตั้งโปแกรมการทำงานโดยตั้งอุณหภูมิของ Heating plate ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส Immersion 30 นาที Washing 30 นาที และ Recover 50 นาที (ขึ้นอยู่กับชนิดหรือตัวอย่างของอาหาร) ดังภาพที่ 3.11 Soxhlet extraction apparatus รุ่น SER 148 เมื่อครอบเวลาการสกัดไขมันทุกขั้นตอนแล้วนำปริมาณไขมันที่สกัดได้ใน Extraction cup ไประเหยให้แห้งบน Water bath แล้วนำไปอบต่อในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น (Vacuum Dessicator) แล้วชั่งน้ำหนักหาปริมาณไขมันที่เหลืออยู่คำนวณหาปริมาณไขมันทั้งหมดของตัวอย่างไอศกรีมทั้ง 5 สูตร

ภาพที่ 3.11 เครื่องสกัดไขมัน Soxhlet extraction apparatus รุ่น SER 148

3.3.3 การประเมินทางประสาทสัมผัส

นำไอศกรีมที่ผลิตได้ทั้ง 5 สูตรทดลอง แล้วนำมาประเมินทางประสาทสัมผัสโดยทำการทดสอบความชอบแบบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic Scale) ใช้แบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวกที่(ช.1) โดยใช้ผู้ทดสอบซึ่งเป็นนักศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล จำนวนทั้งหมด 30 คน ประเมินการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านคุณลักษณะที่ต้องการศึกษาคือ รสชาติ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส ความชอบโดยรวมในการประเมินผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) โดยนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance : ANOVA) ถ้าพบนัยสำคัญทางสถิติจะคำนวณค่า Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยเพื่อคัดเลือกสูตรที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวต่อไปดังรายละเอียดใน (ภาคผนวก ซ.) เมื่อได้อัตราส่วนระหว่างน้ำมันมะพร้าว : ครีม ที่เหมาะสมแล้วจึงนำมาศึกษาการประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเพื่อทางการค้าต่อไป ซึ่งได้แก่ 1) การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค 2) ทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว 3) เปรียบเทียบยอดการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว 4) ศึกษาต้นทุนและการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

3.4 การศึกษาการยอมรับผู้บริโภค

นำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ได้จากการพัฒนาไปทดสอบการยอมรับโดยทำการทดสอบกับผู้บริโภคโดยการใช้แบบทดสอบ ดังแสดงภาคผนวกที่ (ช.2) เพื่อนำไปใช้ผลิตเป็นผลิตภัณฑ์สุดท้ายที่นำมาทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคทั้งหมด 1 สูตร ต่อผู้ทดสอบ 100 คน โดยใช้วิธี Control Location Test (CLT) เพื่อสำรวจข้อมูลและทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศรีมน้ำมันมะพร้าว ซึ่งจะแสดงแนวโน้มด้านการตลาดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเพื่อจะผลิตในเชิงพาณิชย์ต่อไปพร้อมทำการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติ

3.5 การศึกษาทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ทำการจำหน่ายผลิตภัณฑ์หน้าร้านซึ่งใช้เป็นสถานที่จริงในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อทำการทดลองวางผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ทำการผลิตขึ้นโดยได้รับการสนับสนุนให้วางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวจากทางร้าน Crepe Café Ice cream

ณ ห้างสรรพสินค้า Supermarket - Max Value สาขาแจ้งวัฒนะ ดังแสดงภาพภาคผนวกที่ (ก.9) เพื่อทำการเปรียบเทียบยอดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมรสชาติอื่น ๆ ที่วางจำหน่ายของทางร้านดังกล่าวเป็นระยะเวลาในการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวนาน 1 เดือน

3.6 การศึกษาต้นทุนการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

วิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไอศกรีม เครื่องปั่น และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเพื่อหาจำนวนเงินที่ใช้ลงทุนทั้งหมดและนำข้อมูลราคาต้นทุนของวัตถุดิบทุกชนิดที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมนมสูตรควบคุมและไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ซึ่งจะนำสูตรที่ดีที่สุดมาวิเคราะห์ต้นทุนวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ส่งจำหน่ายทางร้าน Crepe Café Ice cream ไปวิเคราะห์ทางการเงินดังกล่าวว่ามีจุดคุ้มทุนในการผลิตไอศกรีมทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

การวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental research) โดยมีรายละเอียดต่าง ๆ ประกอบด้วยการศึกษาพัฒนาสูตรและอัตราส่วนการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวให้สามารถนำไปผลิตเพื่อเป็นการค้าได้ ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำน้ำมันมะพร้าวมาทดแทนครีมและทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ รวมถึงการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวและโอกาสทางการตลาดโดยการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวในสภาพร้านค้าจริงพร้อมทั้งเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอศกรีมนมสูตรควบคุมกับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

จากการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ผู้วิจัยนำเสนอผลการทดลองและผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. ผลการศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมให้สามารถนำไปผลิตเพื่อเป็นการค้าได้
2. ผลการศึกษาคุณภาพทาง กายภาพ เคมี ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม
3. ผลการศึกษาการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภคไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม
4. ผลการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในการซื้อไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว
5. ผลการศึกษาโอกาสทางการตลาดโดยการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวในสภาพร้านค้าจริง
6. ผลการศึกษาเปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอศกรีมนมสูตรควบคุมกับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

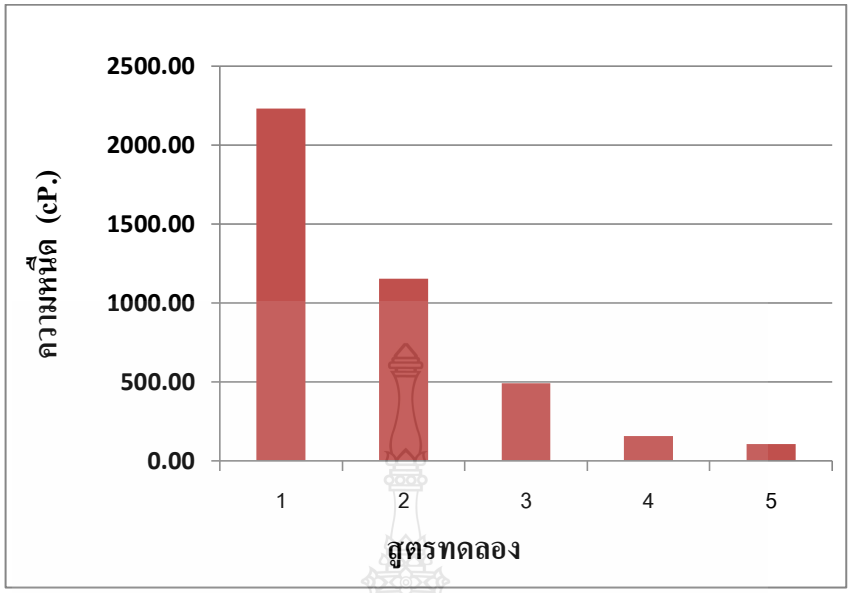
4.1 ผลการศึกษาการใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในการผลิตไอศกรีม

ในการทดลองครั้งนี้ซึ่งปัจจัยหลักที่ใช้ทดแทนครีม คือ น้ำมันมะพร้าวแบบสกัดเย็น (cold-pressed coconut oil) โดยจะเลือกใช้น้ำมันมะพร้าวยี่ห้อ “มะพร้าวไทย” ซึ่งเป็นน้ำมันมะพร้าวที่ผลิตโดยขบวนการบีบเย็นคุณภาพสูงโดยไม่ผ่านความร้อนสูงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส [7] เพื่อให้ได้น้ำมันมะพร้าวที่มีปริมาณความชื้นต่ำมีความเหมาะสมในการบริโภคไม่เกิดการออกซิเดชันภายใต้สภาวะบรรยากาศ ไม่มีตะกอน มีกลิ่นหอมของมะพร้าว ไม่มีกลิ่นเหม็นหืน ต้องมีสีใส ประกอบด้วยวิตามินอีธรรมชาติ พบว่าปัจจุบันมีการใช้น้ำมันหรือไขมันทดแทนไขมันนมเพื่อลดต้นทุนการผลิตน้ำมันที่นิยมใช้ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม เป็นต้น [89] ผู้วิจัยจึงนำน้ำมันมะพร้าวมาทดแทนครีมในกระบวนการผลิตไอศกรีมเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ในการผลิตด้วยวัตถุดิบจากธรรมชาติที่กำลังเป็นกระแสนิยมในปัจจุบัน

4.1.1 ผลการศึกษาคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม

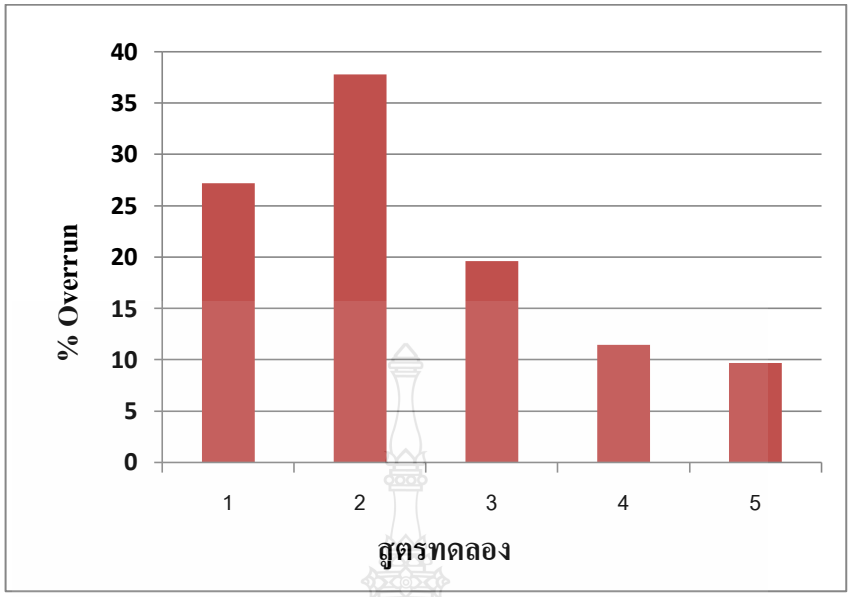
ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม ได้แก่ ความหนืด ค่า % Overrun อัตราการละลาย และ ค่าสี ดังรายละเอียดต่อไปนี้

การวิเคราะห์ความหนืด พบว่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวความหนืดมีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่เพิ่มสูงขึ้น โดยค่าความหนืดจะลดลงจาก 2232 1152 491.3 157.33 และ 104.33 (cP.) ตามลำดับ พบว่า กรณีใช้ครีม 100 เปอร์เซ็นต์ จนไปถึงการใช้อัตราส่วนน้ำมันมะพร้าว 100 เปอร์เซ็นต์ สูตรดลองที่ 1 ซึ่งมีความหนืดมากกว่าเนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีความหนืดต่ำกว่าครีม ซึ่งครีม (cream) มีความหนืดมากที่สุดกับการเปลี่ยนแปลงส่วนอัตราของน้ำมันมะพร้าวในแต่ละสูตรทดลองส่งผลให้ความหนืดของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (ภาคผนวก จ.) เนื่องจากครีมเป็นอิมัลชันที่มีความหนืดสูงซึ่งจะมีลักษณะกึ่งแข็งเพราะมีส่วนประกอบของสารพวกไขแข็งและไขมันซึ่งจะช่วยเพิ่มความหนืดและเนื้อครีมที่ผสมอยู่กับน้ำมันมีผลต่อคุณสมบัติของความหนืดทิพยา [90] จากการศึกษานำน้ำมันมะพร้าว มาประยุกต์ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแทนการใช้ไขมันนม พบว่า คุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมค่าความหนืดที่ได้จากการใช้น้ำมันมะพร้าวค่าความหนืดมีค่าลดลงและเหมาะสำหรับนำมาผลิตไอศกรีมเนื้อแข็ง เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวเป็นไขมันชนิดหนึ่งในส่วนผสมทั้งหมดอยู่ในรูปของอิมัลชันน้ำมันในน้ำซึ่งทำหน้าที่เป็นอิมัลซิไฟเออร์ให้ระบบอิมัลชัน [43] แสดงดังภาพที่ 4.1



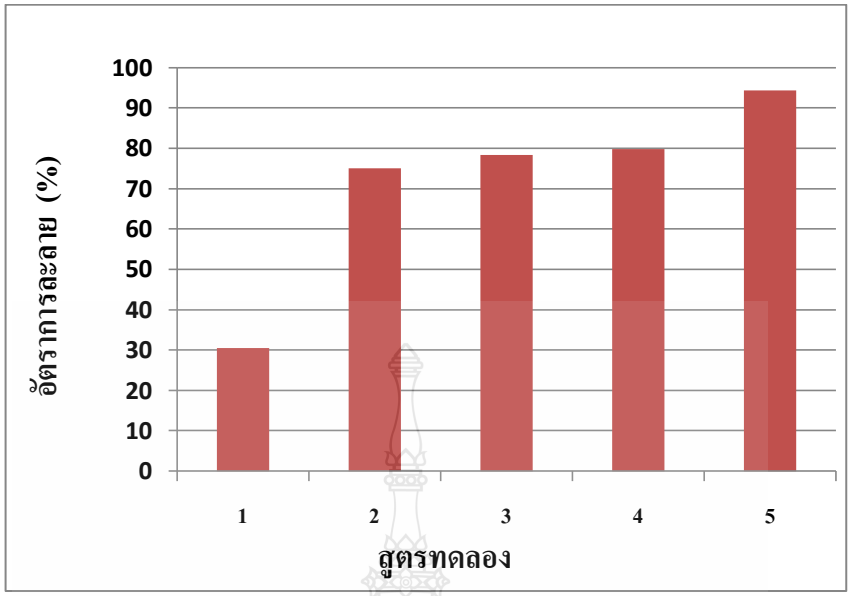
ภาพที่ 4.1 แสดงกราฟการวิเคราะห์ความหนืดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง

การวิเคราะห์ค่า % Overrun พบว่า การวิเคราะห์หาปริมาณการขึ้นฟูมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (ภาคผนวก จ.) เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมหลังการปั่นจะเห็นได้ว่าไอศกรีมที่มีปริมาณน้ำมันมะพร้าวต่อครีมที่อัตราส่วน 25 : 75 มีอัตราการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น ดังที่แสดงไว้ในภาพที่ 4.2 นอกจากนี้อัตราการขึ้นฟูหลังการปั่นของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงเมื่อปริมาณอัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวในไอศกรีมเพิ่มสูงขึ้นและส่งผลให้ค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมหลังการปั่นแข็งน้อยลงเมื่อไปทดแทนปริมาณของครีมให้ลดลงเนื่องด้วยองค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันมะพร้าวประกอบไปด้วยไขมันเป็นส่วนใหญ่ [91] จึงส่งผลให้ความสามารถในการแทรกตัวเข้าสู่เนื้อไอศกรีมของอากาศระหว่างการตีปั่นลดลงที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากไขมันมีบทบาทในการขัดขวางการตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีม จึงส่งผลให้ค่าการขึ้นฟูของไอศกรีมที่ได้ลดลงเนื่องจากไขมันมีผลต่อการปรับปรุงคุณภาพของการตีขึ้นฟูและการใช้น้ำมันมะพร้าวในปริมาณมากขึ้นทำให้ผนึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมนมสูตรควบคุมซึ่งมีอัตราการละลายฟูขึ้นอาจเนื่องมาจากครีมทำหน้าที่ในการจับอากาศ และมีผลต่อการกระจายเซลล์อากาศทำให้เกิดฟองอากาศมากขึ้นในระหว่างการตีผสมของเนื้อไอศกรีมจึงทำให้ปริมาณการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น [92]



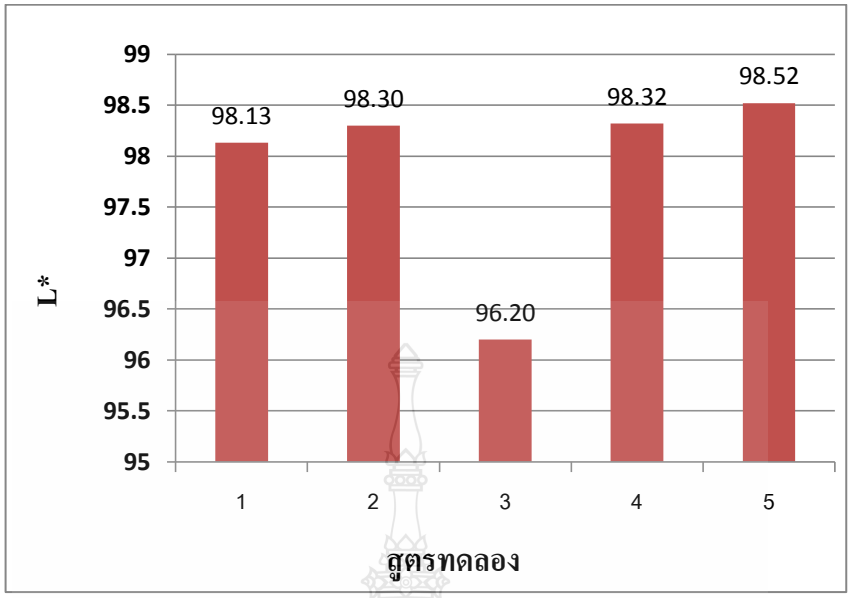
ภาพที่ 4.2 แสดงกราฟการวิเคราะห์ค่า % Overrun ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง

การวิเคราะห์อัตราการละลาย พบว่า ไอศกรีมทุกสูตรทดลองมีการเปลี่ยนแปลงการละลายตามอัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวในการผลิตมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 (ภาคผนวก จ.) ซึ่งสูตรทดลองที่ 5 มีปริมาณไขมันน้ำมันมะพร้าวมากที่สุดจึงมีการหลอมละลายเร็วกว่าไอศกรีมนมสูตรควบคุมอย่างชัดเจน เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติเป็นมีองค์ประกอบของกรดไขมันอิ่มตัวสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ มีความหนืดต่ำเมื่อปริมาณน้ำมันมะพร้าวในสูตรทดลองเพิ่มขึ้น และชนิดของกรดไขมันแตกต่างจากไขมันนม มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าไขมันนม Andreasen และ Nielsen [93] กล่าวสอดคล้องกับผลวิจัยไอศกรีมที่ผลิตโดยใช้น้ำมันพืชแทนไขมันนมจะมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและละลายเร็วและจะช่วยเพิ่มการปรับปรุงคุณสมบัติทำให้เกิดความคงตัวของเนื้อสัมผัสที่ดี Granger [81] จากการศึกษาการเพิ่มปริมาณไขมันในสูตรการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวตามอัตราส่วน 0:100, 25:75, 50:50, 75:25, 100:0 ตามลำดับ พบว่า การละลายของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวจะแปรผันตามปริมาณไขมันในสูตร เนื่องจากระดับไขมันที่น้อยลงถูกแทนที่ด้วยผลึกหรือน้ำดังนั้นเมื่อระดับไขมันเพิ่มสูงขึ้นอัตราการละลายจึงลดต่ำลง ดังนั้นปริมาณไขมันในการผลิตไอศกรีมเป็นปัจจัยหนึ่งที่ใช้ศึกษาเพื่อให้ได้โครงข่ายของเม็ดไขมันที่ดีในไอศกรีมดัง เช่นการทดลอง [94] ดังที่แสดงว้ในภาพที่ 4.3



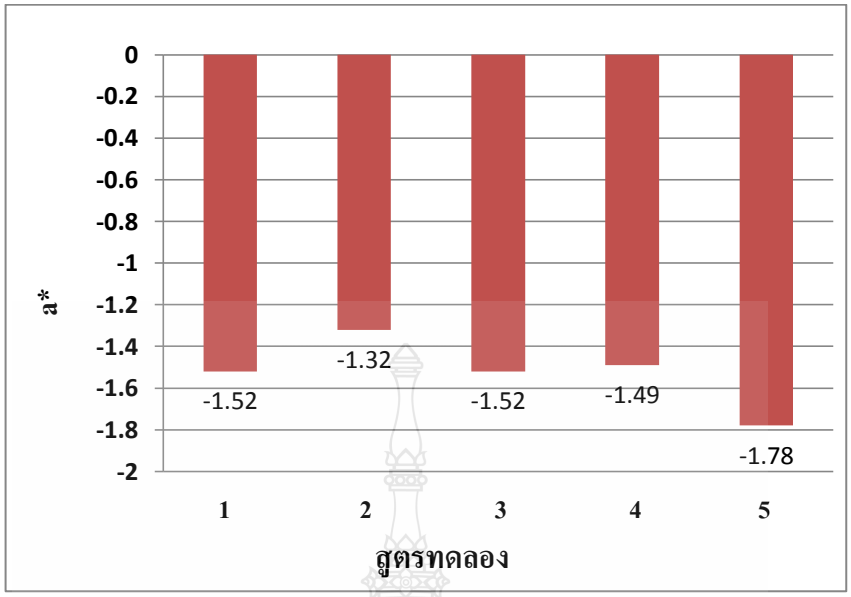
ภาพที่ 4.3 แสดงกราฟการวิเคราะห์อัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง

การวิเคราะห์ค่าสี พบว่า ผลการทดสอบคุณภาพสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ทั้งหมด 5 สูตรทดลอง ที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสีในการวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทำการวัดโดยเครื่องวัดสี color Flex EX ซึ่งทำการวัดในระบบ CIE โดยโปรแกรม Hunter Lab (L* a* b*) illuminate = D65 และ observer = 10 องศาเซลเซียสให้ค่าออกเป็น 3 ค่า คือค่าแรก Color Lightness index (L*) ที่แสดงถึงค่าความมืดและค่าความสว่างของสีตัวอย่างผลิตภัณฑ์มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 100 หากมีค่า 0 วัสดุตัวอย่างอย่างที่ใช้ทดสอบจะมีค่ามืดที่สุด คือมีค่าเป็นสีดำ ส่วนค่าสีที่ความสว่าง 100 วัสดุตัวอย่างอย่างที่ใช้ทดสอบจะมีค่าสว่างที่สุด คือจะแสดงค่าสีขาว ค่าที่สอง Chromaticity coordinate (a*) ถ้าวัสดุตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงค่า (-a*) คือจะแสดงค่าสีเขียว ถ้าวัสดุตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงค่า (+a*) คือจะแสดงค่าสีแดง Chromaticity coordinate (b*) ถ้าวัสดุตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงค่า (-b*) คือจะแสดงค่าสีน้ำเงิน ถ้าวัสดุตัวอย่างที่ใช้ทดสอบแสดงค่า (+b*) คือจะแสดงค่าสีเหลือง ดังแสดงกราฟผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ทั้ง 5 สูตรทดลอง ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังภาพที่ 4.4 4.5 และ 4.6 ตามลำดับ



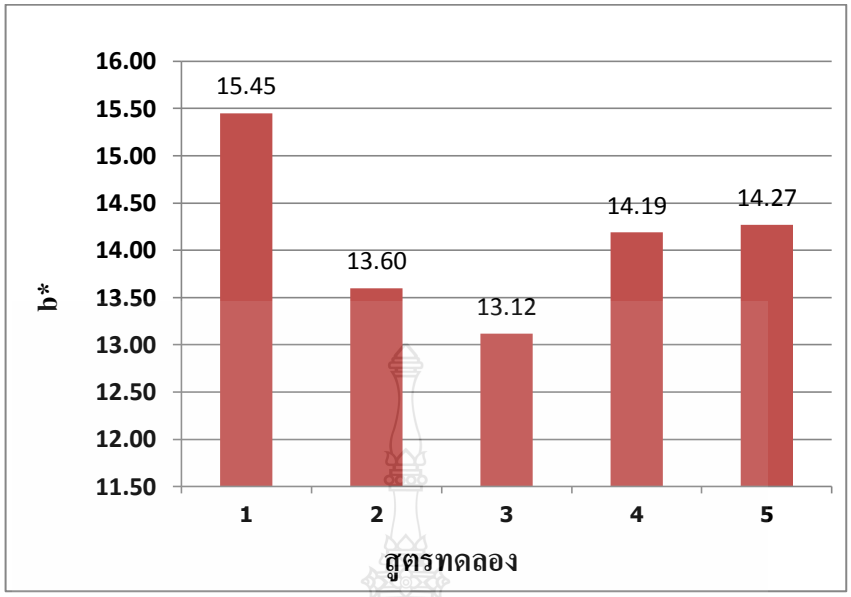
ภาพที่ 4.4 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า Color Lightness index (L*) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง

จากภาพที่ 4.4 การพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่า L* สีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มค่าความสว่างของสี L* โดยแสดงค่าความสว่าง ทั้ง 5 สูตรทดลองของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวพบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของน้ำมันมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นตามอัตราส่วนที่แตกต่างกันในแต่ละสูตรที่นำไปทดแทนปริมาณของครีม แสดงแนวโน้มค่าสีความสว่างเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวโดยสูตรทดลองที่ 1 ที่ใช้ครีม 100 เปอร์เซ็นต์ พบว่า มีค่าความสว่างของสีเพิ่มขึ้นเล็กน้อย สูตรทดลองที่ 2 3 4 5 ที่มีการเติมน้ำมันมะพร้าวที่สัดส่วน 0:100, 75:25, 50:50, 75:25 และ 100 ตามลำดับ พบว่า การเติมน้ำมันมะพร้าวส่งผลต่อความสว่างโดยค่าสีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงค่าสีที่เกิดขึ้นในกรณี Color Lightness index (L*) นั้นถือได้ว่ามีการเปลี่ยนแปลงค่าสีน้อยมาจนแทบสังเกตด้วยตาเปล่าไม่เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงอยู่มีค่าอยู่ในช่วง 98 ถึง 89 ซึ่งเป็นช่วงแคบ ๆ ของการเปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.5 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า Chromaticity coordinate (a*) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง

จากภาพที่ 4.5 การพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่า a* สีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มค่าความสว่างของสี a* โดยแสดงค่าสีเขียวทั้ง 5 สูตรทดลองของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวพบว่า แนวโน้มการตรวจวัดค่าสี a* มีการเปลี่ยนแปลงลดลงในแต่ละสูตรของค่าสีผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวตามอัตราส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่มีเพิ่มขึ้น โดยสูตรทดลองที่ 1 ซึ่งเป็นไอศกรีมนมสูตรควบคุมมีค่าสีเขียวลดลงเล็กน้อย และสูตรทดลอง ที่ 2 3 4 5 ที่มีการเติมน้ำมันมะพร้าวที่สัดส่วน 0:100, 25:75, 50:50, 75:25 และ 100:0 ตามลำดับ พบว่า ค่าสีเขียวมีแนวโน้มลดลงไปทางเฉดค่าสีเขียวในแต่ละสูตรทดลอง เนื่องจากปริมาณของน้ำมันมะพร้าวที่ไปแทนที่ครีม



ภาพที่ 4.6 แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงค่า Chromaticity coordinate (b*) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทั้ง 5 สูตรทดลอง

จากภาพที่ 4.6 การพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่า b* สีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีแนวโน้มค่าความสว่างของสี b* โดยแสดงค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวผลการเปลี่ยนแปลงค่าสี b* ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว พบว่าเมื่อพิจาราณาการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลืองของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่มีสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่เพิ่มขึ้นแนวโน้มค่าสีเหลืองจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปทางเฉดค่าสีเหลืองในแต่ละสูตรทดลอง ซึ่งในแต่ละสูตรทดลองมีไขมันและครีมที่เป็นแหล่งไขมันที่มีสีเหลืองของตัวผลิตภัณฑ์จึงส่งผลกับการเปลี่ยนแปลงให้ค่าสีเหลือง (b*) ของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเพิ่มขึ้นตามปริมาณสัดส่วนของน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในแต่ละสูตรทดลอง

4.1.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

คุณสมบัติทางเคมีที่วิเคราะห์ในการศึกษานี้ได้แก่ ปริมาณไขมันที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทุกสูตรทดลองจากการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณไขมันของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 มีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนม (สูตรทดลองที่ 1) มีปริมาณไขมันน้อยที่สุดและไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว 100 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณไขมันสูงที่สุด โดยมีค่าการทดสอบเท่ากับ 9.23 9.50 10.48 11.83 และ 12.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากน้ำมันมะพร้าวที่ใช้เติมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีกรดไขมันชนิดอิ่มตัวมากกว่า

ร้อยละ 90 และมีความสถียรต่อการเข้าทำปฏิกิริยาของออกซิเจนในอากาศได้มากจึงไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเกิดกลิ่นหืนด้วย Salunkhe et al., [95] พบว่า สามารถใช้น้ำมันมะพร้าวแทนไขมันนมได้แล้วมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าไขมันนม ซึ่งเป็นคุณสมบัติที่มีความสำคัญต่อลักษณะทางประสาทสัมผัสและความคงตัวของไอศกรีมในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากไขมันเป็นตัวช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุลทำให้ได้ไอศกรีมที่มีคุณภาพ รสชาติดี ข้นและมัน และมีเนื้อสัมผัสที่เนียนเกิดความคงตัวตัวของเนื้อไอศกรีม และไขมันยังเป็นตัวพาสารให้กลิ่นรสที่ดี นอกจากนี้ยังเป็นสารอาหารที่ให้พลังงานซึ่งการใช้ไขมันที่เหมาะสมช่วยให้ส่วนผสมมีสมดุลได้ไอศกรีมที่อร่อยลักษณะของเนื้อไอศกรีมเรียบเนียน และมีไขมันตามมาตรฐานกำหนด [96] จากการทดสอบเพิ่มปริมาณไขมันในสูตรการผลิตไอศกรีมเพื่อให้ได้โครงข่ายของเม็ดไขมันที่ดีในไอศกรีม ดังเช่นการทดลองของ [94] ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ปริมาณไขมันผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลอง	**คุณภาพทางเคมี**
(Treatment)	**ปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์)**
1 *	9.23
2	9.50
3	10.48
4	11.83
5	12.68

4.1.3 ผลศึกษาการยอมรับคุณภาพทางประสาทสัมผัสต่อไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม

ผลจากการทดสอบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมโดยเปรียบเทียบกับไอศกรีมนม (สูตรทดลองที่ 1) เพื่อศึกษาการยอมรับจากผู้บริโภค ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคทั้งหมด 30 คน ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (Hedonic Scale 9 Point) ดังแบบสอบถามใน (ภาคผนวก ซ.) โดยประเมินทางประสาทสัมผัสได้แก่ รสชาติ กลิ่น สี เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แสดงผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยการยอมรับทางประสาทสัมผัสต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ทดแทนครีม

สูตรทดลอง	ลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม				
	รสชาติ ns	กลิ่น ns	สี ns	เนื้อสัมผัส ns	ความชอบโดยรวม ns
1*	7.30±1.34	6.60±1.30	7.67±0.92	7.13±0.78	7.23±1.17
2	7.07±1.39	6.67±1.15	7.53±0.94	7.47±0.86	7.30±1.15
3	7.27±1.14	7.03±1.25	7.73±0.79	7.47±0.82	7.33±0.80
4	7.07±1.05	6.73±1.11	7.70±0.71	7.13±1.04	7.03±1.00
5	7.10±1.06	6.90±1.16	7.73±0.69	7.47±0.78	7.23±0.86

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

* (สูตรทดลองที่ 1) เป็นไอศกรีมนมสูตรทางการค้า ใช้เป็นสูตรควบคุม

จากตารางที่ 4.3 ผลวิเคราะห์จากการทดสอบประเมินการยอมรับของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันพร้าวทดแทนครีม จากผลที่ทำการทดสอบจากผู้ชิมจำนวน 30 คน พบว่าให้คะแนนความชอบต่าง ๆ ดังนี้

ด้านรสชาติ พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในสูตรทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรทดลองที่ 1 แสดงว่าสูตรทดลองที่มีน้ำมันมะพร้าวนั้นมีรสชาติใกล้เคียงสูตรทดลองที่ 1 ที่เป็นสูตรทางการค้าแสดงถึงความพอใจและความต้องการของผู้บริโภคซึ่งผู้บริโภคไม่ได้ปฏิเสธไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเพราะมีรสชาติใกล้เคียงกับสูตรทดลองที่ 1 มากจึงบอกได้ว่าน้ำมันมะพร้าวไม่มีผลกระทบต่อรสชาติของไอศกรีมและยังความต้องการของผู้บริโภคด้วยเนื่องจาก รสชาติความอร่อยเทียบเท่ากับผลิตภัณฑ์ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

ด้านกลิ่น พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในสูตรทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรทดลองที่ 1 แสดงว่าสูตรทดลองที่มีน้ำมันมะพร้าวเป็นสารให้กลิ่นรสธรรมชาติที่ดีและผู้บริโภคชื่นชอบ เนื่องจากกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของน้ำมันมะพร้าวในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทำให้ผู้ทดสอบชิมยอมรับกลิ่นของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมมากเพราะผลิตภัณฑ์มีกลิ่นหอมทำให้ชวนน่ารับประทาน และมีระยะเวลาในการรับรู้กลิ่นรสของน้ำมันมะพร้าวได้นานขึ้น

ด้านสี พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในสูตรทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรทดลองที่ 1 แสดงว่าสูตรทดลองที่มีน้ำมันมะพร้าวมีสีของผลิตภัณฑ์ใกล้เคียงกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมนม เนื่องจากผู้ทดสอบชิมทดสอบการมองผลิตภัณฑ์ด้วยตาเปล่า พบว่า ไอศกรีมมีสีขาวนวลน่ารับประทานทำให้ผู้บริโภคไม่เกิดความแตกต่างกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในท้องตลาดและผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ด้านเนื้อสัมผัส พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในสูตรทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรทดลองที่ 1 แสดงว่าสูตรทดลองที่มีน้ำมันมะพร้าวช่วยเพิ่มความคงตัวของเนื้อไอศกรีมที่ดีนั้น เนื่องจากส่วนผสมไอศกรีมมิกส์ได้ผ่านการโฮโมไนซ์ที่ช่วยปรับปรุงคุณภาพการขึ้นโฟม และช่วยการยับยั้งเกิดผลึกน้ำแข็งระหว่างการเก็บไอศกรีมที่ได้มีลักษณะละเอียดเป็นเนื้อเดียวกันและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มลิ้นขึ้น ซึ่งมีความใกล้เคียงสูตรควบคุมแล้วผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับและพึงพอใจต่อเนื้อสัมผัสไอศกรีมที่มีความละเอียด เนียนนุ่ม และเนื้อสัมผัสที่มีความ คงตัวของไอศกรีมที่ดี

ด้านความชอบโดยรวม พบว่า ผู้ทดสอบให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในสูตรทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) กับสูตรทดลองที่ 1 แสดงว่าสูตรทดลองที่มีน้ำมันมะพร้าวเป็นแนวทางหนึ่งของการพัฒนาไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว เนื่องจากการเติมน้ำมันมะพร้าวต่อครีมที่อัตราส่วน 50 : 50 ทำให้ความชอบ ด้านรสชาติ ด้านกลิ่น ด้านสี ด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบในไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมมาก เมื่อเติมปริมาณไขมันที่เหมาะสมในการผลิตทำให้คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่ดีและลักษณะการยอมรับที่ดีจากผู้บริโภค

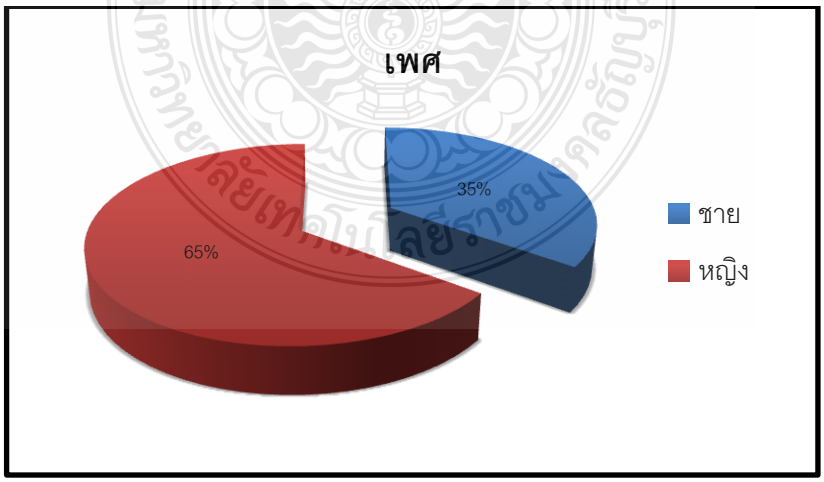
4.2 การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภค

ผลวิเคราะห์การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 100 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลผู้บริโภคเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณา (Descriptive Statics) และเชิงอนุกรม (Inferential Statistics) ของกลุ่มผู้บริโภคที่สนใจและชอบรับประทานผลิตภัณฑ์ไอศกรีมรวมถึงศึกษาแนวทางของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อต้องการประเมินความเป็นไปได้ของตลาด การวิจัยครั้งนี้จึงเก็บรวบรวม

ข้อมูลจากแบบสอบถามมาวิเคราะห์และแปลความหมายของผู้ตอบแบบสอบถามที่แสดงใน (ภาคผนวก ซ.) ซึ่งส่วนที่ 1 เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปลักษณะทางประชากรศาสตร์ ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภค ส่วนที่ 3 ให้ข้อมูลทางวิชาการเรื่องของน้ำมันมะพร้าวที่เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตไอศกรีมที่ทดแทนครีม ส่วนที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว เพื่อศึกษาโอกาสทางการตลาดของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวสู่การจำหน่ายในท้องตลาดได้จริง และให้ผู้บริโภคชิมผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมอัตราส่วน 50:50 ตามผลการทดลองในข้อที่ 4.1 โดยให้ผู้ทดสอบชิมพร้อมทำแบบสอบถาม เพื่อนำข้อมูลจากผู้บริโภคไปวางแผนทางการตลาดและแสดงผลการยอมรับกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่จะวางจำหน่ายจริงในห้างสรรพสินค้า โดยร้าน Crepe Café Ice cream Supermarket – Max Value สาขาแจ้งวัฒนะ ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ตามลำดับข้อมูลแสดงในภาพแผนภูมิที่ 4.7 – 4.11

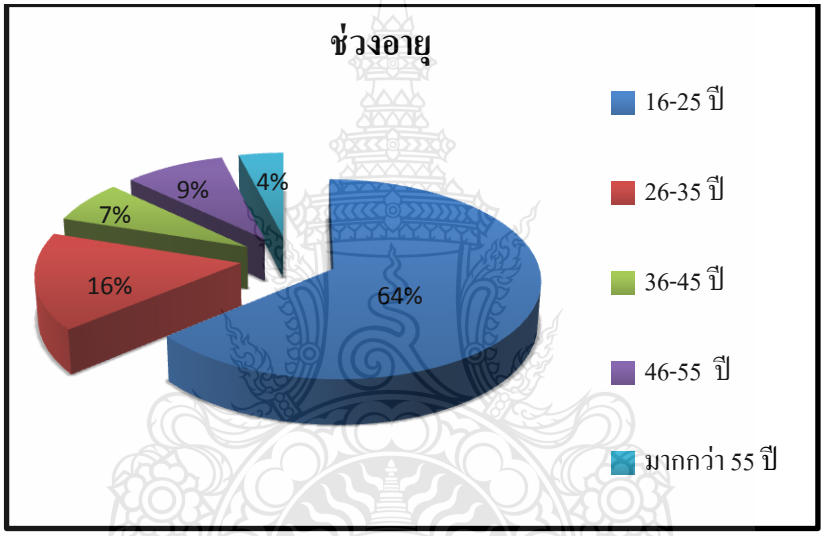
ส่วนที่ 1 ผลวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์

ผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวจากผู้บริโภคทั่วไปในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 100 คน พบว่า ส่วนใหญ่กลุ่มลูกค้าที่บริโภคไอศกรีมมีแนวโน้มที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่พัฒนาขึ้นในการจัดจำหน่ายจริงออกสู่ท้องตลาดไอศกรีม เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 65 ที่มีความต้องการมากที่สุด และรองลงมาเป็นเพศชายคิดเป็นร้อยละ 35 สามารถแสดงเป็นแผนภูมิรูปภาพได้ดังภาพที่ 4.7



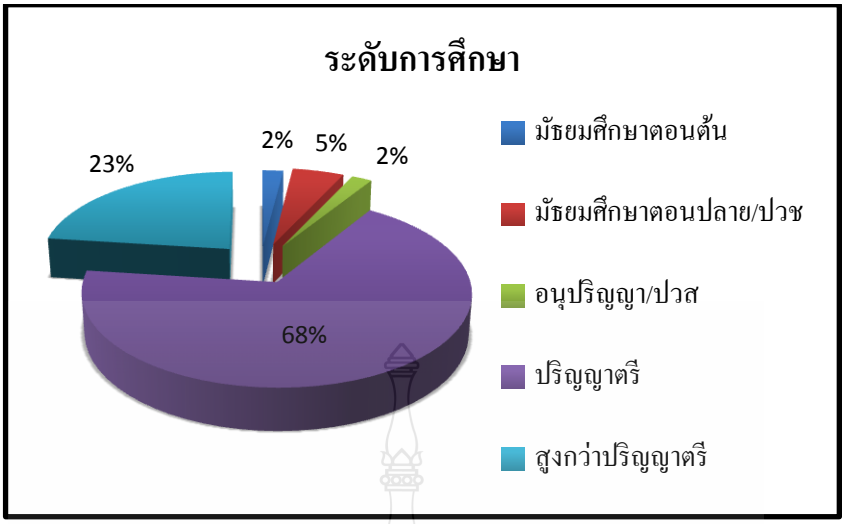
ภาพที่ 4.7 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามเพศ

ผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศรีมน้ำมันมะพร้าว พบว่ากลุ่มผู้บริโภคส่วนใหญ่ที่นิยมรับประทานไอศกรีมมีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 16-25 ปี คิดเป็นร้อยละ 64 ถือว่าเป็นกลุ่มลูกค้าที่มีแนวโน้มในการรับประทานไอศกรีมสูง และเป็นความต้องการทางการตลาด เนื่องจากลูกค้ากลุ่มนี้จะมีกำลังซื้อค่อนข้างสูงมากกว่าลูกค้าช่วงอายุอื่น ๆ รองลงมาเป็นช่วงอายุระหว่าง 26-35 ปี คิดเป็นร้อยละ 16 ตามลำดับ ซึ่งผู้วิจัยสามารถทราบถึงความต้องการของกลุ่มผู้บริโภคและเพื่อนำข้อมูลมาพัฒนาการผลิตภัณฑ์ต่อไปในการบริโภคไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว สามารถแสดงเป็นแผนภูมิรูปภาพได้ดังภาพที่ 4.8



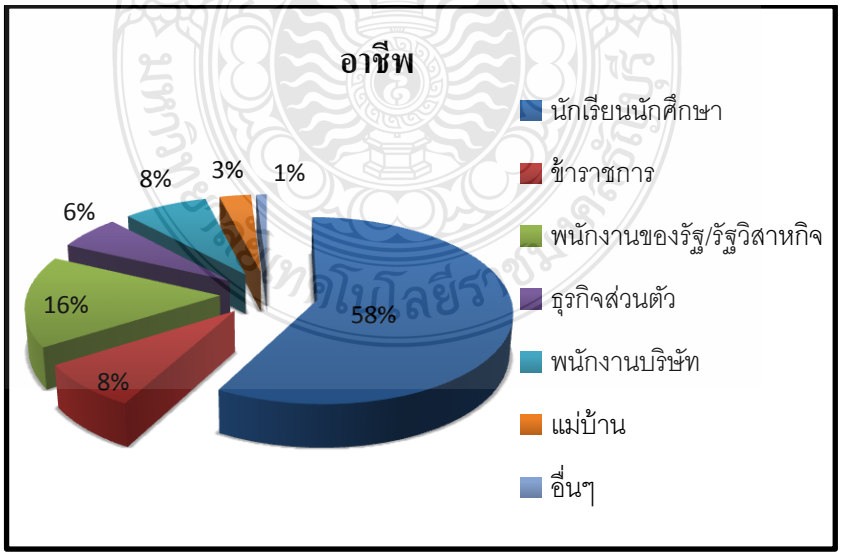
ภาพที่ 4.8 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามช่วงอายุ

ผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศรีมน้ำมันมะพร้าว พบว่า กลุ่มลูกค้าที่รับประทานไอศกรีมส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับการศึกษาปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 68 การศึกษาสูงกว่าปริญญาตรีคิดเป็นร้อยละ 23 ระดับการศึกษาอนุปริญญาคิดเป็นร้อยละ 5 มัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายคิดเป็นร้อยละ 2 เท่าๆ กัน สามารถแสดงเป็นแผนภูมิรูปภาพได้ดังภาพที่ 4.9



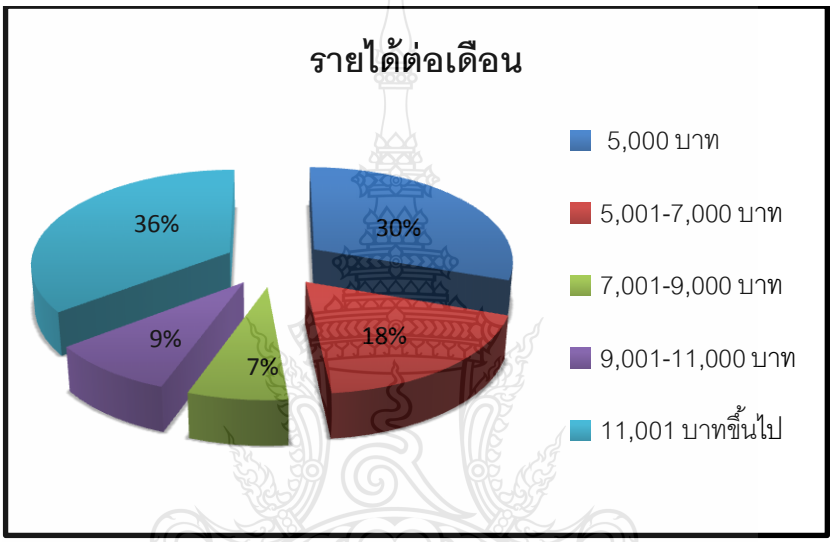
ภาพที่ 4.9 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามระดับการศึกษา

ผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศรีมน้ำมันมะพร้าว พบว่ากลุ่มอาชีพของผู้บริโภคส่วนมากเป็นกลุ่มวัยรุ่น ได้แก่ นักเรียน นักศึกษา เป็นผู้ที่รับประทานผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสูงถึงคิดเป็นร้อยละ 58 รองลงมาคือ อาชีพพนักงานของรัฐ/รัฐวิสาหกิจคิดเป็นร้อยละ16 อาชีพข้าราชการ และอาชีพพนักงานบริษัทคิดเป็นร้อยละ 8 อาชีพธุรกิจส่วนตัวคิดเป็นร้อยละ 6 อาชีพแม่บ้านคิดเป็นร้อยละ 3 และอาชีพอื่น ๆ สามารถแสดงเป็นแผนภูมิรูปภาพได้ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามอาชีพ

ผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศรีมน้ำมันมะพร้าวนั้น พบว่ากลุ่มผู้บริโภคส่วนมากเป็นกลุ่มที่มีรายได้ประจำซึ่งกลุ่มวัยทำงานที่มีเงินใช้จ่ายต่อเดือน 11,001 บาทขึ้นไป คิดเป็นร้อยละ 36 รองลงมาเป็นกลุ่มนักเรียนหรือนักศึกษาที่ยังไม่เริ่มทำงานที่มีรายได้ 5,000 บาท จากการทำแบบสอบถามพบว่ากลุ่มลูกค้าที่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมรับประทานนั้นได้แก่ กลุ่มช่วงวัยทำงานและกลุ่มวัยรุ่นเป็นส่วนใหญ่สามารถแสดงเป็นแผนภูมิรูปภาพได้ดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 แผนภูมิแสดงจำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตามรายได้ต่อเดือน

เมื่อพิจารณาจากการสำรวจผลจากการศึกษาจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงจะศึกษาลักษณะทางประชากรศาสตร์ที่สำคัญประกอบไปด้วย อายุ เพศ ระดับการศึกษา อาชีพ รายได้ที่เฉลี่ยต่อเดือนเนื่องจากเป็นตัวแปรที่ใช้ในการแบ่งส่วนการตลาด และลักษณะทางประชากรศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญเพราะสถิติที่วัดได้ของประชากรสามารถช่วยกำหนดเป้าหมายได้ชัดเจนขึ้น [97] ซึ่งทำให้ผู้วิจัยและผู้ที่จะประกอบธุรกิจสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและเจาะกลุ่มเป้าหมายทางการตลาดได้

ส่วนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภค

ผลจากการศึกษาพฤติกรรมและทัศนคติการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครโดยเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่าง 100 ราย ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลผู้บริโภคเพื่อนำไปวิเคราะห์พฤติกรรมและทัศนคติการเกี่ยวกับผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่รับประทานไอศกรีมน้อยกว่า 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 42 รองลงมาคือ ภายใน 1 สัปดาห์จะซื้อรับประทาน 1-2 ครั้ง/สัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 37 โดยส่วนใหญ่มีเหตุผลที่ต้องการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพราะต้องการรับประทานเอง คิดเป็นร้อยละ 83 และอยากทดลองผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ รองลงมาคิดเป็นร้อยละ14 จากการตอบแบบสอบถามครั้งนี้ผู้บริโภคบอกถึงปัญหาที่ผู้บริโภคพบในการรับประทานไอศกรีมมากที่สุด พบว่า การละลายตัวเร็วของผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 63 รองลงมาทำให้อ้วน คิดเป็นร้อยละ 40 และเรื่องของราคาแพง คิดเป็นร้อยละ 32 ผู้วิจัยจึงมองเห็นว่าการลดปัญหาการละลายช้าลงและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่จะทำให้อ้วนน้อยลงต่อผู้บริโภคเป็นสิ่งสำคัญที่เราจะนำไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์ที่จะออกสู่ตลาดได้ ซึ่งผู้บริโภคมีความนิยมในการรับประทานไอศกรีมในรูปแบบของโคนมากกว่ารูปแบบอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 39 และรองลงมานิยมรับประทานแบบถ้วย คิดเป็นร้อยละ 21 และแบบแท่งร้อยละ 17 และผู้บริโภคชอบที่จะรับประทานไอศกรีมต่อครั้งส่วนใหญ่รับประทานครั้งละ 2 ลูก คิดเป็นร้อยละ 60 รองลงมาครั้งละ 1 ลูก คิดเป็นร้อยละ 19 และครั้งละ 3 ลูก คิดเป็นร้อยละ 18 ส่วนสถานที่ที่ผู้บริโภคนิยมที่จะซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในการรับประทานมากที่สุดคือ ร้านไอศกรีมในห้างสรรพสินค้า คิดเป็นร้อยละ 39 รองลงมาร้านไอศกรีมทั่วไปคิดเป็นร้อยละ 37 และไอศกรีมที่ขายใน 7-Eleven คิดเป็นร้อยละ 22 ตามลำดับ พบว่าจากกาสำรวจพฤติกรรมและทัศนคติการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครส่วนใหญ่จะเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย ทำให้ผู้วิจัยสามารถวางแผนในการจัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวว่าควรเลือกสถานที่ที่ผู้บริโภคสะดวกและให้ความต้องซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในการรับประทานมากที่สุดคือ ร้านในห้างสรรพสินค้าและสิ่งสำคัญที่เราจะนำไปปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่จะออกสู่ตลาดให้มากที่สุด คือลดปัญหาการละลายช้าและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ผู้บริโภคอ้วนน้อยลงโดยเน้นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่ดีต่อสุขภาพมากขึ้น ผู้วิจัยหรือผู้ที่จะประกอบธุรกิจสามารถนำข้อมูลส่วนนี้กำหนดตลาดของไอศกรีมได้เนื่องผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นที่กล่าวมาสามารนำไปเป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามกับความต้องการของผู้บริโภคและยังเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่คิดจะประกอบธุรกิจด้านไอศกรีมในอนาคตอีกด้วย

ส่วนที่ 3 ข้อมูลทางวิชาการเรื่องของน้ำมันมะพร้าวต่อโอกาสทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ผลจากการแสดงข้อมูลทางวิชาการเรื่องของน้ำมันมะพร้าวที่เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ทดแทนครีม เพื่อให้ผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครจากกลุ่มตัวอย่าง 100 ราย ได้ทราบถึงประโยชน์ของน้ำมันมะพร้าวที่จะนำมาพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศรีมน้ำมันมะพร้าว ซึ่งปัจจุบันน้ำมันมะพร้าวเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยมมากขึ้น สำหรับกลุ่มผู้บริโภคอาหารเพื่อสุขภาพ เนื่องจากปัจจุบันทราบกันดีว่าผลิตภัณฑ์นมมักพบไตรกลีเซอร์ไรด์ที่เป็นอันตรายต่อร่างกายและผลิตภัณฑ์นมมักพบไตรกลีเซอร์ไรด์สายยาวขณะที่น้ำมันมะพร้าวมีส่วนประกอบของไตรกลีเซอร์ไรด์สายขนาดปานกลาง (medium-chain triglycerides) และมีงานวิจัยหลายฉบับที่สนับสนุนว่าไตรกลีเซอร์ไรด์สายขนาดปานกลางไม่ทำให้ร่างกายสะสมไขมันและยังอุดมไปด้วยวิตามิน สารต้านอนุมูลอิสระ จึงทำให้น้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์มีคุณสมบัติในการต้านการติดเชื้อต้านเชื้อจุลินทรีย์ อีกทั้งน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ยังมีคุณค่าทางโภชนาการสูงประกอบด้วยอาหารประเภทไขมัน เส้นใยอาหาร โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุรองต่างๆ จึงนำไปใช้ประโยชน์ได้ทั้งเป็นอาหารและยา ดังแสดงตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 ข้อมูลโอกาสทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

รายการ	จำนวน	ร้อยละ
น้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์ต่อสุขภาพหรือไม่		
มีมาก	78	78.0
มีส่วนน้อย	19	19.0
ไม่มีเลย	3	3.0
รวม	100	100.0
ทราบข้อมูลเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าวหรือไม่		
ทราบดีเลย	12	12.0
ทราบปานกลาง	54	54.0
ทราบเล็กน้อย	26	26.0
ไม่ทราบเลย	8	8.0
รวม	100	100.0
ถ้ามีการนำสินค้าไอศกรีมจากน้ำมันมะพร้าวออกมาวางตลาดจะซื้อหรือไม่		
ซื้อ	94	94.00
ไม่ซื้อ	6	6.00
รวม	100	100.00
ความแปลกใหม่	48	30.38
อยากทดลองชิม	53	33.45
มีคุณค่าทางโภชนาการ	40	25.32
กลิ่นและรสน่ารับประทาน	16	10.76
รวม	100	100.00
คิดว่าราคาไอศกรีม 1 Scoop (ลูก) ควรมีราคาเท่าใด		
29 บาท	59	59.00
35 บาท	27	27.00
40 บาท	11	11.00
49 บาท	3	3.00
รวม	100	100.00

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ผลจากการสำรวจกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เห็นว่าได้ผู้บริโภคพอรู้จักถึงประโยชน์ของผลิตภัณฑ์น้ำมันมะพร้าวที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและประโยชน์ด้านอื่น ๆ ที่ดีต่อร่างกายมากถึง คิดเป็นร้อยละ 78 และทราบข้อมูลเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าวอยู่บ้างในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 54 รองลงมาทราบเล็กน้อย คิดเป็นร้อยละ 26 ผู้วิจัยนำเสนอข้อมูลของน้ำมันมะพร้าวเพื่อให้ผู้ตอบแบบสอบถามรู้ถึงประโยชน์ก่อน พบว่า ถ้ามีการนำผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวออกมาวางตลาดแนวโน้มของผู้บริโภคจะซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว คิดเป็นร้อยละ 94 ว่าจะซื้อผลิตภัณฑ์และเหตุผลที่เลือกรับประทานไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวอย่างแน่นอนและผู้บริโภคส่วนใหญ่อยากทดลองชิมผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 33.54 รองลงมาความแปลกใหม่ของผลิตภัณฑ์ คิดเป็นร้อยละ 30.38 และเลือกตอบว่ามีคุณค่าทางโภชนาการ คิดเป็นร้อยละ 25.32 ส่วนในเรื่องของราคาผู้บริโภคคิดว่าราคาไอศกรีม 1 Scoop (ลูก) ส่วนใหญ่คิดว่าราคาที่เหมาะในการจำหน่ายคือ 29 บาท คิดเป็นร้อยละ 59.00 รองลงมามีราคา 35 บาท คิดเป็นร้อยละ 27.00 และราคา 40 บาท คิดเป็นร้อยละ 11.00 ตามลำดับ พบว่า จากการสำรวจโอกาสทางการตลาดของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมีความเป็นไปได้สูงในการบริโภคของลูกค้าที่จะต้องการผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อออกสู่ท้องตลาด

ส่วนที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวของผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามปลายปิด (Closed-ended question) ในรูปแบบ (Semantic differential scale) ใช้ระดับการวัดข้อมูลประเภทอัตราภาค (Interval scale) โดยมีคำตอบให้เลือก 5 ระดับแบบ โดยกำหนดคะแนนดังนี้ ระดับ 5 หมายถึง ปัจจัยที่ต่อการผลิตภัณฑ์ มากที่สุด ระดับ 4 หมายถึง ปัจจัยที่ต่อการผลิตภัณฑ์ มาก ระดับ 3 หมายถึง ปัจจัยที่ต่อการผลิตภัณฑ์ ปานกลาง ระดับ 2 หมายถึง ปัจจัยที่ต่อการผลิตภัณฑ์ น้อย ระดับ 1 หมายถึง ปัจจัยที่ต่อการผลิตภัณฑ์น้อยที่สุด โดยผลการวิเคราะห์จะทำการแจกแจงเป็นค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) จะกำหนดความสำคัญของคะแนนใช้หลักการแบ่งช่วงการแปลผลตามหลักของการแบ่งอันตราภาคชั้น [98] ในการประเมินความสำคัญของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวด้านส่วนประสมทางการตลาดและตัวผลิตภัณฑ์ ดังแสดงตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

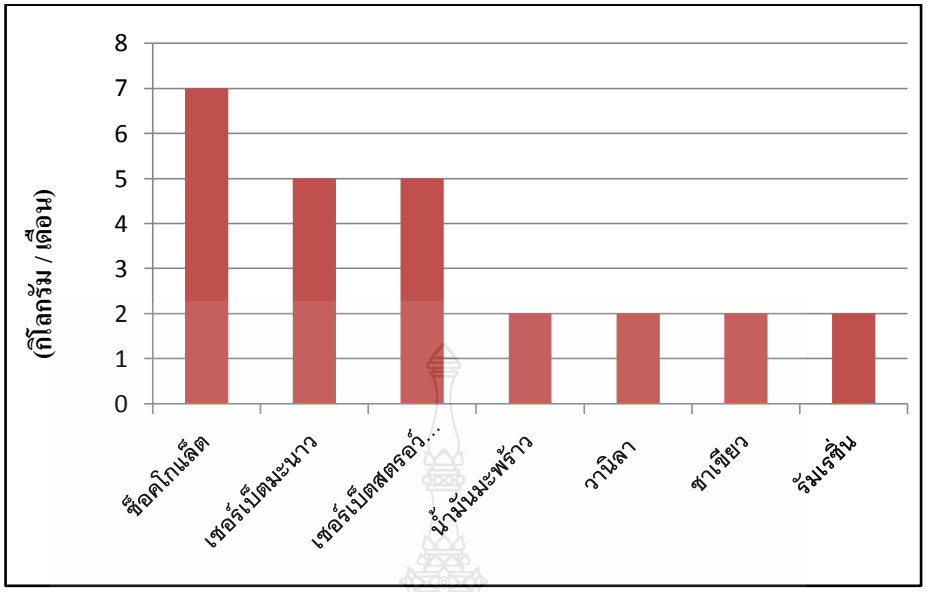
รายการประเมินผลิตภัณฑ์	$\bar{x}$	SD.	ระดับความพึงพอใจ	ลำดับที่
1. รสชาติ	4.57	0.671	มากที่สุด	1
2. ราคา	3.94	0.886	มาก	4
3. การโฆษณา	3.30	1.040	ปานกลาง	13
4. คุณค่าทางโภชนาการ	3.55	1.132	มาก	9
5. กระแสรักษาสุขภาพ	3.42	1.224	มาก	10
6. ปริมาณแคลอรี่	3.39	1.205	ปานกลาง	12
7. อยากทดลองสินค้าแปลกใหม่	3.85	1.058	มาก	6
8. ความสะดวกในการซื้อ	4.05	0.968	มาก	2
9. บรรจุภัณฑ์สวยงาม	3.70	1.068	มาก	8
10. ขนาดบรรจุภัณฑ์	3.76	0.866	มาก	7
11. ความทันสมัย	3.51	1.068	มาก	11
12. สภาพอากาศ	4.01	1.087	มาก	3
13. รูปแบบไอศกรีม	3.89	0.909	มาก	5

จากตารางที่ 4.5 แสดงค่าค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเมื่อพิจารณาข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญที่สุด 6 แรก พบว่า ปัจจัยที่มีผลการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวของผู้ตอบแบบสอบถามมีความคิดเห็นให้คะแนนระดับความพึงพอใจของผู้บริโภคต่อปัจจัยที่ตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวพบว่า ข้อที่ผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ เรื่องรสชาติของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่อร่อยมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของน้ำมันมะพร้าวและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มลิ้นเป็นอันดับแรกในการซื้อไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมารับประทานอยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด คะแนนเฉลี่ย 4.57 ซึ่งมีความสอดคล้องกับการทดสอบทางประสาทสัมผัส รองลงมาคือ ความสะดวกด้านสถานที่ในการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีผลมากต่อผู้บริโภค คะแนนเฉลี่ย 4.05 และสภาพภูมิอากาศของประเทศที่ร้อนอยู่ตลอดมีผลมากต่อการที่ผู้บริโภคจะหาซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมรับประทานเอง คะแนนเฉลี่ย 4.01 เรื่องของราคาผลิตภัณฑ์ คะแนนเฉลี่ย 3.94 รูปแบบไอศกรีม คะแนนเฉลี่ย 3.89 และอยากทดลองสินค้าแปลกใหม่ คะแนนเฉลี่ย 3.85 และสิ่งที่เป็นปัจจัยที่น้อยที่สุดของผู้บริโภคในการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเรื่องของการโฆษณา

คะแนนเฉลี่ย 3.30 และปริมาณแคลอรี่ คะแนนเฉลี่ย 3.39 ซึ่งเป็นปัจจัยที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญน้อยมากในการบริโภคไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

4.3 ผลการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ผลการทดลองวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ร้าน Crepe Café Ice cream ณ ห้างสรรพสินค้า Supermarket - Max Value สาขาแจ้งวัฒนะ โดยการอนุเคราะห์ให้วางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวจากผู้ประกอบการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีม พบว่า จากการพัฒนาไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ผู้วิจัยมุ่งเน้นความแตกต่างของผลิตภัณฑ์โดยปรับปรุงสูตรให้เป็นเอกลักษณ์ เพื่อสร้างจุดเด่นให้แตกต่างจากผู้ประกอบการรายอื่น ๆ และเสนอไอศกรีมรสชาติใหม่มุ่งเน้นรสชาติ คุณค่าทางโภชนาการ โดยมีคุณภาพเทียบเท่ากับไอศกรีมทั่วไปในท้องตลาดที่มีวางจำหน่าย พบว่า จากการสำรวจโอกาสทางการตลาดและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวของผู้บริโภคไอศกรีมก่อนจำหน่ายจริงนั้นผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การตอบสนองความต้องการและตัดสินใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวสูงถึงร้อยละ 95 และมีเหตุผลเลือกรับประทานไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวอย่างแน่นอน ซึ่งต้องการอยากทดลองชิมและลองของแปลกใหม่โดยผู้ศึกษาทำการจัดส่งผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวจำนวน 4 กิโลกรัม มีราคาขายต่อ กิโลกรัมละ 112.15 บาท สำหรับระยะเวลาในการขายผลิตภัณฑ์ 1 เดือน โดยเปรียบเทียบยอดขายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ที่มีจำหน่ายอยู่ในระยะเวลา 1 เดือนเท่ากัน พบว่า ทางร้านมียอดขายผลิตภัณฑ์ที่นิยมสูงสุด 3 ชนิดดังนี้ ช็อคโกแล็ต เชอร์เบ็ตมะนาว เชอร์เบ็ตสตรอว์เบอรี่ วานิลา ชาเขียว รัมเรซิ่น และผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวผู้บริโภคมีความต้องการซื้อเทียบเท่ากันในระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งทำให้ทราบถึงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวให้มีแนวโน้มที่สูงขึ้นในอนาคตจะต้องมีการส่งเสริมกลยุทธ์การตลาด และควรมีการวางจำหน่ายอย่างแพร่หลายเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดการทดลองโดยแจกตัวอย่างผลิตภัณฑ์กระตุ้นให้ผู้บริโภคเกิดการทดลองรับประทานและตัดสินใจซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว แล้วควรมีการโฆษณา ประชาสัมพันธ์ และจัดโปรโมชั่นเพื่อดึงดูดลูกค้าให้ซื้อผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้นด้วยแสดงการเปรียบเปรียบเทียบยอดขายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวกับผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ของทางร้านดังแสดงภาพที่ 4.12

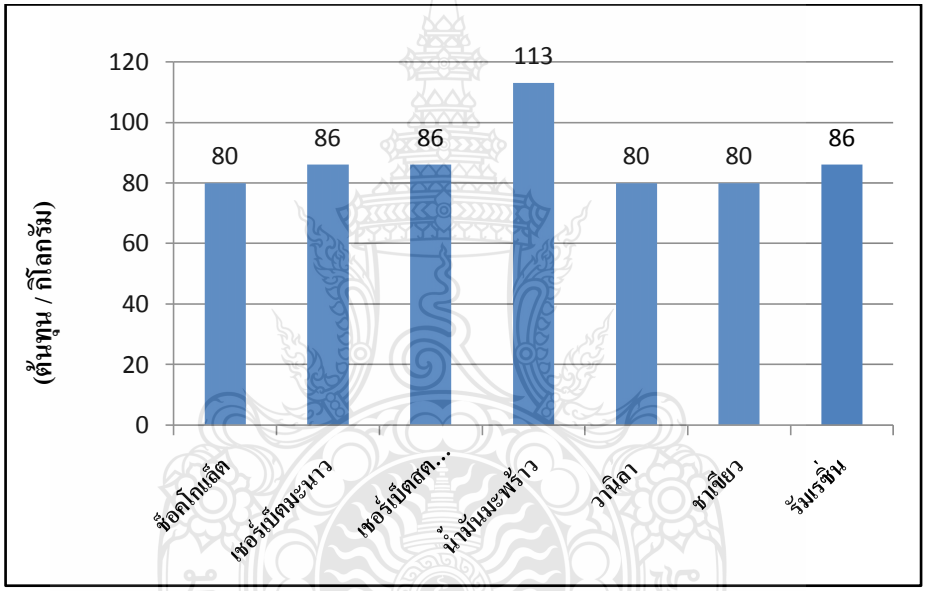


ภาพที่ 4.12 แผนภูมิวิเคราะห์เปรียบเทียบยอดขายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมอื่น ๆของทางร้านระยะเวลา 1 เดือน

4.4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนการผลิตไอศกรีมนมกับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

จากการศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อการวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมันมะพร้าวที่ร้าน Crepe Café Ice cream ณ ห้างสรรพสินค้า Supermarket – Max Value สาขาแจ้งวัฒนะ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ต้นทุนครั้งแรก ต้นทุนนี้จะเป็นค่าเครื่องปั่นไอศกรีม และอุปกรณ์พื้นฐานต่างๆ ระหว่างผลิตภัณฑ์ผลิตไอศกรีมนมกับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ซึ่งได้คำนวณราคาต้นทุน กำไร ราคาขาย และจุดคุ้มทุนของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวในระยะเวลา 1 เดือน พบว่า การพัฒนาผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ด้วยวัตถุดิบจากธรรมชาติที่เป็นที่สนใจของผู้บริโภคในยุคปัจจุบัน ซึ่งมีต้นทุนการผลิตระหว่างไอศกรีมนมกับไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวจึงต่างกันด้วยคุณภาพวัตถุดิบที่ดีจะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีขึ้นกว่าเดิมและเป็นที่ต้องการของตลาดมากขึ้น ซึ่งได้แสดงผลการคำนวณราคาต้นทุนวัตถุดิบสำหรับไอศกรีมนม มีต้นทุนการผลิต 1 กิโลกรัม เท่ากับ 241.56 บาท/กิโลกรัม และผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว มีต้นทุน 1 กิโลกรัม เท่ากับ 292.26 บาท/กิโลกรัม ซึ่งมีต้นทุนสูงกว่า 51 บาท เนื่องจากผู้วิจัยใช้น้ำมันมะพร้าวแบบสกัดเย็น (cold-pressed coconut oil) ที่นำมาผลิตมีคุณภาพปริมาณความชื้นต่ำ มีสีใส ไม่มีตะกอน ไม่เกิดการออกซิเดชันภายใต้ภาวะบรรยากาศ มีกลิ่นหอม ไม่กลิ่นหืนของผลิตภัณฑ์ [7] ที่ได้คุณภาพและกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภค ดังนั้นในการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว 1 กล่อง เท่ากับ 4 กิโลกรัม

โดยมีราคาราคาต้นทุน 450 บาท ซึ่งต้นทุนแปรผันในการผลิตไอศกรีมนั้น จะประกอบด้วย ค่าวัตถุดิบ ค่าขนส่ง ค่าไฟ ค่าน้ำปะปา และค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดโดยทางร้าน Crepe Café Ice cream Supermarket คิดเป็นราคาขายไอศกรีม 1 scoop เท่ากับ 49 บาท ระยะเวลา 1 เดือน ขายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวได้จำนวน 20 scoop ขายได้เท่ากับ 980 บาท จำนวน 2 กิโลกรัม มีต้นทุนเท่ากับ 224.30 ซึ่งขายได้กำไร 756 บาท/เดือน จากยอดขายในการทดลองจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว สามารถจะคืนทุนของเครื่องปั่นไอศรีมและอุปกรณ์ที่ลงทุนทั้งหมด 4,000 บาท ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญในการประเมินความเป็นไปได้ในการผลิตจำหน่ายผู้วิจัยสามารถใช้ระยะเวลาในการคืนทุน 5 เดือน โดยประมาณ ดังแสดงตารางที่ 4.6



ภาพที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบต้นทุนผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ต้นทุนการผลิตไอศกรีมนมกับไอศกรีมสูตรน้ำมันมะพร้าว

ชนิดของวัตถุดิบ	น้ำหนักเป็นกิโลกรัม		ราคา/หน่วยกิโลกรัม/บาท		ต้นทุน (กิโลกรัม) * ราคา/กิโลกรัม	
	สูตรควบคุม	น้ำมันมะพร้าว	สูตรควบคุม	น้ำมันมะพร้าว	สูตรควบคุม	น้ำมันมะพร้าว
นม	3.16	3.16	38.48	38.48	121.60	121.60
วิปปิ้งครีม	0.2	0.1	193.20	193.20	38.64	19.32
น้ำมันมะพร้าว	-	0.1	-	700.28	-	70.03
หางนมผง	0.08	0.08	240.00	240.00	19.20	19.20
น้ำตาลทราย	0.44	0.44	25.00	25.00	11.00	11.00
กลูโคสไซรัป	0.1	0.1	70.00	70.00	7.00	7.00
เจลาติน	0.02	0.02	700.00	700.00	14.00	14.00
เกลือ	0.01	0.01	12.00	12.00	0.12	0.12
น้ำแข็ง		0.01			30.00	30.00
ต้นทุนรวม					241.56	292.26

บทที่ 5
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยค้นคว้านี้มีข้อเสนอแนะต่อผู้ที่ต้องการไปอ้างอิงในการทำงานวิจัยที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตไอศกรีม และผู้ประกอบการที่ต้องการนำข้อมูลไปใช้ในการผลิตไอศกรีมเพื่อประกอบการตัดสินใจทำธุรกิจไอศกรีม ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การศึกษาผลการใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม ต่อคุณสมบัติทางด้านกายภาพ เคมี และทางประสาทสัมผัสในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว โดยทำการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว 5 สูตรทดลอง คือ ใช้น้ำมันมะพร้าวในอัตราส่วนที่เหมาะสมในการผลิตของน้ำมันมะพร้าว ต่อครีม ในอัตราส่วนต่าง ๆ 0 : 100, 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25 และ 100 : 0 ตามลำดับ

5.1.2 คุณภาพทางกายภาพการเพิ่มปริมาณน้ำมันมะพร้าวมีผลให้ความหนืดต่ำลงและส่งผลให้เนื้อสัมผัสฟูมากขึ้นค่า % Overrun มีการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวมีแนวโน้มลดลงตามลำดับ เนื่องจากการเพิ่มปริมาณน้ำมันมะพร้าวสูงขึ้นไปทดแทนปริมาณของครีมที่ลดลงทางด้านกายภาพที่ศึกษามีความเหมาะสมที่จะนำมาพัฒนาไอศรีมน้ำมันมะพร้าว เนื่องจากค่าทดสอบทางกายภาพด้านค่าความหนืด ค่า % Overrun และอัตราการละลาย มีค่าเป็นจุดกึ่งกลางของแผนการทดลองที่จะนำมาใช้ในการผลิตไอศกรีมมากที่สุดส่วนค่าความสว่าง L* และค่าสี a* b* ให้ค่าสีที่ยอมรับได้ของตัวผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

5.1.3 คุณภาพทางเคมี พบว่า การใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมเพื่อนำไปผลิตไอศกรีมมีปริมาณไขมันอยู่ในเกณฑ์มาตราฐาน ซึ่งปริมาณไขมันที่ตรวจพบในส่วนผสมของไอศกรีมมีประมาณเพิ่มขึ้น 9.23 9.50 10.48 11.83 และ 12.68 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

5.1.4 ผลทางประสาทสัมผัสเฉลี่ยสูงที่สุด ด้านรสชาติ 7.27±1.14 กลิ่นรส 7.63±1.25 สี 7.70±0.79 เนื้อสัมผัส 7.47±0.82 และความชอบโดยรวม 7.33±0.80 ซึ่งสูตรที่ได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุดของตัวผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันทดแทนครีม คือ สูตรทดลองที่ 3 อัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวต่อครีม 50 : 50

5.1.5 การยอมรับของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 100 คน ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้การตอบสนองความต้องการและตัดสินใจจะซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวสูงถึงร้อยละ 95 และมีเหตุผลเลือกรับประทานไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวอย่างแน่นอน และมีแนวโน้มที่จะบริโภคผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่จัดจำหน่ายจริงออกสู่ท้องตลาด ผู้บริโภคมีความพึงพอใจมากที่สุดคือเรื่องรสชาติของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่อร่อยมีกลิ่นหอมอ่อน ๆ ของน้ำมันมะพร้าวและมีเนื้อสัมผัสที่นุ่มลิ้นและกลุ่มวัยอายุระหว่าง 16-25 ปี เป็นความต้องการทางการตลาดเนื่องจากลูกค้ากลุ่มนี้จะมีกำลังซื้อค่อนข้างสูงมากกว่าลูกค้าช่วงอายุอื่น ๆ

5.1.6 ผลการทดลองวางจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่ร้าน Crepe Café Ice cream ณ ห้างสรรพสินค้า Supermarket - Max Value สาขาแจ้งวัฒนะ ในระยะเวลา 1 เดือน ทำให้ทราบถึงแนวโน้ม ที่สูงขึ้นของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวในอนาคตจะต้องมีการส่งเสริมกลยุทธ์การตลาด และควรมีการวางจำหน่ายอย่างแพร่หลายเพื่อให้ผู้บริโภคเกิดการทดลองโดยการแจกตัวอย่างผลิตภัณฑ์เพื่อดึงดูดลูกค้าต่อการตัดสินใจซื้อเพิ่มมากขึ้น พบว่า ทางร้านมียอดขายผลิตภัณฑ์ที่นิยมสูงสุด 3 ชนิดดังนี้ ช็อคโกแล็ต เชอร์เบ็ตมะนาว เชอร์เบ็ตสตรอว์เบอรี่ วานิลา ชาเขียว รัมเรซิ่น และผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวเทียบเท่ากัน

5.1.7 จากการผลิตไอศกรีมน้ำมันพร้าวสำหรับจัดส่งร้านค้าจะทำการผลิตไอศกรีม 4กิโลกรัม ต่อบรรณจุภัณฑ์ โดยคิดเป็นต้นทุนดังนี้ ค่าวัตถุดิบ 292.26 บาท ค่าแรง 37.5 ต่อชั่วโมง เท่ากับ 112.5 บาท ค่าโสหุ้ย 15% ของวัตถุดิบเท่ากับ 43.84 บาท รวมเป็นต้นทุนของการผลิตไอศกรีม ดังนั้นในการผลิต 1 กล่อง มีราคาต้นทุนรวม 448.60 บาท ซึ่งไอศกรีมน้ำมันพร้าวมีต้นทุนสูงกว่า 51 บาท พบว่า ระยะเวลา 1 เดือน ที่ทำการทดลองจำหน่ายไอศกรีมโดยทางร้านได้กำหนดราคาขาย 1 scoop เท่ากับ 49 บาท ในเวลา 1 เดือน ขายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวได้จำนวน 20 scoop เท่ากับ 980 บาท จะเห็นว่าระยะเวลา 1 เดือน สามารถจำหน่ายผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวได้ปริมาณ 2 กิโลกรัม ได้กำไร 758 บาท

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. การผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวควรเพิ่มข้อมูล และการโฆษณาเกี่ยวกับประโยชน์คุณค่าทางอาหารของน้ำมันมะพร้าวแก่ผู้บริโภคเพื่อให้ผู้บริโภคเข้าถึงมากที่สุด

2. การผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวควรมีการศึกษาเพิ่มเติมการเติมธัญพืช เช่น งาดำ งานม เมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวัน ลูกบัว และเนื้อผลไม้ ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อสร้างความโดนเด่นให้กับผลิตภัณฑ์และยังเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการด้านโปรตีนอีกด้วย

3. การผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวควรมีการศึกษาเรื่องของการลดกลิ่นของน้ำมันมะพร้าว เนื่องจากกลิ่นอาจจะมีผลโดยตรงต่อการยอมรับและการเติมสีสันของผลิตภัณฑ์ด้วยสีจาก บัวหลวง ใบเตย อัญชัญ กระเจี๊ยบแดง และแครอท เพื่อดึงดูดใจลูกค้ายิ่งขึ้น

4. ในการศึกษาเพื่อหาข้อมูลทางการตลาดนั้นควรมีการวิจัยการวางตำแหน่งทางการตลาดของผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว โดยควรจัดวางผลิตภัณฑ์ในส่วนของกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพ ซึ่งน่าจะช่วยเพิ่มระดับการยอมรับต่อผลิตภัณฑ์ได้ จากพฤติกรรมการบริโภคและเลือกซื้อผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภคลุ่มนี้จะมุ่งเน้นประโยชน์ต่อสุขภาพจะพิจารณาคุณค่าและประโยชน์ของผลิตภัณฑ์เป็นอันดับแรก

เอกสารอ้างอิง

[1] William, Shurtieff and Aoyagi Akiho. (1984). **Soymilk industry & maket**. Soyfood Center (Lafayette, CA,USA).USA.

[2] Roller, S. and S.A. Jone. (1996). **Handbook of Fat Replacers.** CRS Press, New York.

[3] อรนุช จันทนิล และ สุนันท์พร มุทุกันต์. (2550). **ศึกษาการยอมรับของไอศกรีมกะทิเสริมแก้วมังกร.** ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. คณะเทคโนโลยีการเกษตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.

[4] ณรงค์ โฉมเฉลา. (2554). **มหัศจรรย์ น้ำมันมะพร้าว.** กรุงเทพฯ: โพสต์บุ๊กส์.

[5] นฤมล จียโชค อนรรฆอร ศรีไสยเพชร และ คณิต กฤษณังกูร. (2548). **โครงการวิจัยและถ่ายทอดเทคโนโลยีการปรับปรุงกระบวนผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์**. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[6] กันทิมา สิทธิธัญกิจ และ วิมลนารถ ประดับเวทย์. (2548). **บทบาทของน้ำมันมะพร้าวต่อสุขภาพและความงาม**. พฤศจิกายน 30; กลุ่มงานพัฒนาวิชาการฯ สถาบันการแพทย์แผนไทย : กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก.

[7] ลลิตา อัตนโถ. (2548). การผลิตน้ำมันมะพร้าวบีบเย็นคุณภาพสูง. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, เมษายน - มิถุนายน, ปีที่ 20, ฉบับที่ 2, หน้า 67-72.

[8] Bawalan, DD., and Chapman, KR. (2006). **Virgin coconut oil production manual for micro and Village - scalep rocessing.** Bangkok FAO: Regional Office for Asia and the Pacific.

[9] ธวัชชัย ฐูปแก้ว สงบทิพย์ พงศ์สถาบดี และ ธราพงษ์ วิทิตศานต์. (2548). **การสกัดน้ำมันมะพร้าว บริสุทธิ์จากกระบวนการหีบเย็น.** การประชุมวิชาการวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15. (27-28 ตุลาคม 2548), หน้า. 1-6.

[10] บรูซ ไฟฟ์. (2552). **น้ำมันมะพร้าวธรรมชาติ : มหัศจรรย์ธรรมชาติบำบัด = Virgin Coconut Oil : Nature's Mircle Medicie**. เชียงใหม่: สำนักพิมพ์สุขสบาย.

[11] คมสัน หุตะแพทย์. (2547). การสกัดน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์. **วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ**, ฉบับที่ 2, หน้า 1-5.

[12] Ghazali, HM., et al. (2009). Oxidative stability of virgin coconut oil compared with RBD palm olein in deep-fat frying of fish crackers. **Journal of Food, Agriculture & Environment**, July - October, vol. 7,no. 3&4, p. 23-27.

[13] Weiss, T.J. (1970). **Food oils and Their Uses.** The AVI Publishing Company, INC.

[14] กระทรวงสาธารณะสุข. (2556). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 235) พ.ศ.2544 แก้ไขเพิ่มเติมประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) เรื่องน้ำมันมะพร้าว. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www.fda.moph.go.th.,** [สืบค้นเมื่อวันที่ 18 เมษายน 2556]

[15] Enig, M.G. (2000). **Know Your Fats, The Complete Primer for Understanding the Nutrition of Fat, Oils and Cholesterol.** Bethesda Press, Bethesda. MS: USA.

[16] Dayrit, FM., et al. (2008). Analysis of monoglycerides, Diglycerides, sterols, and fatty acids in coconut (*Cocos nucifera* L.) oil by 31P NMR spectroscopy. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** vol. 56, no. 14, p. 5766-5769.

[17] Marina, AM., Che Man, YB. and Amin, I. (2009). Virgin coconut oil : emerging functional food oil. **Trends in Food Science & Technology**. vol. 20, no. 10, p. 481-487.

[18] Tenda, ET., Tulato, MA. and Novarianto, (2009). H. Diversity of oil and medium fatty acid content of local coconut cultivars grown on different altitudes. **Indonesia Journal of Agriculture**, 2009, vol. 2, no. 1, p. 6-10.

[19] Enig, M.G. (1999). **Coconut: In Support of Good Health in the 21st Century**. 36th Meeting of APCC. APCC, Jakarta, Indonesia. (Also available from www.coconutoil.com/coconut_oil_21st_century.htm).

[20] Anon. (2007a). **Coconut Oil.** <http://evenaturalhealth.com.au/doc/coconut_Oil_Hyperhealth.pdf>.

[21] Dia, V.P. (2005). Comparative physiochemical characteristics of virgin coconut oil. Philippines Agric. Sci. 8: 462-475.

[22] Seneviratne, K.N.; and Dissanayake, D.M.S. (2008). Variation of phenolic content in coconut oil extracted by two conventional methods. Int. J. Food Sci. Technol. 43: 507-602.

[23] Fife, B.F. (2005). **Coconut Cures: Preventing and Treating Common Health Problems with Coconut.** Piccadilly Books, Colorado Springs, CO, USA.

[24] McClements, D.J. (2005). **Food Emulsions Principles, Practices and Techniques.** 2nd ed. NewYork: CRC Press.

[25] ปาริฉัตร หงสประภาส. (2545). เคมีกายภาพของอาหารคอลลอยด์ อิมัลชัน และเจล. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวอทยาลัย.

[26] ปรัชญา วงศ์ธนบัตร. (2543). **"ผลของปัจจัยการแปรรูปต่อคุณภาพของน้ำกะทิอบแห้งแบบพ่นฝอย".** วิทยานิพนธ์ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาวิศกรรมอาหาร คณะวิศกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[27] Coupland, J.N., McClements, DJ. (1998). Physical properties of liquid edible oils. **Journal of the American Oil Chemists Society,** 74, 1559-1564.

[28] St. Angelo, A.L. (1989). A brief introduction to food emulsions and emulsifiers, In G. Charalambous and G. Doxastakis, eds. **Food Emulsifiers Chemistry,Technology, Functional Properties and Application.** Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.

[29] Zielinski, R.J. (1997). Synthesis and composition of food-grade emulsifiers, pp. 11-38. In G.L. Hasenhuetti and R.W. Hartel, eds. **Food Emulsifiers and Their Application**. New York: Chapman & Hall,

[30] Dziezak, Judie D. Spices. (1989). **International Journal of Food Technology**. 43 (1) 1989 : 102-116.

[31] Dickinson, E. (1992). **An Introduction to Food Colloids**. Oxford : Oxford University Press.

[32] Belitz, H.D. and Grosch, W. (1999). **Food Chemistry.** Springer-Verlag. Heidelberg**.**

[33] Dickinson, E. and G. Stainsby. (1982). **Colloids in Food.** London : Applied Science Publishers.

[34] ณรงค์ นิยมวิทย์. (2538). องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. กรุงเทพฯ : บริษัทฟอร์แมทพริ้นติ้ง จำกัด.

[35] Boyd, J., C. Parkinson and P. Sherman. (1972)**.** Factors affecting emulsion stability, and the HLB concept. **Journal of Colloid and Interface Science.** 41(2): 359-370.

[36] Pomeranz, Y. (1991). **Corn Sweeteners and Wheat Carbohydrates**. In Functional Properties of Food Components. Academic Press London.

[37] อรพิน ชัยประสพ. (2544). **เทคโนโลยีของผลิตภัณฑ์นม.** ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิทยาศาตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[38] Tuley, (1996). L. Healthy outlook for soya proteins. **International Journal of Food Science And Technology**, 5, 24-28.

[39] นิธิยา รัตนาปนนท์. (2528). **เคมีนมและผลิตภัณฑ์นม.** ภาควิชาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์.

[40] Varnam, H.A. and Sutherland, P.J. (1994). **Beverage Technology Chemistry and Microbiology**. Chapman & Hall : New York.

[41] Hargrove and Alford. (1983). ส่วนประกอบทางเคมีของครีม. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก : **http://www. foodnetworksolution.com/wiki/word/0263/cream-ครีม.,** [สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม 2557]

[42] วรรณา ตั้งเจริญชัย และ วิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. (2531). **นมและผลิตภัณฑ์นม.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

[43] นันทินา เที่ยงธรรม. (2544). **การใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมในไอศครีมกะทิไขมันต่ำ.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[44] กระทรวงสาธารณะสุข. (2556). ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 354) พ.ศ. 2544 เรื่อง **ไอศกรีม.** [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: **http://elib.fda.moph.go.th/fulltext2/.pdf.,** [สืบค้นเมื่อวันที่ 15 มีนาคม 2556]

[45] Marshall, R.T. and W.S. Arbuckle. (1996). **Ice Cream**. 5th ed. Chapman&Hall. New York.

[46] Goff, H.D., Verespej, E., and Smith, A.K. (1999). A study of fat and air structures in ice cream. **International Dairy Journal.** 9: 817-829.

[47] อรวรรณ เคหสุขเจริญ. (2551). "เทคโนโลยีและธุรกิจไอศกรีม". **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.** ปี2, ฉบับที่.1 (มกราคม – มิถุนายน) : 21.

[48] Arbuckle, W.S. (1986). **Ice Cream**. 4th ed. New York : Chapman & Hall.

[49] Goff, H.D. (1997). Colloidal aspects of ice cream – a review. **International Dairy Journal.** 7: 363-373.

[50] Bolliger, S., Wildmoser, H., Goff, H.D. and Tharp, B.W. (2000). Relationships between ice Cream. Mixviscoelasticity and ice crystal growth in ice cream. **Int.Dairy J.** 10: 791-797.

[51] ภัทรา กุลกิจวโรภาส. (2540). **การพัฒนาไอศกรีมลดพลังงานกลิ่นรสผลไม้ไทย.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, มหาวิทยาเกษตรศาสตร์.

[52] Marshall, R.T., Goff, H.D., and Hartel, R.W. (2003). **Ice cream.** 6th ed. Klumer Academic/ Plenum Publisher. New York: Chapman & Hall.

[53] Damodaran, S. (2005). Protein stabilization of emulsions and foams. **Journal of Food science**. 70 : R54 – R66.

[54] สมจิต สุรพัฒน์. (2544). **ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[55] Baer, R.J., N. Krishnaswamy and K.M. Kaspereson. (1999). Effect of emulsifiers and food gum on nonfat ice cream. **J. Dairy Sci**. 82: 1416-1424.

[56] Koxholt, M.M.R., Eisenmann, B., and Hinrichst, J. (2001). Efftect of the fat globule size on the meltdown of ice cream. **Journal of Dairy Science.** 84: 31-37.

[57] Miller-Livney, T. and Hartel, R.W. (1997). Ice recrystallization in ice cream: interaction between sweeteners and stabilizers. **Journal of Dairy Science.** 80: 447-456

[58] Hartel, R.W. (1992). **Solid-liquid equilibrium: crystallization in foods**. In H.G. Schwartzberg and R.W. Hartel (eds). Physical chemistry in foods. Westport, CT: Marcel-Dekker.

[59] Goff, H.D., Caldwell, K.B., Stanley, D.W., and Maurice, T.J. (1993). The Influence of polysaccharides on the glass transition in frozen sucrose solutions and ice cream. **Journal Dairy Science.** 76: 1268-1277.

[60] Clarke, C. (2004). **The science of ice cream**. The Royal Society of Chemistry**.**

[61] จุฑาทิพย์ พงศ์เลขา. (2549). พฤติกรรมการบริโภคกาแฟสดของนักศึกษา. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. คณะเศรษฐศาสตร์. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[62] นพรัตน์ ราชจินดา และสุทธินีย์ อิรินพไพบูลย์. (2551). **การศึกษาผลของชนิดและปริมาณของเส้นใยอาหารผงที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมนมสดเสริมเส้นใยอาหารผง.** ปัญหาพเศษ, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, คณะอุตสาหกรรรเกษตร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[63] บุญช่วย มะลิหอม. (2547). การผลิตไอศกรีมลูกยอ. ปัญหาพิเศษ, มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ในพระบรมราชูปถัมภ์. ปทุมธานี.

[64] หทัยทิพ์ ร้องคำ. (2552). ผลของสารทดแทนแบบผสม แลสรให้ความหวานต่อคุณภาพของไอศกรีมวนิลาลดไขมัน และลดพลังงาน. วิทยาศสาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[65] Schmidth, K.A. and, D.E. (1988). Effects of homogenization on characteristics of vanilla ice cream. **J.Diary Science**. 71(1):46-51

[66] ทศพร นามโฮง. (2552). เอกสารประกอบการสอนวิชาวิศวกรรมอาหาร 1. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ.

[67] Donhowe, D.P., and Hartel, R.W. (1996a). Recrystallization of ice cream during controlled accelerated storage. **International Dairy Journal.** 6: 1191-1208.

[68] Donhowe, D.P., and Hartel, R.W. (1996b). Recrystallization of ice during bulk storage of ice cream. **International Dairy Journal.** 6: 1209-1221.

[69] Hagiwara, T., and Hartel, R.W. (1996). Effect of sweetener, stabilizer, and storage temperature on ice recrystallization in ice cream. **Journal of Dairy Science.** 79: 735-744.

[70] Flores, A.A., and Goff, H.D. (1999). Recrystallization in ice cream after constant and cycling temperature storage conditions as affected by stabilizers. **Journal of Dairy**

[71] อุษา นาคจิรังกูร. (2541). **ผลของสารคงตัวต่อไอศกรีมเชอร์เบทมิกซ์รสผลไม้.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิทยาศาสตร์การอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[72] Aime, B.D.,S.D.Arntfield, L.J.Malcolmson and D.Ryland. (2001). Texture analysis of fat reduced vanilla ice cream products. **Food Res. Int**. 34 : 237-246.

[73] Wan Rosnani, A. I. and Nor Aini, I. (nd). **Application of palm products in ice cream**. **Malaysian Palm oil Board**.

[74] Roland, A. M., Philips, L. G. and Boor, K. J. (1999). Effect of fat content on the sensory properties, melting,color and hardness of ice cream. **J. Dairy Sci.** 82: 32-38.

[75] Guinard, J.X., Morse, C.Z, Mori, L., Uatoni, B., Panyam, D., andKilara, A. (1997). Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream**. J. Food Sci. and Technol.** 62: 1087-1094.

[76] อรพิน ชัยประสพ. (2548). **การผลิตไอศกรีมชนิดเนื้อนุ่มรูปลักษณ์แบบไทย**. รายงานการวิจัย, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

[77] Eisner, M. D., Wildmoser, H. and Windhab, E. J. (2005). ***Air cell microstructuring in a high viscous ice cream matrix*.** Colloids and Surfaces A : Physicochemical and Engineering.

[78] ผาณิต รุจิรพิสิฐ. (2553). **ผลของการใช้น้ำมันมะพร้าวต่อคุณภาพของเค้กชนิดส่วนผสมข้น.** สาขาวิชาวิทยาศาตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และสาขาวิชาการจัดการธุรกิจอาหาร, คณะวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.

[79] ประคองศิริ บุญคง. (2555). **รายงานวิจัย "ผลิตภัณฑ์จากน้ำมันมะพร้าว" การประชุมวิชาการงานชุมนุมการแพทย์** นนทบุรี : กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทย

[80] ผุสดี ตังวัชรินทร์. (2553). ประสิทธิภาพของน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ สารละลายกรด lauric สาร monolaurin และ กรด lactic ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ Listeria monocytogenes บนเนื้อสุกรสด . กรุงเทพฯ.

[81] 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.

[82] Zhang, Z. and Goff, H.D. (2005)**. Effect of K-carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum.** *Food Hydrocolloids.* ***19,*** 187-195.

[83] Marina, AM., Che Man, YB. and Nazimah, SAH. (2009). Chemical properties of virgin coconut oil. **J Am Oil Chem Soc**. vol. 86, no. 4, p. 301-307.

[84] Nevin, KG. and Rajamohan, T. (2006). Virgin coconut oil supplemented diet increases the antioxidant status in rats. **Food Chemistry**. vol. 99, p. 260-266.

[85] ทองยศ อเนกเวียง. (2531). **ผลิตภัณฑ์นมในครัวเรือน.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[86] คัดนางค์ ทองสุข. (2542). การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไอศครีม. **วารสารอาหาร**, ปีที่29(1), 59-61.

[87] Dervisoglu, M. (2006). Influence of hazelnut flour and skin addition on the physical, chemical and sensory properties of vanilla ice cream. **International Journal of Food Science and Technology,** 41: 576-661

[88] AOAC. (2000). **AOAC. Official Methods of Analysis.** USA: The Association of Official Analytical Chemists, Inc.

[89] พัชรินทร์ รักถาวร. (2542). **การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[90] ทิพยา ธีรชาติแพทย์. (2542). **การใช้ประโยชน์กล้วยหอมผงในไอศกรีมและเครื่องดื่มที่มีเวย์เป็นส่วนผสม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

[91] Seow, C.C and C.N. Gwee. (1997). Coconut milk : Chemistry and technology. Int. **J. Food Sci. and Technol.** 32(3) : 189-201.

[92] วสาวี พิชัย. (2549). **ไอศกรีมเสาวรส**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. อุบลราชธานี: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

[93] Andreasen, T. G. and Nielsen, H. (1992). **Ice Cream and Aerated Dessert**. In TheTechnology of Dairy Products. Edited by Early, R. New York : VCH Publishers

[94] Campbell, I.J. and B.M.C. Pelam. (1998). The influence of emulsion stability on the properties of ice Cream. **J. Food Sci.** pp. 25-36.

[95] Salunkhe, D.K, J.K. Chavan, R.N. Adsule and S.S. Jadam. (1992). **World Oilseeds Chemistry, Teachology and Utilization**. AVI, Van Nostrand Reinhold, New York. *Cited* Chakraborty, P. 1985. Funtional properties of coconut protein isolate obtained by ultrafiltration. **J.Food Sci. Technol.** 22: 248-254.

[96] สุพัฒน์ ใต้เวชศาสตร์. (2546). **ผลของอิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัวที่มีต่อคุณภาพของไอศกรีมถั่วเหลือง**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[97] ศิริวรรณ เสรีรัตน์ และคณะ. (2550). **พฤติกรรมผู้บริโภค.** กรุงเทพฯ : พัฒนาศึกษา.

[98] กัลยา วาณิชย์บัญชา. (2545). *การวิเคราะห์สถิติ:* สถิติเพื่อการบริหารและวิจัย. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตำรับและวิธีการทำไอศกรีม

ตารางภาคผนวกที่ ก. 1 แสดงสูตรการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

วัตถุดิบ	ปริมาณที่ใช้ % โดยน้ำหนัก
1. นมสด	79
2.น้ำมันมะพร้าว	2.5
3. ครีมข้น	2.5
4. หางนมผง	2
5. น้ำตาลทราย	11
6. กลูโคสไซรัป	2.5
7. สารคงตัว/อิมัลซิไฟเออร์	0.5

หมายเหตุ สูตรที่ได้รับการพัฒนาจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส

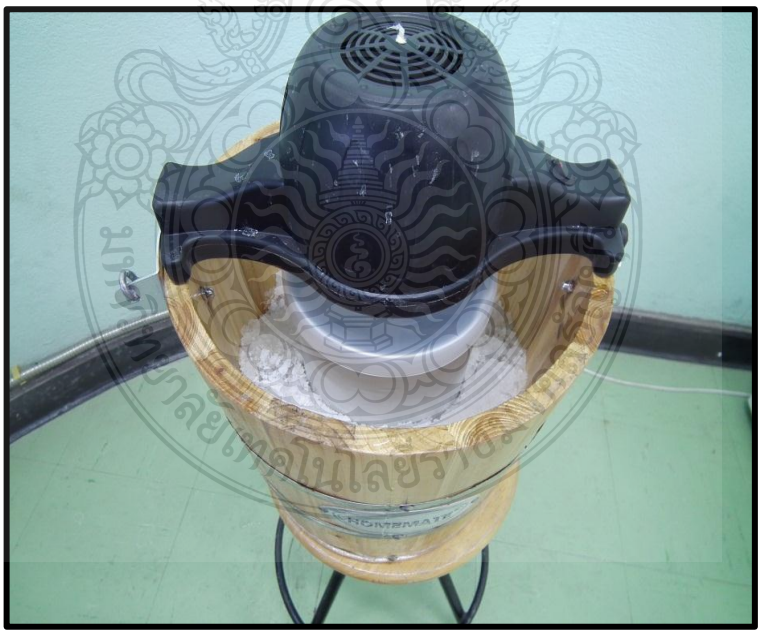
ภาพภาคผนวกที่ ก. 1 ส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ภาพภาคผนวกที่ ก. 2 ส่วนผสมส่วนที่ 1 นมสดและวิปปิ้งครีมทำการฆ่าเชื้อ

ภาพภาคผนวกที่ ก. 3 เติมส่วนที่ 2 ลงในหม้อใช้เวลา 2 นาทีเพื่อฆ่าเชื้อส่วนผสมไอศกรีมมิกซ์

ภาพภาคผนวกที่ ก. 4 นำส่วนผสมไอศกรีมมิกซ์มาโฮโมจีไนซ์เพื่อลดขนาดเม็ดไขมัน

ภาพภาคผนวกที่ ก. 5 ทำให้ส่วนผสมเย็นลงโดยเร็วด้วยการบ่มที่อุณหภูมิที่ 5° C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง



ภาพภาคผนวกที่ ก. 6 ทำให้ไอศกรีมแข็งตัวและเย็นจัดโดยการปั่น

ภาพภาคผนวกที่ ก. 7 ไอศกรีมมะพร้าวที่ปั่นเสร็จพร้อมบรรจุภาชนะ

ภาพภาคผนวกที่ ก. 8 นำผลิตภัณฑ์ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20º ถึง -34º F เพื่อรอจำหน่าย

ภาพภาคผนวกที่ ก. 9 จัดจำหน่ายไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว ณ ร้าน Crepe Café Supermarket – Max Value สาขาแจ้งวัฒนะ

ภาพภาคผนวกที่ ก. 10 คุณปิยมาศ ทองเงิน ผู้ทดลองจำหน่ายไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

ภาคผนวก ข

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

เรื่อง ไอศกรีม

(สำเนา)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

(ฉบับที่ 354) พ.ศ.2544

เรื่อง ไอศกรีม

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วย เรื่อง ไอศกรีมอาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6(1)(2)(4)(5)(6)(7) และ (10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและ เสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทยบัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิก

(1) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2522) เรื่อง กำหนดไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต ลงวันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2522

(2) ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 101 (พ.ศ.2529) เรื่อง กำหนดไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2529

ข้อ 2 ให้ไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ

ข้อ 3 ไอศกรีมตามข้อ 2 แบ่งเป็น 5 ชนิด

(1) ไอศกรีมนม ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้นมหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม

(2) ไอศกรีมดัดแปลง ได้แก่ ไอศกรีมตาม (1) ที่ทำขึ้นโดยใช้ไขมันชนิดอื่นแทนมันเนยทั้งหมดหรือแต่บางส่วน หรือไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมันแต่ผลิตภัณฑ์นั้นมิใช่ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนม

(3) ไอศกรีมผสม ได้แก่ ไอศกรีมตาม (1) หรือ (2) แล้วแต่กรณี ซึ่งมีผลไม้หรือวัตถุอื่น ที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย

(4) ไอศกรีมตาม (1)(2) หรือ (3) ชนิดเหลว หรือแห้ง หรือผง

(5) ไอศกรีมหวานเย็น ได้แก่ ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้น้ำและน้ำตาล หรืออาจมีวัตถุอื่นที่เป็นอาหารเป็นส่วนผสมอยู่ด้วย ไอศกรีมดังกล่าวอาจใส่วัตถุแต่งกลิ่น รส และสีด้วยก็ได้

ข้อ 4 ไอศกรีมทุกชนิด ยกเว้นไอศกรีมตามข้อ 3(4) ต้องผ่านกรรมวิธีตามลำดับดังต่อไปนี้

(1) การผ่านความร้อน ต้องผ่านกรรมวิธีหนึ่งวิธีใด ดังนี้

(1.1) ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 68.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือ

(1.2) ทำให้ร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 25 วินาที และจะต้องมีเครื่องวัดอุณหภูมิพร้อมด้วยเครื่องบันทึกอัตโนมัติแสดงอุณหภูมิเวลา ที่ใช้จริงหรือ

(1.3) ทำให้ร้อนโดยกรรมวิธีอื่นตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเห็นชอบด้วย

(2) ทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้

(3) ปั่น กวน หรือผสม แล้วแต่กรณี และทำให้เยือกแข็งที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า –2.2 องศาเซลเซียส ก่อนบรรจุลงในภาชนะบรรจุเพื่อจำหน่าย และต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า –2.2 องศาเซลเซียสนี้จนกว่าจะจำหน่าย

ข้อ 5 ไอศกรีม ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) ไอศกรีมนม ต้องมีมันเนยเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก และมีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก

(2) ไอศกรีมดัดแปลง ต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

(3) ไอศกรีมผสม ต้องมีมาตรฐานเช่นเดียวกับ (1) หรือ (2) แล้วแต่กรณี ทั้งนี้โดยไม่นับรวมน้ำหนักของผลไม้หรือวัตถุที่เป็นอาหารอื่นผสมอยู่

(4) ไอศกรีมหวานเย็นและไอศกรีมตามข้อ 3(1)(2) หรือ (3) ต้อง

(4.1) ไม่มีกลิ่นหืน

(4.2) ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลได้ โดยให้ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับบลิว เอช โอ, โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO Codex) ที่ว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร และฉบับที่ได้แก้ไขเพิ่มเติม

ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ตามวรรคหนึ่ง ให้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการอาหาร

(4.3) ไม่มีวัตถุกันเสีย

(4.4) มีบักเตรีได้ไม่เกิน 600,000 ในอาหาร 1 กรัม

(4.5) ตรวจไม่พบบักเตรีชนิด อี.โคไล (*Escherichia coli*) ในอาหาร 0.01 กรัม

(4.6) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

(4.7) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

(5) ไอศกรีมชนิดเหลวต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตาม (1)(2) หรือ (3) แล้วแต่กรณี และต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตาม (4) ด้วย

ข้อ 6 ไอศกรีมชนิดแห้ง หรือผง ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(1) ไม่มีกลิ่นหืน

(2) มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของไอศกรีมชนิดนั้น

(3) มีลักษณะไม่เกาะเป็นก้อน ผิดไปจากลักษณะที่ทำขึ้น

(4) ใช้วัตถุที่ให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือใช้ร่วมกับน้ำตาล นอกจากการใช้น้ำตาลได้ โดยให้ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับบลิว เอช โอ, โคเด็กซ์ (Joint FAO/WHO Codex) ที่ว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร และฉบับที่ได้แก้ไขเพิ่มเติม

ในกรณีที่ไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ตามวรรคหนึ่ง ให้สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาประกาศกำหนดโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการอาหาร

(5) ไม่มีวัตถุกันเสีย

(6) มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

(7) มีบักเตรีได้ไม่เกิน 100,000 ในอาหาร 1 กรัม

(8) ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค

(9) ไม่มีสารเป็นพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

ข้อ 7 การใช้วัตถุเจือปนอาหาร ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร

ข้อ 8 ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าไอศกรีมเพื่อจำหน่าย ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร

ข้อ 9 การใช้ภาชนะบรรจุไอศกรีม ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่องภาชนะบรรจุ

ข้อ 10 การแสดงฉลากของไอศกรีม ให้ปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง ฉลาก

ข้อ 11 ประกาศฉบับนี้

(1) ไม่กระทบกระเทือนถึงใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหาร ซึ่งออกให้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 33 (พ.ศ.2522) เรื่อง กำหนดไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต ลงวันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 101 (พ.ศ.2529) เรื่อง กำหนดไอศกรีมเป็น

อาหารควบคุมเฉพาะและกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานและวิธีการผลิต (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ.2529 ก่อนประกาศนี้ใช้บังคับยังคงใช้ได้ต่อไป

(2) ให้ใบสำคัญการใช้ฉลากอาหาร ซึ่งออกให้ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 68 (พ.ศ.2525) เรื่อง ฉลาก ลงวันที่ 29 เมษายน พ.ศ.2525 แก้ไขเพิ่มเติมโดยประกาศกระทรวง สาธารณสุข ฉบับที่ 95 (พ.ศ.2528) เรื่อง ฉลาก (ฉบับที่ 2) ลงวันที่ 30 กันยายน พ.ศ.2528 และฉบับที่ เกี่ยวข้องก่อนประกาศนี้ใช้บังคับยังคงใช้ต่อไปได้ไม่เกินสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ"

ข้อ 12 ให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้าไอศกรีมที่ได้รับอนุญาตอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ ยื่นคำขอรับเลขสารบบอาหารภายในหนึ่งปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ เมื่อได้ยื่นคำขอดังกล่าวแล้วให้ได้รับการผ่อนผันการปฏิบัติตามข้อ 8 ภายในสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ และให้คงใช้ฉลากเดิมที่เหลืออยู่ต่อไป จนกว่าจะหมดแต่ต้องไม่เกินสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 13 ประกาศนี้ ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ.2544 เป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ.2544

สุดารัตน์ เกยุราพันธุ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนพิเศษ 70 ง. ลงวันที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ.2544)

ภาคผนวก ค

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

เรื่อง น้ำมันมะพร้าว

(สำเนา)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข

(ฉบับที่ 235) พ.ศ.2544

เรื่อง แก้ไขเพิ่มเติมประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำมันมะพร้าว

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง น้ำมันมะพร้าว

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 5 และมาตรา 6(3)(4)(5)(6)(7) และ (10) แห่งพระราชบัญญัติอาหาร พ.ศ.2522 อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา 29 ประกอบกับมาตรา 35 มาตรา 48 และมาตรา 50 ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมายรัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุขออกประกาศไว้ ดังต่อไปนี้

ข้อ 1 ให้ยกเลิกความในข้อ 1 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำมันมะพร้าว ลงวันที่ 20 มกราคม พ.ศ.2524 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

“ข้อ 1 ให้น้ำมันมะพร้าวที่ได้จากเนื้อของมะพร้าวที่มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า โคคอส นิวซิเฟอรา (*Cocos nucifera*) เป็นอาหารที่กำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน”

ข้อ 2 ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นวรรคสองของข้อ 2 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำมันมะพร้าว ลงวันที่ 20 มกราคม พ.ศ.2524

“ผู้ผลิตหรือผู้นำเข้าน้ำมันมะพร้าวเพื่อจำหน่าย ต้องปฏิบัติตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขว่าด้วยเรื่อง วิธีการผลิต เครื่องมือเครื่องใช้ในการผลิต และการเก็บรักษาอาหาร”

ข้อ 3 ให้เพิ่มความต่อไปนี้เป็นข้อ 8 และข้อ 9 แห่งประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำมันมะพร้าว ลงวันที่ 20 มกราคม พ.ศ.2524

“ข้อ 8 ใบสำคัญการขึ้นทะเบียนตำรับอาหารหรือใบสำคัญการใช้ฉลากอาหารตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 57 (พ.ศ.2524) เรื่อง น้ำมันมะพร้าว ลงวันที่ 20 มกราคม พ.ศ.2524 ซึ่งออกให้ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ ให้ยังคงใช้ต่อไปได้อีกสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ

ข้อ 9 ให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้าน้ำมันมะพร้าวที่ได้รับอนุญาตอยู่ก่อนวันที่ประกาศนี้ใช้บังคับยื่นคำขอรับเลขสารบบอาหารภายในหนึ่งปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ เมื่อยื่นคำขอดังกล่าว

แล้วให้ได้รับการผ่อนผันการปฏิบัติตามวรรค 2 ของข้อ 2 ภายในสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ และให้คงใช้ฉลากเดิมต่อไปได้แต่ต้องไม่เกินสองปี นับแต่วันที่ประกาศนี้ใช้บังคับ”

ข้อ 4 ประกาศนี้ ให้ใช้บังคับตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 20 สิงหาคม พ.ศ.2544

สุดารัตน์ เกยุราพันธุ์

รัฐมนตรีว่าการกระทรวงสาธารณสุข

(ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 118 ตอนพิเศษ 82 ง. ลงวันที่ 22 สิงหาคม พ.ศ.2544)

ภาคผนวก ง

การตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี

1. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่

1.1 การวัดความข้นหนืด

วัดความข้นหนืดของไอศกรีมมิกซ์ โดยใช้เครื่อง Brookfield Viscometer รุ่น DV-II ในการทดสอบไอศกรีมที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยนำไอศกรีมมาทดสอบจำนวน 600 มิลลิลิตร ใส่บีกเกอร์แล้ววัดด้วยเครื่อง (Brookfield Viscometer รุ่น DV-II) ใช้หัวเบอร์ 5 ความเร็วรอบในการหมุน 50 รอบ ต่อนาที และอ่านค่าหลังมอเตอร์หมุน 30 วินาที และอุณหภูมิของส่วนผสมไอศกรีมขณะที่ใช้ในการวัดอยู่ที่ 10 ± 1 องศาเซลเซียส ดัดแปลงจาก Dervisoglu [87]

หมายเหตุ : ทำการวัดสูตรทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัวอย่าง

2.2 การวัดสีอาหาร

การวัดสีโดยใช้เครื่อง Hunter lab วัดค่าสีด้วยระบบฮันเตอร์ โดยอ่านค่าสี L* เป็นค่าความสว่าง (Lightness) a* เป็นค่าสีแดงและเขียว (Redness/Greeness) และ b* เป็นค่าสีเหลืองและสีน้ำเงิน (Yellowness/Buleness) ดังนี้

L* คือค่าความสว่าง	มีค่าอยู่ในช่วง 0 - 100
a* คือค่าเสียงแดง	เมื่อ a* มีค่าบวกเป็นสีแดง
	เมื่อ a* มีค่าลบเป็นสีเขียว
b* คือค่าสีเหลือง	เมื่อ b* มีค่าบวกเป็นสีเหลือง
	เมื่อ b* มีค่าลบเป็นสีน้ำเงิน

หมายเหตุ : ทำการวัดสูตรทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัวอย่าง

2.3 การวัดค่า % Overrun

โดยทำการชั่งน้ำหนักส่วนผสมของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่อุณหภูมิประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส ที่ผ่านการบ่มแล้วบรรจุเต็มถ้วยพลาสติกก่อนนำไปปั่นแช่แข็งและเมื่อปั่นไอศกรีมจนแข็งตัวแล้วตักไอศกรีมที่ได้ลงในถ้วยพลาสติกใบเดิมให้เต็มถ้วยโดยมีปริมาตรเท่ากันกับปริมาตรส่วนผสมไอศกรีมชั่งน้ำหนักไอศกรีมภายหลังการปั่น [48]

$$\text{ค่าโอเวอร์รัน} = \frac{(\text{น้ำหนักส่วนผสมหนึ่งหน่วยปริมาตร} - \text{น้ำหนักของปริมาตรไอศกรีมหนึ่งหน่วย}) \times 100}{\text{น้ำหนักไอศกรีมหนึ่งหน่วยปริมาตร}}$$

หมายเหตุ : ทำการวัดสูตรทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัวอย่าง

2.4 การวัดอัตราการละลาย

โดยมีวิธีการดังนี้ นำตัวอย่างไอศกรีมที่บรรจุเต็มถ้วยพลาสติกและชั่งน้ำหนักที่แน่นอน 50 ± 5 กรัม ไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -24 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ก่อนนำมาทดสอบการละลายและนำเนื้อไอศกรีมวางบนตะแกรงขนาด 4 mesh วางลงบนกรวยที่รองรับด้วยบีกเกอร์ภายในห้องปรับอากาศที่อุณหภูมิ 25 ± 1 องศาเซลเซียส เริ่มจับเวลาการละลายเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมที่ระดับลึกจากผิวหน้า 1 เซนติเมตร ที่อุณหภูมิ -13 ± 0.5 องศาเซลเซียส ทำการจับเวลาต่อทุก ๆ 30 นาที ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายผ่านตะแกรง แล้วทำการคำนวณน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายคิดเทียบน้ำหนักไอศกรีม 100 กรัม รายงานเป็นอัตราการละลาย /100 กรัม (กรัม/นาที)

$$\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลายต่อ 100 กรัม (กรัม)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย} \times 100}{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่เริ่มต้น}}$$

หมายเหตุ : ทำการวัดสูตรทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ตัวอย่าง

2. การตรวจวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ได้แก่

2.1 การวัดปริมาณไขมัน โดยใช้เครื่องสกัด (Soxhlet apparatus) ตามวิธี AOAC [88] ดังนี้

- เตรียมตัวอย่างอาหารที่เป็นของเหลว ต้องทำให้อาหารอยู่ในสภาพของแข็งโดยการนำไปอบจนแห้งแล้วนำไปเก็บไว้ใน Vacuum Dessicator

- อบกระบอกวิเคราะห์ไขมัน (Extraction cup) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นานประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อหาน้ำหนักของกระบอกหาไขมัน (ก่อนนำมาใช้ทุกครั้ง)

- ชั่งตัวอย่างอาหารประมาณ 2-3 กรัม บนกระดาษกรองและห่อให้มิดชิดแล้วนำไปใส่ในหลอดตัวอย่าง (Thimble) นำ Oring มาครอบปิดบน Thimble เข้าใส่ใน Thimble adapter (ควรใส่ถุงมือเพื่อป้องกันการปนเปื้อนไขมันจากมือ)

- เติมตัวทำลายเติมปิโตรเลียมอีเทอร์ ประมาณ 50 – 70 มล. ลงในกระบอกวิเคราะห์ไขมัน (Extraction cup) ที่ผ่านการอบและทราบน้ำหนักที่แน่นอนนำมาวางที่ Heating plate ติดแน่นกับ Extraction cup ปิดที่ยกแก้วที่ยกแก้วที่อยู่ส่วนกลั่นให้อยู่ในตำแหน่งตั้ง

- เปิดเครื่องพร้อมตั้งโปแกรมการทำงานโดยตั้งอุณหภูมิของ Heating plate ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส Immersion 30 นาที Washing 30 นาที และ Recover 50 นาที (ขึ้นอยู่กับชนิดหรือตัวอย่างของอาหาร)

- เมื่อครอบเวลาการสกัดไขมันทุกขั้นตอน แล้วนำปริมาณไขมันที่สกัดได้ใน Extraction cup ไประเหยให้แห้งบน Water bater แล้วนำไปอบต่อในตู้อบรมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นแล้วชั่งน้ำหนักหาปริมาณไขมันที่เหลืออยู่ คำนวณหาปริมาณไขมันทั้งหมดในตัวอย่างอาหารจากสูตร

วิธีการคำนวณ

$$\text{คำนวณหาปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละปริมาณทั้งหมด} = \frac{(W3 - W2)}{W1} \times 100$$

เมื่อ W1 = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น มีหน่วยเป็น กรัม

W2 = น้ำหนักบีกเกอร์ มีหน่วยเป็น กรัม

W3 = น้ำหนักบีกเกอร์ที่มีไขมัน มีหน่วยเป็น กรัม

ภาคผนวก จ

ตารางแสดงแสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่มีอัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวต่างกัน 5 สูตรทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวที่มีอัตราส่วนน้ำมันมะพร้าวต่างกัน 5 สูตรทดลอง

สูตรทดลองที่ (Treatment)	คุณภาพทางกายภาพ					
	ความหนืด	ค่า % Overrun	อัตราการละลาย	ค่าสี		
	(cP.)	(%)	(%)	L*	a*	b*
1	2232±226.84[a]	27.20±0.99[b]	30.45±0.18[d]	98.13	-1.52	15.45
2	1152 ±48.66[b]	37.78±0.14[a]	74.99±1.43[c]	98.30	-1.32	13.60
3	491.33±23.18[c]	19.59±3.62[c]	78.30±0.54[b]	96.20	-1.52	13.12
4	157.33±4.62[d]	11.47±027[d]	79.80±1.36[b]	98.32	-1.49	14.19
5	104.33±7.51[d]	9.66±3.51[d]	94.30±1.00[a]	98.52	-1.78	14.27

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

* (สูตรทดลองที่ l) เป็นไอศกรีมนมสูตรทางการค้า ใช้เป็นตัวควบคุม

ภาคผนวก ฉ

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบผลิตภัณฑ์

ตารางภาคผนวกที่ ฉ. 1 แสดงคะแนนค่าเฉลี่ยความหนืด (cP.) ของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลองที่ (Treatment)	ค่าความหนืดของผลิตภัณฑ์ (cP.)			ค่าเฉลี่ย (%)
	Block 1	Block 2	Block 3	
1	2488	2152	2056	2232.00
2	1096	1184	1176	1152.00
3	516	470	488	491.33
4	160	160	152	157.33
5	112	97	104	104.33

หมายเหตุ : ค่าที่มีอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตารางภาคผนวกที่ ฉ. 2 แสดงคะแนนค่าเฉลี่ยอัตราการละลายของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลองที่ (Treatment)	ค่าอัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ (กรัม / นาที)			ค่าเฉลี่ย (%)
	Block 1	Block 2	Block 3	
1	30.32	30.38	30.66	30.45
2	74.54	74.84	75.58	74.99
3	78.92	76.74	79.24	78.30
4	81.42	78.74	79.24	79.80
5	93.14	94.9	94.86	94.30

หมายเหตุ : ค่าที่มีอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตารางภาคผนวกที่ ฉ. 3 แสดงคะแนนค่าเฉลี่ย % Overrun ของไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลองที่ (Treatment)	ค่า % Overrun ของผลิตภัณฑ์			ค่าเฉลี่ย (%)
	Block 1	Block 2	Block 3	
1	27.20	26.21	28.19	27.20
2	37.94	37.72	37.69	37.78
3	23.72	18.07	16.98	19.59
4	11.65	11.60	11.16	11.47
5	13.66	8.24	7.08	9.66

หมายเหตุ : ค่าที่มีอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตารางภาคผนวกที่ ฉ. 4 แสดงคะแนนค่าเฉลี่ยค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลองที่ (Treatment)	ค่าความสว่าง (L*) ของผลิตภัณฑ์			ค่าเฉลี่ย (%)
	Block 1	Block 2	Block 3	
1	97.68	98.35	98.37	98.13
2	98.35	98.27	98.29	98.30
3	96.14	96.18	96.29	96.20
4	98.23	98.46	98.27	98.32
5	98.48	98.43	98.64	98.52

หมายเหตุ : ค่าที่มีอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตารางภาคผนวกที่ ฉ. 5 แสดงคะแนนค่าเฉลี่ยสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลองที่ (Treatment)	ค่าสีแดง (a*) ของผลิตภัณฑ์			ค่าเฉลี่ย (%)
	Block 1	Block 2	Block 3	
1	-1.52	-1.52	-1.51	-1.52
2	-1.35	-1.37	-1.35	-1.36
3	-1.25	-1.21	-1.28	-1.25
4	-1.52	-1.46	-1.48	-1.49
5	-1.72	-1.67	-1.96	-1.78

หมายเหตุ : ค่าที่มีอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ตารางภาคผนวกที่ ฉ. 6 แสดงคะแนนค่าเฉลี่ยสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลองที่ (Treatment)	ค่าสีเหลือง (b*) ของผลิตภัณฑ์			ค่าเฉลี่ย (%)
	Block 1	Block 2	Block 3	
1	15.43	15.45	15.48	15.45
2	13.42	13.71	13.67	13.60
3	13.09	13.11	13.17	13.12
4	14.04	14.28	14.25	14.19
5	14.24	14.30	14.27	14.27

หมายเหตุ : ค่าที่มีอักษรภาษาอังกฤษไม่เหมือนกัน มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเป็นไปได้ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

ภาคผนวก ช.

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางที่ 1 แสดงค่าคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

สูตรทดลอง	คุณภาพทางประสาทสัมผัส				
	รสชาติ ns	กลิ่น ns	สี ns	เนื้อสัมผัส ns	ความชอบโดยรวม ns
1	7.30±1.34	6.60±1.30	7.67±0.92	7.13±0.78	7.23±1.17
2	7.07±1.39	6.67±1.15	7.53±0.94	7.47±0.86	7.30±1.15
3	7.27±1.14	7.03±1.25	7.73±0.79	7.47±0.82	7.33±0.80
4	7.07±1.05	6.73±1.11	7.70±0.71	7.13±1.04	7.03±1.00
5	7.10±1.06	6.90±1.16	7.73±0.69	7.47±0.78	7.23±0.86

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านรสชาติของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	1.560(a)	4	.390	.269	.898
Intercept	7689.840	1	7689.840	5294.524	.000
Treatment	1.560	4	.390	.269	.898
Error	210.600	145	1.452		
Total	7902.000	150			
Corrected Total	212.160	149			

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	3.773(a)	4	.943	.660	.621
Intercept	6908.827	1	6908.827	4830.183	.000
Treatment	3.773	4	.943	.660	.621
Error	207.400	145	1.430		
Total	7120.000	150			
Corrected Total	211.173	149			

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	.693(a)	4	.173	.259	.904
Intercept	8801.340	1	8801.340	13161.165	.000
Treatment	.693	4	.173	.259	.904
Error	96.967	145	.669		
Total	8899.000	150			
Corrected Total	12.176	14			

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพทางด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	4.000(a)	4	1.000	1.351	.254
Intercept	8066.667	1	8066.667	10897.516	.000
Treatment	4.000	4	1.000	1.351	.254
Error	107.333	145	.740		
Total	8178.000	150			
Corrected Total	111.333	149			

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านความชอบโดยรวมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

Source	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	1.627(a)	4	.407	.402	.807
Intercept	7833.707	1	7833.707	7744.687	.000
Treatment	1.627	4	.407	.402	.807
Error	146.667	145	1.011		
Total	7982.000	150			
Corrected Total	148.293	149			

ตารางที่ 7 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติทางกายภาพด้านการตรวจสอบความข้นหนืด ค่า % Overrun และอัตราการละลายของการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

หน่วยการทดลอง	คุณภาพทางกายภาพ		
	ความหนืด	ค่า % Overrun	อัตราการละลาย
1	2232±226.84^{a}	27.20±0.99^{b}	30.45±0.18^{d}
2	1152±48.66^{b}	37.78±0.14^{a}	74.99±1.43^{b}
3	491.33±23.18^{c}	19.59±3.62^{c}	78.30±0.54^{c}
4	157.33±4.62^{d}	11.47±027^{d}	79.80±1.36^{b}
5	104.33±7.51^{d}	9.66±3.51^{d}	94.30±1.00^{a}

ตารางที่ 8 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของคุณภาพกายภาพด้านสี ของการผลิตไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

หน่วยการทดลอง	คุณภาพทางกายภาพ		
	ความสว่าง L*	สีแดง a*	สีเหลือง b*
1	98.13±0.39^{b}	-1.52±0.01^{c}	15.45±0.03^{a}
2	98.30±0.04^{ab}	-1.36±0.01^{ab}	13.60±0.16^{c}
3	96.20±0.08^{c}	-1.25±0.04^{a}	13.12±0.04^{d}
4	98.32±0.12^{ab}	-1.49±0.03^{bc}	14.19±0.13^{b}
5	98.52±0.11^{a}	-1.78±0.16^{d}	14.27±0.03^{b}

L* แสดงค่า ความมืด-สว่าง มีค่าตั้งแต่ 0-100

a* แสดงค่า สีแดง - สีเขียว (+a* = สีแดง : - a* = สีเขียว)

b* แสดงค่า สีเหลือง - สีน้ำเงิน (+b* = สีเหลือง: - b* = สีน้ำเงิน)

หมายเหตุ : ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ภาคผนวก ซ

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวกที่ ช. 1 แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ชุดที่ 1)

แบบประเมินการยอมรับของผู้บริโภค

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

แบบประเมินนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวทดแทนครีม จึงขอความร่วมมือจากผู้บริโภคประเมินผลการทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยชิมตามตัวอย่างที่จัดเรียงและให้คะแนนตามความรู้สึกของท่านที่มีต่อผลิตภัณฑ์ โดยมีหลักเกณฑ์ให้คะแนนดังนี้

คำแนะนำ : กรุณาดื่มน้ำก่อนชิมตัวอย่างทุกครั้ง

1 = ไม่ชอบมากที่สุด **2** = ไม่ชอบมาก **3** = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย **5** = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ **6** = ชอบส่วนน้อย

7 = ชอบ **8** = ชอบมาก **9** = ชอบมากที่สุด

คุณลักษณะผลิตภัณฑ์	คะแนนความชอบของตัวอย่าง				
	ตัวอย่าง 01	ตัวอย่าง 02	ตัวอย่าง 03	ตัวอย่าง 04	ตัวอย่าง 05
รสชาติ					
กลิ่น					
สี					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบโดยรวม					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวกที่ ซ. 2 แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ชุดที่ 2)

แบบสอบถาม
ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

คำชี้แจง

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยเรื่อง "การประยุกต์ใช้น้ำมันมะพร้าวทดแทนครีมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม" เพื่อใช้เป็นแนวทางการพัฒนาไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวต่อไป

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลลักษณะทางประชากรศาสตร์

ตอนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภค

ตอนที่ 3 ข้อมูลทางวิชาการเรื่องของน้ำมันมะพร้าวที่เป็นส่วนประผสมหลักในการผลิตไอศกรีม

ตอนที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

1. โปรดตอบคำถามทุกข้อตามความเป็นจริง เพราะคำตอบที่เป็นจริงและสมบูรณ์เท่านั้น
2. จะช่วยให้การวิจัยในครั้งนี้เกิดประโยชน์อย่างเต็มที่
3. คำตอบของท่าน ผู้วิจัยจะเก็บเป็นความลับ และจะประมวลผลเป็นรายงานในภาพรวมเพื่อการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ของงานวิจัย

ดังนั้น จึงขอความร่วมมือทุกท่านกรอกแบบสอบถามเพื่อข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทดสอบงานวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าวครั้งนี้ โดยจะไม่มีผลใดๆ ต่อผู้ตอบแบบสอบถามทั้งสิ้น

<u>คำแนะนำ</u> **โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ☐ ที่ตรงกับความเป็นจริงของท่านมากที่สุด**

<u>ตอนที่ 1</u> **ข้อมูลทางประชากรศาสตร์** **สำหรับผู้ทำวิจัย**

1. เพศ ☐ ชาย ☐ หญิง **☐ A**
2. อายุ ☐ 16 – 25 ปี ☐ 26 – 35 ปี **☐ B**
   ☐ 36 – 45 ปี ☐ 46 – 55 ปี ☐ มากกว่า 55 ปี
3. ระดับการศึกษา ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น ☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย/ ปวช. **☐ C**
   ☐ อนุปริญญา/ ปวส. ☐ ปริญญาตรี
   ☐ สูงกว่าปริญญาตรี
4. อาชีพ ☐ นักเรียน/นักศึกษา ☐ ข้าราชการ **☐ D**
   ☐ พนักงานของรัฐ / รัฐวิสาหกิจ ☐ ธุรกิจส่วนตัว
   ☐ พนักงานบริษัท ☐ แม่บ้าน
   ☐ อื่นๆ (ระบุ).....
5. รายได้ต่อเดือน ☐ 5,000 บาท ☐ 5,001-7,000 บาท **☐ E**
   ☐ 7,001-9,000 บาท ☐ 9,001-11,000 บาท
   ☐ 11,001 -14,000 บาทขึ้นไป

<u>ตอนที่ 2</u>ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมและทัศนคติของผู้บริโภค

6. ท่านรับประทานไอศกรีมบ่อยแค่ไหน **☐ F**
   ☐ ทุกวัน ☐ 3-4 ครั้ง/ สัปดาห์
   ☐ 1-2 ครั้ง/ สัปดาห์ ☐ น้อยกว่า 1-2 ครั้ง/ สัปดาห์
   ☐ อื่นๆ (ระบุ).....
7. เหตุผลที่ท่านต้องการซื้อไอศกรีมในแต่ละครั้ง **☐ G**
   ☐ เพื่อรับประทานเอง ☐ เพื่อเป็นของฝาก
   ☐ อยากทดลองชิมผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

8. ปัญหาที่ท่านพบในการรับประทานไอศกรีม (ตอบได้มากกว่า 1 คำตอบ) ☐ **H1**

☐ บรรจุภัณฑ์ไม่น่าสนใจ ☐ ทำให้อ้วน ☐ **H2**

☐ ละลายเร็ว ☐ ไม่หลากหลาย ☐ **H3**

☐ มีน้อยยี่ห้อ ☐ ราคาแพง ☐ **H4**

☐ อื่น ๆ (ระบุ)..... ☐ **H5**

9. ท่านนิยมรับประทานไอศกรีมในรูปแบบใดบ่อยที่สุด ☐ **I1**

☐ แบบโคน ☐ **I2**

☐ แบบถ้วย ☐ **I3**

☐ แบบควอร์ ☐ **I4**

☐ แบบกล่อง ☐ **I5**

☐ แบบตักพร้อมทาน ☐ **I6**

☐ แบบแท่ง ☐ **I7**

10. ท่านรับประทานไอศกรีมครั้งละกี่ลูก (Scoop) ☐ **J**

☐ ครั้งละ 1 ลูก

☐ ครั้งละ 2 ลูก

☐ ครั้งละ 3 ลูก

☐ อื่น ๆ (ระบุ).....

11. สถานที่ใดที่ท่านนิยมเลือกซื้อไอศกรีม ☐ **K**

☐ ห้างสรรพสินค้า ☐ ร้านเบอเกอรี่

☐ ร้านเฟรนด์ไชน์ ☐ ร้านไอศกรีม

☐ ร้านขายผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ☐ ร้าน **7-ELEVEN**

<u>ตอนที่ 3</u>ข้อมูลพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

น้ำมันมะพร้าวมีคุณสมบัติที่เด่นคือ เป็นน้ำมันอิ่มตัวที่มีกรดไขมันขนาดกลาง มีสารฆ่าเชื้อโรค และมีสารแอนตีออกซิแดนต์ (Antioxidant) สูง เมื่อมีอุณหภูมิสูงจะไม่เกิดอนุมูลอิสระและไขมันทรานส์ ยังเปลี่ยนเป็นพลังงานได้อย่างรวดเร็ว ไม่เกิดไขมันสะสมในร่างกายสามารถช่วยเผา

ผลาญไขมันที่สะสมไว้ มีกรดลอริค และวิตามินอีที่ดีต่อสุขภาพและมีผลในการต่อต้านเชื้อไวรัส แบคทีเรีย และโปรโตซัว จึงทำให้ร่างกายไม่ติดเชื้อบางอย่าง น้ำมันมะพร้าวมีการรายงานว่าช่วยป้องกันตับจากการถูกทำลายด้วยอัลกอฮอล์ รวมทั้งมีผลในการปรับปรุงระบบภูมิคุ้มกันต่อการอักเสบ นอกจากนั้นน้ำมันมะพร้าวยังมีจำนวนแคลอรี่เพียง 3,910 กิโลแคลอรี่ (ณรงค์, 2554) น้ำมันมะพร้าวมีคุณค่าทางโภชนาการและได้รับการรับรองจากหน่วยงานและสถาบันทางด้าน การตรวจสอบ และความปลอดภัยของอาหารทั้งในประเทศไทยและประเทศทั่วโลกมีการรับรองถึงมาตรฐานสากลในด้านคุณค่า และความปลอดภัยต่อสุขภาพร่างกายในการบริโภค

12. ท่านคิดว่าน้ำมันมะพร้าวมีประโยชน์ต่อสุขภาพของท่านหรือไม่ ☐ **L**

☐ มีมาก

☐ มีส่วนน้อย

☐ ไม่มีเลย

13. ท่านทราบข้อมูลเกี่ยวกับน้ำมันมะพร้าวหรือไม่ ☐ **M**

☐ ทราบดีเลย

☐ ทราบปานกลาง

☐ ทราบเล็กน้อย

☐ ไม่ทราบเลย

14. ถ้ามีการนำสินค้าไอศกรีมจากน้ำมันมะพร้าวออกมาวางตลาดท่านจะซื้อหรือไม่ ☐ **N**

☐ ซื้อ ☐ ไม่ซื้อ

15. เหตุผลที่ท่านเลือกรับประทานไอศกรีมจากน้ำมันมะพร้าวเนื่องจาก ☐ **O1**

☐ ความแปลกใหม่ ☐ **O2**

☐ อยากทดลองชิม ☐ **O3**

☐ มีคุณค่าทางโภชนาการ ☐ **O4**

☐ กลิ่นและรสน่ารับประทาน ☐ **O5**

☐ อื่นๆ (ระบุ)..... ☐ **O6**

16. ท่านคิดว่าไอศกรีมราคา 1 Scoop (ลูก) ควรมีราคาเท่าไร ☐ **P**

☐ ราคา 29 ☐ ราคา 35

☐ ราคา 40 ☐ ราคา 49

ตอนที่ 4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมน้ำมันมะพร้าว

โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับช่องความสำคัญของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูลผลิตภัณฑ์	ระดับความสำคัญ				
	5	4	3	2	1
1. รสชาติ					
2. ราคา					
3. การโฆษณา					
4. คุณค่าทางโภชนาการ					
5. กระแสรักษาสุขภาพ					
6. ปริมาณแคลอรี่					
7. อยากทดลองสินค้าแปลกใหม่					
8. ความสะดวกในการซื้อ					
9. บรรจุภัณฑ์สวยงาม					
10. ขนาดบรรจุภัณฑ์					
11. ความทันสมัย					
12. สภาพอากาศ					
13. รูปแบบไอศกรีม					

ความคิดเห็นอื่น ๆ หรือข้อเสนอแนะเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากน้ำมันมะพร้าว

.....

.....

.....

.....

.....

ขอบคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

นักศึกษาปริญญาโท คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญญบุรี

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวปุญญิศา โยนกรอง
วัน เดือน ปีเกิด	เกิดเมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม พ.ศ. 2526
ที่อยู่	33 ม.10 ซ.ดาราวิดีโอ ถ.ปทุม-บางเลน ต.คูบางหลวง อ.ลาดหลุมแก้ว จังหวัดปทุมธานี 12140
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาบรรณารักษ์ศาสตร์และสารนิเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในปีการศึกษา 2548 ศึกษาต่อหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต คณะเทคโนโลยี คหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประสบการณ์การทำงาน	**ครูบรรณารักษ์** โรงเรียนปทุมวิไล เริ่มทำงาน 20 พฤษภาคม 2548 ถึง 31 ธันวาคม 2549 **เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป (**เจ้าหน้าที่บรรณารักษ์, เลขานุการ**)** กรมทางหลวงชนบท เริ่มทำงาน 01 มกราคม 2550 ถึง 31 ตุลาคม 2553 **นักวิชาการศึกษา (**เจ้าหน้าที่บรรณารักษ์**)** ห้องสมุดคณะ- วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี เริ่มทำงาน 01 มกราคม 2554 ถึง 30 มิถุนายน 2555 **ปัจจุบันอาจารย์** สังกัดหมวดการงานอาชีพและเทคโนโลยี โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย
อีเมล์	**Punyisafoods@gmail.com**