บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัตถุดิบ

1. เนยสดชนิดจืด ตรา กล้วยไม้ (milk fat ร้อยละ 82, milk solid non fat ร้อยละ 2) (บริษัท อุตสาหกรรมนมไทย จำกัด, ประเทศไทย)
2. นมผง ตรา แอนลีน (บริษัท ฟอนเทียร่า แบรนด์ (ประเทศไทย) จำกัด, ประเทศไทย)
3. น้ำตาลทรายเบเกอรี่ ตรา ลิน (บริษัท ไทยเพิ่มพูนอุตสาหกรรม จำกัด, ประเทศไทย)
4. corn syrup (บริษัท เชียงใหม่เกษมสโตร์ จำกัด, ประเทศไทย)
5. กลิ่นวานิลลา ตรา Gold Badge (Keith Harris & Co. (Far East) Pte.Ltd, Singapore)
6. สารอิมัลซิไฟเออร์
    - 6.1 กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต ตรา คูตินา (Cognis, Germany)
    - 6.2 พอลิซอร์เบต 80 หรือ ทวีน 80 (โอ. วี. เคมีเคิล แอนด์ ซัพพลาย, ประเทศไทย)
7. สารให้ความคงตัว
    - 7.1 กัวกัม (นอร์ทเทอร์นเคมิเคิล แอนด์ กลาสแวร์, ประเทศไทย)
    - 7.2 คาราจีแนน (โอ. วี. เคมีเคิล แอนด์ ซัพพลาย, ประเทศไทย)
8. เวย์โปรตีน
    - 8.1 เวย์โปรตีนไอโซเลต ตรา โปรวอน 190 (Glanbia Nutritionals, USA)
    - 8.2 เวย์โปรตีนเข้มข้น ตรา อวอนแลค 182 (Glanbia Nutritionals, USA)
    - 8.3 เวย์โปรตีนเข้มข้นที่ปรับแต่งคุณค่าทางโภชนาการ ตรา อวอนแลค 170 (Glanbia Nutritionals, USA)
9. น้ำดื่ม ตรา โพลสตาร์ (บริษัท เชียงใหม่โพลสตาร์ 1992 จำกัด, ประเทศไทย)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 อุปกรณ์

3.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง
(Analytical balance, DENSER instrument: Model TB-403, Germany)
2. Homogenizer (Bei laufender company, Germany)
3. อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (Water bath) (Memmert, Germany)
4. ตู้เย็น (ยี่ห้อ Whirlpool: Model WCF-95L, Japan)
5. เครื่องปั่นไอศกรีม (ยี่ห้อ Simac, gelataio magnum plus: GC 4000 E, Italy)
6. ตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -30 องศาเซลเซียส (ยี่ห้อ Sanyo: Model SF-C997(GYN), Japan)
7. เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer; OAKTON, Japan)
8. ถ้วยพลาสติกสำหรับบรรจุไอศกรีม (ร้านเพื่อนครัว, เชียงใหม่, ประเทศไทย)
9. เครื่องครัวต่างๆ

3.2.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพ

3.2.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 3 ตำแหน่ง (Analytical balance, DENSER instrument: Model TB-403, Germany)
2. เครื่องวัดความหนืด (Brookfield viscometer, Model LVDV-II+, USA)
3. เครื่องวิเคราะห์การดูดกลืนแสง (Perkin Elmer, Germany)
4. เครื่องวัดเนื้อสัมผัสไอศกรีม (Texture analyzer, Model TA.XT plus, England)
5. เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (Refractomer, ATAGO: Model Pocket PAL-1 0-85 °Brix, Japan)
6. เครื่อง Advanced Rheometer (TA Instruments: Model AR2000, England)
7. บีกเกอร์ (Beaker)
8. ตะแกรงลวดขนาด 272 ช่อง/ตารางนิ้ว (Laboratory Test Sieve, ASTME: 11, London)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

9. ถ้วยพลาสติกสำหรับวัดการขึ้นฟู
10. ขวดปรับปริมาตร
11. ปิเปต
12. ลูกยาง
13. คิวเวต
14. หลอดทดลองขนาดเล็กพร้อมฝาปิด

3.2.2.2 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบสมบัติทางเคมีของไอศกรีม

1. เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical balance, Sartorious: Model CP 225D, Germany)
2. เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter, Sartorius: Model PB10, Germany)
3. ตู้อบลมร้อน (Hot Air Oven, Memmert: ULM-400, USA)
4. โถดูดความชื้น (Desiccators)
5. กรวยแยกขนาด 250 ml พร้อมฝาปิด
6. บีกเกอร์ (Beaker)
7. กระบอกตวง (Cylinder)
8. ตู้ดูดควัน (Hood)
9. เครื่องวิเคราะห์ Nitrogen/Protein Determinator Combustion (Leco Corporation: FP-528, USA)

3.2.2.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

1. ชุดอุปกรณ์ทดสอบชิมประกอบด้วย แก้วน้ำพลาสติก, ช้อนตักไอศกรีมขนาดเล็ก, ถาดโฟม, ทิชชู่, ปากกา และแบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส (ภาคผนวก จ. 1)

3.3 สารเคมี

1. ไดเอทิล อีเทอร์ (Diethyl ether; AR Grade, BHD, England)
2. ปิโตรเลียม อีเทอร์ (Petroleum ether; AR Grade, Lab Scan, Thailand)
3. แอมโมเนียม ไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide; J.T. Baker Inc., USA)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

4. เอทิล แอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol; C_2H_3OH, AR Grade, Merck, Germany)

5. โซเดียมเอไซด์ (Sodium azide) (Merck, Germany)

3.4 เครื่องมือประมวลผลทางสถิติ

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

2. โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, USA)

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัยได้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ศึกษาผลของเวย์โปรตีนต่อความคงตัวของอิมัลชันไขมันนมในน้ำ

1.1 การทดลอง

การทดลองนี้ใช้เวย์โปรตีน 3 ชนิด คือ เวย์โปรตีนไอโซเลต (whey protein isolate, WPI) เวย์โปรตีนเข้มข้น (whey protein concentrate, WPC) และเวย์โปรตีนเข้มข้นที่ปรับแต่งคุณค่าทางโภชนาการ (modified whey protein concentrate, MWPC) ซึ่งมีอัตราส่วนของฟอสโฟลิพิดและโปรตีนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (high molecular weight protein) ในปริมาณที่สูงกว่าเวย์โปรตีนเข้มข้นที่ผลิตโดยทั่วไป โดยแปรผันระดับความเข้มข้นของเวย์โปรตีนแต่ละชนิดเป็นร้อยละ 0.3 0.6 และ 0.9 (w/w) ในตัวอย่างอิมัลชันที่ประกอบไปด้วยเนยสดร้อยละ 25 (w/w) และน้ำ

ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างอิมัลชันดัดแปลงจาก Segall and Goff (1999) และ Surh *et al*. (2006) โดยละลายผงเวย์โปรตีนแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.4 0.8 และ 1.2 (w/w) ด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 45±2 องศาเซลเซียส กวนผสมให้ผงเวย์โปรตีนละลายและตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นผสมสารละลายเวย์โปรตีนกับเนยสดให้เข้ากันในอัตราส่วนร้อยละ 75 ต่อ 25 (w/w) ที่อุณหภูมิ 65±2 องศาเซลเซียส นำอิมัลชันที่ได้ไปโฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 300 บาร์ต่อตารางลูกบาศก์เซนติเมตร พาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 80±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นำอิมัลชันที่ได้ไปวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่าง creaming index, fat destabilization index และสมบัติทางรีโอโลยี

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1.2 ตัวแปรที่วิเคราะห์

1. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของตัวอย่างอิมัลชัน (AOAC, 2000) ด้วยเครื่อง pH-meter โดยควบคุมอุณหภูมิตัวอย่างอิมัลชันขณะวัดที่ 25±2 องศาเซลเซียส วัดสิ่งทดลองละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

2. Creaming index

การวิเคราะห์ค่า Creaming index ของตัวอย่างอิมัลชันดัดแปลงวิธีการของ Surh *et al*. (2006) โดยเติม Sodium azide ร้อยละ 0.02 (w/w) ในตัวอย่างอิมัลชันก่อนการวิเคราะห์เพื่อป้องกันการเจริญของจุลินทรีย์ บรรจุตัวอย่างอิมัลชันในหลอดทดลองที่มีฝาปิด ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 มิลลิเมตร สูง 100 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างอิมัลชันที่อุณหภูมิห้อง (30±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 0-7 วัน วัดความสูงของอิมัลชัน (H_E) ชั้นซีรัม (H_S) วัดสิ่งทดลองละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง และคำนวณค่า Creaming index (ร้อยละ) ดังสมการที่ 3.1

$$\text{Creaming index (ร้อยละ)} = \frac{H_S}{H_E} \times 100 \qquad \text{สมการที่ 3.1}$$

3. Fat destabilization index

การวิเคราะห์ค่า Fat destabilization index ของตัวอย่างอิมัลชันดัดแปลงวิธีการของ Segall and Goff (1999) นำตัวอย่างอิมัลชันที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ปริมาตร 400 มิลลิลิตร ปั่นในเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นเวลา 4 นาที ในระหว่างการปั่นสุ่มตัวอย่างอิมัลชันทุกๆ 40 วินาที จากนั้นเจือจางตัวอย่างอิมัลชันให้มีความเข้มข้น 1 : 1000 เท่า ด้วยน้ำกลั่น วัดความขุ่นของตัวอย่างอิมัลชันที่เจือจางด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร วัดสิ่งทดลองละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง และคำนวณค่า destabilized fat (ร้อยละ) ดังสมการ

Destabilized fat (ร้อยละ) = [(A_{540} ของตัวอย่างอิมัลชันก่อนการปั่น – A_{540} ของตัวอย่างอิมัลชันระหว่างการปั่นที่เวลาใดๆ) / A_{540} ของตัวอย่างอิมัลชันก่อนการปั่น] x 100

สมการที่ 3.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4. สมบัติทางรีโอโลยี

ศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของตัวอย่างอิมัลชันด้วยเครื่อง Advanced Rheometer รุ่น AR2000 ซึ่งดัดแปลงวิธีการของ Akhtar *et al*. (2005) โดยใช้หัววัดทรงกระบอก (concentric cylinder) บรรจุตัวอย่างอิมัลชันในภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่าง วัดค่าความหนืดปรากฏของตัวอย่างอิมัลชันโดยใช้ช่วงอัตราเฉือน (shear rate) ระหว่าง 0.1-100 S^{-1} กำหนดค่า delay time 30 วินาที และ integration time 30 วินาที โดยควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างอิมัลชันให้คงที่ที่ 20 องศาเซลเซียส วัดสิ่งทดลองละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 2 ตัวอย่าง

1.3 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 Factorial experiment in completely randomized design ทำการทดลอง 2 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (ไพโรจน์, 2545)

ตอนที่ 2 ศึกษาผลของเวย์โปรตีนต่อสมบัติของไอศกรีมที่ผลิตโดยกระบวนการสองวัฏภาค

2.1 กรรมวิธีการผลิตไอศกรีมสูตรควบคุม

ส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมสูตรควบคุมที่ผลิตโดยวิธีทั่วไปที่เติมอิมัลซิไฟเออร์และไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์แสดงดังตารางที่ 3.1 การเตรียมส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมสูตรควบคุม เริ่มจากการชั่งและผสมวัตถุดิบที่เป็นของแห้งได้แก่ นมผง น้ำตาลทราย และสารให้ความคงตัว (รวมทั้งกลีเซอรอล โมโนสเตียเรตในกรณีของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ผลิตโดยวิธีทั่วไปที่เติมอิมัลซิไฟเออร์) ให้เข้ากันเพื่อป้องกันการจับตัวกันเป็นก้อนในระหว่างการผสมกับส่วนผสมที่เป็นของเหลว กรรมวิธีการผลิตไอศกรีมสูตรควบคุมแสดงดังภาพที่ 3.1 ทำได้โดยชั่งตวงวัตถุดิบที่เป็นของเหลวได้แก่ น้ำเปล่า เนยสด และคอร์นไซรัป (รวมทั้งทวีน 80 ในกรณีของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ผลิตโดยวิธีทั่วไปที่เติมอิมัลซิไฟเออร์) ลงในภาชนะสแตนเลสที่มีด้ามจับ นำส่วนผสมที่เป็นของเหลวไปอุ่นให้มีอุณหภูมิประมาณ 50±2 องศาเซลเซียส โดยใช้อ่างน้ำร้อน จากนั้นนำส่วนผสมแห้งที่เตรียมไว้ค่อยๆ เติมและคนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกันพร้อมทั้งเพิ่มอุณหภูมิของส่วนผสมให้ถึง 65±2 องศาเซลเซียส นำไอศกรีมเหลวที่ได้ไปโฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 300 บาร์ต่อตารางลูกบาศก์เซนติเมตร พาสเจอไรซ์ที่อุณหภูมิ 80±2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

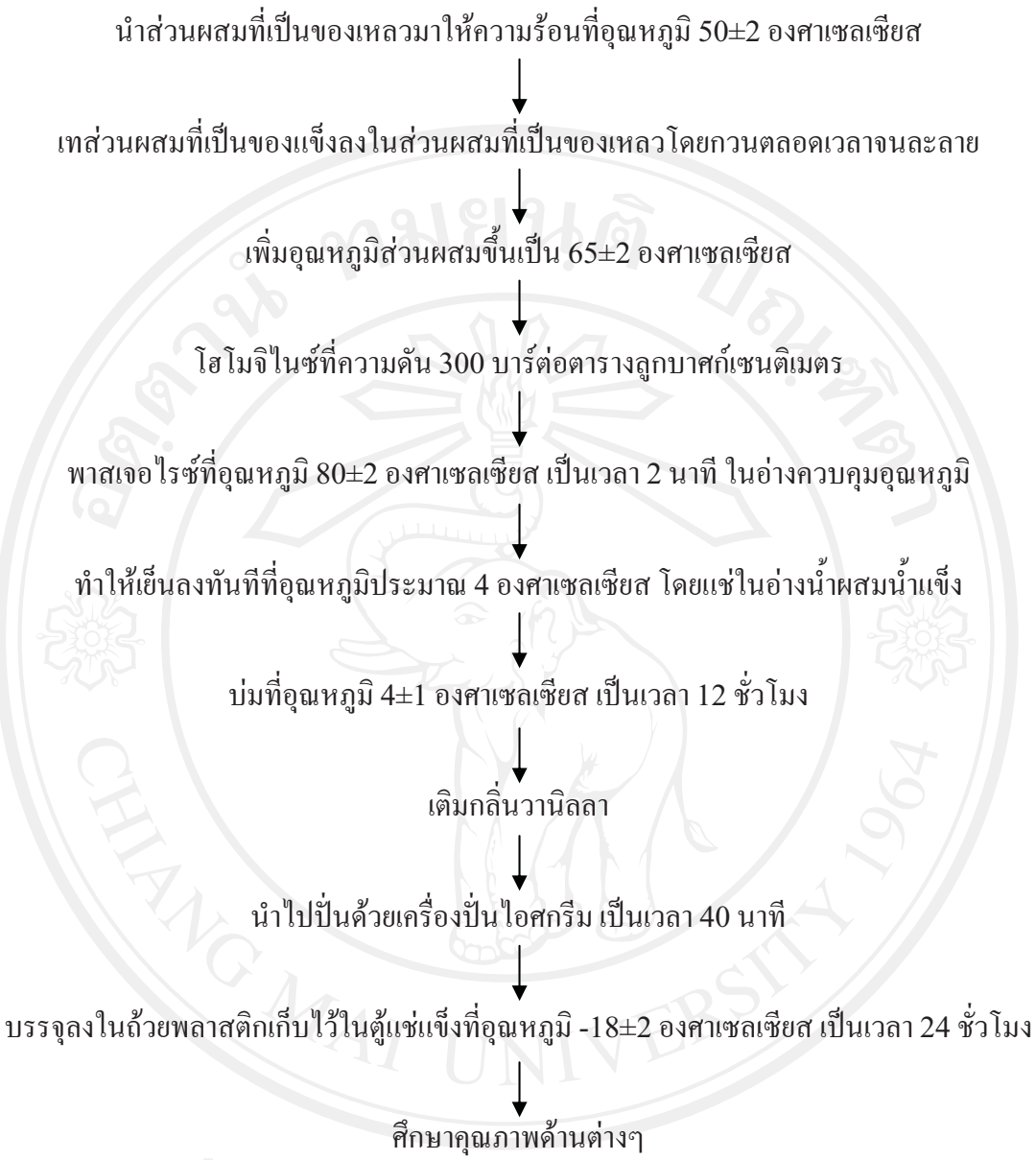
องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที ทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส นำไอศกรีมเหลวที่ได้ไปบ่มในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ข้ามคืนประมาณ 12 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลาการบ่มจึงเติมกลิ่นวานิลาร้อยละ 1 (w/w) นำไอศกรีมเหลวปริมาตร 800 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นระยะเวลา 40 นาที บรรจุไอศกรีมที่ได้ลงในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิด นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมต่อไป (ดัดแปลงจาก หทัยทิพย์, 2552; Segall and Goff, 2002)

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมสูตรควบคุมที่ผลิตโดยวิธีทั่วไปที่เติมและไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์

ส่วนผสม		ไอศกรีมสูตรควบคุม ที่เติมอิมัลซิไฟเออร์	ไอศกรีมสูตรควบคุม ที่ไม่เติมอิมัลซิไฟเออร์
ไขมันนม	(%w/w)	10	10
นมผง	(%w/w)	11	11
น้ำตาลทราย	(%w/w)	10	10
คอร์นไซรัป	(%w/w)	5	5
สารให้ความคงตัว			
กัวกัม	(%w/w)	0.1	0.1
คาราจีแนน	(%w/w)	0.04	0.04
อิมัลซิไฟเออร์			
กลีเซอรอลโมโนสเตียเรต	(%w/w)	0.12	-
ทวีน 80	(%w/w)	0.03	-
น้ำ	(%w/w)	63.71	63.86

ที่มา : ดัดแปลงจาก Segall and Goff (2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3.1 แผนผังกรรมวิธีการผลิตไอศกรีมโดยวิธีทั่วไป

ที่มา : ดัดแปลงจาก หทัยทิพย์ (2552)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

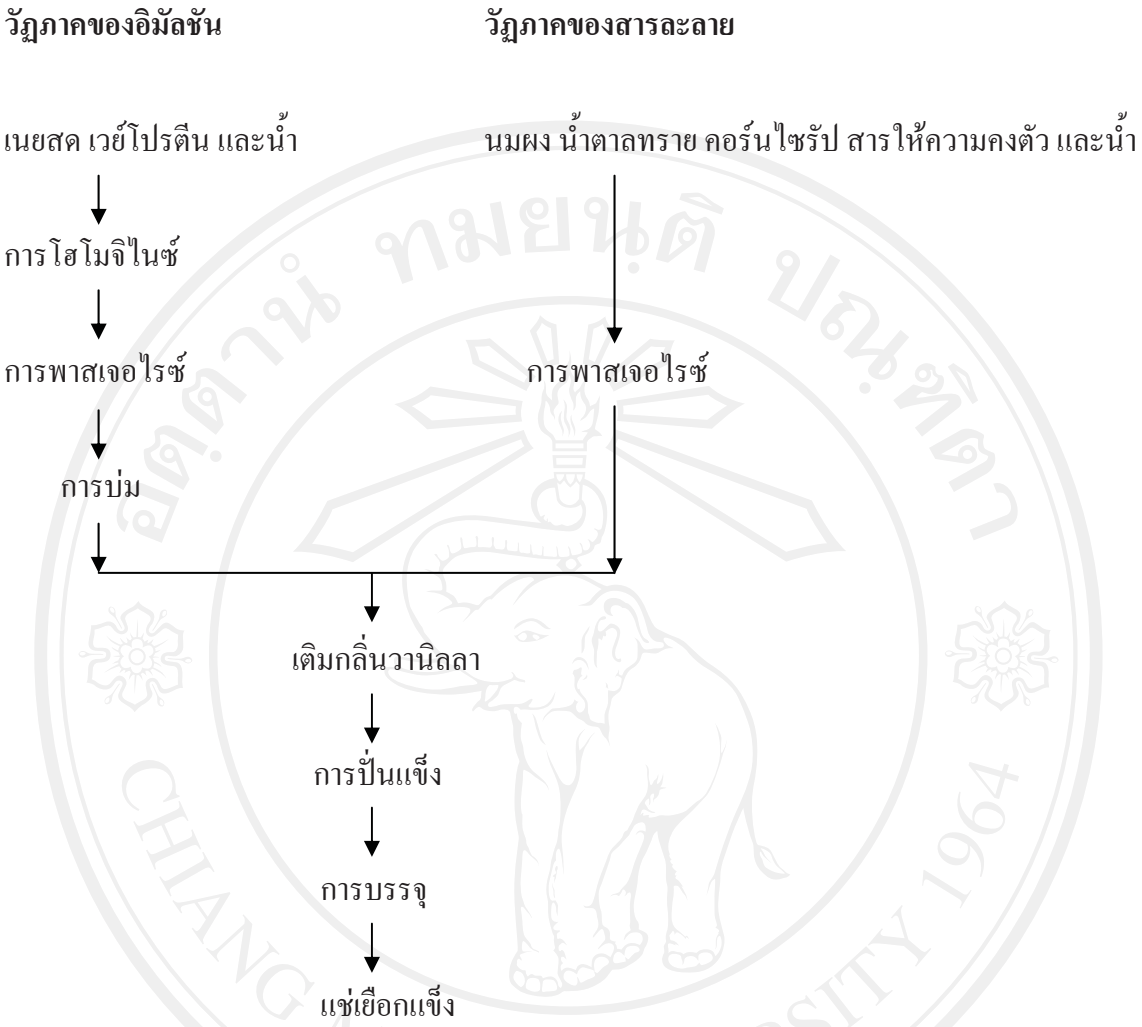
2.2 กรรมวิธีการผลิตไอศกรีมโดยกระบวนการสองวัฏภาค

ส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมที่ผลิตโดยกระบวนการสองวัฏภาคแสดงดังตารางที่ 3.2 กรรมวิธีการผลิตไอศกรีมโดยกระบวนการสองวัฏภาคแสดงดังภาพที่ 3.2 การเตรียมวัฏภาคของอิมัลชันเพื่อใช้ในการผลิตไอศกรีมโดยกระบวนการสองวัฏภาคเริ่มจากการชั่งเนยสดลงในภาชนะสแตนเลสที่มีด้ามจับ นำมาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 50±2 องศาเซลเซียส โดยใช้อ่างน้ำร้อน จากนั้นเติมสารละลายเวย์โปรตีนลงไป ผสมให้เข้ากันพร้อมทั้งเพิ่มอุณหภูมิส่วนผสมให้ถึง 65±2 องศาเซลเซียส นำวัฏภาคของอิมัลชันที่ได้ไปโฮโมจิไนซ์ พาสเจอไรซ์ ทำให้เย็นลง และการบ่ม โดยใช้สภาวะเดียวกับกรรมวิธีการผลิตไอศกรีมสูตรควบคุม การเตรียมวัฏภาคของสารละลายเพื่อใช้ในการผลิตไอศกรีมโดยกระบวนการสองวัฏภาคใช้สภาวะต่างๆ ในการผลิตเช่นเดียวกับการเตรียมวัฏภาคของอิมัลชัน เพียงแต่วัฏภาคของสารละลายจะไม่ผ่านขั้นตอนการโฮโมจิไนซ์ เมื่อครบระยะเวลาการบ่มเป็นระยะเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง จึงนำส่วนผสมทั้งสองวัฏภาคมารวมกันในอัตราส่วนระหว่างวัฏภาคของอิมัลชันต่อวัฏภาคของสารละลายเท่ากับร้อยละ 40 ต่อ 60 (w/w) ซึ่งจะได้อัตราส่วนของส่วนผสมต่างๆ เท่ากับไอศกรีมสูตรควบคุม จากนั้นเติมกลิ่นวานิลาร้อยละ 1 (w/w) นำไอศกรีมเหลวปริมาตร 800 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นระยะเวลา 40 นาที บรรจุไอศกรีมที่ได้ลงในถ้วยพลาสติกที่มีฝาปิด นำไปแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อใช้ในการวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมต่อไป (ดัดแปลงจาก Segall and Goff, 2002)

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมที่ผลิตโดยกระบวนการสองวัฏภาค

ส่วนผสม		ไอศกรีมที่ผลิตโดยกระบวนการสองวัฏภาค	
		วัฏภาคของอิมัลชัน	วัฏภาคของสารละลาย
ไขมันนม	(%w/w)	25	-
นมผง	(%w/w)	-	18.33
น้ำตาลทราย	(%w/w)	-	16.67
คอร์นไซรัป	(%w/w)	-	8.33
สารให้ความคงตัว			
กัวกัม	(%w/w)	-	0.17
คาราจีแนน	(%w/w)	-	0.07
เวย์โปรตีน	(%w/w)	0.3-0.9	-
น้ำ	(%w/w)	~75	56.43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการผลิตไอศกรีมโดยกระบวนการสองวัฏภาค
ที่มา : ดัดแปลงจาก Segall and Goff (2002)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.3 การตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

2.3.1 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

1. ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมด (Total Soluble Solid, TSS)

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ในน้ำทั้งหมดของไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง Refractometer โดยควบคุมอุณหภูมิของไอศกรีมเหลวขณะวัดที่ 25±2 องศาเซลเซียส วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

2. ความหนืด

วัดค่าความหนืดของไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield digital viscometer) โดยใช้หัวหมุนเบอร์ 2 ความเร็วรอบการหมุน 40 รอบต่อนาที ควบคุมอุณหภูมิไอศกรีมเหลวขณะวัดที่ 15±2 องศาเซลเซียส อ่านค่าความหนืดที่ได้หลังมอเตอร์หมุนเป็นเวลา 1 นาที วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก Dervisoglu, 2006)

3. การขึ้นฟู (Overrun)

วัดการขึ้นฟูของไอศกรีมด้วยวิธีกำหนดปริมาตรคงที่ (Arbuckle, 1986) โดยชั่งน้ำหนักไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่บรรจุจนเต็มในถ้วยพลาสติกขนาดความจุ 30 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ที่ทราบน้ำหนัก บนเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของไอศกรีมเหลว และเมื่อปั่นไอศกรีมครบตามระยะเวลาในการปั่นเป็นระยะเวลา 40 นาที จึงตักไอศกรีมที่ได้บรรจุลงในถ้วยพลาสติกใบเดิม ชั่งน้ำหนักไอศกรีม บันทึกค่าน้ำหนักไอศกรีมและนำข้อมูลไปคำนวณค่าร้อยละการขึ้นฟูดังสมการที่ 3.3 วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

$$\text{การขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \left(\frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}}\right) \times 100 \quad \text{สมการที่ 3.3}$$

4. อัตราการขึ้นฟู (Overrun rate)

วัดอัตราการขึ้นฟูของไอศกรีมด้วยวิธีกำหนดปริมาตรคงที่ (Arbuckle, 1986) โดยนำไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง บรรจุจนเต็มในถ้วยพลาสติกขนาดความจุ 30 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ที่ทราบน้ำหนัก บนเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนัก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ของไอศกรีมเหลว จากนั้นนำไอศกรีมเหลวปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม ในระหว่างการปั่นไอศกรีม สุ่มตัวอย่างไอศกรีมเพื่อนำมาวัดค่าร้อยละการขึ้นฟูทุกๆ 5 นาที จนครบ 40 นาที นำผลที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างร้อยละการขึ้นฟูต่อระยะเวลา ค่าความชันของกราฟที่ได้ คือ อัตราการขึ้นฟู รายงานผลการทดลองในหน่วยร้อยละการขึ้นฟูต่อนาที วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

5. อัตราการละลาย

วัดอัตราการละลายของตัวอย่างไอศกรีม (ดัดแปลงวิธีของ Segall and Goff, 2002) โดยนำตัวอย่างไอศกรีมซึ่งบรรจุเต็มถ้วยพลาสติกที่ทราบปริมาตรแน่นอนที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาชั่งน้ำหนักเริ่มต้น จากนั้นแกะเอาถ้วยพลาสติกออก นำไอศกรีมวางบนตะแกรงลวดที่มีขนาด 272 ช่อง/ตารางนิ้ว โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 25±2 องศาเซลเซียส รองรับไอศกรีมที่ละลายด้วยบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร จับเวลาและบันทึกน้ำหนักของไอศกรีมที่หายไปทุกๆ 5 นาที จนครบ 60 นาที นำผลที่ได้มาเขียนกราฟระหว่างร้อยละของน้ำหนักที่หายไปต่อระยะเวลา ค่าความชันของกราฟที่ได้ คือ อัตราการละลาย รายงานผลการทดลองในหน่วยร้อยละของน้ำหนักที่หายไปต่อนาที วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

6. เนื้อสัมผัสด้านความแน่นเนื้อ (Firmness)

การวัดความคงตัวของตัวอย่างไอศกรีม (ดัดแปลงวิธีของ Aime *et al*., 2001) ด้วยเครื่อง Texture analyzer รุ่น TA. XT. Plus โดยนำตัวอย่างไอศกรีมซึ่งบรรจุเต็มถ้วยพลาสติกขนาดความจุ 30 ลูกบาศก์มิลลิเมตร ที่ผ่านการแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาวัดความคงตัวโดยใช้หัววัดทรงกระบอก (cylindrical probe) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร กดลงไปในตัวอย่างเป็นระยะทาง 10 มิลลิเมตร ด้วยความเร็ว 2 มิลลิเมตรต่อวินาที โดยควบคุมอุณหภูมิห้องที่ 25±2 องศาเซลเซียส ความแน่นเนื้อของตัวอย่างไอศกรีมคือค่าแรงกดสูงสุด (gram force, g) ที่บันทึกได้ ณ จุดสูงสุดของกราฟ (maximum positive peak) วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

7. สมบัติทางรีโอโลยี

ศึกษาสมบัติทางรีโอโลยีของไอศกรีมด้วยเครื่อง Advanced Rheometer รุ่น AR 2000 โดยทำการทดสอบหาความเค้นที่เหมาะสมด้วยวิธี stress sweep step เพื่อใช้ในการทำนายช่วง Linear Viscoelastic Region (LVR) ของไอศกรีม โดยกำหนดให้มีความถี่ (frequency) เท่ากับ 1.0 เฮิร์ท

ช่วงความเค้นสั่น (oscillating stress) ระหว่าง 0.03259-50 ปาสคาล Gap 3,000 ไมโครเมตร ใช้หัววัด 25 มิลลิเมตร ชนิด plate and plate geometry และควบคุมอุณหภูมิของตัวอย่างไอศกรีมขณะทดสอบที่ -5 องศาเซลเซียส จากนั้นนำค่าความเค้นสั่นที่ได้ไปวิเคราะห์ frequency sweep step โดยกำหนดช่วงความถี่ระหว่าง 0.1-100 Hz เพื่อวิเคราะห์สมบัติวิสโคอิลาสติกคือ ค่าโมดูลัสสะสม (elastic modulus, G′) ค่าโมดูลัสสูญหาย (viscous modulus, G″) ค่า loss tangent (tan δ) และค่าความหนืดเชิงซ้อน (complex viscosity, η*) วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง (ดัดแปลงจาก หทัยทิพย์, 2552)

2.3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

1. การวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (AOAC, 2000) ของไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ด้วยเครื่อง pH-meter โดยควบคุมอุณหภูมิของไอศกรีมเหลวขณะวัดที่ 25±2 องศาเซลเซียส วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

2. การวิเคราะห์หาปริมาณไขมันของไอศกรีมโดยวิธี Rose-Gottlieb ตามวิธีของ AOAC (2000) วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ง. 2

3. การวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนของไอศกรีมด้วยเครื่องวิเคราะห์ Nitrogen/Protein Determinator Combustion ตามวิธีของ AOAC (2000) วัดสิ่งทดลองละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 1 ตัวอย่าง รายละเอียดแสดงดังภาคผนวก ง. 3

2.3.3 การทดสอบทางประสาทสัมผัส

การทดสอบทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมใช้แผนการทดลองแบบ RCBD (Randomized Complete Block Design) และทดสอบด้วยวิธีให้คะแนนความชอบและการยอมรับ (Hedonic scale) ซึ่งมีระดับคะแนน 1-9 (1 = ไม่ชอบมากที่สุด ถึง 9 = ชอบมากที่สุด) โดยผู้บริโภคจำนวน 50 คน คุณภาพที่ทดสอบได้แก่ สีที่ปรากฏ รสหวาน ความเรียบเนียน การละลายในปาก และการยอมรับรวม โดยความเรียบเนียนหมายถึงการสัมผัสของลิ้นกับอนุภาคต่างๆ หรือผลึกน้ำแข็ง และการละลายในปากหมายถึง ไอศกรีมแช่แข็งกลายเป็นของเหลวในปาก (Prindiville *et al*., 1999)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.4 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด (Completely Randomized Design, CRD) ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan' s New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (ไพโรจน์, 2545)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved