สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ผลกระทบของสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

IMPACT OF A PROTEIN BASED FAT REPLACER ON QUALITY OF VANILLA FLAVORED ICE CREAM

T 061008

ศิรดา สันติศรีวราภรณ์

SIRADA SUNTISRIWARAPORN

วท.
ศ439ผ
2548

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61008
วัน,เดือน,ปี - 7 ก.ค. 2549

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2548

ISBN 974-15-1692-4

1155311X
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMPACT OF A PROTEIN BASED FAT REPLACER ON QUALITY OF VANILLA FLAVORED ICE CREAM

SIRADA SUNTISRIWARAPORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN FOOD SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2005

ISBN 974-15-1692-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2005

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลกระทบของสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา
นักศึกษา	นางสาวศิรดา สันติศรีวราภรณ์
รหัสประจำตัว	45067018
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์การอาหาร
พ.ศ.	2548
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5, 5.0 และ 2.5 เปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุม (ไขมันนมร้อยละ 10.0) พบว่า เมื่อใช้ปริมาณของซิมเพลส-100 ในส่วนผสมไอศกรีมมากขึ้นทำให้ค่า consistency index ของส่วนผสมไอศกรีมมากขึ้น ค่าโอเวอร์รันต่ำลง แต่ไม่มีผลต่ออัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ ผลิตภัณฑ์มีสีขาวปนเหลืองและมีแนวโน้มการมีสีเขียวและสีเหลืองมากขึ้นเมื่อใช้ปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้น เมื่อพิจารณาโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด แสดงให้เห็นว่าซิมเพลส-100 เกิดโครงสร้างร่างแหกลายเป็นเจลและมีคุณสมบัติในการเกิดโฟมส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ ไอศกรีมที่มีไขมันนมลดลงแต่มีปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้นทำให้สารระเหยในกลุ่ม methyl ketone ได้แก่ 2-heptanone, 2-nonanone, 2-undecanone, 2-tridecanone และ aldehyde ได้แก่ nonanal มีความเข้มข้นลดลง ขณะที่ความเข้มข้นของ δ–dodecalactone ลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ δ-decalactone เมื่อปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้นทำให้ไอศกรีมมีความเข้มข้นของวานิลลินมากขึ้นด้วย ผลการทดสอบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสโดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝน 10 คน พบว่า ปริมาณของซิมเพลส-100 ไม่มีผลต่อการรับรู้กลิ่นวานิลลา กลิ่นเนย กลิ่นนม แต่ทำให้การรับรู้กลิ่นคาราเมลและความหวานของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มมากขึ้น ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความเรียบเนียนและความเป็นครีมไม่ต่างจากไอศกรีมสูตรควบคุม ($p>0.05$) คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 และร้อยละ 5.0 ไม่ต่างกัน ($p>0.05$) โดยคะแนนอยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 มีคะแนนความชอบต่ำกว่าสูตรอื่นในทุกด้านของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ($p\leq0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Impact of a Protein Based Fat Replacer on Quality of Vanilla Flavored Ice Cream
Student	Miss. Sirada Suntisriwaraporn
Student ID.	45067018
Degree	Master of Science
Programme	Food Science
Year	2005
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Wanna Tungjaroenchai

ABSTRACT

Impacts of a protein based fat replacer on physical, microstructural, flavor volatiles, and sensory qualities of vanilla flavored ice cream were investigated. Reduced fat, light fat, and low fat vanilla flavored ice cream (7.5%, 5.0%, and 2.5% of milk fat, respectively) were made with Simplesse®-100 compared with a control ice cream (10% milk fat). Flow behavior of ice cream mixes containing different fat levels reflected that they were pseudoplastic. As Simplesse®-100 level increased, consistency index of ice cream mixes significantly increased, while its overrun decreased. Neither fat nor Simplesse®-100 level affected its melting rate. Color of ice cream measured by a chroma meter was yellow-white and it was yellow-green when the level of Simplesse®-100 increased. Cryo-scanning electron micrographs indicated that gelling and foaming properties of Simplesse®-100 affected both textural and sensory properties of ice cream. As the level of Simplesse®-100 increased with a decrease in milk fat level, concentrations of 2-heptanone, 2-nonanone, 2-undecanone, 2-tridecanone, nonanal, and δ–dodecalactone decreased, while vanillin concentration significantly increased. Trained panelists (n=10) conducted descriptive sensory analysis of ice cream containing different levels of the fat replacer. Incorporation of Simplesse®-100 did not result in difference in vanilla, butter, milky flavor perceptions, however perception of sweet and caramel flavors increased as the amount of Simplesse®-100 increased. Results of acceptance evaluation (n=50) of ice cream showed that the panelists equally preferred all attributes of reduced, low fat and the control.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.วรรณา ตั้งเจริญชัย ที่กรุณาให้เกียรติเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ซึ่งได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็น แนวทางการแก้ไขปัญหาตลอดจนให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านแก่ข้าพเจ้า รวมทั้งกรุณาสละเวลาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.พอใจ ถามากร และ ดร.กิตติชัย บรรจง ที่กรุณาให้เกียรติเป็นกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นอันเป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้าอย่างยิ่ง ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ Asst. Prof. Dr. Roberto S. Chamul, California State University, Los Angeles ที่กรุณาให้คำปรึกษาเรื่องการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีม

ขอขอบพระคุณ คุณรุจิพร ประทีปเสน ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา และช่วยให้การศึกษาโครงสร้างระดับจุลภาคของไอศกรีมเสร็จสมบูรณ์ด้วยดี ทั้งยังให้ความรู้เกี่ยวกับเครื่อง Cryo-SEM และเทคนิคต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์อย่างมากแก่ข้าพเจ้าอีกด้วย

ขอขอบพระคุณพ่อแม่และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้กำลังใจ ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดมา

ขอขอบคุณ คุณอรอุมา เกตุชาติ ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อำนวยความสะดวกและช่วยให้การศึกษาสารระเหยของไอศกรีมด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี–แมสสเปกโทรมิเตอร์ เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี ขอขอบคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้องนักศึกษาระดับปริญญาตรีและปริญญาโททุกท่านที่สละเวลามาประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมและคอยให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการปฏิบัติการ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ธุรการในงานเอกสารต่าง ๆ ทำให้งานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบความดีทั้งหมดแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ศิรดา สันติศรีวราภรณ์

พฤษภาคม 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญภาพ	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไอศกรีม	3
2.2 องค์ประกอบของไอศกรีม	3
2.3 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม	5
2.4 การเกิดโครงสร้างของไอศกรีม	6
2.5 สารทดแทนไขมัน	10
2.6 การใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
3.1 วัตถุดิบ	17
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต	17
3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	18
3.4 สถานที่ทำการทดลอง	18
3.5 วิธีการทดลอง	18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง	23
4.1 การผลิตไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนม	23
4.2 ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	23
4.3 ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	29
4.4 ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	33
4.5 ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	37
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	42
บรรณานุกรม	43
ภาคผนวก	49
ภาคผนวก ก. รูปภาพจากการทดลอง	50
ภาคผนวก ข. องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	54
ภาคผนวก ค. กราฟมาตรฐานของสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	59
ภาคผนวก ง. การฝึกฝนผู้ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส	62
ภาคผนวก จ. แบบประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส	64
ประวัติผู้เขียน	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ขนาดและปริมาณขององค์ประกอบที่สำคัญในไอศกรีม.....	7
4.1	คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา.....	24
4.2	ผลการวิเคราะห์สีของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา.....	29
4.3	ปริมาณสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา.....	33
4.4	ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา.....	38
4.5	ผลการประเมินความชอบของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา.....	40
ข.1	องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุม (ไขมันนมร้อยละ 10.0).....	55
ข.2	องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 7.5).....	56
ข.3	องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 5.0).....	57
ข.4	องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 2.5).....	58
ง.1	ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส.....	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ผังการผลิตไอศกรีม	6
2.2	โครงสร้างของส่วนผสมไอศกรีมและไอศกรีม	8
2.3	การพัฒนาโครงสร้างของไอศกรีมในขั้นตอนการผลิต	8
2.4	ก. TEM-micrograph ของโครงสร้างส่วนผสมไอศกรีม	9
	ข. Cryo-SEM-micrograph ของเซลล์อากาศในไอศกรีม	9
	ค. TEM-micrograph ของโครงสร้างไอศกรีม	9
	ง. TEM-micrograph ของโครงสร้างไอศกรีมที่ละลาย	9
2.5	SEM-micrograph ของ ซิมเพลส-100 (Simplesse-100)	11
2.6	TEM-micrographs ของโครงสร้างไอศกรีมชนิด full fat และไอศกรีมที่มีซิมเพลส	13
4.1	ลักษณะของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนม	23
4.2	ความสัมพันธ์ระหว่างค่า consistency index, overrun และปริมาณไขมันนมของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	25
4.3	อัตราการละลายของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	27
4.4	การละลายของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส	28
4.5	Cryo-SEM micrograph ของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	30
4.6	Cryo-SEM micrograph ของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	31
4.7	Cryo-SEM micrograph ของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	32
4.8	GC-chromatograms ของสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่สกัดด้วยวิธี Solid Phase Microextraction Headspace-GC-MS	34
4.9	คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	38
4.10	ผลการประเมินความชอบของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา	40
ก.1	SEM-micrograph ของหางนมผง (x 90 เท่า)	51
ก.2	SEM-micrograph ของหางนมผง (x 270 เท่า)	51
ก.3	SEM-micrograph ของซิมเพลส-100 (x 90 เท่า)	51
ก.4	SEM-micrograph ของซิมเพลส-100 (x 270 เท่า)	51
ก.5	กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน	52
ก.6	ระบบ Cryo-preparation unit	52
ก.7	ภายในระบบ Cryo-preparation unit	52
ก.8	หลอดแก้วสำหรับบรรจุตัวอย่าง แท่นวางตัวอย่าง ฐานวางตัวอย่าง	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
ก.9	การเคลื่อนย้ายตัวอย่าง	52
ก.10	การจุ่มตัวอย่างลงในไนโตรเจนเหลว	52
ก.11	เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี–แมสสเปกโทรมิเตอร์	53
ก.12	Solid Phase Microextraction desorption	53
ก.13	Solid Phase Microextraction adsorption	53
ค.1	กราฟมาตรฐานของ 2-heptanone	60
ค.2	กราฟมาตรฐานของ 2-nonanone	60
ค.3	กราฟมาตรฐานของ nonanal	60
ค.4	กราฟมาตรฐานของ 2-undecanone	60
ค.5	กราฟมาตรฐานของ vanillin	60
ค.6	กราฟมาตรฐานของ 2-tridecanone	60
ค.7	กราฟมาตรฐานของ δ-decalactone	61
ค.8	กราฟมาตรฐานของ δ-dodecalactone	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไอศกรีมเป็นอาหารว่างที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่นิยมรับประทาน ปริมาณพลังงานและสารอาหารที่ได้รับจากไอศกรีมขึ้นกับส่วนผสมที่ใช้ ไอศกรีมประกอบด้วยไขมันมากกว่าน้ำนม 3–4 เท่าซึ่งได้จาก ครีม อิมัลซิไฟเออร์ ไอศกรีมมีโปรตีนมากกว่าน้ำนมร้อยละ 12–16 ได้จากน้ำนม ถั่ว ไข่ สารให้ความคงตัว และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าน้ำนม 4 เท่า ซึ่งได้จากน้ำตาลในส่วนผสม (Marshall and Arbuckle, 1996) จึงเห็นได้ว่าไอศกรีมเป็นอาหารที่ให้พลังงานสูงเหมาะสำหรับเด็กและผู้ที่ต้องการเพิ่มน้ำหนักตัว แต่ไม่เหมาะกับผู้ต้องการควบคุมน้ำหนักที่จำเป็นต้องควบคุมปริมาณการบริโภค ปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสนใจในการดูแลสุขภาพมากขึ้นและเลือกรับประทานอาหารประเภทที่มีไขมันต่ำเพื่อป้องกันโรคต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากโรคอ้วน ดังนั้นจึงได้มีการนำสารทดแทนไขมันหลายประเภทมาใช้ทดแทนไขมันในอาหารเพื่อลดพลังงานอาหาร เช่น การใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนที่ผ่านกระบวนการ microparticulation ซึ่งทำให้โปรตีนมีรูปร่างและขนาดใกล้เคียงกับเม็ดไขมันในไอศกรีมชนิดไขมันต่ำ ไอศกรีมที่ได้จึงมีคุณภาพด้านประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับไอศกรีมที่มีไขมันปกติ มีลักษณะเนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีค่าโอเวอร์รัน (overrun) สูง แต่มีกลิ่นเวย์ (whey) มากกว่าไอศกรีมที่มีไขมันปกติและไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตให้ความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมสูงส่งผลให้ไอศกรีมละลายช้าและมีลักษณะเนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน (Ohmes *et al.*, 1998; Schmidt *et al.*, 1993)

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

1.2.2 ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

1.2.3 ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

1.2.4 ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลกระทบของสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาทางด้านคุณสมบัติทางกายภาพ โครงสร้างระดับจุลภาค ปริมาณสารระเหยสำคัญที่มีในผลิตภัณฑ์ รวมถึงผลกระทบต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมไขมันต่ำในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไอศกรีม

ไอศกรีม หมายถึง ส่วนผสมแช่แข็งที่ประกอบด้วยนม สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว (stabilizers) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifiers) และสารให้กลิ่นรส อาจมีการเติมส่วนผสมอื่น เช่น ไข่ สี หรือสตาร์ชไฮโดรไลเซต (starch hydrolysates) ลงไปในส่วนผสม แล้วนำส่วนผสมไปพาสเจอร์ไรซ์และโฮโมจิไนซ์ก่อนนำไปปั่นเป็นไอศกรีม (freezing) ซึ่งเป็นขั้นตอนให้อากาศเข้าไปในส่วนผสม พร้อมกับทำให้ส่วนผสมเย็นจนได้ไอศกรีมที่นุ่มเนียนและอยู่ในสภาวะแช่แข็ง (Marshall and Arbuckle, 1996)

มาตรฐานของไอศกรีมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขของประเทศไทย ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2522) กำหนดว่าไอศกรีมนม เป็นไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้นมหรือผลิตภัณฑ์นม ประกอบด้วยไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 และธาตุน้ำนมไม่รวมไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531)

USFDA แห่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานของไอศกรีมว่า ต้องประกอบด้วยไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 10 ของแข็งทั้งหมดในนม (total milk solid, TMS) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 20 สารให้ความคงตัวไม่เกินร้อยละ 0.5 (Marshall and Arbuckle, 1996)

สถิติการบริโภคอาหารหวานแช่แข็งของคนอเมริกันในปี ค.ศ. 2000 ระบุว่า ผู้บริโภคนิยมรับประทานไอศกรีมชนิดที่มีไขมันปกติร้อยละ 61 ไอศกรีมชนิดลดไขมัน (reduced fat) และไขมันต่ำ (low fat) ร้อยละ 24 ไอศกรีมโยเกิร์ต (frozen yogurt) ร้อยละ 5 ไอศกรีมปราศจากไขมัน (non fat) ร้อยละ 2 อื่น ๆ ร้อยละ 8 และมีแนวโน้มบริโภคอาหารหวานแช่แข็งมากขึ้น (Marshall *et al.*, 2003) ขณะเดียวกันผู้บริโภคสนใจเรื่องผลของไขมันต่อสุขภาพมากขึ้น ทำให้การผลิตและการขยายตลาดของไอศกรีมไขมันต่ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย (White, 1993)

2.2 องค์ประกอบของไอศกรีม

โดยทั่วไปส่วนผสมไอศกรีม (ice cream mix) ประกอบด้วย ไขมันนม ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ สารให้กลิ่นรส น้ำและอากาศ ซึ่งส่วนผสมแต่ละชนิดนั้นมีหน้าที่แตกต่างกันไป ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไขมันนม (milkfat) เป็นส่วนผสมสำคัญของไอศกรีม การใช้ไขมันนมที่มีจุดหลอมเหลวสูง ทำให้ส่วนผสมไอศกรีมมีความหนืดสูงและลดอัตราการละลายของไอศกรีม (Abd El-Rahman *et al.*, 1997) ปริมาณไขมันนมที่เหมาะสมจะช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุล ตลอดจนช่วยให้กลิ่นรสของไอศกรีมดี มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่มีข้อจำกัดคือ ราคาแพง และมีแคลอรีสูง (Goff, 1997a) โดย Guinard *et al.* (1997) พบว่า การใช้ไขมันนมปริมาณมากขึ้น (ร้อยละ 14 และร้อยละ 18) มีผลทำให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านกลิ่นรส ได้แก่ กลิ่นรสเนย คัสตาร์ดหรือไข่ และรสหวานเพิ่มขึ้น ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีม เช่น ความเป็นครีม (creaminess) การเคลือบภายในปาก (mouth coating) มากขึ้น และมีผลทำให้สีอ่อนลง ผลึกน้ำแข็งลดลง รวมทั้งอัตราการละลายช้าลง เมื่อเทียบกับไอศกรีมสูตรควบคุมที่มีปริมาณไขมันนมร้อยละ 10 เช่นเดียวกับการทดลองของ Prindiville *et al.* (2000) ซึ่งพบว่าการใช้ไขมันนมร้อยละ 9 และร้อยละ 6 ทำให้ไอศกรีมมีความเป็นครีมและมีความเรียบเนียนมากขึ้น แต่มีผลให้ความเข้มข้นของกลิ่นโกโก้ลดลงเมื่อเทียบกับไอศกรีมสูตรที่มีไขมันนมร้อยละ 4 และร้อยละ 0.5

ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน (nonfat milk solid, NMS) เป็นของแข็งที่อยู่ในส่วนผสมของหางนมประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 37 น้ำตาลแลคโตสร้อยละ 55 และแร่ธาตุร้อยละ 8 โดยทั่วไปไอศกรีมมีธาตุน้ำนมไม่รวมไขมันไม่เกินร้อยละ 15.6 – 18.5 ของของแข็งทั้งหมด (total solid, TS) ของส่วนผสมไอศกรีม เมื่อเพิ่มปริมาณธาตุน้ำนมไม่รวมไขมันในส่วนผสมไอศกรีมมากขึ้น จะทำให้ผลึกน้ำแข็ง อัตราการละลาย และความรู้สึกเย็น (coldness) ลดลง แต่ช่วยเพิ่มความเป็นครีมและการเคลือบภายในปากสูงขึ้น (Stampononi Koeferli *et al.*, 1996) หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีรสเค็ม อาจมีกลิ่นนมต้ม (overcooked) กลิ่นนมข้น (condensed milk) และเสี่ยงต่อการเกิดผลึกแลคโตสในระหว่างการเก็บรักษา (Marshall and Arbuckle, 1996)

สารให้ความหวาน (sweeteners) ช่วยให้เกิดรสหวานของไอศกรีม และใช้ในการปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดของส่วนผสมให้เป็นไปตามที่ต้องการ นอกจากนี้ยังช่วยให้กลิ่นคาราเมลและกลิ่นวานิลลามากขึ้น แต่ส่งผลให้กลิ่นนมลดลง (Stampononi Koeferli *et al.*, 1996) หากมีปริมาณมากเกินไปจะทำให้จุดเยือกแข็งของส่วนผสมไอศกรีมลดต่ำลง ต้องใช้เวลานานในการปั่นเป็นไอศกรีม (Goff, 1997a)

สารให้ความคงตัว (stabilizers) สารให้ความคงตัวที่นิยมใช้ ได้แก่ เจลาติน กัม คาราจีแนน โลคัสบีนกัม และอื่น ๆ ซึ่งมีความสามารถในการอุ้มน้ำ ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในระหว่างการเก็บรักษา (Goff *et al.*, 1999a; Patmore *et al.*, 2003) ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียนและช่วยให้ไอศกรีมละลายได้อย่างช้า ๆ จากการทดลองของ Sutton and Wilcox (1998) พบว่า โลคัสบีนกัมสามารถยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็งซ้ำ (recrystallization) ในระหว่างการเก็บรักษาได้มากกว่ากัวร์กัม และพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวมากขึ้น ทำให้ผลการยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ดีขึ้น หากมีปริมาณสารให้ความคงตัวมากเกินไปจะทำให้ส่วนผสมไอศกรีมมีความหนืดสูง ส่งผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อสัมผัสแน่นและไม่ละลายขณะรับประทาน (Goff, 1997a; Marshall and Arbuckle, 1996)

อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifiers) โดยทั่วไปนิยมใช้โมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ในปริมาณไม่เกินร้อยละ 0.2 โดยน้ำหนัก อิมัลซิไฟเออร์มีส่วนสำคัญในการทำให้เกิดการสูญเสียความคงตัวของไขมัน (fat destabilization) ในระหว่างการปั่นเป็นไอศกรีม ทำให้เซลล์อากาศมีขนาดเล็กและกระจายตัวสม่ำเสมอในโครงสร้างไอศกรีมและลดระยะเวลาในการปั่นเป็นไอศกรีม นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมไขมันต่ำ ทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลงอีกด้วย ไอศกรีมที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี (Baer *et al.*, 1997; Davies *et al.*, 2000) หากใช้อิมัลซิไฟเออร์มากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมละลายช้าและมีเนื้อสัมผัสไม่ดี (Marshall and Arbuckle, 1996)

น้ำและอากาศ มีผลต่อการควบคุมคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์ โดยน้ำในไอศกรีมอยู่ในสถานะของของเหลวและของแข็ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่ขึ้น หากผลึกน้ำแข็งมีขนาดใหญ่กว่า 40–50 ไมครอน จะส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อหยาบและเป็นเกล็ดน้ำแข็ง (Donhowe *et al.*, 1991; Vélez-Ruiz and Barbosa Cánovas, 1997) ระหว่างการปั่นไอศกรีมมีการอัดอากาศเข้าไปในส่วนผสมประมาณร้อยละ 50 กระจายตัวอยู่ในส่วนของอิมัลชั่น โดยเซลล์อากาศมีขนาดเล็กประมาณ 50 ไมครอน และมักพบร่างแหของเม็ดไขมันที่บริเวณระหว่างน้ำและอากาศ (Andreasen and Nielsen, 1992; Marshall and Arbuckle, 1996)

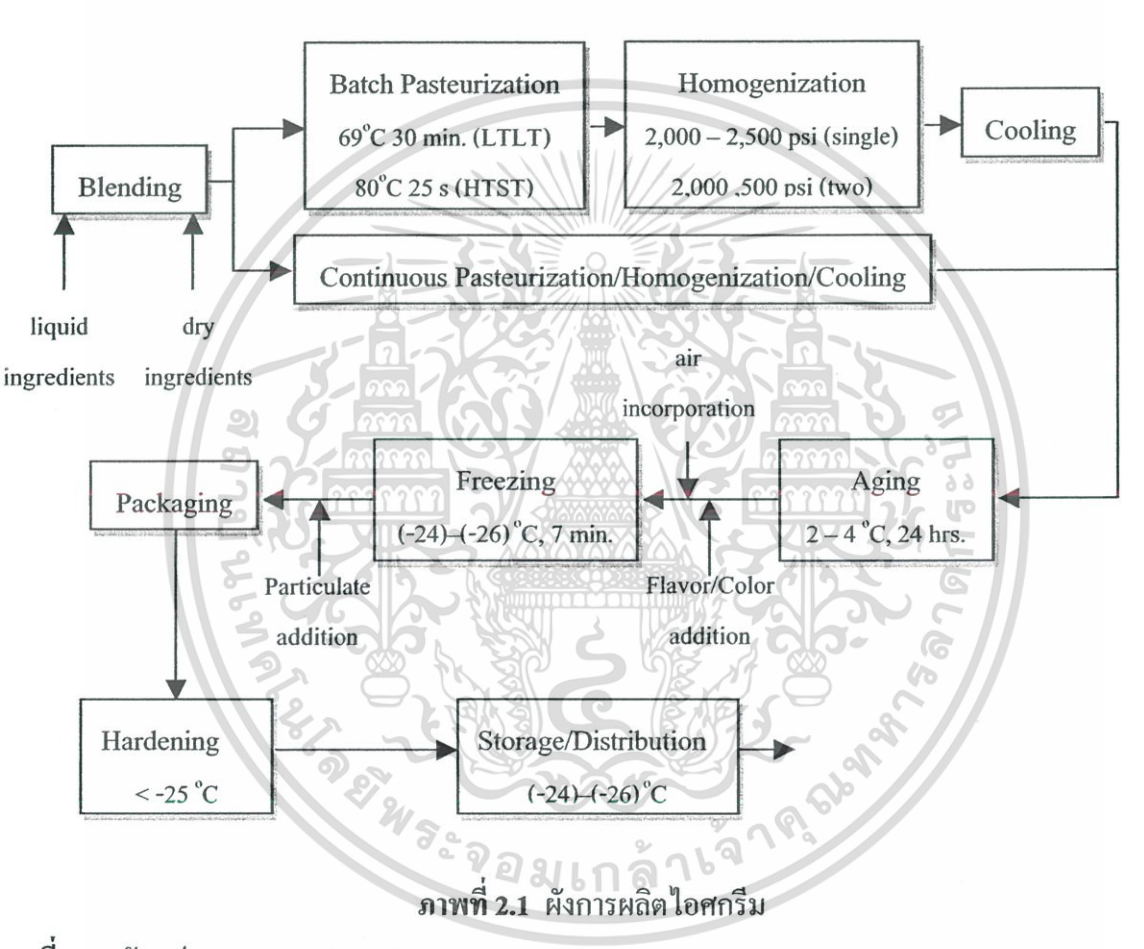
สารให้กลิ่นรส (flavor) สารให้กลิ่นรสมีความสำคัญต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมของผู้บริโภค กลิ่นรสที่แพร่หลายและนิยมกันมากได้แก่ กลิ่นวานิลลา ช็อกโกแลต สตรอเบอร์รี่ กาแฟ เป็นต้น โดยกลิ่นวานิลลาเป็นกลิ่นรสที่นิยมใช้ที่สุดในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (Li *et al.*, 1997; Marshall *et al.*, 2003)

2.3 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมเริ่มจากการคำนวณปริมาณส่วนผสมต่าง ๆ ที่ใช้ แล้วนำส่วนผสมที่เป็นของแข็งมาผสมให้เข้ากัน นำไปผสมกับส่วนผสมของเหลวในถังผสม ณ อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการละลาย จากนั้นนำส่วนผสมที่ได้ไปผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (Low temperature Long Time; LTLT) หรือที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วินาที (High Temperature Short Time; HTST) ก่อนโฮโมจีไนซ์เพื่อทำให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กประมาณ 1–2 ไมครอน ป้องกันการแยกชั้นของครีม การโฮโมจีไนซ์ระบบเดี่ยวจะใช้ความดันรวมประมาณ 2,000–2,500 ปอนด์/ตารางนิ้ว ในกรณีที่โฮโมจีไนซ์แบบสองระบบใช้ความดันครั้งแรก 2,500–3,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว และครั้งที่ 2 ประมาณ 500 ปอนด์/ตารางนิ้ว จากนั้นทำให้ส่วนผสมเย็นลงอย่างรวดเร็วจนมีอุณหภูมิประมาณ 4–5 องศาเซลเซียส แล้วนำไปบ่ม (aging) ที่อุณหภูมิต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า 4–5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4-5 ชั่วโมง เพื่อให้สารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์มีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดีขึ้นทำให้การปั่นง่ายขึ้น เมื่อส่วนผสมผ่านการบ่มแล้วจึงนำไปปั่นเป็นไอศกรีม ทำให้น้ำประมาณร้อยละ 50 ของส่วนผสมไอศกรีมกลายเป็นผลึกน้ำแข็ง และเป็นการอัดอากาศเข้าไปผสมในผลิตภัณฑ์ จากนั้นนำไปแช่แข็ง (hardening) ที่อุณหภูมิประมาณ -25 องศาเซลเซียส น้ำกลายเป็นผลึกน้ำแข็งเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 80 ของไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีโครงสร้างแน่นอน แล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ-25 ถึง -30 องศาเซลเซียสต่อไป ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531; Marshall and Arbuckle, 1996; Andreasen and Nielsen, 1992)



ภาพที่ 2.1 ผังการผลิตไอศกรีม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Goff (1997)

2.4 การเกิดโครงสร้างของไอศกรีม

โครงสร้างทางฟิสิกส์ของไอศกรีมเป็นระบบทางเคมีกายภาพ (physicochemical system) ที่ซับซ้อน โดยเซลล์อากาศ (air cell) กระจายตัวในส่วนของของเหลวที่ประกอบไปด้วยเม็ดไขมันแข็ง ผลึกน้ำตาลแลคโตส น้ำตาล และสารให้ความคงตัวที่มีอนุภาคคอลลอยด์ขนาดเล็กแขวนลอยและล้อมรอบผลึกน้ำแข็ง ซึ่งเกิดจากการพัฒนาโครงสร้างของไอศกรีมในระหว่างการปั่นและการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แช่แข็ง (ภาพที่ 2.2) ดังนั้นไอศกรีมที่ได้จึงประกอบด้วยของเหลว อากาศ และของแข็ง จึงเรียกลักษณะเช่นนี้ว่า Three–phase system (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531; Goff, 1997a) โดยมีขนาดและปริมาณขององค์ประกอบแตกต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ขนาดและปริมาณขององค์ประกอบที่สำคัญในไอศกรีม

องค์ประกอบ	ขนาดเฉลี่ย (ไมครอน)	ปริมาณ (จำนวน/กรัมไอศกรีม)
เซลล์อากาศ	60	8.33×10^{6}
ผลึกน้ำแข็ง	34	7.8×10^{6}
เม็ดไขมัน	0.04 - 3.0	1.53×10^{12}

ที่มา : Berger (1997)

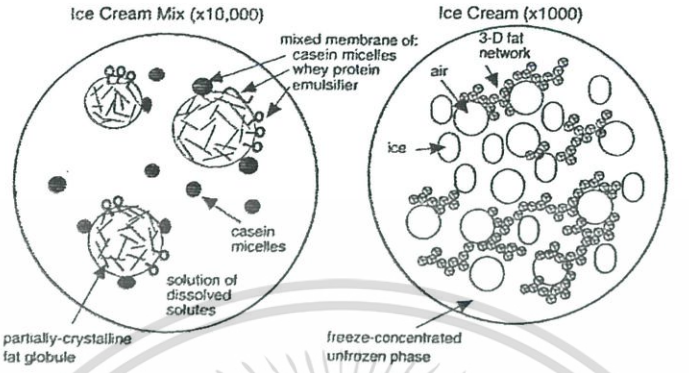
หลังจากผสมส่วนผสมไอศกรีมที่อุณหภูมิประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส หรือหลังการพาสเจอร์ไรซ์ส่วนผสมจะมีผลให้ไขมันทั้งหมดในส่วนผสมไอศกรีมหลอมเหลว หลังผ่านการโฮโมจีไนซ์แล้วไขมันดังกล่าวจะอยู่ในสภาพเม็ดไขมันขนาดเล็ก (fat globule) พื้นผิวของเม็ดไขมันที่เกิดขึ้นใหม่พร้อมจะยึดเกาะกับโมเลกุลของสารลดแรงตึงผิว ได้แก่ เคซีน เวย์โปรตีน ฟอสโฟไลปิด ไลโพโปรตีน และอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ทำให้ปริมาณโปรตีนถูกดูดซับที่ผิวของเม็ดไขมันมากขึ้น (Abd El-Rahman *et al.*, 1997; Marshall *et al.*, 2003) ทำให้แรงตึงผิวของเม็ดไขมันต่ำลง ซึ่งจะพัฒนาโครงสร้างต่อไปในขั้นตอนการบ่ม

เมื่อบ่มส่วนผสมไอศกรีมที่อุณหภูมิต่ำมีผลให้คุณสมบัติการเป็นอิมัลชั่นของส่วนผสมไอศกรีมเปลี่ยนแปลง เม็ดไขมันตกผลึกบางส่วนแต่ยังคงเห็นรูปร่างของเม็ดไขมันเป็นอนุภาคชัดเจน (ภาพที่ 2.4 (ก.)) เคซีน อิมัลซิไฟเออร์ และโปรตีนโมเลกุลเล็ก ๆ กีดกันโปรตีนที่มีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าออกไปจากพื้นผิวของเม็ดไขมัน เพื่อให้ถูกดูดซับบริเวณพื้นผิวของเม็ดไขมันแทน ซึ่งลดความเสถียรของเม็ดไขมันลง เกิดการหลอมรวมบางส่วน (partial coalescence) ได้ดี และส่งผลดีต่อการปั่นเป็นไอศกรีม ส่วนผสมไอศกรีมจึงอยู่ในสภาพคอลลอยด์ โดยมีเม็ดไขมันที่ตกผลึกบางส่วนถูกล้อมรอบด้วยโปรตีนและสารลดแรงตึงผิว กระจายตัวอยู่ในของเหลวที่ประกอบไปด้วยเคซีน เคซีนไมเซลล์และเวย์โปรตีนที่ไม่ถูกดูดซับที่ผิวของเม็ดไขมัน น้ำตาล รวมทั้งสารโพลีแซคคาไรด์โมเลกุลสูง ดังแสดงในภาพที่ 2.2 (ก.) และภาพที่ 2.4 (ก.) (Bolliger *et al.*, 2000; Goff and Jordan, 1989; Marshall *et al.*, 2003)

ในระหว่างการปั่นส่วนผสมไอศกรีมที่อุณหภูมิต่ำทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขึ้น ส่วนผสมของอิมัลชั่นสูญเสียความคงตัว เกิดการรวมตัวและการเกาะกลุ่ม (flocculation) ของเม็ดไขมัน ไขมันเหลวบางส่วนในเม็ดไขมันเปลี่ยนสถานะไปเป็นไขมันแข็ง เม็ดไขมันเกาะตัวเป็นร่างแหและ

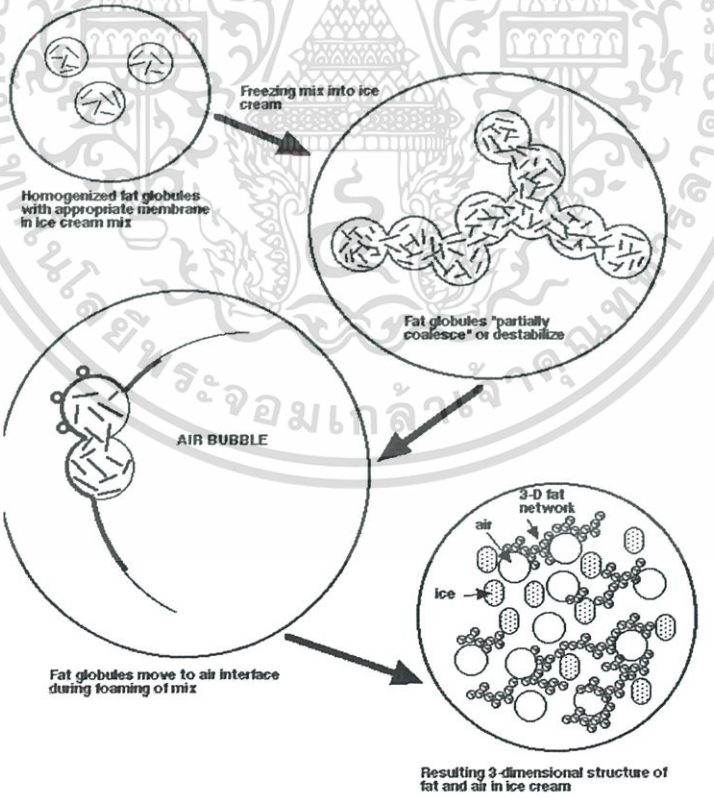
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระจายตัวอยู่รอบเซลล์อากาศที่เกิดขึ้นในระหว่างการปั่น ไอศกรีมที่ได้จะมีโครงสร้างคล้ายของแข็ง และเมื่อนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิประมาณ -25 องศาเซลเซียส ช่วยทำให้ไอศกรีมมีโครงสร้างแน่นอน (ภาพที่ 2.4 (ข.)) (ปาริฉัตร, 2542; Marshall *et al.*, 2003)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของส่วนผสมไอศกรีม (ก.) และไอศกรีม (ข.)

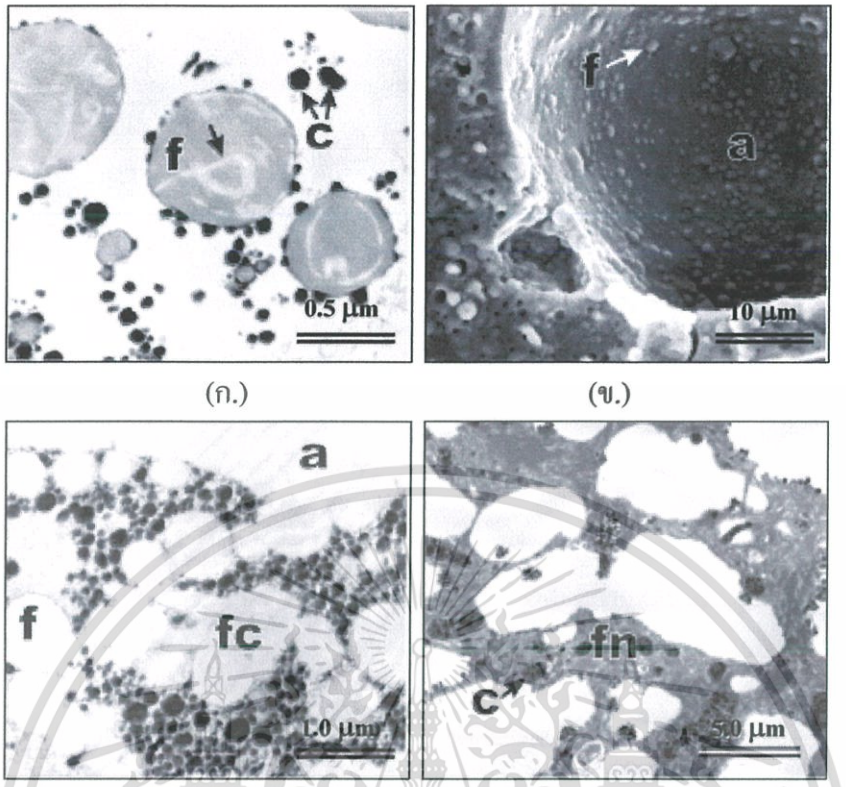
ที่มา: Marshall *et al.* (2003)



ภาพที่ 2.3 การพัฒนาโครงสร้างของไอศกรีมในขั้นตอนการผลิต

ที่มา: Goff (2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก.) (ข.)

(ค.) (ง.)

ภาพที่ 2.4 (ก.) TEM-micrograph ของโครงสร้างส่วนผสมไอศกรีม โดย f : เม็ดไขมัน (ลูกศรชี้ผลึกไขมันในเม็ดไขมัน) c : เคซีนไมเซลล์

(ข.) Cryo-SEM-micrograph ของเซลล์อากาศในไอศกรีม โดย a : เซลล์อากาศ f : เม็ดไขมันที่ผิวของเซลล์อากาศ

(ค.) TEM-micrograph ของโครงสร้างไอศกรีม โดย a : เซลล์อากาศ f : เม็ดไขมัน fc : กลุ่มของเม็ดไขมัน

(ง.) TEM-micrograph ของโครงสร้างไอศกรีมที่ละลาย โดย c : เคซีนไมเซลล์ fn : ร่างแหไขมัน

ที่มา: ดัดแปลงจาก Goff (2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สารทดแทนไขมัน

สารทดแทนไขมัน (fat replacer) เป็นสารประกอบใด ๆ ที่สามารถใช้ทดแทนไขมันในอาหารหรือทำหน้าที่แทนไขมัน ให้รสชาติและความรู้สึกเหมือนไขมันในอาหาร (อดิศักดิ์, 2542) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. **fat mimetic** หมายถึง สารประกอบที่ใช้ทดแทนหน้าที่ของไขมันในด้านความรู้สึกภายในปาก รูปร่าง และมวลของไขมัน มีความสามารถในการดูดน้ำหรือพองตัวได้เป็นจำนวนมาก สามารถแบ่งเป็นกลุ่มต่าง ๆ คือ กลุ่มที่ได้จากแป้ง เซลลูโลสและโปรตีน กลุ่มไฮโดรคอลลอยด์ เดกซ์ทริน โพลีเดกซ์โทรส เป็นต้น การใช้ fat mimetic แทนที่ไขมันในอาหารพลังงานต่ำ มักทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ขาดลักษณะบางประการเนื่องจากสารชนิดนี้ไม่สามารถแทนไขมันในลักษณะต่าง ๆ ได้ทั้งหมด (อดิศักดิ์, 2542)

2. **fat substitute** หมายถึง สารประกอบที่มีลักษณะทางกายภาพและเคมีใกล้เคียงกับไตรกลีเซอไรด์ มีความคงตัวต่ออุณหภูมิที่ใช้ในการทอดหรือปรุงอาหาร เช่น โอเลสตร้า (Olestra) ซึ่งเป็นซูโครสโพลีเอสเทอร์ (sucrose polyester) ไม่ให้พลังงานแก่ร่างกาย สามารถใช้แทนไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารหรือใช้แทนน้ำมันสำหรับทอดอาหารได้ดี (อดิศักดิ์, 2542)

สารทดแทนไขมันแบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

2.5.1 สารทดแทนไขมันประเภทไขมัน (fat – based fat replacer) สารทดแทนไขมันประเภทนี้อาจเป็นไตรกลีเซอไรด์ที่มีการดัดแปลงโครงสร้างให้มีพลังงานลดลง หรือไม่ให้พลังงาน ส่วนใหญ่มีการประยุกต์ใช้สารทดแทนไขมันประเภทนี้ในผลิตภัณฑ์อาหารขบเคี้ยว และแครกเกอร์น้ำมันสำหรับปรุงอาหาร เป็นต้น (Roller and Jones, 1996; Giese, 1996)

2.5.2 สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate – based fat replacer) สารทดแทนไขมันประเภทนี้แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เป็นสตาร์ชดัดแปร (modified starch) ซึ่งมีสมบัติทำให้อาหารข้น เมื่อสุกแล้วจะมีลักษณะลื่น เนียนคล้ายไขมัน และกลุ่มที่เป็นเส้นใยอาหารและกัม สามารถเกิดเจล หรือนำมาผสมกับน้ำจะให้ความข้นและความมัน เนื้อเนียนคล้ายไขมัน มีการประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์นม ไอศกรีม น้ำสลัด (salad dressings) เป็นต้น (Giese, 1996)

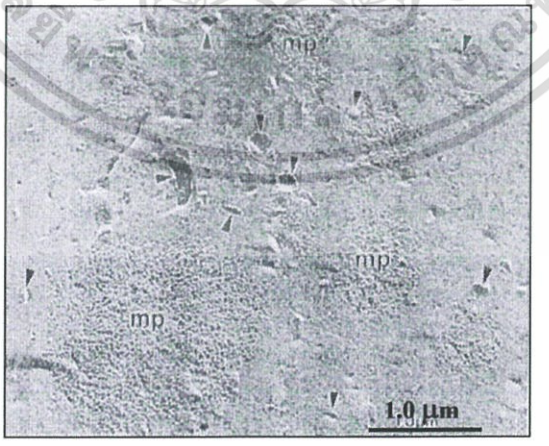
2.5.3 สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน (protein – based fat replacer) สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนได้มาจากแหล่งต่าง ๆ เช่น นม ไข่ เวย์โปรตีน (whey protein) และโปรตีนจากพืช เช่น โปรตีนจากถั่วเหลือง (soy protein) โดยนำโปรตีนบางชนิดมาดัดแปรให้มีสมบัติคล้ายไขมันด้วยการทำให้เข้มข้น และตีปั่นให้มีขนาดอนุภาคเล็ก ๆ เมื่อรับประทานแล้วจะให้ความรู้สึกคล้ายกับไขมัน (อดิศักดิ์, 2542) ตัวอย่างของสารทดแทนไขมันประเภทนี้ ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิมเพลส (Simplesse®) เป็นโปรตีนจากธรรมชาติ เช่น ไข่ขาว หางนม เวย์โปรตีน ที่ผ่านกระบวนการ microparticulation ทำให้เป็นอนุภาคที่มีขนาดเล็กมาก (microparticle) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.001 มิลลิเมตร ให้คุณสมบัติในการรับประทานใกล้เคียงไขมัน สามารถใช้แทนไขมันในอาหารได้หลายชนิด (Singer and Moser, 1993)

โปรตีนที่มีอนุภาคขนาดเล็กมากหรือที่เรียกว่า protein microparticle พบได้ตามธรรมชาติในอาหาร เช่น ไข่ นม ธัญพืช แต่มีขนาดและรูปร่างไม่เหมาะสำหรับการทำหน้าที่เป็นสารทดแทนไขมัน (Kalab, 1990) เคซีนไมเซลล์ มักมีขนาดเล็กกว่า 1 ไมครอน ซึ่งมีขนาดเล็กเกินไปในการใช้แทนไขมัน เนื่องจากอนุภาคขนาดเล็กให้ความรู้สึกเหมือนเป็นเจล (gelatinous) ลื่น (slippery) เหนียวติด (sticky) ในปาก ในทางตรงข้ามโปรตีนจากพืช เช่น ถั่วเหลือง มักมีขนาดใหญ่กว่า 80 ไมครอน ซึ่งมีขนาดใหญ่เกินไปสำหรับการเป็นสารทดแทนไขมัน เนื่องจากอนุภาคขนาดใหญ่มากให้ความรู้สึกเหมือนเป็นผง (powdery) หรือเหมือนกรวดทราย (gritty) ในปาก (อดิศักดิ์, 2542; Singer and Moser, 1993)

กระบวนการ microparticulation ใช้ความร้อนเพื่อทำให้โปรตีนเกิดการจับตัวเป็นก้อน (coagulation) ผลจากการโฮโมจีไนซ์ทำให้อนุภาคโปรตีนมีลักษณะทรงกลมสม่ำเสมอขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 0.1–3.0 ไมครอน ดังแสดงในภาพที่ 2.5 พื้นผิวของอนุภาคเป็นหมู่ไฮโดรโฟบิค (hydrophobic) แต่ละอนุภาคที่เกิดขึ้นประกอบด้วยโปรตีนหลายล้านโมเลกุลเกาะกันอย่างหลวม ๆ ด้วยแรงดึงดูดระหว่างประจุไฟฟ้า (electrostatic interaction) แรงดึงดูดไฮโดรโฟบิค (hyrophobic interaction) และพันธะไฮโดรเจนทำให้อนุภาคมีความคงตัว มีคุณสมบัติในการจับน้ำได้ดี สามารถใช้แทนที่ไขมันในอาหารได้ (อดิศักดิ์, 2542; Marshall *et al.*, 2003; Sanchez and Paquin, 1997; Singer and Moser, 1993)



ภาพที่ 2.5 SEM-micrograph ของ ซิมเพลส-100 (Simplesse-100) mp = protein microparticle ลูกศรชี้อนุภาคไขมันขนาดเล็ก

ที่มา : Buchheim and Hoffman (1994) อ้างอิงโดย Sanchez and Paquin (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซิมเพลสที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 3 ชนิด คือ

1. ซิมเพลส-100 (Simplesse-100) มีลักษณะเป็นของเหลวชนิดธิโซโทรปิค (Thixotropic fluid) ที่ทำมาจากเวย์โปรตีนเข้มข้น (whey protein concentrate)

2. ซิมเพลส ดราย 100 (Simplesse dry 100) เป็นผง รวมกับน้ำได้ดี

3. ซิมเพลส 300 (Simplesse 300) เป็นสารที่ได้จากของผสมระหว่างไข่ขาวและโปรตีนนม กับ เพกตินและน้ำตาล

ซิมเพลสเป็นสารทดแทนไขมันชนิดแรกที่ได้รับการรับรองจาก USFDA ให้มีสถานภาพเป็น GRAS ในปี ค.ศ. 1990 FDA ได้รับรองให้ซิมเพลสที่เตรียมมาจากไข่ขาวและ/หรือนมขาดมันเนย มีสถานภาพเป็น GRAS สำหรับใช้ใน frozen dairy dessert ต่อมาในปี ค.ศ. 1991 FDA ได้รับรองให้ซิมเพลสที่เตรียมจากเวย์โปรตีนเข้มข้น (ซิมเพลส 100) มีสถานภาพเป็น GRAS สำหรับใช้ในอาหารหลายชนิดได้แก่ เนยแข็ง น้ำสลัด นอกจากนี้ยังมีการใช้ซิมเพลสในอาหารชนิดอื่น ๆ เช่น ไอศกรีม โยเกิร์ต เค้ก เป็นต้น โดยการใช้ซิมเพลส 1 กรัม กับน้ำ 2 กรัม สามารถแทนที่ไขมันได้ถึง 3 กรัม (อดิศักดิ์, 2542; Roller and Jones, 1996)

2.6 การใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

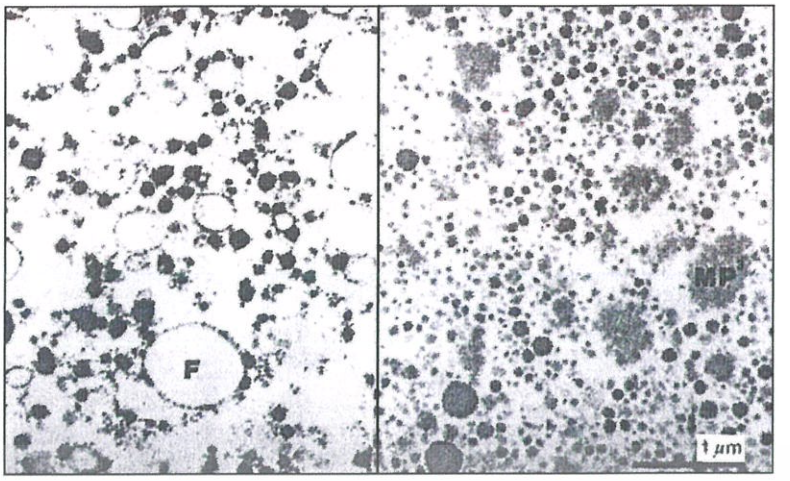
เนื่องจากไขมันนมเป็นองค์ประกอบหลักของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีผลต่อโครงสร้าง คุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีกลิ่นรสและลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี ดังนั้นการใช้สารทดแทนไขมันเพื่อทดแทนไขมันนมในไอศกรีม จึงส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติและลักษณะต่าง ๆ ของไอศกรีม ดังนี้

2.6.1 โครงสร้างของไอศกรีม

โครงสร้างของไอศกรีมนั้นมีผลโดยตรงกับคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสโดยเฉพาะลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีม ทั้งนี้เป็นผลมาจากองค์ประกอบต่าง ๆ ที่มีอยู่ในไอศกรีม เช่น ขนาดและปริมาณของผลึกน้ำแข็งและเซลล์อากาศ รวมถึงการกระจายของเม็ดไขมันในโครงสร้างของไอศกรีม (Berger, 1997; Marshall *et al.*, 2003)

บทบาทของสารทดแทนไขมันต่อโครงสร้างของไอศกรีมไขมันต่ำยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด เนื่องจากไอศกรีมมีโครงสร้างซับซ้อน การใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนที่ผ่านกระบวนการ microparticulation ซึ่งมีคุณสมบัติในการจับน้ำได้ดี จะทำให้ปริมาณน้ำในส่วนของของเหลวในส่วนผสมไอศกรีมลดลง เมื่อพิจารณาโครงสร้างของไอศกรีมไขมันต่ำจึงเห็นโปรตีนเหล่านี้กระจายตัวในส่วนของของเหลวแทนที่เม็ดไขมัน ดังแสดงในภาพที่ 2.6 โครงสร้างของไอศกรีมที่เปลี่ยนไปจะทำให้ลักษณะทางกายภาพและประสาทสัมผัสของไอศกรีมต่างไปจากไอศกรีมที่ไขมันปกติ (Adapa *et al.*, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 TEM-micrographs ของโครงสร้างไอศกรีมชนิด full fat (ซ้าย) และไอศกรีมที่มีซิมเพลส (MP^3, ขวา) แสดงการกระจายของซิมเพลสแทนที่เม็ดไขมัน (F) ในส่วนของของเหลว

ที่มา : Singer and Dunn (1990) อ้างอิงโดย Roller and Jones (1996)

2.6.2 คุณสมบัติทางกายภาพ

คุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมมีความเกี่ยวข้องกับข้อกำหนดของกฎหมาย เช่น น้ำหนักต่อปริมาตร (ค่าโอเวอร์รัน) ของผลิตภัณฑ์ การละลายต้องไม่ละลายเร็วหรือช้าเกินไป รวมถึงความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม ส่งผลต่อการกักเก็บอากาศเข้าไปในส่วนผสมในระหว่างการตีปั่น เมื่อความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมสูงขึ้น ซึ่งอาจได้มาจากการเพิ่มปริมาณของสารให้ความคงตัว หรือโปรตีน (Aguilera and Stanley, 1999) ทำให้การตีปั่นอากาศเข้าไปในไอศกรีมลดลง ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมลดลง (Marshall *et al.*, 2003) นอกจากนี้ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมนั้นขึ้นกับการสูญเสียความคงตัวของไขมัน หากเกิดการสูญเสียความคงตัวของไขมันแล้วเกิดการหลอมรวมบางส่วนได้ดีจะทำให้กักเก็บอากาศได้ดีด้วย (Stanley *et al.*, 1996; Leser and Michel, 1999)

การใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนทดแทนไขมันนมที่เป็นองค์ประกอบหลักของไอศกรีม ทำให้คุณสมบัติด้านรีโอโลจี (rheology property) ของไอศกรีมเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ไอศกรีมที่มีสารทดแทนไขมันเหล่านี้มีความหนืดสูงกว่าเมื่อเทียบกับไอศกรีมสูตรไขมันปกติ ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันต่ำลง (Adapa *et al.*, 2000) และจากการทดลองของ Schmidt *et al.* (1993) ที่ศึกษาคุณสมบัติด้านการไหล การแช่แข็งและอัตราการละลายของไอศกรีมที่มีสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตได้แก่ เอ็น-ไลท์ ดี (N-Lite D) และสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนซึ่งได้แก่ ซิมเพลส–100 ในไอศกรีมไขมันต่ำที่ระดับร้อยละ 4.8 ทดแทนปริมาณไขมันนมร้อยละ 2.1 สรุปว่าไอศกรีมสูตรที่มีซิมเพลส–100 มีลักษณะใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรไขมันปกติมากกว่าไอศกรีมสูตรที่มีสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนโดยเฉพาะการเกิดอิมัลชั่น การเกิดโฟมและลักษณะการเป็นคอลลอยด์ของ microparticulated protein

2.6.3 ลักษณะเนื้อสัมผัส

ไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการให้คุณลักษณะทางเนื้อสัมผัสและรูปร่าง (body) ของไอศกรีม (Berger, 1997) โดยเฉพาะความเป็นครีมซึ่งเป็นลักษณะที่ได้จากไขมันนม โดยที่สารทดแทนไขมันนั้นสามารถทดแทนได้ยาก การเพิ่มปริมาณไขมันให้มากขึ้น ทำให้ความเป็นครีมและการเคลือบภายในปากมากขึ้น สามารถลดอัตราการละลาย ผลึกน้ำแข็งและความรู้สึกเย็นได้ (Stampanoni Koeferli *et al.*, 1996) เช่นเดียวกับการทดลองของ Guinard *et al.* (1997) ซึ่งพบว่าไอศกรีมที่ปริมาณไขมันสูงจะมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดีขึ้น ส่วนการลดปริมาณไขมันลงนั้นทำให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ไม่ดีเกิดขึ้น เช่น มีเนื้อหยาบ เกิดผลึกน้ำแข็งมากขึ้น และเกิดการหดตัวของไอศกรีม (shrinkage) (Baer *et al.*, 1997)

การที่สารทดแทนไขมันให้ความรู้สึกในการรับประทานได้ใกล้เคียงกับไขมันได้เนื่องจากปกติลิ้นของมนุษย์รับรู้อนุภาคของอาหารที่มีรูปร่างและขนาดแน่นอนได้ในลักษณะที่เป็นอนุภาครวม ๆ มากกว่าเป็นอนุภาคเดี่ยว อนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมครอน ให้ความรู้สึกลื่นไหลได้ ในขณะที่อนุภาคขนาดใหญ่กว่า 3.0 ไมครอน ให้ความรู้สึกเป็นผงหรือเม็ดหยาบ ส่วนอนุภาคที่มีขนาดระหว่าง 0.1–3.0 ไมครอน เช่น ซิมเพลส ลิ้นจะรับรู้ได้ให้ความรู้สึกคล้ายครีม (Anonymous, 1990)

สารทดแทนไขมันที่ได้จากเวย์โปรตีน ให้คุณสมบัติของไอศกรีมใกล้เคียงกับเม็ดไขมัน เช่นเดียวกับสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนที่มีอนุภาคเป็นพวกที่ชอบน้ำมัน (lipophilic) (Schirle – Keller and Reineccius, 1992) ซึ่งสารทดแทนไขมันเหล่านี้ทนต่อการเกิดอันตรกิริยาระหว่างอนุภาค โดยพื้นผิวของอนุภาคคล้ายกับไขมันที่อยู่ในสภาพอิมัลชัน และให้ความรู้สึกที่ดีในขณะรับประทาน (Ohmes *et al.*, 1998) นักวิจัยกลุ่มนี้พบว่าการใช้ซิมเพลส-100 แดรี–โล (Dairy–Lo) ในไอศกรีมนั้นให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสไม่ต่างจากไอศกรีมสูตรไขมันปกติ และการใช้โพรโล 11 (Prolo 11) ซึ่งเป็นสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนเช่นเดียวกันนั้นให้การละลายภายในปากช้าที่สุด แต่ให้ความรู้สึกเรียบเนียนและการเคลือบภายในปากมากที่สุด นอกจากนี้การใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนนี้ยังให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมช็อกโกแลตชนิดไขมันต่ำและปราศจากไขมันใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุม (Prindiville *et al.*, 2000)

การใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตมาทดแทนไขมันนมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาชนิดลดไขมัน เช่น สตาร์ชดัดแปร ทำให้ไอศกรีมสูตรที่มีปริมาณไขมันนมร้อยละ 5.0 ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุมซึ่งมีไขมันนม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ร้อยละ 10.0 แต่ไอศกรีมสูตรที่มีปริมาณไขมันนมร้อยละ 2.5 และร้อยละ 0.4 นั้นมีความเรียบเนียนและการเคลือบภายในปากน้อยกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม (Aime *et al.*, 2001) และการแทนที่ไขมันนมในไอศกรีมด้วยเด็กซ์ทริน (dextrin) ทำให้ไอศกรีมเนื้อสัมผัสหยาบขึ้น (coarseness) และความเป็นครีมลดลง (Specter and Setser, 1994) และการใช้มอลโตเด็กซ์ทริน (maltodextrin) ในไอศกรีมที่มีไขมันนมน้อยกว่าร้อยละ 0.5 มีการละลายเร็วกว่าไอศกรีมสูตรควบคุมที่มีไขมันนมร้อยละ 10 (Roland *et al.*, 1999)

2.6.4 กลิ่นรส

ส่วนใหญ่สารให้กลิ่นรสละลายได้ในไขมัน โดยไขมันทำหน้าที่เป็นตัวพา (carrier) ให้สารให้กลิ่นรสเข้าไปในปาก เมื่อสารเหล่านี้ระเหยจึงทำให้เกิดการรับรู้กลิ่นรสขึ้น (Labell, 1991)

ปริมาณไขมันมีผลต่อการรับรู้กลิ่นรสของอาหาร เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 1 ทำให้สารให้กลิ่นรสที่ละลายได้ในไขมัน เช่น ethyl sulfide, ethyl benzene, styrene, และ limonene มีความเข้มข้นในบริเวณช่องว่างเหนือตัวอย่าง (headspace) ลดลง (Hatchwell, 1996) เนื่องจากเมื่อเพิ่มปริมาณไขมัน ทำให้สารให้กลิ่นรสเหล่านี้เกิดอันตรกิริยา (interaction) กับไขมันได้ดีขึ้น และจากการทดลองของ Schirle-Keller and Reineccius (1992) พบว่า เมื่อ aldehyde มีสายโซ่ยาวมากขึ้นจะสามารถละลายในไขมันได้ดี ทำให้เคลื่อนที่สู่ช่องว่างเหนือตัวอย่างได้น้อยลง แต่การเพิ่มปริมาณไขมันในปริมาณร้อยละ 1.0 ไม่ทำให้ความเข้มข้นของสารให้กลิ่นรสที่ละลายได้ในน้ำ เช่น acetaldehyde, propanal, diacetyl, pentanol, hexanal เปลี่ยนแปลง (Hatchwell, 1996) จากการทดลองของ Li *et al.* (1997) ซึ่งทำการวัดปริมาณวานิลลิน (vanillin ; 4-hydroxy-3-methoxybenzaldehyde) ในไอศกรีมที่ระดับไขมันนมตั้งแต่ร้อยละ 0.5–10 พบว่าปริมาณวานิลลินอิสระลดลงเมื่อปริมาณไขมันนมในไอศกรีมสูงขึ้น และจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ชิมที่ผ่านการฝึกฝนแล้วนั้น ผู้ชิมบอกได้ว่าเมื่อปริมาณไขมันในไอศกรีมสูงขึ้น ระยะเวลาในการรับรู้กลิ่นวานิลลานานขึ้น

สำหรับอาหารที่มีปริมาณไขมันต่ำ การเกิดอันตรกิริยาระหว่างสารให้กลิ่นรสและองค์ประกอบอื่น ๆ ของอาหาร ทำให้พฤติกรรมการปลดปล่อยกลิ่นรสของอาหารเปลี่ยนแปลงไป การลดปริมาณไขมันทำให้สมดุลความดันไอของสารให้กลิ่นรสสูงขึ้น และระยะเวลาการปลดปล่อยกลิ่นรสเปลี่ยนแปลง โดยสารให้กลิ่นรสไม่สามารถคงอยู่ในอาหารได้นาน ถูกปลดปล่อยออกมาทันที ทำให้สามารถรับรู้กลิ่นรสนั้นได้อย่างรวดเร็วและระยะเวลาในการรับรู้กลิ่นรสนั้นก็ลดลงอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกัน (Labell, 1991) ตัวอย่างเช่น เมื่อรับประทานไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่มีปริมาณไขมันปกติ ไขมันในไอศกรีมเริ่มละลายจึงมีการปลดปล่อยกลิ่นรสออกมาอย่างช้า ๆ แต่สำหรับไอศกรีมปราศจากไขมัน การรับรู้กลิ่นรสจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อรับประทาน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลิ่นรสของไอศกรีมที่ได้รับนั้นไม่สมดุล อาจมีกลิ่นอื่น ๆ เช่น กลิ่นควัน กลิ่นยา กลิ่นแอลกอฮอล์ และกลิ่นถั่วปรากฏขึ้น และไม่มีความรู้สึกหลังรับประทาน (aftertaste) (Hatchwell, 1996)

สารทดแทนไขมันสามารถเกิดอันตรกิริยากับสารให้กลิ่นรสต่างไปจากการเกิดอันตรกิริยาของไขมัน สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตมีผลกระทบเล็กน้อยต่อความดันไอของ อาจเนื่องมาจากสารทดแทนไขมันประเภทนี้ไม่มีหมู่ไฮโดรโฟบิค ซึ่งต่างจากสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน เช่น ซิมเพลส-100 เป็นเวย์โปรตีนซึ่งมีหมู่ไฮโดรโฟบิค สามารถลดความดันไอของaldehydeได้ใกล้เคียงกับไขมันมากกว่าสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต โดยซิมเพลส-100 และซิมเพลส-300 สามารถเกิดอันตรกิริยากับ aldehyde ที่มีสายโซ่ยาวและ aldehyde ที่ไม่อิ่มตัวได้ แต่ไม่เกิดอันตรกิริยากับ ketone และจากการศึกษาของ Hansen and Heinis (1991) พบว่า เวย์โปรตีนสามารถเกิดอันตรกิริยากับ aliphatic aldehyde และ methyl ketone นอกจากนี้ยังทำให้ปริมาณวานิลลินซึ่งเป็น aromatic aldehyde ลดลงด้วย เนื่องจากการเกิดอันตรกิริยาระหว่างวานิลลินและโปรตีน แต่จากการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า ซิมเพลส-100 ไม่มีผลต่อการรับรู้กลิ่นวานิลลา อาจเนื่องมาจากถูกบดบังด้วยกลิ่นรสอื่น (Ohmes *et al.*,1998)

การใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน ได้แก่ แดรี–โล และซิมเพลส-100 ในไอศกรีมช็อกโกแลตชนิดไขมันต่ำและปราศจากไขมันนั้น พบว่า ซิมเพลส-100 ทำให้ไอศกรีมมีกลิ่นโกโก้ใกล้เคียงกับสูตรควบคุมมากกว่าไอศกรีมสูตรที่มีแดรี–โล (Prindiville *et al.*, 2000)

ดังนั้นการใช้สารทดแทนไขมันประเภทต่าง ๆ ทดแทนไขมันนมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจึงต้องคำนึงถึงผลกระทบจากการมีปริมาณไขมันนมลดลงและมีปริมาณสารทดแทนไขมันเพิ่มขึ้นในผลิตภัณฑ์ต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัส รวมทั้งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่ได้ให้เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

3.1.1 นมสดพร่องมันเนยพาสเจอร์ไรซ์ (ตรา ฟาร์มโชคชัย)

3.1.2 ยูเอชที วิปปิ้งครีม [บริษัท เอ็น แซด มิ้ลค์ โพรดักส์ (ประเทศไทย) จำกัด]

3.1.3 หางนมผง [บริษัท เอ็น แซด เอ็ม พี (ประเทศไทย) จำกัด]

3.1.4 น้ำตาลทราย

3.1.5 กลิ่นวานิลลิน (บริษัท ฟาร์มาเคม จำกัด)

3.1.6 สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน ซิมเพลส–100 [Simplesse®–100; CP Kelco U.S., Inc., USA ; บริษัท วินเนอร์ กรุ๊ป (ประเทศไทย) จำกัด]

3.1.7 สารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ (บริษัท อี๊สต์เอเชียติ๊ก จำกัด) ประกอบด้วย

โมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์	(E471)
โลคัสบีนกัม (Locust bean gum)	(E410)
กัว กัม (Guar gum)	(E412)
คาราจีแนน (Carageenan)	(E407)

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต

3.2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 3,100 กรัม (Sartorius; BP 3100S, Germany)

3.2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง พิกัดชั่ง 210 กรัม (A&D Company, Limited, Japan)

3.2.3 เครื่องปั่นผสมอาหาร [บริษัท ฟิลิปส์ อิเล็กทรอนิกส์ (ประเทศไทย) จำกัด]

3.2.4 ตู้แช่เยือกแข็ง (Sanyo, Thailand)

3.2.5 เครื่องปั่นไอศกรีม ความจุ 3 ลิตร (บริษัท ฟอร์จูนเนท จำกัด)

3.2.6 เทอร์โมมิเตอร์ (Testo 925, Germany)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

61008

3.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

3.3.1 เครื่องวัดสี (Chroma Meter, Minolta CR – 300, Japan)

3.3.2 เครื่องวัดความหนืด (Brookfield Digital Rheometer; Model DV-III)

3.3.3 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน (Cryo–Scanning Electron Microscope; JSM-5410 LV, Jeol, Japan)

3.3.4 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี–แมสสเปกโทรมิเตอร์ (Gas Chromatography – Mass Spectrometer; GC 6890, MS 5973, Agilent Technologies, USA)

3.3.5 เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotary Evaporator; Buchi, Switzerland)

3.4 สถานที่ทำการทดลอง

3.4.1 โครงการคณะอุตสาหกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.2 ศูนย์บริการเครื่องมือวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

3.4.3 ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.5 วิธีการทดลอง

3.5.1 การผลิตไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนม

3.5.1.1 การผลิตไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุม

ส่วนผสมของไอศกรีมสูตรควบคุมซึ่งมีปริมาณไขมันนมร้อยละ 10.0 ดังนี้

ส่วนผสม	ร้อยละ
นมสดพร่องมันเนย	59.15
ครีม	24.65
หางนมผง	3.80
น้ำตาล	12.00
สารให้ความคงตัว	0.40
วานิลลิน*	0.05

หมายเหตุ * เตรียมสารละลายวานิลลินโดยละลายวานิลลินร้อยละ 20 (นน./ปริมาตร) ในเอทานอลร้อยละ 35 (ปริมาตร/ปริมาตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณปริมาณส่วนผสมที่ใช้ และผลิตไอศกรีมดังนี้

- เตรียมส่วนผสมแห้งได้แก่ น้ำตาล และสารให้ความคงตัวมาผสมรวมกัน นำมาผสมกับหางนมผงให้เข้ากันดี เตรียมส่วนผสมเหลวโดยนำนมสดพร่องมันเนยและครีมมาให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เติมส่วนผสมแห้งลงในส่วนผสมเหลวพร้อมกับคนให้ละลายโดยเร็ว นำส่วนผสมที่ได้มาปั่นผสมให้เข้ากันโดยใช้เครื่องปั่นผสมอาหารนาน 30 วินาที ก่อนพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วินาที เก็บส่วนผสมไอศกรีมในภาชนะที่สะอาดและปลอดเชื้อ ลดอุณหภูมิของส่วนผสมไอศกรีมลงให้เย็นโดยเร็วจนส่วนผสมไอศกรีมมีอุณหภูมิ 4–5 องศาเซลเซียส ก่อนนำส่วนผสมไปบ่มที่อุณหภูมิ 4–5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเติมสารละลายวานิลลินลงไป ปั่นเป็นไอศกรีมด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมประมาณ 25–30 นาที บรรจุไอศกรีมในถ้วยพลาสติกมีฝาปิด นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -25 ถึง -30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลงวิธีจาก Marshall and Arbuckle, 1996) ก่อนนำตัวอย่างไอศกรีมมาตรวจสอบคุณภาพ

3.5.1.2 การผลิตไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนม

ผลิตไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนมมีปริมาณไขมันนมในสูตรต่างกัน 3 ระดับ ได้แก่ ร้อยละ 7.5, 5.0 และ 2.5 โดยใช้ซิมเพลส-100 (Simplesse®–100) ในการทดแทนปริมาณไขมันนม คำนวณปริมาณวัตถุดิบที่ใช้ และผลิตไอศกรีมตามข้อ 3.5.1.1

3.5.2 ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

3.5.2.1 ความหนืด

วัดความหนืดของส่วนผสมหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดความหนืดใช้หัวหมุน (spindle) เบอร์ 18 ที่ความเร็วรอบการหมุนต่าง ๆ ควบคุมอุณหภูมิส่วนผสมที่ 4 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงจาก Li *et al.*, 1997)

3.5.2.2 การวัดโอเวอร์รันของไอศกรีมโดยกำหนดปริมาตรคงที่

ชั่งน้ำหนักส่วนผสมไอศกรีมก่อนการปั่นที่บรรจุในถ้วยพลาสติก บันทึกน้ำหนักของส่วนผสมไอศกรีม ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ปั่นได้ซึ่งบรรจุในถ้วยพลาสติกที่มีปริมาตรเท่ากัน บันทึกค่าน้ำหนักไอศกรีมที่ได้ คำนวณค่าโอเวอร์รันดังสมการต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก Adapa *et al.*, 2000)

$$\text{โอเวอร์รัน (\%โดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น.น.ต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสม - น.น.ต่อหน่วยปริมาตรของไอศกรีม}}{\text{น.น.ต่อหน่วยปริมาตรของไอศกรีม}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2.3 การวัดอัตราการละลาย

นำตัวอย่างไอศกรีมจากข้อ 3.5.1 ที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -25 ถึง –30 องศาเซลเซียส ไปแช่แข็งที่ –14±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดอัตราการละลายที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส โดยวางไอศกรีมบนตะแกรงสแตนเลสขนาด 6.3 ช่องต่อตารางเซนติเมตร รองรับไอศกรีมที่ละลายด้วยจานเพาะเชื้อ ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายทุก 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง คำนวณน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายเทียบกับน้ำหนักไอศกรีม 100 กรัม เขียนกราฟระหว่างค่าที่ได้กับเวลา รายงานเป็นอัตราการละลาย (ดัดแปลงจาก Muse and Hartel, 2004)

3.5.2.4 การวัดสีของไอศกรีม

วัดค่าสีและรายงานค่าสีในระบบ L*a*b* รวมทั้งค่า C*h ของผลิตภัณฑ์ด้วยเครื่องวัดสี (Roland *et al.*, 1999)

3.5.3 ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

ศึกษาโครงสร้างของไอศกรีมจากข้อ 3.5.1 โดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนที่มี cryo-preparation unit (Cryo–Scanning Electron Microscope: Cryo – SEM) ดังนี้

นำตัวอย่างไอศกรีมที่มีอุณหภูมิประมาณ –25 องศาเซลเซียสใส่ลงในหลอดแก้วที่มีความยาว 1.5 เซนติเมตร และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายใน 3 และ 1.5 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งมีรอยสำหรับทำให้หักได้ง่ายโดยห่างจากปลายด้านหนึ่ง 0.5 เซนติเมตร จุ่มหลอดแก้วที่บรรจุตัวอย่างลงในไนโตรเจนเหลวที่มีอุณหภูมิ –196 องศาเซลเซียสทันที (เก็บตัวอย่างไว้ในไนโตรเจนเหลวจนกว่าจะทำการส่องกล้องดูโครงสร้าง) วางหลอดแก้วที่บรรจุตัวอย่างลงในแท่นวางตัวอย่าง (stub) ที่ยึดอยู่กับฐานวางตัวอย่างอะลูมิเนียม (specimen holder) เคลื่อนย้ายตัวอย่างเข้าสู่ระบบเตรียมตัวอย่าง (cryo–preparation unit; NP-41020, Jeol, Japan) โดยควบคุมอุณหภูมิภายในระบบไว้ที่ –140 องศาเซลเซียส ทำการหักชิ้นตัวอย่างในหลอดแก้วในสภาวะแช่แข็ง (cryo-fracture) เพื่อให้เห็นผิวของตัวอย่างอย่างชัดเจน จากนั้นระเหิดน้ำแข็งที่ผิวของตัวอย่างโดยนำตัวอย่างวางบนฐานสำหรับการระเหิด ปรับระดับความร้อนที่สเกล 6 นาน 12 นาที นำตัวอย่างมาเคลือบทองด้วยระบบ Vacuum Evaporation Coating ภายในระบบเตรียมตัวอย่าง ใช้ทองคำ (ความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.5 เส้นผ่านศูนย์กลาง 6 มิลลิเมตร ยาว 0.5 เซนติเมตร) เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นส่องกล้องดูโครงสร้างของตัวอย่างภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ 15 kV ที่อุณหภูมิ –130 องศาเซลเซียส (ดัดแปลงจาก Goff *et al.*, 1999b; Bolliger *et al.*, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.4 ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

วิเคราะห์สารระเหยในไอศกรีมจากข้อ 3.5.1 ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี – แมสสเปกโทรมิเตอร์ (GC-MS) วิเคราะห์ปริมาณสารระเหย vanillin, 2-heptanone, 2-nonanone, nonanal, 2-undecanone, 2-tridecanone, δ-decalactone, δ-dodecalactone ด้วยวิธีการใช้สารมาตรฐานภายใน (internal standardization method) โดยใช้ 2-methyl-3-heptanone เป็น internal standard สกัดสารระเหยจากตัวอย่างไอศกรีมด้วยวิธี Solid Phase Microextraction Headspace-GC-MS (ดัดแปลงจาก Sostaric *et al.*, 2000; Welty *et al.*, 2001) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐาน vanillin, 2-heptanone, 2-nonanone, nonanal, 2-undecanone, 2-tridecanone, delta-decalactone, delta-dodecalactone

การสกัดสารระเหย

ชั่งตัวอย่างไอศกรีมจากข้อ 3.5.1 น้ำหนัก 10±0.1 กรัม ใส่ลงในขวด (vial) ขนาด 40 มิลลิลิตร รอให้ตัวอย่างละลายที่ 25 องศาเซลเซียส เติมโพแทสเซียมคลอไรด์ (anhydrous KCl) 4.5 กรัม และ 2-methyl-3-heptanone (ความเข้มข้น 1,090 ppm.) 2.5 ไมโครลิตร ให้ความร้อนแก่ตัวอย่างด้วย heating block ควบคุมอุณหภูมิที่ 80±0.5 องศาเซลเซียส ผสมให้เข้ากันด้วย magnetic stirring bar ความเร็ว 1080 รอบ/นาที นาน 30 นาที ทำการextraction ด้วย SPME fiber (DVB/CAR/PDMS 50/30 μm; Supelco, Bellefonte, PA, USA) ที่ช่องว่างเหนือตัวอย่าง ควบคุมอุณหภูมิที่ 80±0.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที จากนั้น desorption โดย insert SPME fiber ที่ GC-injection port เป็นเวลา 2 นาที (ดัดแปลงจาก Sostaric *et al.*, 2000; Welty *et al.*, 2001)

การวิเคราะห์เอกลักษณ์และการหาปริมาณสารระเหย

วิเคราะห์เอกลักษณ์ของสารระเหยที่ได้ด้วยเวลาคงค้าง (retention time) และเทียบกับแมสสเปกตรัม (mass spectrum) และสารมาตรฐานของสารระเหยจากแมสสเปกโทรมิเตอร์ ใช้คอลัมน์ HP-5 MS (30 ม. x 0.25 x 0.25 มม.) อุณหภูมิเริ่มต้น 40 องศาเซลเซียส คงไว้ 2 นาที เพิ่มเป็น 200 องศาเซลเซียส (8 องศาเซลเซียส/นาที) คงไว้ 5 นาที เพิ่มเป็น 250 องศาเซลเซียส (50 องศาเซลเซียส/นาที) ใช้ฮีเลียมเป็นแก๊สพา (carrier gas) อัตราการไหล 1.0 มล./นาที ควบคุมอุณหภูมิของ injection port 250 องศาเซลเซียส ใช้เทคนิคการฉีดสารแบบสปลิตเลส (splitless mode) 2 นาที ใช้แมสสเปกโทรมิเตอร์สภาวะอิเล็กตรอนอิมแพคท์ (electron impact, EI mode) ที่ 70 eV ควบคุมอุณหภูมิของแหล่งกำเนิดไอออน (ion source) ที่ 230 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของดีเทคเตอร์ (detector) 150 องศาเซลเซียส สแกนมวลไอออนระหว่าง 30 – 500 m/z

หาปริมาณสารระเหยด้วยวิธีการใช้สารมาตรฐานภายในโดยใช้นมสดพร่องมันเนยพาสเจอร์ไรซ์เป็น matrix แทนตัวอย่างไอศกรีม นำนมสดพร่องมันเนยระเหยกลิ่นรสด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำนมที่ผ่านการระเหยแล้วหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10±0.1 กรัมใส่ลงในขวดขนาด 40 มิลลิลิตร เติมโพแทสเซียมคลอไรด์ 4.5 กรัมและ 2-methyl-3-heptanone (ความเข้มข้น 1,090 ppm.) 2.5 ไมโครลิตร สารมาตรฐานวานิลลิน (ความเข้มข้น 0 – 200,000 ppm.) 15 ไมโครลิตร และสารมาตรฐานผสม (ความเข้มข้น 0 – 100 ppm.) 2 ไมโครลิตรลงไป ทำการสกัดสารระเหยเช่นเดียวกับตัวอย่างไอศกรีม

3.5.5. ศึกษาผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

3.5.5.1 ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีการทดสอบเชิงพรรณา (Descriptive test)

ใช้ผู้ประเมินที่ได้รับการฝึกฝนแล้วจำนวน 10 คน โดยทำการฝึกฝนผู้ประเมินให้มีความคุ้นเคยกับวิธีการและตัวอย่างอ้างอิง (reference standards) ที่ใช้ทดสอบ ทำการฝึกฝนจำนวน 7 ครั้ง ครั้งละ 1.5 ชม (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ค.) ลักษณะที่ทำการทดสอบได้แก่ กลิ่นรส (กลิ่นวานิลลา ความหวาน กลิ่นคาราเมล กลิ่นเนย กลิ่นนม และกลิ่นเวย์) และลักษณะเนื้อสัมผัส (ความเป็นครีมและความเรียบเนียน) (Guinard *et al.*, 1997; Meilgaard *et al.*, 1999; Stampanoni *et al.* 1996) เตรียมตัวอย่างโดยนำตัวอย่างไอศกรีมแช่ในตู้แช่แข็งที่มีอุณหภูมิ -14±1 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืนก่อนการทดสอบทางประสาทสัมผัส (Chung *et al.*, 2003a; Chung *et al.*, 2003b)

3.5.5.2 ประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีให้คะแนนความชอบ (7–point Hedonic scale)

ใช้ผู้ประเมินจำนวน 50 คน ลักษณะที่ทำการทดสอบ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ ลักษณะเนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวม เตรียมตัวอย่างไอศกรีมเช่นเดียวกับข้อ 3.5.5.1

3.5.6 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดลองตามข้อ 3.5.1 – 3.5.4 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design; CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดสอบความชอบทางประสาทสัมผัสตามข้อ 3.5.5 ใช้แผนการทดลองแบบสุ่มภายในบล็อคสมบูรณ์ (Randomized Completely Block Design; RCBD) หาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan' s New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS Version 10.0 ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 การผลิตไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนม

ลักษณะของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุม (ไขมันนมร้อยละ 10.0 และสูตรลดไขมันนมที่ระดับไขมันนมร้อยละ 7.5, 5.0, 2.5 แสดงดังภาพที่ 4.1 โดยมีองค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมและปริมาณแสดงในภาคผนวก ข.

ภาพที่ 4.1 ลักษณะของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนม

4.2 ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

การใช้ซิมเพลส–100 ทดแทนไขมันนมในไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนมที่ระดับไขมันนมต่างกันส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีมดังแสดงในตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

ปริมาณไขมันนมในสูตร(ร้อยละ)	consistency index ($Pa.s^n$)	flow behavior index	โอเวอร์รัน (ร้อยละโดยน้ำหนัก)	อัตราการละลาย^{ns} (ร้อยละ/นาที)
สูตรควบคุม (10.0)	9.33 ± 0.75^c	0.69 ± 0.10	65.09 ± 0.95^a	2.37 ± 0.04
7.5	14.37 ± 0.81^b	0.65 ± 0.13	61.70 ± 1.7^b	2.43 ± 0.09
5.0	17.45 ± 1.08^b	0.62 ± 0.02	46.20 ± 1.92^c	2.43 ± 0.05
2.5	24.97 ± 2.91^a	0.67 ± 0.04	44.10 ± 1.30^c	2.45 ± 0.09

หมายเหตุ

อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ซิมเพลส-100 มีพฤติกรรมการไหลแบบ shear-thining เมื่อให้อัตราการเฉือน (shear rate) มากขึ้น ทำให้ความหนืดลดลง ดังนั้นซิมเพลส-100 จึงสามารถกระจายตัวในผลิตภัณฑ์อาหาร รวมทั้งไอศกรีม (Sanchez and Paguin, 1997)

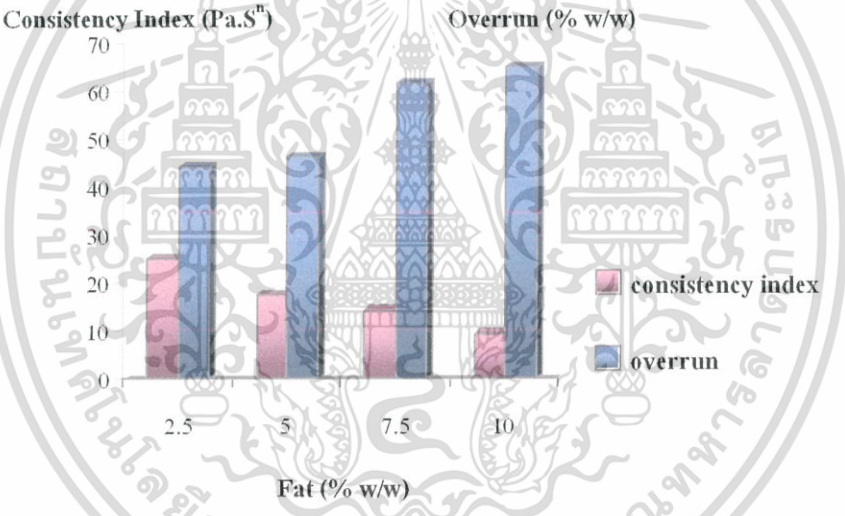
จากผลการวิเคราะห์พฤติกรรมการไหลของส่วนผสมไอศกรีมทั้งสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตร (ตารางที่ 4.1) พบว่า ค่า flow behavior index ทั้ง 4 สูตรนั้นมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าส่วนผสมไอศกรีมมีพฤติกรรมการไหลเป็นแบบ Pseudoplastic ผลการศึกษาสอดคล้องกับ Smith *et al.* (1984) (อ้างอิงจาก Vélez-Ruiz and Barbosa Cánovas, 1997) ซึ่งรายงานว่าส่วนผสมไอศกรีมแสดงพฤติกรรมการไหลเป็นแบบ Pseudoplastic และค่า flow behavior index อยู่ระหว่าง 0.48 – 0.55 Marshall *et al.* (2003) ระบุว่า การเพิ่มอัตราการเฉือนให้กับส่วนผสมไอศกรีมมีผลให้ความหนืดของไอศกรีมลดลง สำหรับไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งแล้วมีคุณสมบัติในการเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นแบบ viscoelastic material การเติมสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนชนิดแดรี-โล (Dairy–Lo) จะช่วยเพิ่ม viscous property แต่ไม่ช่วยปรับปรุง elastic property ของไอศกรีม การเพิ่มปริมาณไขมันในไอศกรีมช่วยให้ elastic property ของไอศกรีมเพิ่มขึ้น (Adapa *et al.*, 2000)

ค่า consistency index ของส่วนผสมไอศกรีมทั้ง 4 สูตรมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$) โดยส่วนผสมไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 มีค่า consistency index มากที่สุด (24.97 ± 2.91 $Pa.s^n$) สูตรควบคุม (ไขมันนมร้อยละ 10.0) มีค่า consistency index น้อยที่สุด (9.33 ± 0.75 $Pa.s^n$) ผลการศึกษาสอดคล้องกับของ Ohmes *et al.* (1998) ซึ่งรายงานว่าส่วนผสมไอศกรีมที่มีซิมเพลส-100 ร้อยละ 5.0 ของส่วนผสมมีความหนืดสูงกว่าส่วนผสมไอศกรีมที่มีไขมันนมเป็นองค์ประกอบที่ปริมาณร้อยละ 4.8 ของส่วนผสม จากผลการทดลองในตารางที่ 4.1 ยังพบว่าเมื่อส่วนผสมไอศกรีมมีปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้น เป็นผลให้ค่า consistency index มากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากซิมเพลส-100 เป็นเวย์โปรตีนที่ผ่านกระบวนการ microparticulation ทำให้อนุภาคโปรตีนมีลักษณะทรงกลมสม่ำเสมอและมีขนาดเล็กมาก (Singer and Moser, 1993; อดิศักดิ์, 2542) พื้นผิวของอนุภาคโปรตีนที่มีหมู่ไฮโดรโฟบิคมีคุณสมบัติในการจับน้ำ (hydration) ได้ดี สามารถอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างของซิมเพลส-100 และเกิดเจลขึ้นทำให้ปริมาณน้ำอิสระของส่วนผสมไอศกรีมลดลง (Marshall *et al.*, 2003; Sanchez and Paguin, 1997) ดังนั้นส่วนผสมไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5, 5.0 และ 2.5 ซึ่งมีปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้นตามลำดับจึงมีค่า consistency index มากขึ้นตามไปด้วย เนื่องจากเกิดเจลของซิมเพลส-100 ในส่วนผสมไอศกรีมมากขึ้น

อิทธิพลของปริมาณซิมเพลส-100 มีผลต่อค่า consistency index ของส่วนผสมไอศกรีมและส่งผลต่อค่าโอเวอร์รันของไอศกรีม เมื่อความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมสูงขึ้นจากการเพิ่มปริมาณของสารให้ความคงตัวและโปรตีน (Aguilera and Stanley, 1999) ทำให้การอัดอากาศเข้าไปในโครงสร้างไอศกรีมลดลง ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมลดลง (Marshall *et al.*, 2003)



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า consistency index, overrun และปริมาณไขมันนมของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

ปริมาณของซิมเพลส-100 มีผลต่อค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา (ภาพที่ 4.2) ไอศกรีมสูตรควบคุมมีค่าโอเวอร์รันมากที่สุด และไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีค่าโอเวอร์รันต่ำกว่าสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่าโอเวอร์รันมีความสัมพันธ์กับค่า consistency index ของส่วนผสมไอศกรีม เมื่อค่า consistency index สูงขึ้น ค่าโอเวอร์รันต่ำลง เนื่องจากค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมขึ้นอยู่กับเกิดการสูญเสียความคงตัวของไขมัน สารไฮโดรคอลลอยด์และความหนืดของส่วนผสม (Stanley *et al.*, 1996; Leser and Michel, 1999)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

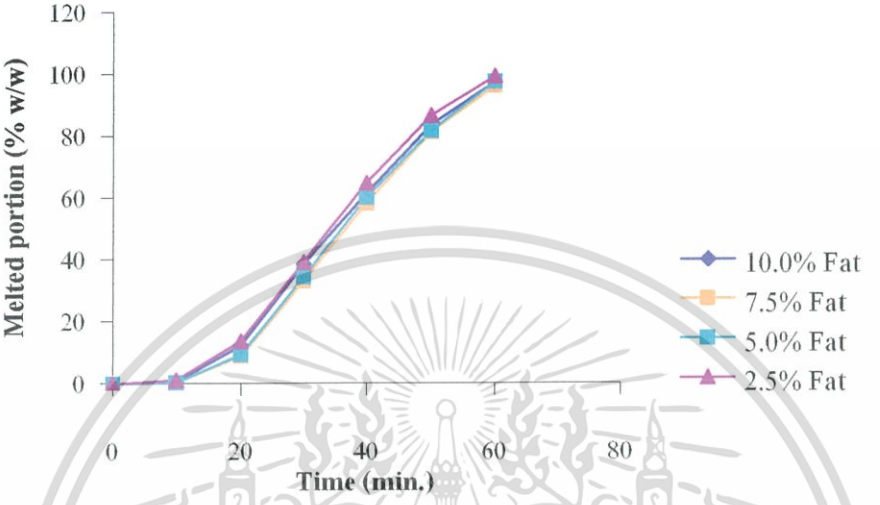
ส่วนผสมไอศกรีมสูตรควบคุมมีเคซีน อิมัลซิไฟเออร์โมเลกุลเล็ก ๆ สารลดแรงตึงผิว ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับพื้นผิวของเม็ดไขมันมากกว่าโปรตีนโมเลกุลใหญ่ เช่น เวย์โปรตีน ทำให้พื้นผิวของเม็ดไขมันมีโปรตีนน้อย ประสิทธิภาพในการรักษาความคงตัวโดยโมเลกุลที่พื้นผิวสัมผัสระหว่างเฟส (steric stabilization) น้อย เมื่อมีการปั่นเป็นไอศกรีมเม็ดไขมันสามารถเข้าใกล้กันมากขึ้นเกิดการหลวมรวมบางส่วนได้ดี และไขมันเหลวเปลี่ยนสถานะเป็นไขมันแข็ง เกิดโครงสร้างร่างแหของเม็ดไขมัน ทำให้สามารถอุ้มอากาศที่ถูกอัดเข้าไปได้ดี (ปาริฉัตร, 2542; Marshall *et al.*, 2003) ทำให้ค่าโอเวอร์รันสูงกว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตร

สำหรับไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5, 5.0 และ 2.5 มีปริมาณซิมเพลส-100 ซึ่งมีลักษณะเป็นทรงกลมและมีความหนาแน่นมากขึ้น ทำให้ซิมเพลส-100ถูกดูดซับที่พื้นผิวของเม็ดไขมันได้มาก ทำให้เม็ดไขมันเหล่านี้มีความยืดหยุ่นน้อย เกิดการหลอมรวมบางส่วนน้อยกว่า (Dickinson, 2001) รวมทั้งความสามารถในการเกิดเจลของซิมเพลส-100 ความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมมากขึ้น เป็นผลให้การอุ้มอากาศที่ถูกอัดเข้าไปลดลง จึงเห็นได้ว่าเมื่อไอศกรีมสูตรที่มีไขมันนมลดลง (ร้อยละ 7.5, 5.0, 2.5 ตามลำดับ) และมีปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้น จึงมีค่าโอเวอร์รันต่ำลง เช่นเดียวกับการทดลองของ Goff (1997b) ซึ่งพบว่า อิมัลชั่นมีความคงตัวและต่อต้านการเกิดการหลอมรวมบางส่วนของเม็ดไขมันได้ดี เมื่อมีความเข้มข้นของโปรตีนมากขึ้น และพบว่าความสามารถในการอุ้มอากาศจากการอัดอากาศที่ 5 องศาเซลเซียสของอิมัลชั่นที่มีไขมันนมร้อยละ 20 ลดลงเมื่อมีปริมาณเวย์โปรตีนมากขึ้น และหากปริมาณโปรตีนมากกว่าร้อยละ 0.5 โปรตีนถูกดูดซับที่ผิวของเม็ดไขมันมาก เม็ดไขมันเกิดการหลอมรวมบางส่วนน้อยลง

จากผลการวิเคราะห์อัตราการละลายของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ไอศกรีมทั้ง 4 สูตรมีอัตราการละลายไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.1และภาพที่ 4.3) ไอศกรีมสูตรควบคุมมีอัตราการละลายร้อยละ 2.37$\pm$0.04 ต่อนาที โดยไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันนมมาก จึงมีปริมาณเม็ดไขมันล้อมรอบเซลล์อากาศมาก ส่งผลให้ปริมาณเซลล์อากาศซึ่งมีส่วนช่วยในการต่อต้านการละลายมีมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ไขมันนมยังช่วยให้โครงสร้างของโฟมนั้นมีความคงตัวดีด้วย (Marshall *et al.*, 2003) เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่ระดับไขมันนมร้อยละ 7.5, 5.0 และ 2.5 ซึ่งมีอัตราการละลายใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุมคือร้อยละ 2.43$\pm$0.09, 2.43$\pm$0.09 และ 2.45$\pm$0.09 ต่อนาทีตามลำดับ ต่างจากผลการศึกษาของ Muse and Hartel (2004) และ Hyvönen *et al.* (2003) ซึ่งรายงานว่า ไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันนมลดลงส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันต่ำและมีอัตราการละลายเร็วขึ้น แสดงว่าซิมเพลส-100 ในไอศกรีมสูตรลดไขมันนมสามารถทำให้ไอศกรีมที่ได้มีอัตราการละลายใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุมซึ่งมีปริมาณไขมันนมสูงกว่าเมื่อมีปริมาณสารให้ความคงตัวเท่ากันทุกสูตร ทั้งนี้เนื่องจากซิมเพลส-100 ถูกดูดซับที่ผิวของเม็ดไขมันเป็นอนุภาคหนาแน่น เมื่อเม็ดไขมันเกิดการหลอมรวมบางส่วนล้อมรอบเซลล์อากาศ ทำให้เซลล์อากาศมีความคงตัวดี ประกอบกับการเกิดเจลของซิมเพลส-100 ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ความหนืดของเฟสต่อเนื่องสูง สามารถอุ้มเซลล์อากาศได้ดี และผลจากความหนืดสูงสามารถต่อต้านการละลายได้ดีด้วย (Goff and Jordan, 1989) ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมจึงมีอัตราการละลายใกล้เคียงกับสูตรควบคุม

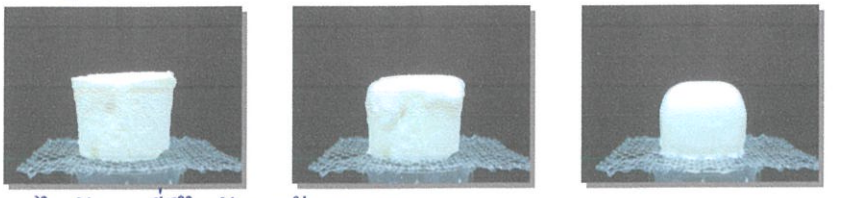


ภาพที่ 4.3 อัตราการละลายของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

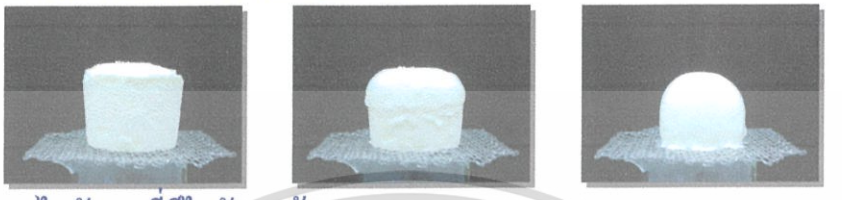
เมื่อพิจารณาลักษณะการละลายของไอศกรีมทั้ง 4 สูตรที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแสดงจากภาพที่ 4.3 และภาพที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่า ช่วงเวลาที่ 10 – 20 นาทีไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรเริ่มมีการละลายอย่างเห็นได้ชัด โดยไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรยังคงรักษารูปร่างได้ดีเช่นเดียวกับไอศกรีมสูตรควบคุม เนื่องจากซิมเพลส-100 มีคุณสมบัติในการเกิดเจล ทำให้เม็ดไขมันและเซลล์อากาศภายในโครงสร้างไอศกรีมมีความคงตัวดี จึงทำให้ไอศกรีมนั้นสามารถคงรูปร่างขณะที่ไอศกรีมกำลังละลาย ผลการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า ซิมเพลส-100 ช่วยให้ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมมีลักษณะการละลายและอัตราการละลายใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุม สามารถหลีกเลี่ยงปัญหาของไอศกรีมลดไขมันและไอศกรีมไขมันต่ำที่มักมีอัตราการละลายเร็วกว่าไอศกรีมสูตรไขมันปกติได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอศกรีมสูตรควบคุม (ไขมันนมร้อยละ 10.0)



ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5



ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 5.0

ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5

เวลา 0 นาที 20 นาที 40 นาที

ภาพที่ 4.4 การละลายของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เมื่อพิจารณาค่าสีต่าง ๆ จากตารางที่ 4.2 พบว่าไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมมีค่าความสว่าง (L*) อยู่ในช่วง 92.54±0.32 ถึง 88.35±0.75 มีค่าสีสัน (hue angle) อยู่ในช่วง 102.43±0.96 ถึง 105.73±1.24 จึงกล่าวได้ว่าสีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมมีสีขาวปนเหลือง โดยเมื่อพิจารณาจากทิศของสีเขียว (-a*) และทิศของเหลือง (b*) เห็นได้ว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันที่มีปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้นมีแนวโน้มการมีสีเขียวและสีเหลืองมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีปริมาณไรโบฟลาวิน (riboflavin) ที่มีอยู่ในเวย์โปรตีน (วรรณา และวิบูลย์ศักดิ์, 2531) มากขึ้น โดยมีค่าความอิ่มของสี (Chroma) มากขึ้นด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สีของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

ปริมาณไขมันนมในสูตร(ร้อยละ)	ค่าสี				
	L*	a *	b *	C*	h
สูตรควบคุม (10.0)	92.54±0.32[a]	-3.11±0.04[a]	12.86±0.63[c]	13.23±0.62[c]	103.57±0.46[a]
7.5	91.82±0.63[a]	-3.40±0.26[a]	15.46±0.81[a]	15.83±0.81[a]	102.43±0.96[a]
5.0	90.21±0.38[b]	-3.57±0.29[ab]	13.97±0.37[bc]	14.43±0.37[b]	104.35±1.20[ab]
2.5	88.35±0.75[c]	-3.98±0.34[b]	14.13±0.58[b]	14.68±0.60[ab]	105.73±1.24[b]

หมายเหตุ

อักษรที่ต่างกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

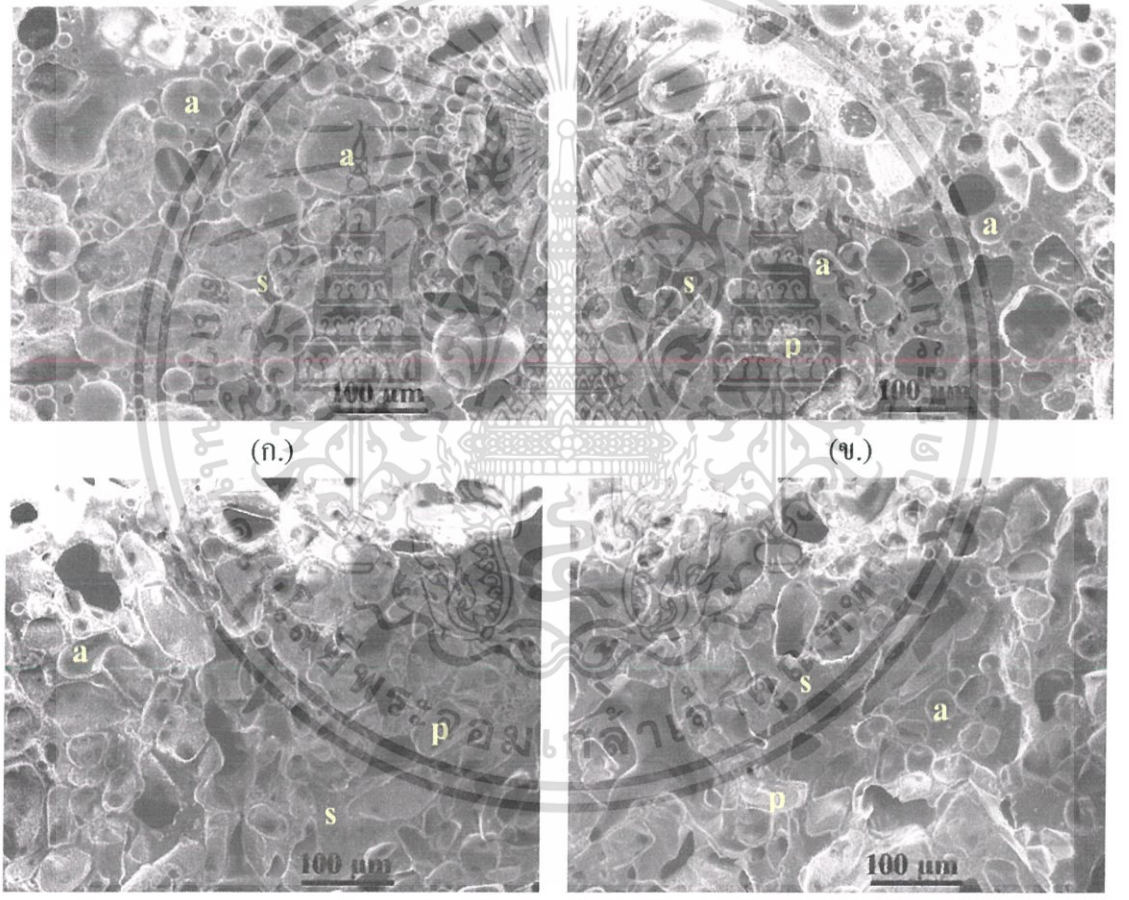
4.3 ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

วิธีการเตรียมตัวอย่างไอศกรีม (specimen) เพื่อศึกษาโครงสร้างด้วยเทคนิค Cryo-SEM ตามข้อ 3.5.3 เป็นวิธีการแยกน้ำออกจากตัวอย่าง ดังนั้นเมื่อทำการส่องกล้องดูโครงสร้างของไอศกรีมจึงพบว่าโพรง (voids) ในโครงสร้างนั้นเป็นเซลล์อากาศและน้ำเท่านั้น เซลล์อากาศมีลักษณะเป็นทรงกลมขอบผิวเรียบ มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 18.40 – 38.81 ไมครอน เห็นได้ชัดในภาพที่ 4.6 และภาพที่ 4.7 ส่วนร่างแหโปรตีนมีลักษณะไม่แน่นอนและขอบผิวไม่เรียบเกิดจากแรงตึงผิว (surface tension) อันเนื่องมาจากพันธะไฮโดรเจนระหว่างน้ำและโปรตีน เมื่อทำการระเหิดน้ำแข็งที่ผิวของตัวอย่างทำให้เกิดลักษณะเช่นนี้ขึ้น และวิธีการเตรียมตัวอย่างนี้ไม่มีการแยกไขมันออกจากโครงสร้างไอศกรีม จึงยังคงเห็นลักษณะของเม็ดไขมันซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.47–1.52 ไมครอนในโครงสร้างไอศกรีมได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 4.6 และ 4.7)

จากภาพที่ 4.5 เห็นได้ชัดว่าโครงสร้างของไอศกรีมสูตรควบคุมมีการกระจายของเซลล์อากาศมากที่สุดและมีเซลล์อากาศขนาดใหญ่กว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตร โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 38.81±3.65 ไมครอน ทั้งนี้เนื่องจากไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณไขมันนมมาก พื้นผิวของเม็ดไขมันถูกล้อมรอบด้วยเคซีน เวย์โปรตีนและสารลดแรงตึงผิว เกิดการหลอมรวมบางส่วนได้ดีกว่าเม็ดไขมันในไอศกรีมสูตรลดไขมันนมซึ่งมีซิมเพลส-100 ทำให้มีความสามารถในการอัดอากาศ (whipping ability) เข้าไปในโครงสร้างได้ดี ดังนั้นจึงเห็นเซลล์อากาศขนาดใหญ่จำนวนมากในโครงสร้างของไอศกรีมสูตรควบคุม ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมที่ได้สูงที่สุดด้วย ดังผลการทดลองในตารางที่ 4.1

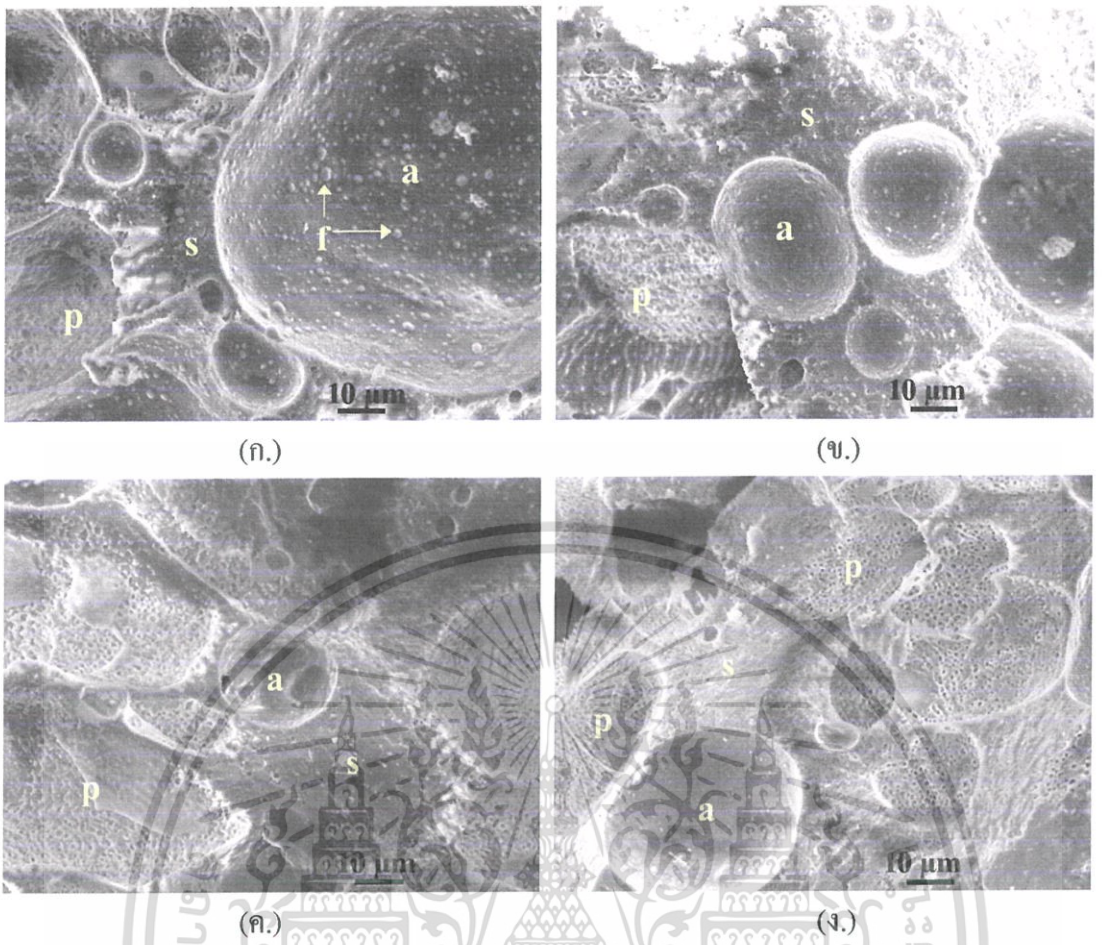
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตร (ภาพที่ 4.5 (ข.) (ค.) และ (ง.)) มีเซลล์อากาศขนาดเล็ก (เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 18.42 – 32.46 ไมครอน) และมีปริมาณน้อยกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม (ภาพที่ 4.5 (ก.)) ซิมเพลส-100 เป็นโปรตีนที่สามารถจัดเรียงตัวเป็นโครงสร้างร่างแหเกิดเป็นเจลที่สามารถอุ้มน้ำไว้ในโครงสร้างได้ (Singer and Moser, 1993) เจลที่เกิดขึ้นนี้เป็นโปรตีนที่เกาะกันแน่นและแข็งแรงเนื่องจากพันธะไดซัลไฟด์ (S-S bond) ในโมเลกุลของซิมเพลส-100 (Marshall *et al.*, 2003) จึงเห็นว่าโครงสร้างของไอศกรีมที่มีปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้น (ภาพที่ 4.5 (ข.) (ค.) และ (ง.) ตามลำดับ) จะมีเจลของซิมเพลส-100 มากขึ้น ทำให้โครงสร้างมีความหนาแน่นมากขึ้นด้วย ประกอบกับค่า consistency index ของส่วนผสมไอศกรีมมีค่าสูงทำให้การอัดอากาศเป็นไปได้ยาก เซลล์อากาศจึงมีขนาดเล็กและมีปริมาณน้อยกว่าสูตรควบคุม (Chang and Hartel, 2002)



ภาพที่ 4.5 Cryo-SEM micrograph ของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุม (x 200 เท่า) (ก.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 (x 200 เท่า) (ข.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 5.0 (x 200 เท่า) (ค.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 (x 200 เท่า) (ง.) a: เซลล์อากาศ s: ส่วนของของเหลว p: ร่างแหโปรตีน

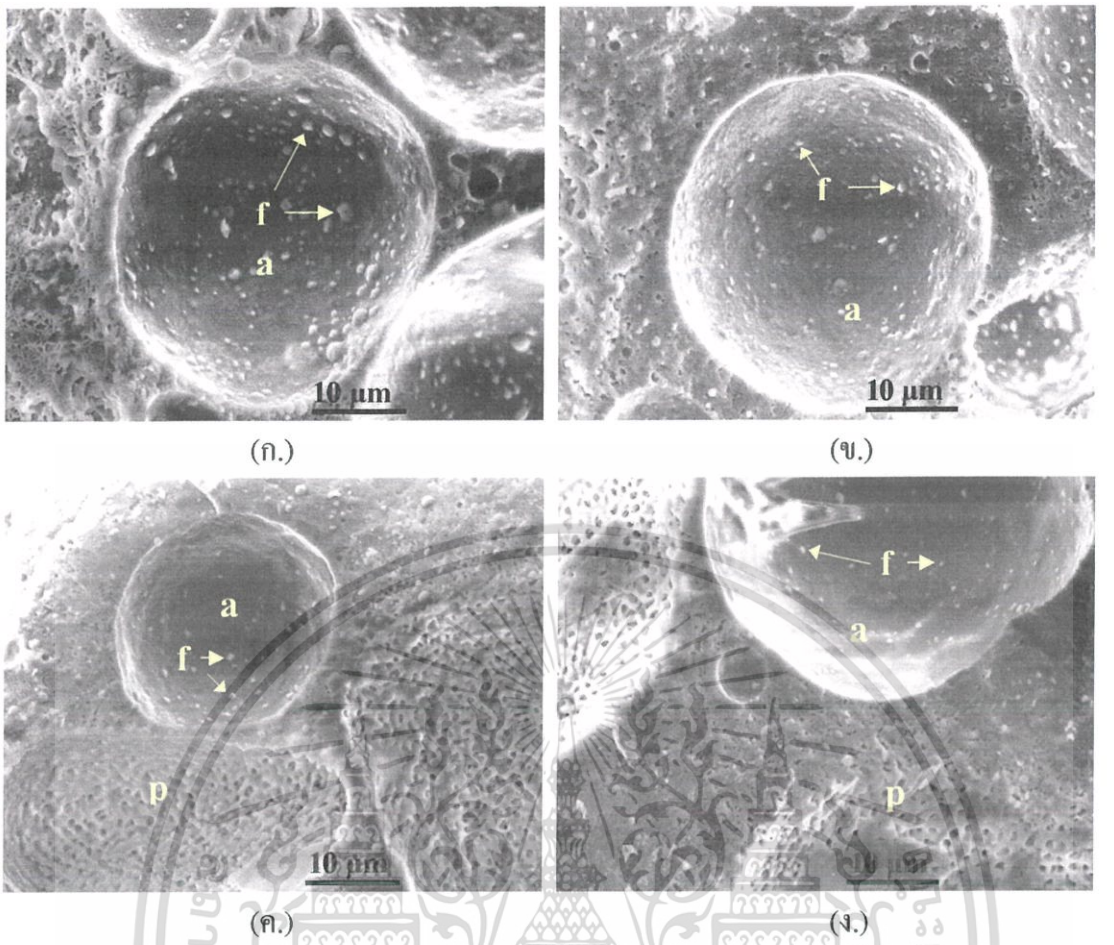
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 Cryo-SEM micrograph ของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุม (x 1,000 เท่า) (ก.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 (x 1,000 เท่า) (ข.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 5.0 (x 1,000 เท่า) (ค.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 (x 1,000 เท่า) (ง.) a: เซลล์อากาศ s: ส่วนของของเหลว p: ร่างแหโปรตีน f: เม็ดไขมัน

จากภาพที่ 4.6 (ก.) เป็นโครงสร้างของไอศกรีมสูตรควบคุม ร่างแหโปรตีนที่สังเกตเห็นนั้นเกิดจากโปรตีนในธาตุน้ำนมไม่รวมไขมันเกาะตัวกันอย่างไม่หนาแน่นเท่ากับซิมเพลส-100 ที่ปรากฏในภาพที่ 4.6 (ข.) (ค.) และ (ง.) เห็นได้ชัดว่าภายในร่างแหของซิมเพลส-100 นี้มีโพรงเล็ก ๆ เป็นเซลล์อากาศขนาดเล็กมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากซิมเพลส-100 มีความสามารถในการเกิดโฟมได้ดี ส่งผลให้ผู้บริโภคสามารถรับรู้ความเป็นครีมของไอศกรีมในขณะรับประทาน (Wildmoser *et al.*, 2004) จากการที่ส่วนของของเหลวมีปริมาณน้ำอิสระน้อย และมีความหนาแน่นจึงสามารถขัดขวางการเคลื่อนที่ของผลึกน้ำแข็ง ลดโอกาสการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีความเรียบเนียนใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุม (Wildmoser *et al.*, 2004; Goff, 1997b) เห็นได้จากผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสในข้อ 4.5.2 ที่พบว่าความเป็นครีมและความเรียบเนียนของไอศกรีมทั้ง 4 สูตรนั้นไม่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.7 Cryo-SEM micrograph ของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุม (x 2,000 เท่า) (ก.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 (x 2,000 เท่า) (ข.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 5.0 (x 2,000 เท่า) (ค.) สูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 (x 2,000 เท่า) (ง.) a: เซลล์อากาศ p: ร่างแหโปรตีน f: เม็ดไขมัน

เมื่อพิจารณาเม็ดไขมันรอบ ๆ เซลล์อากาศในโครงสร้างของไอศกรีมทั้ง 4 สูตร ดังแสดงในภาพที่ 4.7 พบว่าโครงสร้างไอศกรีมสูตรควบคุมมีเม็ดไขมันขนาดใหญ่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 1.52±0.29 ไมครอนกระจายตัวที่พื้นผิวของเซลล์อากาศปริมาณมาก (ภาพที่ 4.7 (ก.)) ทั้งนี้เนื่องจากพื้นผิวของเม็ดไขมันมีอิมัลซิไฟเออร์ ซึ่งลดแรงตึงผิวและเคซีนซึ่งมี surface-active มากกว่าโปรตีนโมเลกุลใหญ่ทำให้ถูกดูดซับที่พื้นผิวของเม็ดไขมันได้มากกว่าโปรตีน (Wilde *et al.*, 2004) เมื่อทำการปั่นเป็นไอศกรีมเม็ดไขมันเหล่านี้จึงเกิดการสูญเสียความคงตัว แล้วเกิดการหลอมรวมบางส่วนได้ง่าย เม็ดไขมันในโครงสร้างไอศกรีมจึงมีขนาดใหญ่ ประกอบกับปริมาณไขมันนมในสูตรมีมากจึงทำให้เห็นเม็ดไขมันบริเวณพื้นผิวของเซลล์อากาศมากขึ้นไปด้วย

สำหรับไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีซิมเพลส-100 (ภาพที่ 4.7 (ข.) (ค.) และ (ง.)) พื้นผิวของเซลล์อากาศมีปริมาณเม็ดไขมันน้อยเนื่องจากปริมาณไขมันนมในสูตรน้อยลง และเม็ดไขมันมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ย 0.47 – 1.05 ไมครอน เนื่องจากปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้น สามารถขัดขวางการเกิดการหลอมรวมบางส่วนของเม็ดไขมันได้มากขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Sourdet *et al.* (2003) ซึ่งพบว่าขนาดของเม็ดไขมันใน whipped emulsion ขึ้นกับความเข้มข้นและองค์ประกอบของโปรตีน เม็ดไขมันเกิดการรวมตัวและเกาะกลุ่มได้น้อยเมื่อโปรตีนมีความเข้มข้นสูงส่งผลให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็ก จากการที่ซิมเพลส-100 เกิดเจลได้ดี ทำให้ความหนืดของเฟสต่อเนื่องสูง ทำให้ไอศกรีมสูตรที่มีซิมเพลส-100 สามารถต่อต้านการละลายได้ดี อัตราการละลายของไอศกรีมจึงไม่ต่างจากไอศกรีมสูตรควบคุมดังผลการทดลองในข้อ 4.2 ส่งผลให้การประเมินความชอบทางด้านการละลายภายในปากของผู้ประเมินนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.10)

4.4. ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อสารระเหยที่สำคัญในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

สารระเหย (ppm)	กลิ่นรส*	ปริมาณไขมันนมในสูตร (ร้อยละ)			
		สูตรควบคุม (10.0)	7.5	5.0	2.5
2-heptanone	soapy	1.54 ± 0.15^{a}	0.41 ± 0.02^{b}	0.16 ± 0.01^{c}	0.14 ± 0.13^{c}
2-nonanone	hot milk	0.49 ± 0.02^{a}	0.31 ± 0.03^{b}	0.31 ± 0.03^{b}	0.11 ± 0.01^{c}
nonanal	fatty/green	0.19 ± 0.01^{a}	0.15 ± 0.02^{ab}	0.15 ± 0.03^{ab}	0.13 ± 0.02^{b}
2-undecanone	orange	0.08 ± 0.01^{a}	0.06 ± 0.02^{a}	0.05 ± 0.01^{a}	0.02 ± 0.00^{b}
vanillin	vanilla	59.01 ± 8.22^{c}	74.61 ± 13.08^{bc}	116.30 ± 22.66^{ab}	362.62 ± 35.04^{a}
2-tridecanone	waxy/milky/ coconut	$7.98\times10^{-3}\pm0.001^{a}$	$6.70\times10^{-3}\pm0.001^{a}$	$7.61\times10^{-3}\pm0.001^{a}$	$3.44\times10^{-3}\pm0.001^{b}$
δ-decalactone^{ns}	coconut	2.81 ± 0.12	2.54 ± 0.33	2.68 ± 0.40	1.91 ± 0.61
δ-dodecalactone	coconut/ lactone	0.51 ± 0.03^{a}	$0.48\pm.03^{a}$	0.49 ± 0.04^{a}	0.38 ± 0.01^{b}

หมายเหตุ *ที่มา : Acree and Arn (2004); Chung *et al.* (2003b); Friedeck *et al.* (2003)

อักษรที่ต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.8 GC-Chromatograms ของสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่สกัดด้วยวิธี Solid Phase Microextraction Headspace-GC-MS ไอศกรีมสูตรควบคุม (ก.) ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 (ข.) ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 5.0 (ค.) ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 (ง.)

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.8 ไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีปริมาณสารระเหยในกลุ่ม methyl ketone ได้แก่ 2-heptanone, 2-nonanone, 2-undecanone และ 2-tridecanone แตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เห็นได้ว่า ระดับไขมันนมมีอิทธิพลต่อปริมาณสารระเหยในกลุ่มนี้ โดยไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณสารระเหยกลุ่มนี้มากที่สุด และไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีปริมาณสารระเหยกลุ่มนี้ลดลงเมื่อปริมาณไขมันนมในสูตรลดลง ทั้งนี้เนื่องจากสารระเหยกลุ่มนี้เป็นสารให้กลิ่นรสในครีมที่ใช้เป็นส่วนประกอบของไอศกรีม (Chung *et al.*, 2003b) เกิดจากปฏิกิริยา thermal decarboxylation ของกรดไขมันชนิด β–keto (β-keto fatty acid) ในไขมันนม (Walstra and Jenness, 1984; Schutte, 1999) ดังปฏิกิริยา

อิทธิพลของระดับไขมันนมต่อปริมาณสารระเหยกลุ่ม methyl ketone จากการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับ Chung *et al.* (2003b) ได้รายงานว่า ไอศกรีมที่มีไขมันนมลดลงจะมีปริมาณ 2-hexanone, 2-heptanone และ 2-nonanone ลดลงไปตามด้วย นอกจากนี้ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีซิมเพลส-100 ถูกดูดซับที่บริเวณพื้นผิวของเม็ดไขมันในโครงสร้างไอศกรีมปริมาณมาก ทำให้เม็ดไขมันเหล่านั้นมีขนาดเล็ก ดังแสดงในภาพที่ 4.7 จากลักษณะดังกล่าวสามารถเอื้ออำนวยให้อนุภาคซิมเพลส-100 ซึ่งมีพื้นผิวเป็นไฮโดรโพบิคเกิด hydrophobic interaction กับสารระเหยกลุ่มนี้ได้ดี (Damodaran, 1996) ส่งผลให้สารระเหยยังคงอยู่ภายในเม็ดไขมัน ไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านบริเวณระหว่างเฟส (interface) เข้าสู่ aqueous phase ได้ จึงมีปริมาณสารระเหยเหล่านี้ในช่องว่างเหนือตัวอย่างน้อย ดังนั้นไอศกรีมสูตรลดไขมันทั้ง 3 สูตรที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5, 5.0 และ 2.5 จึงมีปริมาณสารระเหยที่วิเคราะห์ได้ลดลงตามลำดับ

δ-decalactone และ δ–dodecalactone เป็นสารระเหยในกลุ่มแลคโตน (lactone) ที่เปลี่ยนรูปมาจากกรดไขมันชนิดไฮดรอกซี (hydroxy fatty acid) หลังจากการเกิดปฏิกิริยา saponification (Schutte, 1999) ดังปฏิกิริยา

จากผลดังแสดงในตารางที่ 4.3 ไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีปริมาณ δ–decalactone ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ไอศกรีมสูตรควบคุมและไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 และร้อยละ 5.0 มีปริมาณ δ-dodecalactone ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีปริมาณมากกว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันนมร้อยละ 2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แม้ว่าสารระเหยทั้ง 2 ชนิดนี้เป็นสารระเหยในครีมซึ่งใช้เป็นส่วนผสมไอศกรีม เมื่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณไขมันนมในสูตรลดลงจึงควรมีปริมาณสารระเหยทั้ง 2 ชนิดลดลง แต่จากการทดลองของ Karagül-Yüceer *et al.* (2001) พบว่า หางนมผงมีปริมาณสารระเหยทั้ง 2 ชนิดนี้สูง ดังนั้นส่วนผสมไอศกรีมทั้ง 4 สูตรในการทดลองนี้มีปริมาณไขมันนมลดลง คือร้อยละ 10.0, 7.5, 5.0 และ 2.5 จะมีปริมาณหางนมผงมากขึ้นเพื่อปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดในนม (TMS) ให้มีปริมาณร้อยละ 20 เท่ากันทุกสูตร ส่งผลให้ไอศกรีมสูตรควบคุมและไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีปริมาณ δ-decalactone ไม่แตกต่างกัน และมีปริมาณ δ-dodecalactone ต่างกันเพียงเล็กน้อยที่ระดับ 0.38±0.01 ถึง 0.51±0.03 ppm. เท่านั้น

ไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณ nonanal มากที่สุดคือ 0.19±0.01 ppm. และไม่แตกต่างจากไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่ระดับไขมันนมร้อยละ 7.5 และ 5.0 แต่มีปริมาณมากกว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่ระดับไขมันนมร้อยละ 2.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) nonanal เป็น aldehyde ที่มีต้นกำเนิดจากไขมันนมซึ่งพบมากในครีมและพบในปริมาณเล็กน้อยในหางนมผง (Chung *et al.*, 2003b) เห็นได้ว่าเมื่อปริมาณไขมันนมในส่วนผสมไอศกรีมลดลง ไอศกรีมจะมีปริมาณ nonanal ลดลงเล็กน้อยที่ระดับ 0.13±.002 ถึง 0.15±0.02 ppm. เท่านั้น เนื่องจากผลของปริมาณ nonanal ในหางนมผงที่ใช้เพื่อปรับปริมาณของแข็งทั้งหมดในนมของส่วนผสมไอศกรีมให้เท่ากันทุกสูตร และจากการทดลองครั้งนี้พบว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีปริมาณ nonanal ไม่แตกต่างกัน แม้ว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรจะมีปริมาณไขมันนมต่างกันคือ ร้อยละ 7.5, 5.0 และ 2.5 แต่มีปริมาณ nonanal ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากในโครงสร้างไอศกรีมสูตรลดไขมันนมมีซิมเพลส-100 สามารถเกิดอันตรกิริยากับ aldehyde ได้ดี (Chobert and Haertlé, 1997; McGorrin, 1996) โดยกรดอะมิโนในโมเลกุลของซิมเพลส-100 เกิดพันธะโคเวเลนต์กับ nonanal เกิดอันตรกิริยาแบบผันกลับไม่ได้ (irreversible) (McGorrin, 1996) ทำให้ nonanal เคลื่อนที่เข้าสู่ aqueous phase ได้ยาก ดังนั้นไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรจึงมีปริมาณ nonanal ใกล้เคียงกัน

วานิลลินเป็นสารระเหยที่ให้กลิ่นวานิลลา (Acree and Arn , 2004; Chung *et al.*, 2003b) จากผลการทดลองพบว่าไอศกรีมสูตรควบคุมมีปริมาณวานิลลินต่ำกว่าไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และพบว่าเมื่อไอศกรีมมีปริมาณไขมันนมลดลงจะมีปริมาณวานิลลินสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากวานิลลินละลายได้ดีในไขมัน ทำให้มีความดันไอต่ำและมีความสามารถในการระเหย (volatility) ลดลง (O'Neill, 1996) ดังนั้นไอศกรีมสูตรควบคุมซึ่งมีปริมาณไขมันมสูงที่สุดจึงมีปริมาณวานิลลินต่ำที่สุด และจากการทดลองของ Graf and de Roos. (1996) Guinard *et al.* (1997) และ Roland *et al.* (1999) พบว่าเมื่อไอศกรีมมีปริมาณไขมันลดลง จะทำให้มีปริมาณวานิลลินลดลงด้วย แต่ในทางตรงข้าม Stampanoni Koeferli *et al.* (1996) พบว่าไม่เพียงแต่ไขมันเท่านั้นที่มีผลต่อความเข้มข้นของวานิลลิน องค์ประกอบอื่น ๆ เช่น น้ำตาลที่ปริมาณมากขึ้น ยังทำให้ความเข้มข้นของวานิลลินสูงขึ้นด้วย (Guinard *et al.*, 1997; Roland *et al.*, 1999; Stampanoni Koeferli *et al.*, 1996) จากการทดลองพบว่าเมื่อไอศกรีมสูตรลดไขมันมีปริมาณไขมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นมลดลง แต่มีปริมาณวานิลลินในช่องว่างเหนือตัวอย่างสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการลดปริมาณไขมันในไอศกรีมนั้นช่วยเร่งการเกิด Schiff base formation ของวานิลลินและโปรตีนได้ดีขึ้น นอกจากนี้วานิลลินยังสามารถเกิดอันตรกิริยาแบบ hydrophobic interaction กับโปรตีนในซิมเพลส-100 ได้ดี (Graf and de Roos, 1996) และจากวิธีการสกัดสารระเหยในไอศกรีมด้วยวิธี Solid Phase Microextraction นั้นมีการเติมเกลือโพแทสเซียมคลอไรด์ ลงไปในตัวอย่างเพื่อดึงน้ำออกจาก matrix ไอศกรีม และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80±0.5 องศาเซลเซียสนาน 30 นาที เพื่อช่วยให้การปลดปล่อยสารระเหย (flavor release) ดีขึ้น ทำให้โปรตีนในซิมเพลส-100 เสียสภาพ พื้นผิวของซิมเพลส-100 มีความเป็นขั้วสูงขึ้นเกิดอันตรกิริยากับวานิลลินซึ่งเป็นสาร benzaldehyde ได้น้อยลง (Guichard and Langourieux, 2000) จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ซิมเพลส-100 ปลดปล่อยวานิลลินออกมาสู่ช่องว่างเหนือตัวอย่างได้ดี ส่งผลให้ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมมีปริมาณวานิลลินสูงกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม และจากการที่วานิลลินมีค่า hydrophobicity index ต่ำ (Frøst *et al.*, 2005) สามารถเกิดอันตรกิริยากับโปรตีนได้ดี (Graf and de Roos, 1996; Hansen and Booker, 1996) ดังนั้นไอศกรีมสูตรลดไขมันที่มีซิมเพลสมากขึ้นจึงมีปริมาณวานิลลินสูงขึ้นด้วย

4.5. ผลของปริมาณสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

4.5.1 ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาแสดงในตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

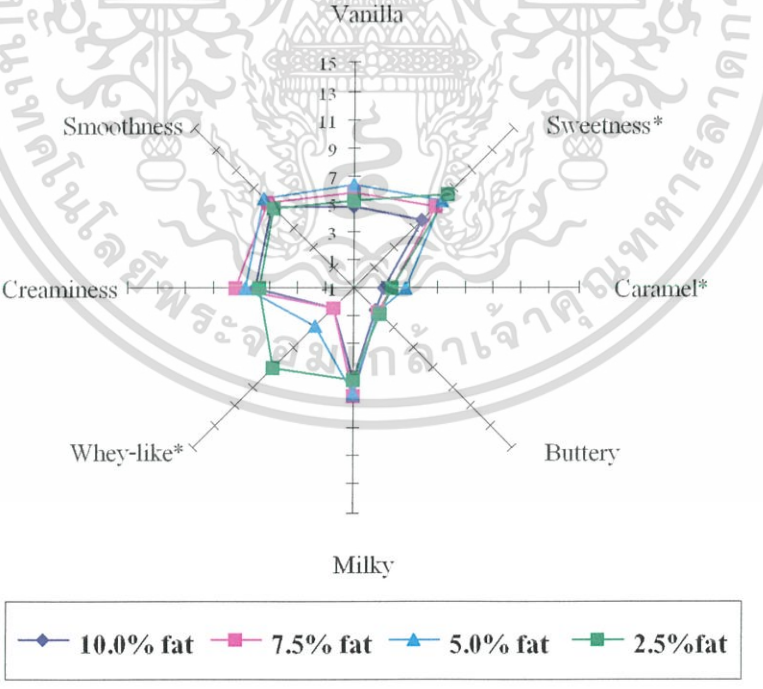
ตารางที่ 4.4 ผลการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณไขมันนมในสูตร (ร้อยละ)			
	สูตรควบคุม(10.0)	7.5	5.0	2.5
กลิ่นรส				
วานิลลา^{ns}	4.87±2.02	5.78±2.33	6.32±2.43	5.21±3.09
ความหวาน	5.84±2.08^{b}	7.19±1.54^{ab}	7.81±2.74^{a}	8.55±3.31^{a}
คาราเมล	1.06±1.86^{b}	1.66±2.57^{ab}	2.68±3.34^{a}	1.71±2.94^{ab}
เนย^{ns}	1.21±1.47	1.43±2.07	1.36±1.58	1.56±1.83
นม^{ns}	5.53±2.62	6.70±2.06	6.53±3.78	5.58±3.75
เวย์	0.96±1.50^{b}	0.93±1.03^{b}	2.80±1.79^{b}	7.12±3.72^{a}
รูปร่างและลักษณะเนื้อสัมผัส				
ความเป็นครีม^{ns}	5.90±2.91	7.30±2.33	6.60±2.70	5.65±2.66
ความเรียบเนียน^{ns}	7.21±2.64	7.58±1.82	7.98±2.52	6.92±2.45

หมายเหตุ

อักษรที่ต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.9 คุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดสอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.9) เห็นได้ว่า ไอศกรีมสูตรควบคุมและไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตรมีกลิ่นวานิลลา กลิ่นเนย และกลิ่นนมไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) แสดงว่าซิมเพลส-100 ไม่มีผลต่อการรับรู้กลิ่นรสดังกล่าว เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Ohmes *et al.* (1998) ที่พบว่าการใช้ซิมเพลส-100 ไม่มีผลต่อการรับรู้กลิ่นวานิลลาซึ่งอาจถูกบดบังด้วยกลิ่นรสอื่น แต่ต่างจากผลการทดลองของ Graf and de Roos (1996) ซึ่งพบว่าไอศกรีมไขมันต่ำมีความแรงของกลิ่นวานิลลาลดลง และจากการทดลองของ Hansen and Heinis (1991) ซึ่งศึกษาผลของเคซีนและเวย์โปรตีนต่อการลดลงของกลิ่นวานิลลิน โดยใช้ผู้ประเมินที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 10 คน พบว่าเมื่อความเข้มข้นของเวย์โปรตีนและเคซีนมากขึ้น ความแรงของกลิ่นวานิลลินลดลงเนื่องจากเวย์โปรตีนและเคซีนสูญเสียสภาพธรรมชาติจากกระบวนการผลิต ทำให้กรดอะมิโนที่อยู่ภายในโมเลกุลเกิดอันตรกิริยากับสารให้กลิ่นรสได้

ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมมีซิมเพลส-100 ในปริมาณที่ทำให้ผู้ประเมินสามารถรับรู้กลิ่นรสเวย์ได้มากขึ้น โดยกลิ่นเวย์นั้นมาจากสารพวก aldehyde และ ketone ได้แก่ diacetyl, dimethyl sulfide, hexanal ที่มีอยู่ในเวย์โปรตีน (Carunchia Whetstine *et al.*, 2003) สอดคล้องกับผลการทดลองของ Ohmes *et al.* (1998) ที่พบว่าการใช้ซิมเพลส-100 นั้นส่งผลให้กลิ่นเวย์ของไอศกรีมเพิ่มขึ้น และอาจบดบังการรับรู้กลิ่นเนยและกลิ่นนมของผู้ประเมินทำให้คะแนนของกลิ่นเนยและกลิ่นนมของไอศกรีมทั้ง 4 สูตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

ผู้ประเมินสามารถรับรู้ความหวานได้มากขึ้นเมื่อปริมาณไขมันนมในไอศกรีมลดลง ซิมเพลส-100 ประกอบด้วย β-lactoglobulin ร้อยละ 50 α-lactalbumin ร้อยละ 12 immuno globulin ประมาณร้อยละ 10 และ serum albumin ปริมาณเล็กน้อย (วรรณา และ วิบูลย์ศักดิ์, 2531) ปฏิกิริยาการเกิดคาราเมลจึงเกิดได้มากขึ้น ทำให้เกิดกลิ่นคาราเมลได้มากขึ้น (นิธิยา, 2544) ดังนั้นไอศกรีมสูตรลดไขมันทั้ง 3 สูตรจึงมีกลิ่นคาราเมลแรงกว่าไอศกรีมสูตรควบคุม

คุณภาพเนื้อสัมผัสด้านความเป็นครีมและความเรียบเนียนของไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมทุกสูตรมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) ทั้งนี้เนื่องจากซิมเพลส-100 มีอนุภาคทรงกลมขนาดเล็กประมาณ 0.1-3.0 ไมโครเมตรให้ความเป็นครีมในขณะรับประทาน (Hayakawa *et al.*, 1996) เช่นเดียวกับเม็ดไขมัน รวมทั้งผลจากความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมสูตรลดไขมันนมทั้ง 3 สูตร ช่วยให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก ไอศกรีมที่ได้จึงมีความเรียบเนียนและมีความเป็นครีมใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุม (Sanchez and Paguin, 1997) เช่นเดียวกับการทดลองของ Prindiville *et al.* (2000) ที่พบว่าไอศกรีมสูตรที่มีซิมเพลสให้คุณภาพของไอศกรีมทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัสใกล้เคียงกับไอศกรีมสูตรควบคุม ทำนองเดียวกับผลการทดลองของ Ohmes *et al.* (1998) พบว่าไอศกรีมสูตรที่มีซิมเพลส–100 ให้ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสที่ไม่ต่างจากไอศกรีมสูตรควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ผลการประเมินความชอบของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

ผลการประเมินความชอบของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่มีปริมาณซิมเพลส-100 ต่างกันแสดงในตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.10

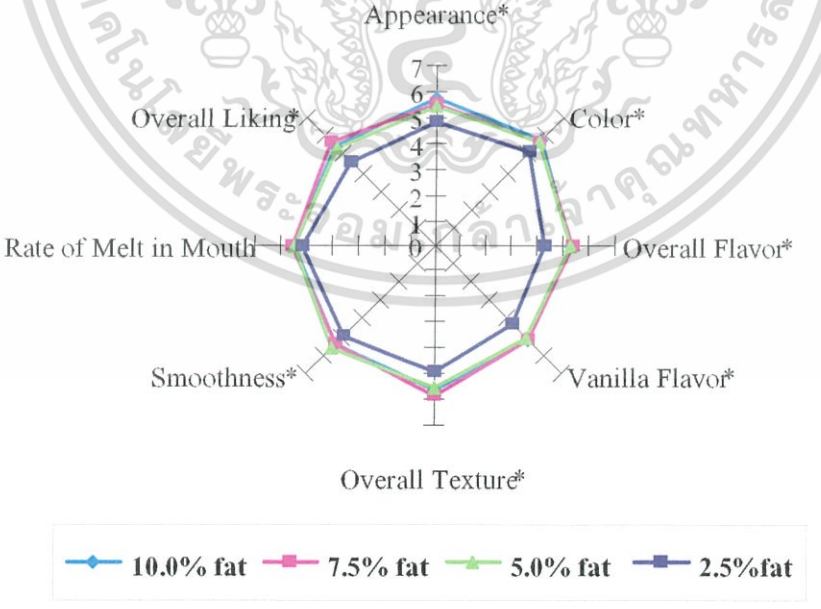
ตารางที่ 4.5 ผลการประเมินความชอบของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

คุณลักษณะทางประสาทสัมผัส	ปริมาณไขมันนมในสูตร (ร้อยละ)			
	สูตรควบคุม(10.0)	7.5	5.0	2.5
ลักษณะปรากฏ	5.74±0.90[a]	5.52±1.07[a]	5.42±1.11[a]	4.84±1.27[b]
สี	5.82±1.08[a]	5.72±1.03[a]	5.78±1.02[a]	5.20±1.40[b]
กลิ่นรส	5.28±1.40[a]	5.34±1.17[a]	5.30±1.17[a]	4.28±1.54[b]
กลิ่นวานิลลา	5.12±1.59[a]	5.14±1.50[a]	5.04±1.30[a]	4.30±1.72[b]
เนื้อสัมผัส	5.62±1.24[a]	5.84±0.96[a]	5.50±1.06[a]	4.90±1.47[b]
ความเรียบเนียน	5.38±1.44[a]	5.42±1.25[a]	5.62±1.05[a]	4.90±1.52[b]
การละลายในปาก[ns]	5.48±1.42	5.54±1.11	5.48±1.27	5.14±1.20
ความชอบรวม	5.54±1.23[a]	5.64±1.01[a]	5.38±1.09[a]	4.62±1.52[b]

หมายเหตุ

อักษรที่ต่างกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 4.10 ผลการประเมินความชอบของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการประเมินความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 และร้อยละ 5.0 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) โดยคะแนนความชอบอยู่ในระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง สามารถสรุปได้ว่าซิมเพลส-100 ที่ทดแทนไขมันนมให้ความรู้สึกในการรับประทานใกล้เคียงกับไขมันนมในไอศกรีม และไอศกรีมสูตรลดไขมันมีความหนืดสูงทำให้ไอศกรีมมีความเรียบเนียนดี ผู้ประเมินจึงให้คะแนนความชอบไอศกรีมสูตรดังกล่าวไม่แตกต่างกัน

ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 มีคะแนนความชอบคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสทุกด้านต่ำกว่าสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) แต่คุณภาพการละลายในปากไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับผลการทดลองในข้อ 4.2 อาจเนื่องมาจากการใช้ซิมเพลส-100 ในปริมาณมากขึ้น ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสแน่นเนื่องจากการเกิดเจลของซิมเพลส-100 ดังเห็นได้จาก Cryo-SEM micrograph ของไอศกรีมสูตรที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 ประกอบกับมีค่าโอเวอร์รันต่ำ (ร้อยละ 44.10±1.30 โดยน้ำหนัก) และมีกลิ่นเวย์ที่เด่นชัด (จากผลการทดลองในข้อ 4.5.1) มีความเป็นไปได้ที่อาจบดบังกลิ่นวานิลลาซึ่งมีปริมาณมากดังเห็นได้จากผลการทดลองในข้อ 4.4 นอกจากนี้ไอศกรีมสูตรดังกล่าวมีสีเหลืองมาก ทำให้ผู้ประเมินให้คะแนนความชอบต่ำกว่าไอศกรีมสูตรอื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลกระทบของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณของซิมเพลส-100 มีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา เมื่อใช้ปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้ค่า consistency index ของส่วนผสมไอศกรีมมากขึ้น ค่าโอเวอร์รันต่ำลง แต่ไม่มีผลต่ออัตราการละลายของผลิตภัณฑ์ สีของไอศกรีมกลิ่นวานิลลามีสีขาวปนเหลือง เมื่อปริมาณของซิมเพลส-100 มากขึ้น ทำให้ผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มจะมีสีออกสีเหลือง-เขียวมากขึ้น

2. ซิมเพลส-100 มีคุณสมบัติในการเกิดโฟมและจับน้ำได้ดี เกิดเจลในโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทำให้ส่วนของของเหลวมีลักษณะแน่น ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์

3. การใช้ซิมเพลส-100 ทดแทนไขมันนมในไอศกรีมสูตรลดไขมันนม ทำให้สารระเหยในกลุ่ม methyl ketone ที่มีอยู่ในไขมันนม ได้แก่ 2-heptanone, 2-nonanone, 2-undecanone, 2-tridecanone และสาร aldehyde ได้แก่ nonanal มีปริมาณลดลงและทำให้ปริมาณ δ–dodecalactone ลดลงเล็กน้อย แต่ไม่มีผลต่อปริมาณ δ-decalactone ไอศกรีมสูตรลดไขมันนมที่มีปริมาณซิมเพลส-100 มากขึ้นจะมีปริมาณวานิลลินมากขึ้นด้วย

4. ปริมาณของซิมเพลส-100 ไม่มีผลต่อการรับรู้กลิ่นวานิลลา กลิ่นเนย กลิ่นนม แต่มีผลทำให้การรับรู้กลิ่นคาราเมลและความหวานของผลิตภัณฑ์มีแนวโน้มมากขึ้น ให้ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความเรียบเนียน และความเป็นครีมไม่ต่างจากไอศกรีมสูตรควบคุมที่มีไขมันนมร้อยละ 10.0

5. คะแนนความชอบต่อคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสในทุกด้านของไอศกรีมสูตรควบคุมและสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 7.5 และร้อยละ 5.0 ไม่แตกต่างกันโดยคะแนนอยู่ระหว่างชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และสูตรลดไขมันนมที่มีไขมันนมร้อยละ 2.5 มีคะแนนความชอบต่ำกว่าสูตรอื่นในทุกด้านของคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส แต่การละลายภายในปากไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2544. หลักการแปรรูปอาหารเบื้องต้น. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 160 หน้า.

ปาริฉัตร หงสประภาส. 2542. เคมีกายภาพของอาหาร: คอลลอยด์ อิมัลชั่น และเจล. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. กรุงเทพฯ. 92 หน้า.

วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ 2531. นมและผลิตภัณฑ์นม. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 187 หน้า.

อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2542. อาหารพลังงานต่ำ. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. ที พี เอ็น เพรส. กรุงเทพฯ. 263 หน้า.

Abd El-Rahman, A.M., S.A. Madkor, F.S. Ibrahim, and A. Kilara. 1997. Physical characteristics of frozen desserts made with cream, anhydrous milk fat, or milk fat fractions. J. Dairy Sci. 80 : 1926 – 1935.

Adapa, S., H. Dingeldein, K.A. Schmidt, and T.J. Herald. 2000. Rheological properties of ice cream mixes and frozen ice creams containing fat and fat replacers. J. Dairy Sci. 83 : 2224 – 2229.

Acree, T., and H. Arn. 2004. Flavornet. © Datu Inc. http://www.flavornet.com

Aguilera, J.M. and D.W. Stanley. 1999. Microstructural Principles of Food Processing and Engineering. 2nd ed., Aspen Publishers, Inc., Maryland. 432 p.

Andreasen, T.G., and H. Nielsen. 1992. Ice Cream and Aerated Desserts. In : the Technology of Dairy Products. Early, R. (ed.) VCH Publisher, Inc., New York. 197 – 220.

Anonymous. 1990. Fat substitute update. Food Technol. 44(3) : 92 – 97.

Aime, D.B., S.D. Arntfield, L.J. Malcolmson, and D. Ryland. 2001. Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream products. Food Res. Int. 34 : 237 – 246.

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

Berger, K.G. 1997. Ice Cream. In : Food Emulsions. 3rd ed., Revised and Expanded. Friberg, S.E., and K. Larsson (eds.). Marcel Dekker, Inc., New York. 413 – 490.

Bolliger, S., H.D. Goff, and B.W. Tharp. 2000. Correlation between colloidal properties of ice cream mix and ice cream. Int. Dairy J. 10 : 303 – 309.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Carunchia Whetstine, M.E., J.D. Parker, M.D. Drake, and D.K. Larick. 2003. Determining flavor and flavor variability in commercially produced liquid cheddar whey. J. Dairy Sci. 86 : 439 – 448.

Chang, Y., and R.W. Hartel. 2002. Development of air cells in a batch ice cream freezer. J.Food Eng. 55 : 71 – 78.

Chobert, J.M., and T. Haertlé, 1997. Protein-Lipid and Protein-Flavor Interaction In : Food Proteins and Their Applications. Damodaran, S., and A. Paraf (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York. 503 – 528.

Chung, S.J., H. Heymann, and I.U. Grün. 2003a. Application of GPA and PLSR in correlating sensory and chemical data sets. Food Qual. Pref. 14 : 485 – 495.

Chung, S.J., H. Heymann, and I.U. Grün. 2003b. Temporal release of flavor compounds from low-fat and high-fat ice cream during eating. J. Food Sci. 68(6) : 2150 – 2156.

Damodaran, S. 1996. Amino Acids, Peptides, and Proteins. In : Food Chemistry 3rd ed. Fennema, O.R. (ed.). Marcel Dekker, Inc. New York. 321 – 429.

Davies, E., E. Dickinson, and R. Beeb. 2000. Shear stability of sodium caseinate emulsions containing monoglyceride and triglyceride crystals. Food Hydrocolloids. 14 : 145 – 153.

Dickinson, E. 2001. Milk protein interfacial layers and the relationship to emulsion stability and rheology : a review. Colloids Surfaces B. 20 : 197 – 210.

Donhowe, D.P., R.W. Hartel, and Jr. R.L. Bradley. 1991. Determination of ice crystal size distributions in frozen desserts. J. Dairy Sci. 74 : 3334 – 3344.

Friedeck, K.G., Karagül-Yüceer, Y., and M. A. Drake. 2003. Soy protein fortification of a low-fat dairy-based ice cream. J. Food Sci. 68(9) : 2651 – 2657.

Frøst, M.E., H. Heymann, W.L.P. Bredie, G.B. Dijksterhuis, and M. Martens. 2005. Sensory measurement of dynamic flavour intensity in ice cream with different fat levels and flavourings. Food Qual. Pref. 16 : 305 – 314.

Giese, J. 1996. Fats, oils, and fat replacers. Food Technol. 50(4) : 78 – 83.

Goff, H.D. 1997a. Colloidal aspects of ice cream – a review. Int. Dairy J. 7 : 363 – 373.

Goff, H.D. 1997b. Instability and partial coalescence in whippable dairy emulsions. J. Dairy Sci. 80 : 2620 – 2630.

Goff, H.D. 2002. Formation and stabilization of structure in ice-cream and related products. Curr. Opin. Colloid Interface Sci. 7 : 432 – 437.

Goff, H.D. 2000. Ice Cream. http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairyedu/icecream.html

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Goff, H.D., D. Ferdinando, and C. Schorsch. 1999a. Fluorescence microscopy to study galactomannan structure in frozen sucrose and milk protein solutions. Food Hydrocolloids. 13 : 353 – 362.

Goff, H.D., E. Verespej, and A.K. Smith. 1999b. A study of fat and air structures in ice cream. Int. Dairy J. 9 : 817 – 829.

Goff, H.D., and W.K. Jordan. 1989. Action of emulsifiers in promoting fat destabilization during the manufacture of ice cream. J. Dairy Sci. 72 : 18 – 29.

Graf, E., and K.B. de Roos. 1996. Perfomance of Vanilla Flavor in Low – Fat Ice Cream. In : Flavor – Food Interactions. McGorrin, R.J., and J.V. Leland (eds.). American Chemical Society, Washington DC. 24 – 35.

Guichard, E., and S. Langourieux. 2000. Interaction between β-lactoglobulin and flavor compounds. Food Chem. 71 : 301 – 308.

Guinard, J.X., C. Zoumas-Morse, L. Mori, B. Uatoni, D. Panyam, and A. Kilara. 1997. Sugar and fat effects on sensory properties of ice cream. J. Food Sci. 62(5) : 1087-1094.

Hansen, A.P., and J.J. Heinis. 1991. Decrease of vanillin flavor perception in the presence of casein and whey proteins. J. Dairy Sci. 75 : 1211 – 1215.

Hansen, A.P., and D.C. Booker. 1996. Flavor Interaction with Casein and Whey Protein. In : Flavor–Food Interactions. McGorrin, R.J., and J.V. Leland (eds.). American Chemical Society, Washington DC. 76 – 89.

Hatchwell, L.C. 1996. Interactions of Fat on Flavor. In : Flavor–Food Interactions. McGorrin, R.J., and J.V. Leland (eds.). American Chemical Society, Washington DC. 24 – 35.

Hayakawa, I., Y. Linko, and P. Linko. 1996. Novel mechanical treatments of biomaterials. Lebensm.-wiss. U. Technol. 29 : 395 – 403.

Hyvönen, L., M. Linna, H. Tuorila, and G. Dijksterhuis. 2003. Perception of melting and flavor release of ice cream containing different types and contents of fat. J. Dairy Sci. 86 : 1130 – 1138.

Kalab, M. 1990. Microparticulate protein in foods. J. Am. Coll. Nutr. 9 : 374.

Karagül-Yüceer, Y., M. A. Drake, and K.R. Cadwallader. 2001. Aroma-active components of nonfat dry milk. J. Agric. Food Chem. 49(6) : 2948 – 2953.

Labell, F. 1991. Flavors designed for low-fat or non-fat frozen desserts. Food Process. 52(2) : 94.

Leser, M.E., and M. Michel. 1999. Aerated milk protein emulsions – new microstructural aspects. Curr. Opin. Colloid Interface Sci. 4 : 239 – 244.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Li, Z., R. Marshall, H. Heymann, and L. Fernando. 1997. Effect of milk fat content on flavor perception of vanilla ice cream. J. Dairy Sci. 80 : 3133 – 3141.

Marshall, R.T., and W.S. Arbuckle. 1996. Ice Cream. 5th ed. International Thomson Publishing, New York. 349 p.

Marshall, R.T., H.D. Goff, and R.W. Hartel. 2003. Ice Cream 6th ed. Kluwer Acedemic/Plenum Publishers, New York. 371 p.

McGorrin, R.J. 1996. Introduction. In : Flavor – Food Interactions. McGorrin, R.J., and J.V. Leland (eds.). American Chemical Society, Washington DC. ix – xii.

Meilgaard, M., G.V. Civille, and B.T. Carr.1999. Sensory Evaluation Techniques, 3rd Edn. CRC Press, Inc., Boca Raton. 387 p.

Muse, M.R., and R.W. Hartel. 2004. Ice cream structural elements that affect melting rate and hardness. J. Dairy Sci. 87 : 1 – 10.

Ohmes, R.L., R.T. Marshall, and H. Heymann. 1998. Sensory and properties of ice cream containing milk fat or fat replacers. J. Dairy Sci. 81 : 1222 – 1228.

O'Neill, T.E. 1996. Flavor Binding by Food Proteins: An Overview. In : Flavor–Food Interactions. McGorrin, R.J., and J.V. Leland (eds.). American Chemical Society, Washington DC. 59 – 74.

Patmore, J.V., H.D. Goff, and S. Fernandes. 2003. Cryo – gelation of galactomannans in ice cream model systems. Food Hydrocolloids 17 : 161 – 169.

Prindiville, E.A., R.T. Marshall, and H. Heymann. 2000. Effect of milk fat, cocoa butter, and whey protein fat replacers on the sensory properties of lowfat and nonfat chocolate ice cream. J. Dairy Sci. 83 : 2216 – 2223.

Roland, A.M., L.G. Phillips, and K.J. Boor. 1999. Effects of fat content on the sensory properties, melting, color, and hardness of ice cream. J. Dairy Sci.82 : 32 – 38.

Roller, S., and S.A. Jones. 1996. Handbook of Fat Replacer. CRC Press LLC, New York. 325 p.

Sanchez, C., and P. Paquin. 1997. Protein and Protein-Polysaccharide Microparticles. In : Food Proteins and Their Applications. Damodaran, S., and A. Paraf (eds.). Marcel Dekker, Inc. New York. 503 – 528.

Schirle–Keller, J.P., and G.A. Reineccius. 1992. Interaction of flavor compounds with microparticulated products. J. Food Sci. 57 : 1448 – 1451.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schutte, L. 1999. Development and Application of Dairy Flavors. In : Flavor Chemistry : Thirty Years of Progress. Teranishi, R., E.L. Wick, and I. Hornstein (eds.). Kluwer Academic/Plenum Publisher. New York. 155 – 165.

Schmidt, K., A. Lundy, J. Reynolds, and L. N. Yee. 1993. Carbohydrate or protein based fat mimicker effects on ice milk properties. J. Food Sci. 58(4) : 761 – 779.

Singer, N.S., and R.H. Moser. 1993. Microparticulated Proteins as Fat Substitutes. In : Low – Calorie Foods Handbook. Altschul, A.M. (ed.). Marcel Dekker, Inc., New York. 171 – 179.

Sostaric, T.,M. C. Boyce, and E.E. Spickett. 2000. Analysis of the volatile components in vanilla extracts and flavorings by solid-phase microextraction and gas chromatography. J. Agric. Food Chem. 48 : 5802-5807.

Sourdet, S., P. Relkin, and B. Cesar. 2003. Effects of milk protein type and pre-heating on physical stability of whipped and frozen emulsions. Colloids Surfaces B. 30 : 55 – 64.

Specter, S.E., and C.S. Setser. 1994. Sensory and physical properties of a reduced-calorie frozen dessert system made with milk fat and sucrose substitutes. J. Dairy Sci. 77 : 708 –717.

Stanley, D.W., H.D. Goff, and A.K. Smith.1996. Texture – structure relationships in foamed dairy emulsions. Food Res. Int. 29:1 – 13.

Sutton, R.L., and J.Wilcox. 1998. Recrystallization in model ice cream solutions as affected by stabilizers concentration. J. Food Sci. 63(1) : 9 – 11.

Sutton, R.L., and J.Wilcox. 1998. Recrystallization in ice cream as affected by stabilizers. J. Food Sci. 63(1) : 104 – 107.

Stampanoni Koeferli, C.R., P. Piccinali, and S. Sigrist. 1996. The influence of fat, sugar and non-fat milk solids on selected taste, flavor and texture parameters of a vanilla ice cream. Food Qual. Pref. 7(2) : 69-79.

Vélez-Ruiz, J.F., and G. V. Barbosa Cánovas. 1997. Rheological properties of selected dairy products. Criti. Rev. Food Sci. Nutr. 37(4) : 311 – 359.

Walstra, P., and R. Jenness. 1984. Dairy Chemistry and Physics. John Wiley & sons, Inc., New York. 467 p.

Welty, W.M., R.T. Marshall, I.U. Grün, and M.R. Ellersieck. 2001. Effects of milk fat, cocoa butter, or selected fat replacers on flavor volatiles of chocolate ice cream. J. Dairy Sci. 84: 21 – 30.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

White, C.H. 1993. Low-fat Dairy Products. In : Low – Calorie Foods Handbook. Altschul, A.M. (ed.). Marcel Dekker, Inc., New York. 253 – 271.

Wilde, P., A. Mackie, F. Husband, P. Gunning, and V. Morris. 2004. Proteins and emulsifiers at liquid interfaces. Advanced in Colloid and Interface Science.108 – 109 : 63 – 71.

Wildmoser, H., J. Scheiwiller, and E.J. Windhab. 2004. Impact of dispersed microstructure on rheology and quality aspects of ice cream. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technol. 37(8) : 881 – 891.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

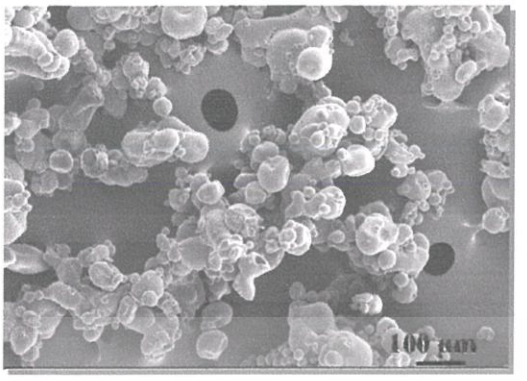
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

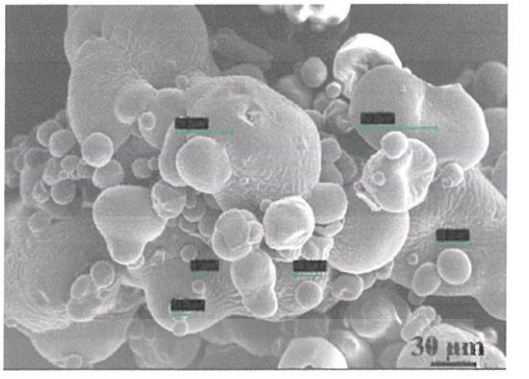
ภาคผนวก ก.
รูปภาพจากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

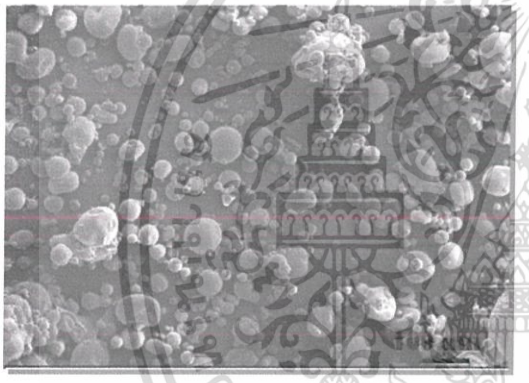
SEM-micrograph ของหางนมผงและซิมเพลส-100



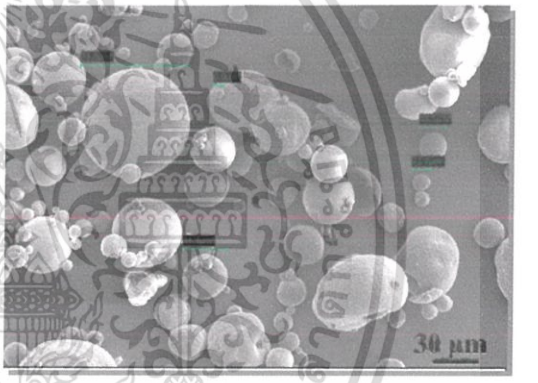
ก.1 SEM-micrograph ของหางนมผง (x 90 เท่า)



ก. 2 SEM-micrograph ของหางนมผง (x 270 เท่า)



ก.3 SEM-micrograph ของซิมเพลส-100 (x 90 เท่า)

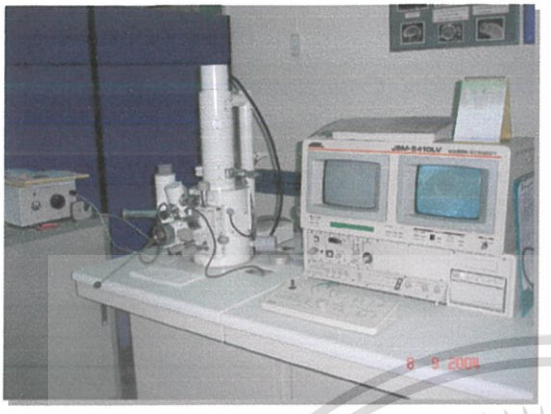


ก.4 SEM-micrograph ของซิมเพลส-100 (x 270 เท่า)

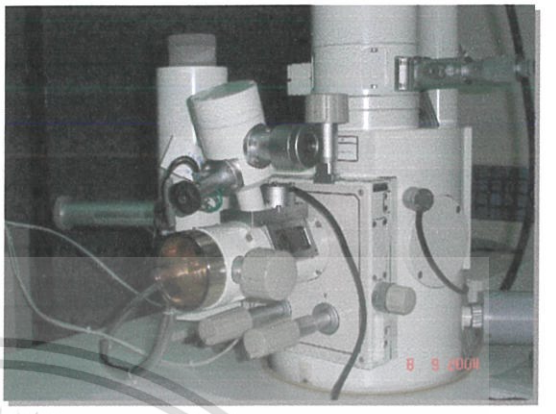
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน

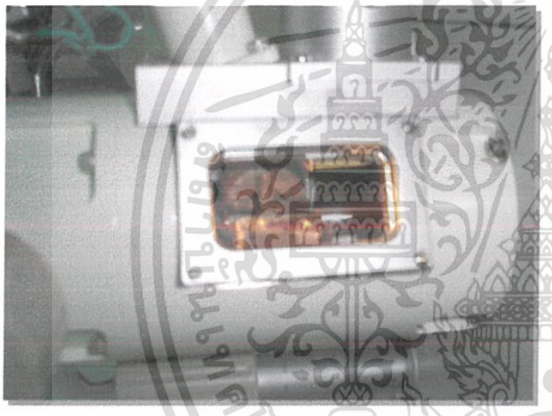
(Cryo–Scanning Electron Microscope; Cryo-SEM, JSM-5410 LV, Jeol, Japan)



ก.5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกน

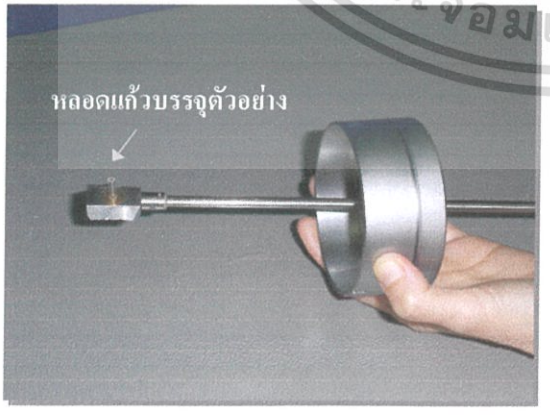


ก.6 ระบบ Cryo-preparation unit

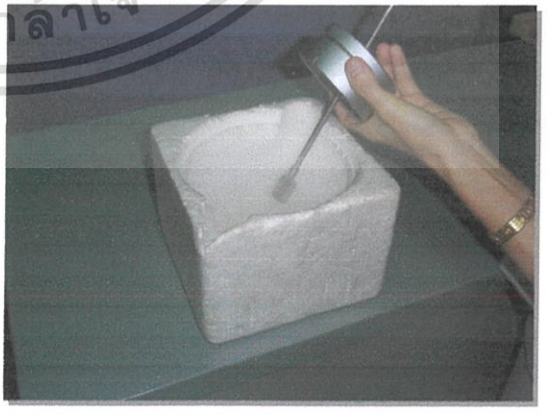


ก.7 ภายในระบบ Cryo-preparation unit

ก.8 หลอดแก้วสำหรับบรรจุตัวอย่าง
แท่นวางตัวอย่าง, ฐานวางตัวอย่าง



ก.9 การเคลื่อนย้ายตัวอย่าง



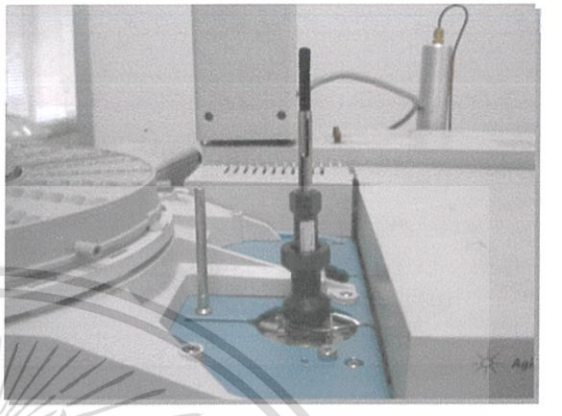
ก.10 การจุ่มตัวอย่างลงในไนโตรเจนเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

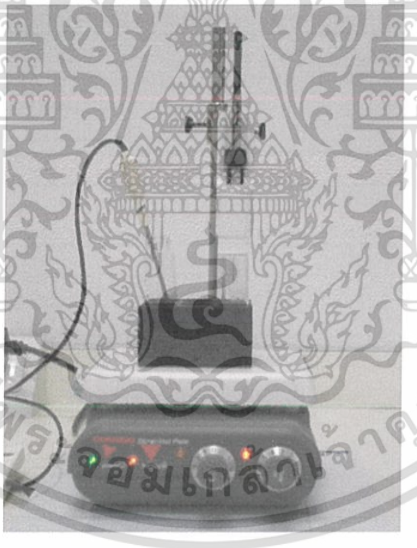
เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี–แมสสเปกโทรมิเตอร์

(Gas Chromatography–Mass Spectrometer; GC 6890, MS 5973, Agilent Technologies, USA)

ก.11 เครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี–แมสสเปกโทรมิเตอร์



ก.12 Solid Phase Microextraction desorption



ก.13 Solid Phase Microextraction adsorption

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.
องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรควบคุม (ไขมันนมร้อยละ 10.0)

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)	องค์ประกอบที่คำนวณได้ (กรัม)				
		fat	NMS	sugar	stabilizer	TS
นมพร่องมันเนย fat = 2.30 % NMS = 8.30 % TS = 10.60 %	591.46	13.60	49.09	-	-	62.69
ครีม fat = 36.00 % NMS = 5.49 % TS = 41.49 %	246.54	88.75	13.54	-	-	102.29
หางนมผง fat = 0.72 % NMS = 96.09 % TS = 96.81 %	38.00	0.27	36.51	-	-	36.79
น้ำตาลทราย TS = 100 %	120.00	-	-	120.00	-	120.00
สารให้ความคงตัว TS = 100 %	4.00	-	-	-	4.00	4.00
ทั้งหมด	1000.00	102.62	99.14	120.00	4.00	325.77
ค่าที่คำนวณได้ (%)	100.00	10.26	9.91	12.00	0.40	32.58

หมายเหตุ

Non Fat Milk Solid (NMS) : ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน

Total Solid (TS) : ของแข็งทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.2 องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 7.5)

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)	องค์ประกอบที่คำนวณได้ (กรัม)					
		fat	NMS	sugar	stabilizer	FR	TS
นมพร่องมันเนย fat = 2.30 % NMS = 8.30 % TS = 10.60 %	643.67	14.80	53.42	-	-	-	68.23
ครีม fat = 36.00 % NMS = 5.49 % TS = 41.49 %	165.00	59.40	9.06	-	-	-	68.46
หางนมผง fat = 0.72 % NMS = 96.09 % TS = 96.81 %	59.00	0.42	56.69	-	-	-	57.12
ซิมเพลส-100 fat = 4.20 % NMS = 92.00% TS = 96.20 %	8.33	0.35	7.66	-	-	8.33	8.01
น้ำตาลทราย TS = 100 %	120.00	-	-	120.00	-	-	120.00
สารให้ความคงตัว TS = 100 %	4.00	-	-	-	4.00	-	4.00
ทั้งหมด	1000.00	74.97	126.83	120.00	4.00	8.33	325.82
ค่าที่คำนวณได้ (%)	100.00	7.50	12.68	12.00	0.40	0.83	32.58

หมายเหตุ

Non Fat Milk Solid (NMS) : ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน

Total Solid (TS) : ของแข็งทั้งหมด

Fat Replacer (FR) : สารทดแทนไขมัน (ซิมเพลส-100)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.3 องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 5.0)

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)	องค์ประกอบที่คำนวณได้ (กรัม)					
		fat	NMS	sugar	stabilizer	FR	TS
นมพร่องมันเนย fat = 2.30 % NMS = 8.30 % TS = 10.60 %	691.33	15.90	57.38	-	-	-	73.28
ครีม fat = 36.00 % NMS = 5.49 % TS = 41.49 %	91.00	32.76	5.00	-	-	-	37.76
หางนมผง fat = 0.72 % NMS = 96.09 % TS = 96.81 %	77.00	0.55	73.99	-	-	-	74.54
ซิมเพลส-100 fat = 4.20 % NMS = 92.00 % TS = 96.20 %	16.67	0.70	15.34	-	-	16.67	16.04
น้ำตาลทราย TS = 100 %	120.00	-	-	120.00	-	-	120.00
สารให้ความคงตัว TS = 100 %	4.00	-	-	-	4.00	-	4.00
ทั้งหมด	1000.00	49.91	151.71	120.00	4.00	16.67	325.62
ค่าที่คำนวณได้ (%)	100.00	4.99	15.17	12.00	0.40	1.667	32.56

หมายเหตุ

Non Fat Milk Solid (NMS) : ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน

Total Solid (TS) : ของแข็งทั้งหมด

Fat Replacer (FR) : สารทดแทนไขมัน (ซิมเพลส-100)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.4 องค์ประกอบของส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นวานิลลาสูตรลดไขมันนม (ไขมันนมร้อยละ 2.5)

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (กรัม)	องค์ประกอบที่คำนวณได้ (กรัม)					
		fat	NMS	sugar	stabilizer	FR	TS
นมพร่องมันเนย fat = 2.30 % NMS = 8.30 % TS = 10.60 %	738.55	16.99	61.30	-	-	-	78.29
ครีม fat = 36.00 % NMS = 5.49 % TS = 41.49 %	17.45	6.28	0.96	-	-	-	7.24
หางนมผง fat = 0.72 % NMS = 96.09 % TS = 96.81 %	95.00	0.68	91.29	-	-	-	91.97
ซิมเพลส-100 fat = 4.20 % NMS = 92.00 % TS = 96.20 %	25.00	1.05	23.00	-	-	25.00	24.05
น้ำตาลทราย TS = 100 %	120.00	-	-	120.00	-	-	120.00
สารให้ความคงตัว TS = 100 %	4.00	-	-	-	4. 00	-	4.00
ทั้งหมด	1000.00	25.00	176.55	120.00	4.00	25.00	325.55
ค่าที่คำนวณได้ (%)	100.00	2.50	17.66	12.00	0.40	2.50	32.56

หมายเหตุ

Non Fat Milk Solid (NMS) : ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน

Total Solid (TS) : ของแข็งทั้งหมด

Fat Replacer (FR) : สารทดแทนไขมัน (ซิมเพลส-100)

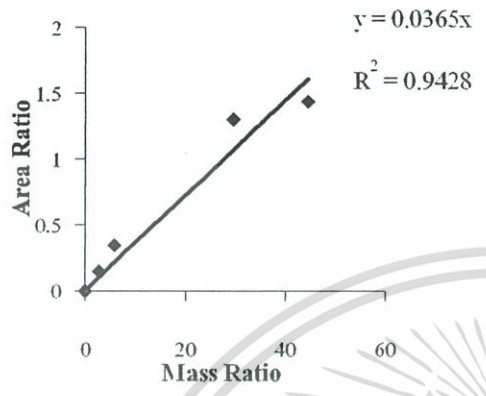
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

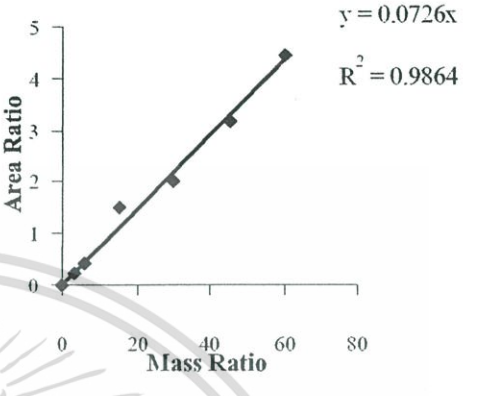
กราฟมาตรฐานของสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

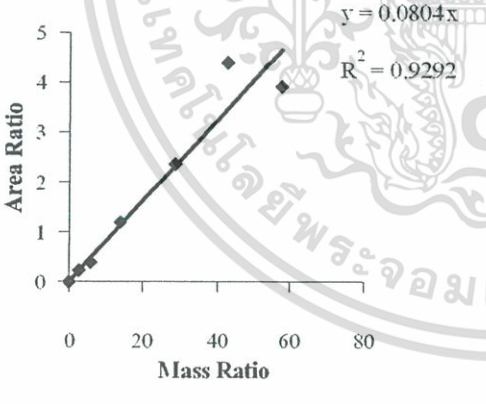
กราฟมาตรฐานของสารระเหยในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมกลิ่นวานิลลา



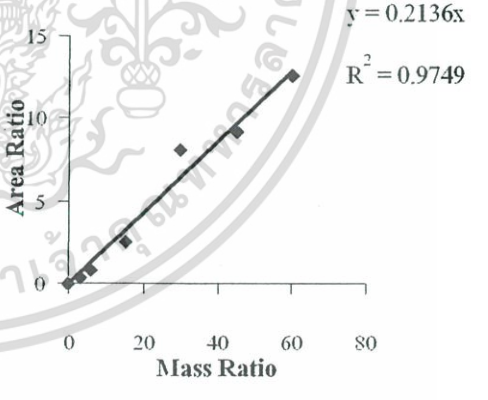
ค.1 กราฟมาตรฐานของ 2-heptanone



ค.2 กราฟมาตรฐานของ 2-nonanone

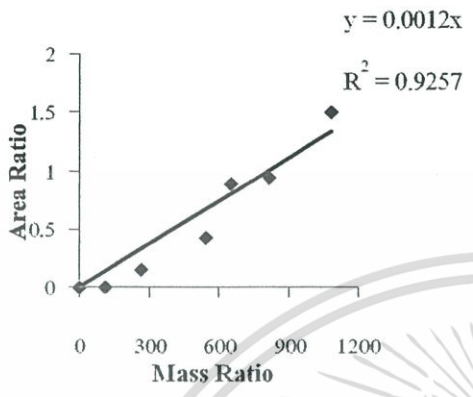


ค.3 กราฟมาตรฐานของ nonanal

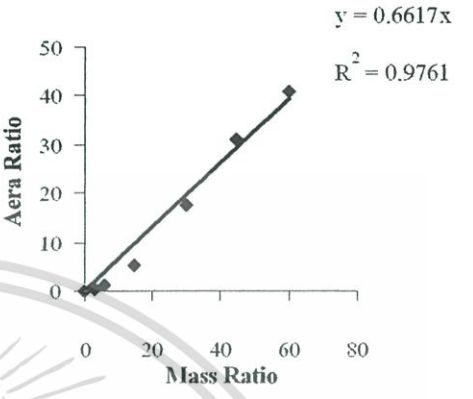


ค.4 กราฟมาตรฐานของ 2-undecanone

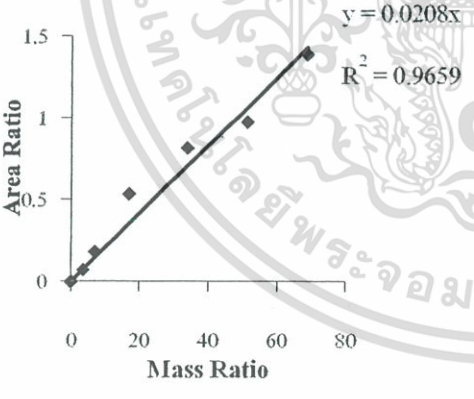
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



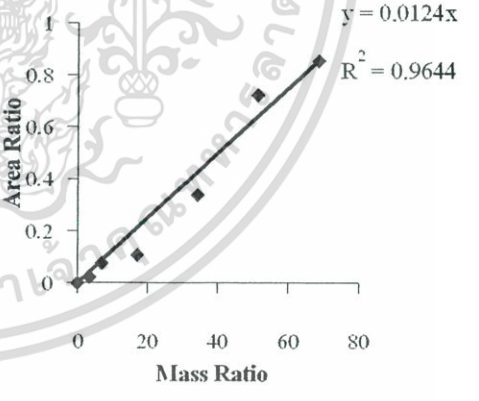
ค.5 กราฟมาตรฐานของ vanillin



ค.6 กราฟมาตรฐานของ 2-tridecanone



ค.7 กราฟมาตรฐานของ δ-decalactone



ค.8 กราฟมาตรฐานของ δ-dodecalactone

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.
การฝึกฝนผู้ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การฝึกฝนผู้ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

ทำการฝึกฝนผู้ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลา จำนวน 7 ครั้ง ครั้งละ 1.5 ชม.ดังนี้

ครั้งที่ 1, 2 ฝึกฝนให้ผู้ประเมินมีความคุ้นเคยกับวิธีการทดสอบ ตัวอย่างอ้างอิง (reference standards) และลักษณะที่ใช้ในการทดสอบ

ครั้งที่ 3 ให้ผู้ประเมินทำการประเมินระดับคะแนนของตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในแต่ละคุณลักษณะพร้อมทั้งหาระดับคะแนนที่เป็นเอกฉันท์

ครั้งที่ 4, 5 ให้ผู้ประเมินทำการประเมินตัวอย่างอ้างอิงที่ระดับคะแนนที่เป็นเอกฉันท์จนผู้ทดสอบมีความคุ้นเคยและจำได้

ครั้งที่ 6, 7 ให้ผู้ประเมินทำการประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมกลิ่นวานิลลาที่มีความเข้มข้นของวานิลลิน 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.02, 0.05, และ 0.10 โดยใช้ไอศกรีมที่มีส่วนประกอบเช่นเดียวกับไอศกรีมสูตรควบคุมที่มีไขมันนมร้อยละ 10.0

ตารางที่ ง.1 ตัวอย่างอ้างอิงที่ใช้ในการฝึกฝนผู้ประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส (Guinard *et al*., 1997; Meilgaard *et al*., 1999; Stampanoni *et al*. 1996.)

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ตัวอย่างอ้างอิง (reference standards)
กลิ่นรส	
กลิ่นวานิลลา	สารละลายวานิลลินร้อยละ 0.5 ใน โพลิลีน ไกลคอล
ความหวาน	สารละลายน้ำตาลร้อยละ 5.0 และ 12.0
กลิ่นคาราเมล	กลิ่นคาราเมลร้อยละ 0.05 และ 1.0 ใน โพลิลีน ไกลคอล
กลิ่นเนย	เนยชนิดจืด
กลิ่นนม	นมสด ยู เอช ที (ไขมันร้อยละ 3.3) และนมที่มีไขมันร้อยละ10.0
กลิ่นเวย์	ผงเวย์โปรตีน สารละลายเวย์โปรตีนร้อยละ 2.5
ลักษณะเนื้อสัมผัส	
ความเป็นครีม	ยู เอช ที วิปปิ้งครีม (ไขมันร้อยละ 36)
ความเรียบเนียน	ไอศกรีม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

แบบประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ.1 แบบประเมินคุณสมบัติทางประสาทสัมผัส

(Descriptive test)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Descriptive Test of Vanilla Flavored Ice Cream

Name_____ Date_____

Please mark on the line to indicate the intensity of reference standards of each attribute.

Flavor

Vanilla

Sweetness

Caramel

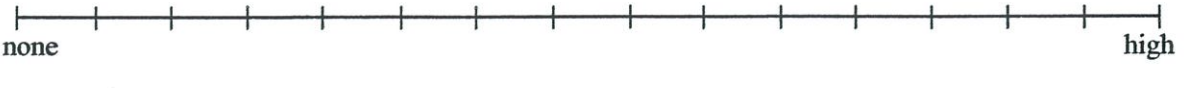
Buttery

Milky

Whey-like

Body and Texture

Creaminess



Smoothness

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thank you for your participation.

จ.2 แบบประเมินความชอบทางประสาทสัมผัส

(7–point Hedonic scale)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Vanilla Flavored Ice Cream

Name _____ **Date** _____

Sample No. _____

Please rinse your mouth with water before starting.

You may rinse again at any time during the test if you need to.

Please taste the samples according to the number on each page and indicate how much you like or dislike the following. *Check* the space that represents your response [/].

Appearance	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Color	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Vanilla flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall texture	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Smoothness	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Rate of melt in mouth	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall liking	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much

Please go to the next page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. _____

Please taste this sample and indicate how much you like or dislike the following.

Check the space that represents your response [/].

Appearance	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Color	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Vanilla flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall texture	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Smoothness	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Rate of melt in mouth	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall liking	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much

Comments.....

.....

Please go to the next page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. _____

Please taste this sample and indicate how much you like or dislike the following.

Check the space that represents your response [/].

Appearance	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Color	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Vanilla flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall texture	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Smoothness	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Rate of melt in mouth	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall liking	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much

Comments.....

.....

Please go to the next page.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Sample No. _____

Please taste this sample and indicate how much you like or dislike the following.

Check the space that represents your response [/].

Appearance	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Color	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Vanilla flavor	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall texture	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Smoothness	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Rate of melt in mouth	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much
Overall liking	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
	Dislike very much			nl/nd			Like very much

Comments.....

.....

Thank you for your participation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวศิรดา สันติศรีวราภรณ์ เกิดวันที่ 14 มิถุนายน 2522 ที่อำเภอพระนครศรีอยุธยา จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร เกียรตินิยมอันดับ 2 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปี พ.ศ. 2544 และศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหาร ณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2545 และสำเร็จการศึกษาในปี พ.ศ. 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้