สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ค
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบาญ	ซ
สารบาญตาราง	ฌ
สารบาญภาพ	ญ
สารบาญภาพภาคผนวก	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	7
บทที่ 3 อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง	83
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	98
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	161
เอกสารอ้างอิง	169
ภาคผนวก	178
ประวัติผู้เขียน	214

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	องค์ประกอบโครงสร้างไอศกรีมที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส	11
2.2	ส่วนประกอบทางเคมีของไอศกรีมชนิดต่าง ๆ (ต่อ 100 กรัมที่บริโภคได้)	18
2.3	ค่าโอเวอร์รันของผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งชนิดต่าง ๆ	19
2.4	เวลาและอุณหภูมิสำหรับวิธีการพาสเจอร์ไรส์ไอศกรีมแบบต่าง ๆ	34
2.5	ความดันที่ใช้ในการโฮโมจีไนส์ไอศกรีมที่ปริมาณไขมันต่าง ๆ	35
2.6	เปอร์เซ็นต์ของน้ำที่แข็งตัวในไอศกรีมที่อุณหภูมิต่าง ๆ	36
2.7	อุณหภูมิ และเวลาการปั่นไอศกรีม	38
2.8	คำจำกัดความของการหารลดไขมันประเภทต่าง ๆ ซึ่งกำหนดโดยองค์การอาหารและยา (FDA) ของสหรัฐอเมริกา	70
2.9	สารให้ความหวานพลังงานต่ำ	72
2.10	คุณสมบัติของมอลติตอลเปรียบเทียบกับน้ำตาลซูโครส	81
4.1	การแปรผันปริมาณสารทดแทนไขมันและน้ำนมในไอศกรีมวนิลาลดไขมัน	98
4.2	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของไอศกรีมวนิลาที่ใช้สารทดแทนไขมัน และเพิ่มปริมาณน้ำนม	99
4.3	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไอศกรีมวนิลาที่ใช้สารทดแทนไขมันและเพิ่มปริมาณน้ำนม	104
4.4	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมวนิลาที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน 2 ชนิดคือเวย์โปรตีนและโปรตีนถั่วเหลืองโดยแปรผันระดับไขมัน 3 ระดับ คือ 0.4, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ (w/w)	107
4.5	ผลของสารทดแทนไขมันต่อคุณสมบัติทางรีโอโลยีของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน 2 ชนิดคือเวย์ โปรตีนและโปรตีนถั่วเหลืองที่ความถี่ 1 เฮริซ์ท	116
4.6	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของไอศกรีมวนิลาที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน 2 ชนิดคือเวย์ โปรตีน และโปรตีนถั่วเหลือง	118

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง **หน้า**

4.7 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมวนิลาที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน 2 ชนิด คือเวย์โปรตีนและโปรตีนถั่วเหลืองโดยแปรผันระดับไขมัน 3 ระดับ คือ 0.4, 2.5 และ 5.0 เปอร์เซ็นต์ (w/w) 120

4.8 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนผสมประเภทคาร์โบไฮเดรต 126

4.9 ผลของสารทดแทนไขมันต่อคุณสมบัติทางรีโอโลยีของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนแบบผสม และสูตรควบคุมที่ความถี่ 1 เฮริซ์ท 137

4.10 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนผสมสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต 140

4.11 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมวนิลาที่ใช้สารทดแทนไขมันแบบผสม 144

4.12 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันแบบผสม และใช้สารให้ความหวานมอลติตอลที่ระดับต่าง ๆ 148

4.13 ผลของสารทดแทนไขมันต่อคุณสมบัติทางรีโอโลยีของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนร่วมกับอะวิเซลที่อัตราส่วน 4:1 และการใช้มอลติตอลทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครส ที่ระดับ 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และสูตรควบคุมที่ความถี่ 1 เฮริซ์ท 154

4.14 คุณสมบัติทางเคมีของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันแบบผสม และใช้สารให้ความหวานมอลติตอลที่ระดับต่าง ๆ 156

4.15 ค่าคะแนนสัดส่วนเฉลี่ยของแต่ละลักษณะจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมวนิลาที่ใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมร่วมกับการใช้สารทดแทนความหวาน มอลติตอล 3 ระดับคือ 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ 159

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพ

ภาพ		หน้า
2.1	โครงสร้างภายในของไอศกรีม	10
2.2	ภาพจำลองอิมัลชั่นในอาหาร: (a) oil-in-water emulsion และ(b) water-in-oil emulsion.	11
2.3	ลักษณะโครงสร้างของไอศกรีมที่อุณหภูมิ -5 องศาเซลเซียส	12
2.4	ภาพจำลองของเคซีนไมเซลล์	13
2.5	พื้นผิวของเม็ดไขมันที่ยึดเกาะด้วยโปรตีนหลังจากผ่านการโฮโมจีไนส์	13
2.6	ภาพจำลองการยึดเกาะของอิมัลซิไฟเออร์บนพื้นผิวเม็ดไขมัน	14
2.7	ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนของเม็ดไขมันที่อยู่ใน metrix	15
2.8	ภาพจำลองการเกิด partial coalescence ของเม็ดไขมัน	15
2.9	(a) Coalescencelaccretion (b) Ostwald ripening/disproportionation	16
2.10	การเกิด coalescence ของเม็ดไขมัน (a) เม็ดไขมันเกิด coalescenceอย่างสมบูรณ์ (b) เม็ดไขมันเกิด coalescence บางส่วน (c) เม็ดไขมันไม่เกิด coalescence	17
2.11	SEM ของฟองอากาศ ใน a whipped cream b ไอศกรีม (image width 13 μm)	20
2.12	แสดงเส้นกราฟการละลายของไอศกรีมที่มีไขมัน 8, 12 และ 15 เปอร์เซ็นต์	22
2.13	โมเลกุลของ Vanillin	31
2.14	แผนผังกรรมวิธีการผลิตไอศกรีมวนิลา	32
2.15	โครงสร้างภายในไอศกรีม	37
2.16	ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีม 1 เรียบเนียน 2 หยาบ 3 Fluffy 4 soggy 5 icy หรือหยาบ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขึ้น ๆ ลง ๆ 6 หยาบ icy หรือ flaky เนื่องจากการแช่แข็งช้า ๆ โดยปราศจากการกวน 7 หยาบ, icy หรือ surface heat shock 8 ผลึกของแล็คโตส จากไอศกรีมที่มีเนื้อหยาบคล้ายเม็ดทราย (sandy) 9 ผลึกแล็คโตส	43
2.17	ชนิดของแรงที่กระทำ	45
2.18	แสดงการผิดรูปของวัสดุ	46

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาพ **หน้า**

2.19 กราฟการคืบ 50
2.20 กราฟการพักความเค้น 51
2.21 มุมเฟสที่เปลี่ยนเมื่อให้ความเค้นหรือความเครียดแบบสั่น 52
2.22 ภาพตัดขวางของรีโอมิเตอร์แบบกรวยกับแผ่นเรียบ 56
2.23 ภาพตัดขวางของแผ่นเรียบกับแผ่นเรียบไดนามิครีโอมิเตอร์ 57
2.24 โครงสร้างของ aspartame 75
2.25 ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ได้จาก aspartame 76
2.26 โครงสร้างของ xylitol และ xylose ซึ่งเป็น monosaccharide 77
2.27 ผลของกลูโคส และ xylitol ต่อปริมาณน้ำตาลในเลือด 78
2.28 โมเลกุลของ maltitol 79
3.1 แผนผังกรรมวิธีการผลิตไอศกรีมวนิลา 88
4.1 สมบัติวิสโคอิลาสติกเชิงเส้นของโพรเซสชีสผสมสมุนไพรชนิดสเปรด 113
4.2 ค่า elastic modulus (G′) ค่า viscous modulus (G″) และloss tangent (tan δ) ของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนและสูตรควบคุม 114
4.3 ค่า complex viscosity (η*) ของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน และสูตรควบคุม 115
4.4 ค่า elastic modulus (G′) ค่า viscous modulus (G″) และloss tangent (tan δ) ของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีนและสูตรควบคุม 135
4.5 ค่า complex viscosity (η*) ของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันแบบผสมและสูตรควบคุม 136
4.6 ค่า elastic modulus (G′) ค่า viscous modulus (G″) และloss tangent (tanδ) ของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่ใช้สารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนร่วมกับอะวิเซลที่อัตราส่วน 4:1 และการใช้มอลติตอลทดแทนการใช้น้ำตาลซูโครส ที่ระดับ 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และสูตรควบคุม 152
4.7 ค่า complex viscosity (η*) ของไอศกรีมวนิลาลดไขมันที่สารทดแทนไขมันเวย์โปรตีนร่วมกับอะวิเซลที่อัตราส่วน 4:1 และการใช้มอลติตอล ที่ระดับ 10, 12 และ 14 เปอร์เซ็นต์ (w/w) และสูตรควบคุม 153

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สารบาญภาพภาคผนวก

ภาพภาคผนวก		หน้า
ง-1	สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน	205
ง-2	สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต	205
ง-3	สารทดแทนความหวามหวานมอลติตอล	205
ง-4	เครื่องปั่นไอศกรีม	206
ง-5	ส่วนผสมไอศกรีมหลังการโฮโมจิไนส์	206
ง-6	เครื่องปั่นผสมอาหาร	207
ง-7	ส่วนผสมไอศกรีมก่อนปั่น	207
ง-8	ส่วนผสมไอศกรีมหลังปั่น	207
ง-9	ไอศกรีมวนิลาลดไขมันและลดพลังงานที่ใช้มอลติตอลที่ระดับต่าง ๆ	208
ง-10	การวัดอัตราการละลาย	208

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved