การประยุกต์ใช้น้ำแข็งแห้งในการผลิตมูสช็อกโกแลตสำหรับการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น

The Application of Dry ice in the Production of Chocolate Mousse for the Cold Western Dessert Competition

ลินดา วัฒนเจริญสุข

LINDA WATTHANAJAROENSUK

สุรชาติ ปิติประดิษฐ์

SURACHAT PITIPRADIT

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
2562

ชื่อโครงงานพิเศษ	การประยุกต์ใช้น้ำแข็งแห้งในการผลิตมูสช็อกโกแลตสำหรับการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น
ชื่อนักศึกษา	ลินดา วัฒนเจริญสุข และสุรชาติ ปิติประดิษฐ์
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ	อุตสาหกรรมการบริการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษได้ให้ความเห็นชอบโครงงานพิเศษฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณนนท์ แดงสังวาลย์)

.....กรรมการ
(นางสาวศันสนีย์ ทิมทอง)

.....กรรมการ
(นางสาวอินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์)

โครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....	.....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรัชญา แพมงคล)	(นางปิยะธิดา สีหะวัฒนกุล)
หัวหน้าสาขาวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร	คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....	วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อโครงงานพิเศษ	การประยุกต์ใช้น้ำแข็งแห้งในการผลิตมูสช็อกโกแลตสำหรับการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น
ชื่อนักศึกษา	ลินดา วัฒนเจริญสุข และสุรชาติ ปิติประดิษฐ์
ชื่อปริญญา	คหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชา และคณะ	อุตสาหกรรมการบริการอาหาร เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	*2562*
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

บทคัดย่อ

การศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้น้ำแข็งแห้งในการผลิตมูสช็อกโกแลตสำหรับการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม และการทดสอบทางคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มสช็อกโกแลตแช่แข็ง โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อกสมบูรณ์ สมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และนำไปประเมินผลทางคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี (Duncan New Multiple Rang Test DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ เพื่อหาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม โดยผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน ด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 – point hedonic scale)

ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม พบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับ ระยะเวลา 40 นาที มากที่สุด ด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.50 4.41 4.00 4.35 4.25 และ 4.21 ตามลำดับ ผลการทดสอบทางคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตแช่แข็งในด้านลักษณะเนื้อสัมผัส พบว่าระยะเวลา 30 นาที มีค่าความแข็ง ค่าความแน่นเนื้อ ค่าการยึดเกาะ และค่าความยืดหยุ่น ได้ดีที่สุด 27.53 3.17 0.43 และ 1.21 ตามลำดับ และระยะเวลาที่ 40 นาที มีค่าความสี L* ค่าความสว่าง b* ค่าสีเหลือง และ a* ค่าสีแดง มากที่สุด 40.15 13.03 และ 22.31 ตามลำดับ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ : น้ำแข็งแห้ง , มูส , ช็อกโกแลต , ขนมหวานตะวันตก

Special Project The Application of dry ice in the production of chocolate mousse for the cold western dessert competition.
Author Linda Watthanacharoensuk and Surachat Pitipradit
Drgree Bachelor of Home Economics Technology
Major Program Food Service Industry, Home Economics Technology
Acaddmic Year 2019
Advisor Inteema Hirunakrawong

Abstract

The objectives of the research on the application of dry ice in making chocolate mousse for the cold western dessert competition were to study the appropriate time for freezing chocolate mousse and test the physical quality of frozen chocolate mousse using randomized complete block design (RCBD) method at 95% reliability. The quality of senses, sight, color, smell, taste, and texture, and the overall preference were evaluated. The difference of mean was compared with by Duncan New Multiple Rang Test (DMRT) using a computer program to find the appropriate time to freeze chocolate mousse. 15 testers applied the 5 – point hedonic scale to test the product.

Research results showed that the testers preferred the product that was frozen for 40 minutes the most. In terms of color, smell, taste, and overall preference, the mean was 4.50, 4.41, 4.00, 4.35, 4.25, and 4.21 respectively. The physical quality test results indicated that the texture of the mousse frozen for 30 minutes had the best hardness, adhesion and flexibility, 27.53, 3.17, 0.43, and 1.21 respectively. The product frozen at 40 minutes had the highest lightness (L*), yellowness (b*), and redness (a*), 40.15, 13.03 and 22.31 respectively with the statistical significance ($p \leq 0.05$).

Keywords : Dry ice , Mousse , Chocolate , Western dessert

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษเรื่อง การประยุกต์ใช้น้ำแข็งแห้งในการผลิตมูสช็อกโกแลตสำหรับการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น เป็นส่วนหนึ่งของวิชาโครงงานพิเศษทางอุตสาหกรรมการบริการอาหาร ตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรบัณฑิตได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำขอขอบคุณอาจารย์อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าให้คำปรึกษาแนะนำและเสนอข้อคิดต่าง ๆ ของการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ณนนท์ แดงสังวาลย์ ประธานกรรมการ สำหรับแนวคิดและเทคนิคการผลิตมูสช็อกโกแลตในการศึกษาในครั้งนี้ ขอบคุณอาจารย์ศันสนีย์ ทิมทอง กรรมการสอบโครงงานพิเศษ ที่ได้เสียสละเวลามาเป็นกรรมการ และขอขอบคุณคณาจารย์คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ผู้ประกอบการด้านขนมอบและเบเกอรี่ ผู้ชำนาญการด้านขนมอบและเบเกอรี่ที่มีส่วนร่วมในการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส และทุก ๆ กำลังใจที่ทำให้งานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

โครงงานพิเศษฉบับนี้ ได้รับทุนอุดหนุนงบประมาณ จากโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมเพื่อคนรุ่นใหม่ ประจำปีงบประมาณ 2563 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลภายในครอบครัวทุกท่านที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งกำลังใจ และกำลังทรัพย์ตลอดจนความห่วงใยอย่างไม่ขาดหาย สุดท้ายนี้ทางคณะผู้ศึกษาขอระลึกถึงพระคุณครูบาอาจารย์ทุกท่าน ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และหากโครงงานพิเศษฉบับนี้เป็นประโยชน์แก่ผู้ใดก็ตามขอมอบความดีทั้งหมดให้แก่ทุกท่านที่กล่าวมา

ลินดา วัฒนเจริญสุข
สุรชาติ ปิติประดิษฐ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(1)
Abstract	(2)
กิตติกรรมประกาศ	(3)
สารบัญ	(4)
สารบัญภาพ	(6)
สารบัญตาราง	(8)
สารบัญแผนภูมิ	(9)
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 นิยามศัพท์	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้อง	
2.1 มูส	4
2.2 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตมูส	6
2.3 ประเภทการแช่แข็งในการผลิตมูส	25
2.4 วิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	
3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์	40
3.2 วิธีการดำเนินการทดลอง	41
3.3 สถานที่ทำการทดลอง	43
3.4 ระยะเวลาในการดำเนินงาน	44
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปราย	
4.1 ศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม	45
4.2 การทดสอบทางคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมูสช็อกโกแลต	51
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผล	54
5.2 ข้อเสนอแนะ	55

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	56
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก สูตรพื้นฐาน	59
ภาคผนวก ข แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	61
ภาคผนวก ค ภาพอุปกรณ์ วัตถุดิบ กระบวนการผลิตมูสช็อกโกแลต	63
ภาคผนวก ง บรรยากาศการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	71
ภาคผนวก จ เอกสารการตรวจเนื้อสัมผัส การตรวจค่าสี	73
ประวัติผู้ศึกษาและประสบการณ์	

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 โครงสร้างเจลาติน 15
2.2 กลไกลของเจลาติน 16
2.3 กระบวนการผลิตน้ำแข็งแห้ง 27
2.4 ส่วนประกอบไนโตรเจนเหลว 30
4.1 มูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 50
4.2 เนื้อสัมผัสมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 52
ค.1.1 อ่างผสม ยี่ห้อ IKE 64
ค.1.2 หม้อ ยี่ห้อ ม้าลาย 64
ค.1.3 เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ CST 64
ค.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ INFRARED 64
ค.1.5 พิมพ์โลหะ 64
ค.1.6 ตะกร้อมือ ยี่ห้อ IKEA 64
ค.1.7 พายยาง 65
ค.1.8 กระบวย 65
ค.1.9 น้ำแข็งแห้ง 65
ค.1.10 ลังโฟม 65
ค.1.11 เตาไฟฟ้า ยี่ห้อ Sirman 65
ค.1.12 เครื่องผสมอาหารยี่ห้อ Kenwood 65
ค.2.1 ส่วนผสมในการทำเมอแรงค์ 66
ค.2.2 ส่วนผสมในการผลิตมูส 66
ค.2.3 วิปปิ้งครีม 66
ค.2.4 วิปปิ้งครีมที่ตียอดอ่อน 66
ค.3.1.1 ต้มน้ำเชื่อม 67
ค.3.1.2 วัดอุณหภูมิน้ำเชื่อมให้ได้ 118 องศา 67
ค.3.1.3 ตีไข่ขาวให้ฟูเล็กน้อย 67
ค.3.1.4 เติมน้ำเชื่อมลงในไข่ขาว 67
ค.3.1.5 ตีส่วนผสมด้วยความเร็ว 67
ค.3.1.6 ลักษณะอิตตาเลียนเมอแรงค์ 67
ค.3.1.7 ชั่งส่วนผสมของเมอแรงค์ 68

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ **หน้า**

ค.3.1.8 ต้มนมให้มีอุณหภูมิ 60 องศา 68
ค.3.1.9 ผสมไข่แดงและน้ำตาลทรายเข้าด้วยกัน 68
ค.3.1.10 ตีไข่แดงและน้ำตาลทราย 68
ค.3.1.11 เติมส่วนผสมของนมเข้าด้วยกัน 68
ค.3.1.12 นำส่วนผสมเทกลับเข้าหม้อ 68
ค.3.1.13 ผสมคัสตาร์ดและช็อกโกแลต 69
ค.3.1.14 เติมเจลาติน 69
ค.3.1.15 คนให้ส่วนผสมเข้ากัน 69
ค.3.1.16 เติมอิตตาเลียนเมอแรงค์ 69
ค.3.1.17 เติมวิปปิ้งครีม 69
ค.3.1.18 คนให้ส่วนผสมเข้ากัน 69
ค.3.1.19 บรรจุมูสลงพิมพ์โลหะ 70
ค.3.1.20 นำไปแช่น้ำแข็งแห้ง -79 องศา 70
ค.3.1.21 มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 25 นาที 70
ค.3.1.22 มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 30 นาที 70
ค.3.1.23 มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 35 นาที 70
ค.3.1.24 มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาที 70
ง.1.1 บรรยากาศการทดสอบทางประสาทสัมผัส 72

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมูสเค้ก ปริมาณ 100 กรัม 6

2.2 คุณลักษณะและความแตกต่างของชนิดเมอแร็งก์ 10

2.3 การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับเมอแร็งก์ 11

2.4 อุณหภูมิในการเกิดเจลและจุดหลอมเหลวของเจลาตินจากแหล่งต่าง ๆ 18

2.5 เปรียบเทียบสมบัติด้านความร้อนของไนโตรเจนเหลวคาร์บอนไดออกไซด์เหลว และน้ำแข็งแห้ง 53

4.1 อัตราส่วนของส่วนผสมในการทำมูสช็อกโกแลต 45

4.2 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 46

4.3 ลักษณะทางกายภาพของมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 47

4.4 ผลการวิเคราะห์เฉลี่ยการตรวจวัดเนื้อสัมผัสตัวอย่างมูสช็อกโกแลต 4 ระดับ 51

4.5 ผลการวิเคราะห์เฉลี่ยการตรวจวัดค่าสีตัวอย่างมูสช็อกโกแลต 4 ระดับ 53

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ **หน้า**

3.1 ขั้นตอนการทำมูสช็อกโกแลต 42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันมีเวทีสำหรับเปิดการแข่งขันให้ผู้ที่สนใจในการขนมหวานหลายเวที เช่น Thailand Ultmate Chef Challenge (TUCC), Thailand International Culinary Cap (TICC) เป็นต้น (สมาคมเชฟแห่งประเทศไทย, 2562) โดยส่วนใหญ่ประเภทขนมหวานที่ใช้ในการแข่งขันได้แก่ ขนมหวานตะวันตก ประเภทเย็น และขนมหวานตะวันตก ประเภทร้อน ในกรณีที่เลือกการแข่งขันเมนูขนมหวานประเภทเย็น เช่น มูส พุดดิ้ง คาราเมลคัสตาร์ด พานาคอตต้าหรือ เครมบรูเล่ เป็นต้น ซึ่งมูสจัดเป็นอาหารอีกประเภท ที่นิยมใช้ในการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น โดยมูสแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูสชนิดไข่ทั้งฟอง (whole egg base) มูสชนิดนมกับไข่แดง (milk and egg yolk base) มูสชนิดไข่แดงและช็อกโกแลต (egg yolk and chocolate base) และมูสชนิดผลไม้ (fruit base) โดยการทำมูสพื้นฐานจะเริ่มจากการทำคัสตาร์ด โดยคัสตาร์ดจัดเป็นครีมพื้นฐานของทั้งหมด คัสตาร์ดมีหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบของซอส รูปแบบของไส้ขนม รูปแบบของตัวขนมเอง เช่น เครมบรูเล่ ส่วนประกอบหลักของคัสตาร์ด ได้แก่ นม ไข่ และน้ำตาลทราย และส่วนประกอบอื่นๆ รสชาติพื้นฐานคือวนิลลา (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

ปัจจัยสำคัญคือการใช้อุณหภูมิความเย็นในการแช่เย็นของมูสให้เซ็ตตัว โดยมักแบ่งการแช่เย็นออกเป็น 3 วิธี 1) แช่เย็นในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0 ถึง -4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง 2) การใช้ความเย็นจากน้ำแข็งแห้งที่อุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียส 3) การใช้ความเย็นจากไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -195.79 องศาเซลเซียส ไนโตรเจนเหลวจึงเป็นวิธีที่คนส่วนใหญ่จะนิยมนำมาใช้สำหรับแข่งขันเพราะ การทำงานของไนโตรเจนเหลวจะเซ็ตตัวทันที มีคุณสมบัติลดอุณหภูมิของสิ่งต่างๆ ให้มีอุณหภูมิเย็นลง ซึ่งมันมีประโยชน์เป็นอย่างมากโดยเฉพาะในการใช้งานการผลิตและอุตสาหกรรม การแช่แข็งอาหาร การเก็บรักษาเนื้อสัตว์และผลไม้ การขึ้นรูปวัสดุประเภทยางหรือพลาสติก ที่มีการใช้ความร้อนในการผลิตและต้องลดอุณหภูมิลงเพื่อให้วัสดุเหล่านั้นเป็นรูปทรง หรือใช้ในวิทยาศาสตร์และการแพทย์ในเรื่องการเก็บรักษาเนื้อเยื่อ หรือตัวอย่างชีวภาพที่ต้องใช้ความเย็นถึงจุดเยือกแข็งในการเก็บรักษา ข้อเสียเนื่องจากในการใช้ ไนโตรเจนต้องมีอุปกรณ์ในการเก็บโดยเฉพาะซึ่งมีราคาสูง 14,000–55,000 บาท (สงวนศรี, 2558)

จากปัญหาที่กล่าวมา ซึ่งการแข่งขันการทำขนมหวานตะวันตก ประเภทเย็น จะมีระยะเวลาในการแข่งขันที่จำกัด การที่จะเลือกเมนูขนมหวานประเภทมูสในการแข่งขัน การนำไนโตรเจนเหลวมาใช้จึงเป็นวิธีที่คนส่วนใหญ่จะนิยมนำมาใช้ในการแข่งขัน และในปัจจุบันเริ่มมีการนำน้ำแข็งแห้งมาใช้ในการแช่แข็งมูสมากขึ้น เพื่อลดต้นทุนการซื้ออุปกรณ์และไนโตรเจนเหลว แต่ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบการใช้น้ำแข็งแห้งในการแข่งขัน เนื้อสัมผัสของขนมหวานที่เสิร์ฟให้คณะกรรมการในทันทีนั้นมีลักษณะที่แข็งและไม่สามารถรับประทานได้เลยจากเหตุผลดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงมีแนวคิดในการศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่แข็งมูสด้วยน้ำแข็งแห้ง รวมไปถึงการพักมูสให้มีอุณหภูมิและเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมที่สุดในการรับประทาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสที่เหมาะสม

1.2.2 เพื่อการทดสอบทางคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 ศึกษาการผลิตมูส โดยใช้มูสประเภทชนิดไข่แดงและช็อกโกแลต (egg yolk and chocolate base) มีลักษณะที่เป็นครีม เกิดจากการนำเพสทรีครีม เจลาติน ช็อกโกแลตอิตาเลียนเมอแร็งก์ และวิปปิ้งครีม

1.3.2 ศึกษาการแช่แข็งโดยวิธี การใช้ความเย็นจากน้ำแข็งแห้งที่อุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียส

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้เนื้อสัมผัสของมูสที่เหมาะสมในการรับประทาน

1.4.2 ได้วิธีการและระยะเวลาในการแช่แข็งมูสที่เหมาะสมในการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น

1.4.3 ลดต้นทุนวัตถุดิบในการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 มูส (Mousse) หมายถึง โฟม (foam) การแข็งตัวของช็อกโกแลตมูสได้จากเมื่อช็อกโกแลตอยู่ในอุณหภูมิที่เย็น แต่หากต้องการเซ็ตตัวที่มากขึ้นจะนิยมเติมเจลาตินในปริมาณเล็กน้อยได้ มูสผลไม้หรือมูสที่มีส่วนผสมของช็อกโกแลต จะต้องเติมเจลาติน ทั้งนี้การเซ็ตตัวของมูสผลไม้จะได้จากเพคตินของผลไม้ชนิดนั้น ๆ ประกอบด้วยได้อีกเช่นกัน (ณนนท์, 2559)

1.5.2 น้ำแข็งแห้ง หมายถึง (dry ice) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของแข็ง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าคาร์บอนไดออกไซด์แข็ง หรือ solid carbon dioxide เตรียมได้จากการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาผ่านกระบวนการอัดและทำให้เย็นลงภายใต้ความดันสูงกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เหลว แล้วลดความดันลงอย่างรวดเร็วโดยการพ่นคาร์บอนไดออกไซด์เหลวสู่ความดันบรรยากาศ ผลที่ได้คือเกล็ดน้ำแข็งคล้ายเกล็ดหิมะ แล้วจึงนำมาอัดเป็นรูปแบบและขนาดต่าง ๆ (Bright Hub Engineering แปลโดย ทรูปลูกปัญญา, 2560)

1.5.3 การแช่แข็ง หมายถึง การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีถนอมรักษาอาหารประเภท 1 อาหารแช่แข็งจะมีอายุการเก็บรักษานานมากกว่าการแช่เย็นการแช่เยือกแข็งแตกต่างกับการแช่เย็นตรงที่การแช่เยือกแข็งทำให้เกิดเป็นน้ำแข็งในส่วนของน้ำที่สามารถเป็นน้ำแข็งได้ (freezeble water) ได้กลายเป็นน้ำแข็งในขณะที่การแช่เย็นได้ทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็งโดยอุณหภูมิที่เก็บรักษาอาหารแช่เย็นนั้นไม่ต่ำไปกว่า 0 องศาเซลเซียส (สงวนศรี, 2558)

1.5.4 การแข่งขันขนมหวาน หมายถึง คือ สิ่งที่เป็นความสามารถพิเศษขององค์กรที่คู่แข่งไม่สามารถเลียนแบบได้ หรือคู่แข่งต้องใช้เวลาในการปรับตัวเองมากก่อนที่เลียบแบบความสามารถได้ เช่น นวัตกรรม ระบบการจัดการภายในองค์กร ระบบการบริหารองค์กร ภาพลักษณ์ขององค์กร เป็นต้น (ประภาศรี และคณะ, 2561)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มูส

มูส (Mousse) เป็นขนมหวานที่นิยมในอุตสาหกรรมการบริการอาหาร มูส หมายถึง โฟม (foam) การแข็งตัวของช็อกโกแลตมูสได้จากเมื่อช็อกโกแลตอยู่ในอุณหภูมิที่เย็น แต่หากต้องการเซ็ตตัวที่มากขึ้นจะนิยมเติมเจลาตินในปริมาณเล็กน้อยได้ มูสผลไม้หรือมูสที่มีส่วนผสมของช็อกโกแลตจะต้องเติมเจลาติน ทั้งนี้การเซ็ตตัวของมูสผลไม้จะได้จากเพคตินของผลไม้ชนิดนั้น ๆ ประกอบด้วยได้อีกเช่นกัน (ณนนท์, 2559)

การผลิตมูสมีหลายกระบวนการและหลายวิธีในการผลิต โดยการผลิตมูสพื้นฐานมีส่วนผสมที่ต่างกันและสามารถแบ่งได้ 4 ชนิด ได้แก่

1. มูสชนิดไข่ทั้งฟอง (whole egg base) ส่วนผสมในการผลิต เพสทรีครีม เจลาติน อิตาเลียน เมอแร็งก์ กลิ่นรส และวิปปิ้งครีม

2. มูสชนิดนมกับไข่แดง (milk and egg yolk base) ส่วนผสมในการผลิต เครมอองเกลส์ เจลาติน อิตาเลียนเมอแร็งก์ กลิ่นรส และวิปปิ้งครีม

3. มูสชนิดไข่แดงและช็อกโกแลต (egg yolk and chocolate base) ส่วนผสมในการผลิต ไข่แดง น้ำตาลทราย นมหรือครีม ช็อกโกแลต เจลาติน อิตาเลียนเมอแร็งก์ และวิปปิ้งครีม

4. มูสชนิดผลไม้ (fruit base) ส่วนผสมในการผลิต ผลไม้บด เจลาติน อิตาเลียนเมอแร็งก์ กลิ่นรส และวิปปิ้งครีม

การทำมูสพื้นฐานเริ่มจากการทำคัสตาร์ด โดยคัสตาร์ดจัดเป็นครีมพื้นฐานของทั้งหมด คัสตาร์ดมีหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบของซอส รูปแบบของไส้ขนม รูปแบบของตัวขนมเอง เช่น แครมบูเล่ ส่วนประกอบหลักของคัสตาร์ด ได้แก่ นม ไข่ และน้ำตาลทราย และส่วนประกอบอื่นๆ รสชาติพื้นฐานคือวานิลลา สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่าง ๆ ดังนี้ (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

2.1.1 เพสทรีครีม

เพสทรีครีม (Pastry Cream) หรือเครมปาติสซิเย่ร์ (Crème Pâtissier) และคอนเฟกันเนอร์คัสตาร์ด (Confectioner's Custard) จัดอยู่ในกลุ่มของครีมที่ข้นโดยใช้แป้งผสมกับนม ครีม ไข่แดง และน้ำตาล มีกลิ่นวานิลลา ช็อกโกแลต เลมอน เป็นต้น โดยแป้งที่ใช้มี 2 ชนิด ได้แก่ แป้งสาลี (Wheat Flour) และแป้งข้าวโพด (Corn Starch) แป้งสาลีนั้นให้เนื้อ และความข้นกับตัว

คัสตาร์ด (Body) ส่วนแป้งข้าวโพดให้ความเหนียวหนืด (Elastic) และครีมชนิดนี้นิยมนำไปสอดไส้ทาร์ตและพายร่วน เนื่องจากเป็นครีมข้นจึงทำให้ฐานขนมที่ทำจากทาร์ตกรอบ และเป็นพื้นฐานของบอสตันครีมพาย (boston cream pie) และนิยมนำมาเป็นไส้ในเลเยอร์ของเค้กต่าง ๆ ถ้าใส่วิปปิ้งครีมเข้าไปจะกลายเป็นไส้ชูครีม “มูสแลง” (mousseline) ซึ่งจัดเป็นครีมที่มีการผสมประเภทหนึ่งหรือคอมโพสิตครีม (Composited Cream) และถ้านำเพสทรีครีมผสมกับไข่ขาว และเจลาตินจะเรียกว่ามูส

2.1.2 ครีมอองเกลส์

ครีมอองเกลส์ (Crème Anglaise) หรืออิงลิชพัวริ่วซอส (English Pouring Sauce) และบอยล์คัสตาร์ด (Boiled Custard) มีเนื้อสัมผัสเบากว่าเพสทรีครีม ส่วนผสมที่ทำให้ข้นคือไข่ส่วนผสมในการทำ ไข่แดง และน้ำตาลผสมกัน จากนั้นค่อยๆ เติมนมร้อนที่ผสมกับวานิลลาฝักเทผ่านกระชอนลงไป และตีด้วยตะกร้อมือ จากนั้นจึงทำให้สุกโดยนำไปคนด้วยไฟอ่อนจนกระทั่งส่วนผสมข้นและเคลือบหลังช้อนได้ อุณหภูมิไม่ควรเกิน 70 – 85 องศาเซลเซียส เป็นซอสที่นิยมราดบนไอศกรีม หรือรับประทานคู่กับขนมหวานต่างๆ รวมถึงทำเป็นครีมชนิดอื่นๆ เช่น เครมบูเล่ โฟลตติ้งไอส์แลนด์ (floting island) เป็นต้น

2.1.3 บาวาเรียน

บาวาเรียนครีม (Bavarian cream) คือขนมหวานที่มีส่วนผสมที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ คัสตาร์ดซอส เจลาติน และวิปปิ้งครีม หลักการผสมบาวาเรียนสามารถทำได้จากการเตรียมเจลาตินแช่ในน้ำอุณหภูมิเย็นจนมีลักษณะอ่อนนุ่ม ก่อนนำไปผสมกับส่วนผสมคัสตาร์ดที่มีอุณหภูมิร้อน คนผสมจนเจลาตินละลายและส่วนผสมมีอุณหภูมิเย็น จึงเติมวิปปิ้งครีมคนพอเข้ากัน เทลงพิมพ์ก่อนนำไปแช่เย็นจนส่วนผสมเซ็ตตัว ก่อนจัดเสิร์ฟบาวาเรียนจะต้องแกะเนื้อขนมออกจากพิมพ์ก่อนเสิร์ฟ ปริมาณการใช้เจลาตินในส่วนผสมบาวาเรียนควรมีปริมาณที่เหมาะสมไม่น้อยจนทำให้ขนมมีลักษณะอ่อนตัวหรือเติมมากจนขนมมีลักษณะเหนียวเป็นยาง (rubbery) มากจนเกินไป

ในกรณีต้องการพัฒนาตำรับบาวาเรียนให้มีรสชาติผลไม้นั้น สามารถใช้ตำรับพื้นฐานของคัสตาร์ดครีม และผสมเนื้อผลไม้บด (fruit purees) และกลิ่นรสชาติต่าง ๆ ลงในคัสตาร์ดได้ นอกจากนี้แล้วบาวาเรียนชนิดที่ไม่มีส่วนผสมของคัสตาร์ด ซึ่งสามารถใช้เนื้อผลไม้ที่มีรสหวานผสมเจลาตินและวิปปิ้งครีมเข้าด้วยกัน การใช้ประโยชน์ของบาวาเรียนในอุตสาหกรรมการบริการอาหารนั้น ทั่วไปนิยมจัดเสิร์ฟได้หลายรูปแบบ ตัวอย่างเช่น นำไปบรรจุลงในพิมพ์วงแหวนทรงกระบอกที่รองก้นพิมพ์ด้วยเนื้อสปันจ์เค้ก จะเรียกว่า โคล์ ชาลอต (cold charlottes) ซึ่งเป็นขนมหวานอีกชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการบริการอาหาร เนื่องจากชิ้นขนมมีลักษณะทรงสูงและเป็นจุดเด่นในจานอาหารขณะเสิร์ฟ โดยความสูงของชิ้นขนมต่อ 1 คนรับประทานจะมีความสูงชิ้นละ 7 เซนติเมตร และนิยมจัดเสิร์ฟคู่กับซอสผลไม้ นอกจากบาวาเรียนที่มีการใช้เนื้อผลไม้ผสมแล้ว ในอุตสาหกรรมการบริการ

อาหารยังนิยมผลิตบาวาเรียนที่ผสมกับครีมชีส แต่บาวาเรียนที่ผสมด้วยครีมชีสจะมีความแตกต่างกับบาวาเรียนทั่วไปคือ จะไม่มีส่วนผสมของคัสตาร์ด โดยโครงสร้างของขนมจะใช้การเซ็ตตัวจากเจลาตินและวิปปิ้งครีมเท่านั้น (ณนนท์, 2559)

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการของมูสเค้ก ปริมาณ 100 กรัม

คุณค่าทางโภชนาการ (100 กรัม)	ปริมาณ
พลังงาน (กิโลแคลอรี่)	224
โปรตีน (g)	4.1
ไขมันทั้งหมด (g)	16
ไขมันอิ่มตัว (g)	9
คอเลสเตอรอล (mg)	140
โซเดียม (mg)	38
โพแทสเซียม (mg)	143
คาร์โบไฮเดรต (g)	16
ใยอาหาร (g)	0.6
น้ำตาล (g)	15
กาเฟอีน (mg)	7
วิตามินเอ (IU)	509
วิตามินซี (mg)	0.1
แคลเซียม (mg)	96
เหล็ก (mg)	0.6
วิตามินบี6 (mg)	0.1
วิตามินบี12 (mg)	0.5
แมกนีเซียม (mg)	20

ที่มา : Food network (2017)

2.2 ส่วนประกอบที่ใช้ในการผลิตมูสช็อกโกแลต

2.2.1 ไข่ไก่

ไข่ไก่ เป็นแหล่งโปรตีนที่สมบูรณ์ ไข่ขาวมีโปรตีนร้อยละ 9.0 ไข่แดงมีโปรตีนร้อยละ 16.2 ไข่แดงทำหน้าที่ในด้านการให้กลิ่น รส และสี แก่ผลิตภัณฑ์ที่ได้ ไข่ขาวที่ตีขึ้นฟูสามารถเก็บอากาศได้ และทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้โปร่งฟู ถ้าใช้ความร้อนสูงเป็นเวลานานหรือในสภาวะ

กรดด่างที่ทำให้โปรตีนหดตัวมากขึ้น ทำให้น้ำแยกออกมา เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า synersis ช่วยให้ไขมันรวมตัวกับน้ำช่วยเพิ่มรสชาติ และสีของผลิตภัณฑ์ (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

การทำขนมอบนิยมใช้ไข่ไก่มากกว่าไข่เป็ด ไข่ไก่ที่นำมาทำผลิตภัณฑ์อบจะใช้ไข่ขนาดกลางซึ่งมีน้ำหนัก 1 ฟองเท่ากับ 50 กรัม แบ่งเป็นน้ำหนักไข่แดง 17 กรัม และไข่ขาว 33 กรัม เหตุผลที่ไข่ขาวสามารถตีเมอแร็งก์ได้นั้นเพราะในไข่ขาวมีโปรตีนที่เรียกว่ามิวซิน (mucin) มีลักษณะเป็นเมือกลื่น และมีโปรตีนอีกชนิดคือโอแวลบูมิน (ovalbumin) ที่ทำให้เกิดการแข็งตัวเวลาตีหรือได้รับความร้อน ส่วนเหตุผลที่ใช้ไข่แดงตีน้ำสลัดได้ก็เพราะ มีสารที่เรียกว่าเลซิทิน (lecithin) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็น อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้ส่วนที่เป็นน้ำและไขมันรวมตัวกันได้ดีขึ้น

2.2.2 ไข่ขาว

ไข่ขาว (egg white) เป็น ส่วนประกอบภายในไข่มีอยู่ประมาณร้อยละ 58 ของน้ำหนักไข่ทั้งฟอง ไข่ขาวเป็นส่วนของเหลวข้นหนืด (firm) ล้อมรอบไข่แดง ไข่ขาวชั้นนอกส่วนใส (thin egg white) เป็นไข่ขาวที่เป็นของเหลวใส (clear) โปร่งแสง (transparent) ล้อมรอบไข่ขาวชั้นนอกส่วนข้น (thick egg white) ส่วนของเหลวข้นหนืดอีกชั้นหนึ่ง (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553)

2.2.2.1 ส่วนประกอบไข่ขาว

ไข่ขาวมีส่วนประกอบหลักคือน้ำ ไข่ขาวมีความชื้นร้อยละ 87 - 89 และมีโปรตีนซึ่งเป็นโปรตีนคุณภาพดีที่สุด มีกรดอะมิโนที่จำเป็น (essential amino acid) ครบทุกชนิด โปรตีนในไข่ขาวเป็นแอลบูมิน (albumin) ประกอบด้วย

1) โอแวลบูมิน (ovalbumin) เป็นโปรตีนที่มีมากที่สุดในไข่ขาว มีอยู่ประมาณร้อยละ 54 ของน้ำหนักโปรตีนในไข่ขาวจัดเป็น ฟอสโฟไกลโคโปรตีน (phospoglycoprotein) มีโครงสร้างเป็นสายพอลิเพปไทด์ที่มีหมู่ฟอสเฟต และคาร์โบไฮเดรตเป็นส่วนประกอบ มีจุดไอโซอิเล็กตริก (isoelectric point) ที่ pH 4.6 และจะตกตะกอนที่ pH 4.6 - 4.8 ทนความร้อนได้ดี

2) คอนแอลบูมิน (conalbumin) มีประมาณร้อยละ 13 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเล็กตริก (isoelectric point) ที่ pH 6.6 เป็นโปรตีนที่ทนต่อความร้อนได้น้อยกว่าโอแวลบูมิน แต่สูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ได้เร็วกว่าโอแวลบูมิน

3) โอโวมิวคอยด์ (ovomucoid) พบประมาณร้อยละ 1.2 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเล็กตริก (isoelectric point) ที่ pH 3.9 - 4.3 ในสภาวะที่เป็นกรดจะทนความร้อนได้ดี แต่สูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนอย่างรวดเร็วถ้าอยู่ในสารละลายด่าง ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นไกลโคโปรตีนที่มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริพซิน สามารถยับยั้งเอนไซม์ทริพซิน (trypsin inhibitor) ซึ่งเป็นเอนไซม์โปรตีน (protease) มีหน้าที่ไฮโดรไลซ์โปรตีน

4) ไลโซโซม (lysosome) พบประมาณ ร้อยละ 3.5 ของโปรตีนในไข่ขาว มีจุดไอโซอิเล็กตริก (isoelectric point) ที่ pH 10.7 เป็นเอนไซม์ ที่สามารถทำลายผนังเซลล์ของแบคทีเรียที่มีการปนเปื้อนเข้ามาในฟองไข่ได้ มีสมบัติเป็นสารกันเสีย (preservative) แต่จะถูกทำลายได้ด้วยความร้อนจากการหุงต้ม (cooking) หรือ การพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 63.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

5) โอโวอินฮิบิเตอร์ (ovoinhibitor) มีความเฉพาะเจาะจงกับเอนไซม์ทริพซิน ไคโมทริพซิน ซับทิลิซิน และเอนไซม์โปรตีเอสจาก Aspergillus oryzae

6) ซิสตาติน (cystatin) หรือสารยับยั้งเอนไซม์ปาเปน มีความเฉพาะเจาะจงต่อเอนไซม์ปาเปน และฟีซิน ไข่ขาว มีไขมันน้อยมาก ลักษณะที่เป็นเมือกของไข่ขาวข้น เกิดจากคาร์โบไฮเดรตโมเลกุลขนาดใหญ่ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553)

2.2.2.2 การสูญเสียสภาพธรรมชาติของโปรตีนไข่ขาว

โปรตีนแอลบูมินในไข่ขาว สูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) ได้ง่ายด้วยความร้อน การสุกของไข่ขาวด้วยความร้อน ทำให้ไข่ขาวเหลว แข็งตัว เกิดลักษณะเป็นเจล (gel) แข็ง ซึ่งจะย้อนกลับคืนไม่ได้ (Thermoirreversible gel) ไข่ขาวสุกซึ่งแข็งตัว มีสีขาวขุ่น ร่างกายจะย่อยได้ง่ายกว่าไข่ขาวดิบ ไข่ขาวยังสูญเสียสภาพธรรมชาติได้ด้วยการปรับ pH เช่น การผลิตไข่เยี่ยวม้ามีการดอง หรือพอกไข่ด้วยด่าง ทำให้ไข่ขาวมีค่า pH สูงขึ้น เป็น 9 - 12 ทำให้ไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ มีลักษณะเป็นเจลใส และไข่แดงมีลักษณะเป็นยางมะตูม

2.2.2.3 สมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนไข่ขาว

การเกิดโฟม (foaming) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในผลิตภัณฑ์เบเกอรี (bakery) การตีไข่ขาว ทำให้โปรตีนไข่ขาวสูญเสียสภาพธรรมชาติ (protein denaturation) เพราะแรงกล ทำให้โปรตีนคลายตัว และกักอากาศไว้ภายใน มีลักษณะ เป็นโฟม โปร่งฟู ไข่ขาวใสตีได้ปริมาตรมากกว่าไข่ขาวข้น การผสมครีมออฟทาร์ทาร์ (cream of tartar) จะช่วยให้โฟมไข่ที่ขึ้นฟูอยู่ตัวและมีปริมาณมากขึ้น (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2553)

2.2.2.4 เมอแร็งก์ (Meringue)

เมอแร็งก์คือไข่ขาวที่ตีให้ขึ้นฟูด้วยหัวตีรูปตะกร้อกับน้ำตาลทราย เป็นขนมสวิสและฝรั่งเศสชนิดหนึ่ง ทำจากไข่ขาวที่ตีกับน้ำตาลป่นจนขึ้นฟู และเติมตัวช่วยขึ้นรูป เช่น ครีมออฟทาร์ทาร์ เป็นต้น มีวิธีการตีหลายแบบ ซึ่งแต่ละแบบมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน (ดังตารางที่ 2.2) เหมาะสำหรับการนำไปทำขนมที่แตกต่างกัน และการตีเมอแร็งก์ต้องมีความรู้และทักษะ โดยการตีเมอแร็งก์ต้องทำความเข้าใจในหลักการตี รวมไปถึงชนิดของเมอแร็งก์ (นภัสรพี และสวามินี, 2559) ได้แก่

1) คลาสสิกเมอแร็งก์ (Classic Meringue)

เป็นเมอแร็งก์ที่ไม่ผ่านความร้อน เกิดจากการนำไข่ขาวมาตีพอเป็นฟองเล็กน้อยและค่อย ๆ ใส่น้ำตาลลงไปทีละน้อย ตีจนกระทั่งตั้งยอดอ่อน (Soft Peak) ใช้น้ำตาลจำนวนเท่ากับไข่ขาว คิดเป็นอัตราส่วน 1 : 1 หรือตั้งยอดแข็ง (Stiff Peak) แบบแข็งจะใช้น้ำตาลจำนวนสองเท่าของน้ำหนักไข่ขาว หรือคิดเป็นอัตราส่วน 2 : 1 เมอแร็งก์ชนิดนี้ใช้ในการทำซูเฟล เค้กชิฟฟอน หรือเค้กแองเจิ้ลฟู้ด ลักษณะของเมอแร็งก์ชนิดนี้ คือเนื้อสัมผัสเบา แต่ความคงตัวค่อนข้างต่ำ และผิวจะไม่เงา

2) สวิสเมอแร็งก์ (Swiss Meringue)

เป็นเมอแร็งก์ที่เกิดจากการนำไข่ขาว และน้ำตาลใส่อ่างผสมตั้งบนหม้อต้มน้ำร้อนที่ใช้ความร้อนต่ำ โดยให้น้ำตาลละลาย และมีอุณหภูมิระหว่าง 50 – 60 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำออกจากความร้อน ตีต่อด้วยตะกร้อมือจนฟู และตั้งยอดดี สวิสเมอแร็งก์มีความคงตัว และมีผิวที่เงากว่าคลาสสิกเมอแร็งก์ (Classic Meringue) เนื่องจากมีการผ่านความร้อน แต่เนื้อสัมผัสจะแน่นและไม่ขึ้นฟูเท่ากับคลาสสิกเมอแร็งก์ (Classic Meringue) เพราะน้ำตาลที่ละลายผสมอยู่ในไข่ขาวทำให้เนื้อค่อนข้างหนัก แต่เมื่อตีขึ้นมาจะได้เนื้อสัมผัสที่มีความละเอียด เมอแร็งก์ชนิดนี้เหมาะสำหรับนำไปทำบัตเตอร์ครีม และใช้ตกแต่งหน้าขนมต่าง ๆ รวมถึงเป็นส่วนประกอบของมาการอง เนื่องจากถูกทำให้สุกแล้ว

3) อิตาเลียนเมอแร็งก์ (Italian Meringue)

เป็นเมอแร็งก์ที่เกิดจากการใส่น้ำเชื่อมอุณหภูมิ 116 - 125 องศาเซลเซียส ที่มีลักษณะเป็นซอฟต์บอล (soft ball) ลงไปในส่วนผสมของไข่ขาว วิธีนี้จะทำให้ได้เมอแร็งก์ที่คงตัวมากที่สุด การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับเมอแร็งก์หรือการให้ความร้อนกับน้ำเชื่อมในระดับต่าง ๆ (ดังตารางที่ 2.3) ก็จะทำให้เกิดลักษณะน้ำเชื่อมที่แตกต่างกันออกไป แต่ได้ปริมาณน้อย และมีความหนาแน่นสูง นิยมนำมาทำมาการอง มูส พายต่าง ๆ และเบคอลาก้า (baked alaska) หรือแต่งหน้าขนม โดยไม่ต้องนำไปผ่านความร้อนเพื่อให้ไข่สุกอีกครั้ง (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

ตารางที่ 2.2 คุณลักษณะและความแตกต่างของชนิดเมอแร็งก์

คุณลักษณะ	คลาสสิกเมอแร็งก์ (Classic Meringue)	สวิสเมอแร็งก์ (Swiss Meringue)	อิตาเลี่ยนเมอแร็งก์ (Italian Meringue)
อุณหภูมิในการตี	อุณหภูมิห้อง Room Temperature	ตีบนน้ำร้อน Hot Water Bath	น้ำเชื่อมร้อน Hot syrup
สภาพของน้ำตาล (Suger)	น้ำตาลทราย+น้ำตาลไอซิ่ง	น้ำตาลทราย	น้ำเชื่อมร้อน
ความคงตัว (Stability)	ต่ำ	ปานกลาง	สูง
ความเบา (light)	เบา	แน่น	แน่น
ความเงา (Gloss)	ต่ำ	ปานกลาง	มาก
การใช้งาน (Usages)	ปาดขึ้นรูป (Shaping) ต้มในน้ำ (Poaching)	ปาดขึ้นรูป (Shaping) ต้มในน้ำ (Poaching) แต่งหน้า (Topping)	บีบขึ้นรูป (Piping) แต่งหน้า (Topping)
ของหวาน (Dessert)	แพฟโลวา เค้กคองคอร์ด มาการอง ซูเฟล	เมอแร็งก์คุกกี้ บอมอลาสก้า เลมอนทาร์ต	บอมอลาสก้า เลมอนทาร์ต มาการอง

ที่มา : พล (2560)

ตารางที่ 2.3 การเตรียมน้ำเชื่อมสำหรับเมอแร็งก์

ระยะ	ชนิดของน้ำเชื่อมที่ได้ในระยะนี้	อุณหภูมิ	ความเข้มข้นของน้ำตาล (%)
Thread	ไซรัปต่างๆ เยลลี่	110 – 112	80
Soft Ball	ฟัดจ์ฟองดองต์ อิตาเลียนเมอแร็งก์ บัตเตอร์ครีมคลาสสิก	112 – 116	85
Firm Ball	ทอฟฟี่คาราเมล	118 – 120	87
Hard Ball	นูกัสมาร์ชแมลโลว์ ทอฟฟี่ กัมมี่	121 – 130	90
Soft Crack	ทอฟฟี่ บัตเตอร์สตอตซ์	132 – 143	95
Hard Crack	ทอฟฟี่แบบแข็ง	146 – 154	99
Clear Liquid	เริ่มที่จะเปลี่ยนสีจากใสเป็นเหลืองอ่อน	160	100
Brown Liquid	คาราเมลสีอ่อน (caramel cage) หรือแฟลนไซรัป (flan syrup)	170	100
Burnt Sugar	คาราเมลน้ำตาลไหม้	170	100

ที่มา : นภัสรพี และสวามินี (2559)

2.2.2.5 ข้อควรระวังในการตีเมอแร็งก์

ไขมันจะขัดขวางการขึ้นฟูของเมอแร็งก์ดังนั้นจึงต้องล้างภาชนะให้สะอาด และหลีกเลี่ยงการใช้อ่างพลาสติก เพราะจะทำให้ตีไม่ขึ้นฟู เนื่องจากพลาสติกดูดซึมไขมันและล้างทำความสะอาดยาก กรดช่วยทำให้เมอแร็งก์คงตัวมากขึ้นจึงนิยมตีด้วยครีมออฟทาร์ทาร์ น้ำส้มสายชู หรือน้ำมะนาวโดยใส่ลงไปก่อนเริ่มตีแต่ไม่ควรใส่มากเกินไป เพราะทำให้เกิดรสเปรี้ยวได้ กรดจะลดความคงตัวของเมอแร็งก์ ดังนั้นจึงควรแยกส่วนผสมที่เป็นเกลือไว้ก่อน โดยส่วนมากจะใส่เกลือพร้อมกับแป้งแล้วค่อยตีรวมกับเมอแร็งก์อีกที ขนาดของลวดตีไข่ก็มีผลต่อการคงตัวของเมอแร็งก์ การใช้ลวดตีไข่ที่มีขนาดใหญ่จะทำให้ไข่ขาวคงตัวน้อยกว่าลวดขนาดเล็ก หรือตะกร้อมือที่เหมาะสมสำหรับตีไข่ขาว

2.2.2.6 เทคนิคการตีเมอแร็งก์

1) ในการตีทุกครั้งควรใช้อ่างผสมที่เป็นสแตนเลส หรือแก้วหลีกเลี่ยงอ่างผสมพลาสติก เพราะพื้นผิวมีลักษณะเป็นรูพรุนซึ่งจัดเก็บไขมันได้ดีเมื่อผสมมีคราบมันจะส่งผลให้ตีไข่ไม่ขึ้นฟู

2) การตีไข่ขาวให้ขึ้นฟูเล็กน้อยก่อนใส่น้ำตาลก็เพื่อให้ไข่ขาวมีปริมาณเพิ่มขึ้นจะได้เก็บอากาศได้มากขึ้น เพราะถ้าใส่น้ำตาลลงไปก่อนจะทำให้เกิดฟองช้า

3) น้ำตาลที่ใส่ลงไปจะช่วยเพิ่มความคงตัวทำให้ไข่ขาวที่ตีแล้วยุบตัวช้าลง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ความสดของไข่ อุณหภูมิ และระยะเวลาในการตี ปริมาณน้ำตาลความเป็นกรดของครีมออฟทาร์ทาร์หรือน้ำมะนาวที่เติมลงไป เป็นต้น

4) ถ้าในสูตรมีครีมออฟทาร์ทาร์ หรือน้ำมะนาวให้ใส่ในช่วงที่กำลังเริ่มตีเริ่มไข่ขาว

5) ไข่ขาวที่ใช้ควรเป็นไข่ที่เก็บจากฟาร์มประมาณ 3 - 4 วัน เพราะจะตีให้ขึ้นฟูได้ง่ายกว่าไข่ที่สดมาก ๆ เนื่องจากไข่ที่วางขายทั่วไปก็มีอายุมากกว่า 2 - 3 วัน ดังนั้นถ้าไม่ได้ซื้อจากฟาร์มโดยตรง เช่น จากซุปเปอร์มาร์เก็ต ร้านค้า หรือตลาดสด (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

2.2.2 ครีม

Cream (ครีม) เป็นผลิตภัณฑ์นม (dairy product) ชนิดหนึ่งที่เป็นของเหลวข้นมีปริมาณไขมันนม (milk fat) สูง เป็นส่วนของไขมันนมที่มีปริมาณไขมันนมไม่น้อยกว่า 18 % มีน้ำน้อยมาก อัตราส่วนของน้ำต่อของแข็งปราศจากไขมันนมจะเหมือนกับในน้ำนมที่แยกครีมนั้นออกมา ครีมประกอบด้วยไขมันนมตั้งแต่ 18 – 80 % และจัดเป็นอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำ กระบวนการผลิตครีม ได้จากการนำน้ำนม (milk) มาผ่านเครื่องแยก เพื่อแยกไขมันนม ซึ่งมีความหนาแน่นต่ำกว่าออกมาจากน้ำนม ใช้อุณหภูมิประมาณ 35 องศาเซลเซียส ครีมจะมี % ของไขมันนมสูงหรือต่ำขึ้นอยู่กับความเร็วของเครื่องแยก อุณหภูมิที่ใช้ อัตราการไหลของน้ำนม และจำนวนครั้งที่ครีมผ่านเครื่องแยกครีมที่แยกออกมาได้จะนำมาทำการพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ที่อุณหภูมิ 65.6 - 68.3 องศาเซลเซียส (150 - 155 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นเวลา 30 นาที หรือใช้วิธี HTST ที่อุณหภูมิ 74.4 - 79.4 องศาเซลเซียส (166 - 175 องศาฟาเรนไฮต์) เป็นเวลา 15 วินาที หลังจากนั้นทำให้เย็นลงถึงอุณหภูมิ 1.7 องศาเซลเซียส (35 องศาฟาเรนไฮต์) หากครีมมีไขมันนมน้อยกว่า 30 % จะทำการฮอโมจิไนซ์ (homogenization) เพื่อลดขนาดอนุภาคของไขมันครีม แล้วบรรจุลงในภาชนะแก้ว พลาสติก หรือกล่องกระดาษ

ครีม (Cream) ครีมที่มีระดับไขมัน ต่าง ๆ กันได้ เช่น ครีมสด (Fresh cream) เป็นครีมที่แยกจากนมสดโดยตรง มีไขมันอย่างต่ำร้อยละ 10 ของแข็งอื่น ไม่รวมไขมันร้อยละ 8 หรือวิปปิ้งครีม (whipping cream) มีไขมันอย่างต่ำร้อยละ 28 มีโปรตีนมากกว่า ซึ่งแลกโตสน้อยกว่าน้ำนมธรรมดา นิยมใช้ทำให้เป็นตัวทำให้ขึ้นฟู โดยตั้งทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิสูงกว่า 10 องศาเซลเซียส เมื่อนำไปตีกับอากาศ ปริมาณจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 150 ปัจจุบันจะใช้สารที่ทำให้ขึ้นฟูแทนชนิดวิปปิ้งครีม heavy cream ฮาล์ฟแอนด์ฮาล์ฟครีม เฟรมครีม ฯลฯ ซึ่งสามารถแยกกันได้ด้วย % ไขมันในนม โดยประเภทของของครีมแบ่งประเภท ดังนี้ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2557)

2.2.2.1 เฮฟวี่ครีม (Heavy cream) เป็นครีมที่สามารถตีให้ขึ้นฟูได้ดี มีปริมาณไขมันนม 36 - 55 % ซึ่งเมื่อตีจนขึ้นฟูได้ที่ จะคงตัวอยู่ได้นานกว่าวิปปิ้งครีมธรรมดาและตีได้ปริมาตรมากกว่า

2.2.2.2 วิปปิ้งครีม (Whipping Cream) เป็นครีมที่สามารถตีให้ขึ้นฟูได้ดี มีปริมาณไขมันนม 30 - 36 % การตีขึ้นฟูก่อนนำมาตีให้ขึ้นฟู ครีมที่ใช้ต้องเย็นจัดก่อนนำไปใช้ รวมถึงอ่างผสมและอุปกรณ์ที่ใช้ตีควรแช่เย็นด้วยขณะในการตีควรรองอ่างน้ำแข็งซ้อนอีกชั้นหนึ่ง จะสามารถตีขึ้นฟูได้ดี หรืออุณหภูมิห้องที่ตีไม่ควรเกิน 27 องศาเซลเซียส การทำงานของความเย็นจะทำให้ไขมันแข็งตัวและกักเก็บอากาศ จึงทำให้ขึ้นฟูได้ดี ข้อควรระวังไม่ควรตีนานเกินไป เพราะครีมจะแยกตัวออกมากลายเป็นเนยได้

วิปปิ้งครีมที่นำมาตีนั้นมีอยู่ 3 ประเภท คือ 1. แบบพาสเจอร์ไรซ์รสชาติดีอายุสั้นต้องเก็บรักษาในตู้เย็นเท่านั้น 2. แบบ UHT รสชาติดีสามารถเก็บได้นานกว่าแบบพาสเจอร์ไรซ์ราคาแพงกว่ามีการใส่สารบางชนิด เพื่อช่วยในการขึ้นฟู 3. แบบผงมีราคาถูกกว่า 2 แบบแรกสามารถเก็บไว้ได้นาน โดยต้องนำมาผสมกับน้ำหรือนมในอัตราส่วน วิปปิ้งครีมผง 125 กรัม และน้ำเย็นจัด 150 กรัมแล้วตีด้วยหัวตีรูปตะกร้อโดยใช้ความเร็วปานกลางประมาณ 1 - 2 นาทีจนกระทั่งข้น

วิปปิ้งครีมแบ่งได้เป็น 2 ชนิดคือวิปปิ้งครีมชนิด dairy ที่ทำจากนม และวิปปิ้งครีมชนิด non dairy ที่ใช้ไขมันพืชทดแทน ซึ่งส่วนใหญ่จะมีการปรุงแต่งรสหวาน และกลิ่นต่าง ๆ เช่น วานิลลาและช็อกโกแลต จึงเหมาะสำหรับแต่งหน้าเค้ก เพราะไม่ต้องใส่น้ำตาลตีขึ้นฟูง่าย สีขาว สวยและคงตัวได้ดีที่อุณหภูมิห้อง ครีมสดชนิดครีม dairy จะต้องเก็บรักษาเค้กไว้ในตู้เย็นเท่านั้น ห้ามนำไปแช่แข็งจนเป็นผลึกน้ำแข็ง เพราะจะทำให้ตีไม่ขึ้นฟู วิปปิ้งครีมชนิด non dairy สามารถเก็บไว้ในช่องแช่แข็งได้นานเป็นปี เมื่อเปิดแล้วครีมจะเสียเร็วขึ้น และจะต้องเก็บในตู้เย็นได้ไม่เกิน 1 สัปดาห์

2.2.2.3 ไลท์ครีมหรือ เทเบิ้ลครีม (coffee cream) มีปริมาณไขมันนม 18 ถึง 30 % มักใช้ราดบนผลไม้ท็อปปิ้งหรือชงเครื่องดื่ม

2.2.2.4 ฮาล์ฟแอนด์ฮาล์ฟครีม เป็นครีมประเภทที่มีความเข้มข้นน้อยที่สุดคือมีปริมาณไขมันนม 10 ถึง 18 % มักใช้ในการทำพานาคอตต้าหากไม่สามารถซื้อได้สามารถใช้วิปปิ้งครีมผสมกับนมสดในอัตราส่วน 1 : 1 แทนได้

2.2.2.5 สเตอริไลส์ครีม (Sterilised Craem) หรือครีมที่ผ่านการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลส์สามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องโดยบรรจุในกระป๋องกลมเล็ก และต้องนำไปแช่เย็นก่อนตีเป็นครีมอเนกประสงค์ที่ใช้กับขนมได้หลากหลาย และสามารถใช้แทน heavy cream ได้

2.2.2.6 เคล็ดลับการใช้วิปปิ้งครีม

1) ในการตีวิปปิ้งครีมทุกครั้งควรนำครีมไปแช่ถ้าเย็นจะรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ เพราะจะช่วยให้ตีขึ้นฟูดี

2) การตีครีมทุกชนิดควรใช้ความเร็วระดับปานกลางหรือตีด้วยตะกร้อมือ แต่ถ้าตีครีมปริมาณมากควรเลือกตะกร้อมือขนาดใหญ่ และตีในอ่างสแตนเลสที่รองด้วยน้ำแข็ง เพราะช่วยให้ครีมเย็นและดีขึ้นฟูได้ง่าย

3) การเติมน้ำตาลไอซิ่งลงไปในวิปปิ้งครีมชนิดใดที่จะทำให้ครีมคงตัวมากยิ่งขึ้นโดยค่อย ๆ ใส่น้ำตาลไอซิ่งลงไปหลังจากที่ครีมเริ่มตั้งยอด และไม่ควรตีครีมนานจนเกินไป เพราะอาจจะทำให้ครีมแตกตัวได้ส่วนวิปปิ้งครีมชนิด non dairy ไม่ต้องเติมน้ำตาลไอซิ่ง เพราะมีรสหวานอยู่แล้ว

4) กรณีที่เป็นวิปปิ้งครีมชนิดในทุก ๆ ควรใส่กลิ่นเป็นลำดับสุดท้ายหลังจากตีเรียบร้อยแล้ว หากยังไม่ใช้ครีมทันทีให้นำส่วนผสมเข้าตู้เย็นไว้ก่อน เพื่อกันไม่ให้ยุบตัว แต่วิปปิ้งครีมชนิด non dairy จะมีการเติมกลิ่นมาแล้วเรียบร้อย ดังนั้นจึงไม่ต้องเติมเพิ่มอีกเว้นแต่อยากได้กลิ่นเฉพาะตามที่ต้องการ

5) วิปปิ้งครีม หรือครีมทุกชนิดที่ตีให้ขึ้นฟูแล้วจะเรียกว่าเป็นครีม วิปปิ้งครีมที่ใช้บีบตกแต่งขนมต่างๆนั้นหมายถึงวิปครีม

6) เฟรชครีม (fresh cream) หรือครีมสด คือชื่อที่ใช้เรียกครีมที่ทำจากนมได้ทุกชนิด และมักใช้ในเบเกอรีของญี่ปุ่น เพราะเวลาใช้เฟรชครีมจะทำให้เค้กดูมีมูลค่ามากขึ้น ดังนั้นวิปปิ้งครีมชนิดใดที่ซึ่งเป็นครีมชนิดหนึ่ง แต่วิปปิ้งครีมชนิด non dairy ไม่ได้จัดอยู่ในกลุ่มนี้เพราะทำจากไขมันพืชไม่ใช่ไขมันนม (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

2.2.3 เจลาติน

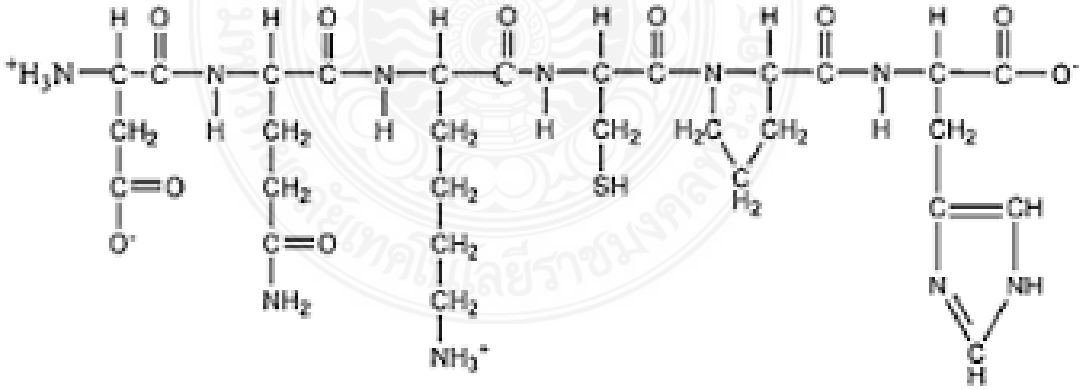
เจลาติน (Gelatin) เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ซึ่งเป็นโปรตีน (protein) ที่ได้จากการเสียสภาพธรรมชาติ และสกัดได้จากคอลลาเจน (collagen) ทำมาจากสัตว์ เช่น หนังหมู หรือหนังวัว มีทั้งแบบแผ่น และแบบผง มักใช้ผสมในมูส ชีส พาย และเคลือบหน้าต่าง ๆ ให้เงา สำหรับความเหนียวหนืดเข้มข้นของเจลจะเรียกว่า ค่าบลูม (bloom) ซึ่งเกรดของเจลาตินจะแบ่งตามค่าบลูม โดยเจลาตินมีค่าบลูมตั้งแต่ 50 - 300 บลูม เจลาตินผงโดยทั่วไปจะมีค่าบลูมประมาณ 230 ส่วนแผ่นจะมีค่าบลูมต่ำกว่า คืออยู่ในช่วง 130 - 200 บลูม การเปลี่ยนการใช้เจลาตินผงมาเป็น เจลาตินแผ่นไม่สามารถเทียบกันโดยน้ำหนัก หรือการตวงได้ เพราะยังมีปัจจัยเรื่องความแข็งของเจล เจลาตินที่มีค่าบลูมสูงจะใช้ปริมาณที่ก่อให้เกิดเจลในระดับเดียวกัน น้อยกว่าเจลาตินที่มีค่าบลูมต่ำ (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

เจลาตินห้ามนำมาต้มจนเดือด หลังจากแช่เจลาตินในน้ำเย็น 5 - 10 นาที แล้วให้นำเจลาตินมาต้มจนละลาย อย่าให้น้ำเดือด เพราะความร้อนที่มากเกินไปจะทำร้ายความแข็งของเจลที่ได้ลดลง หรือ การใช้กรดจะทำให้เจลาตินอ่อนตัวลง จึงควรระวังเวลานำเจลาตินผสมในน้ำผลไม้ต่าง ๆ

แม้ว่าเจลาตินจะดูเหมือนแข็งตัวได้ในเวลาไม่นาน ซึ่งเจลของเจลาตินจะใช้เวลาเซ็ตตัวประมาณ 18 ชั่วโมง ดังนั้นขนมที่ใช้เจลาตินเป็นส่วนประกอบ เช่น เยลลี่ หรือมูส จะมีเนื้อที่แข็งคงตัวและเหนียวขึ้นเมื่อทิ้งไว้เกิน 18 ชั่วโมง (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

2.2.3.1 โครงสร้างของเจลาติน

เจลาตินเป็นสายพอลิเมอร์ของโปรตีนประกอบด้วยกรดอะมิโนชนิดต่าง ๆ มาต่อกันเป็นสายยาวได้แก่ อะลานีน อาร์จีนีน แอสปาติกแอซิด ซีสเตอีน กลูตามิก แอซิด ไกลซีนฮีสติดีน ไฮดรอกซีไลซีน ไฮดรอกซีโพรลีน ไอโซลิวซีน ลิวซีน ไลซีน เมไทโอนีน ฟีนิลอะลานีน โพรลีน ซีรีน ทรีโอนีน ทริปโตแฟน ไทโรซีน และวาลีน โดยพบไกลซีน ในปริมาณมากที่สุด ประมาณร้อยละ 33 ของกรดอะมิโนทั้งหมด พบโพรลีนร้อยละ 12 และไฮดรอกซีโพรลีนร้อยละ 11 โครงสร้างของเจลาตินในตัวอย่างหลายชนิดจะเป็นไปทำนองเดียวกัน คือจะมีองค์ประกอบของ กรดอะมิโนโพรลีน ไฮดรอกซีโพรลีน และไกลซีน โดยในโมเลกุลประกอบด้วยลำดับของ glycine-X-Y Iriplets ที่ซ้ำ ๆ กัน ซึ่ง X และ Y มักเป็นกรดอะมิโนโพรลีน และไฮดรอกซีโพรลีนแสดงดังรูปที่ 2.1 ระหว่างกรดอะมิโนแต่ละชนิดจะมีพันธะเพปไทด์เชื่อม อยู่เพื่อประกอบเป็นสายพอลิเพปไทด์ สาย พอลิเพปไทด์จะมีการบิดเป็นเกลียวโดยมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมอยู่ระหว่างกรดอะมิโน เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นเกลียว (ณิชาภัทร, 2556)

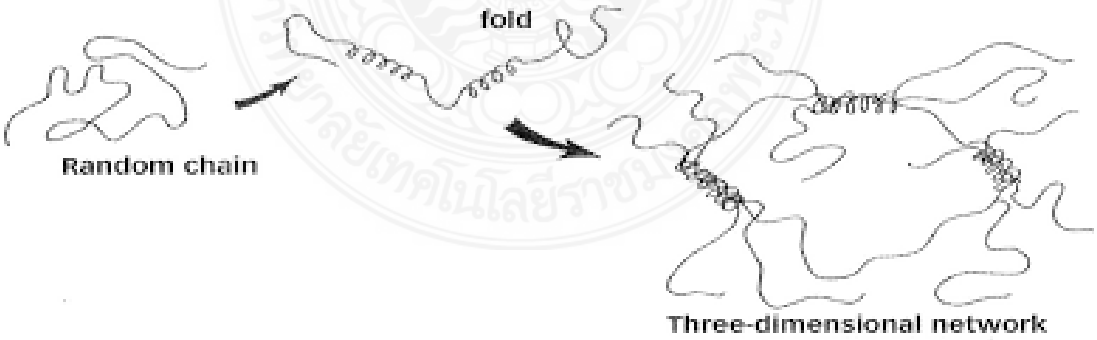


ภาพที่ 2.1 โครงสร้างเจลาติน
ที่มา : ณิชาภัทร (2556)

2.2.3.2 สมบัติของเจลาติน

สีของเจลาตินควรจะไม่มีสีจนถึงสีสว่างอำพัน หรือสีเหลืองจาง ๆ ในสารละลาย ซึ่งเจลาตินเกรดต่ำ จะให้ลักษณะสีไม่โปร่งใสจนถึงขุ่น หรือมีสีเหลืองส้ม ความขุ่นของเจลาตินมักเกิดเนื่องจากใช้กระบวนการผลิตไม่ดี หรือมีวัตถุเจือปนอื่น ๆ ผสมอยู่ด้วย เจลาตินละลายได้เพียงบางส่วนในน้ำเย็น การละลายเจลาตินต้องทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 60 องศาเซลเซียส ซึ่งหากสูงกว่านี้จะทำให้โครงสร้างของเจลาตินถูกทำลายส่งผลต่อคุณภาพของเจลซึ่งอุณหภูมิอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการละลายของเจลาตินคือ 50 - 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 นาทีที่ความเข้มข้นร้อยละ 6.67 (Schrieber and Gareis, 2007) สารละลายเจลาตินมีความหนืดซึ่งขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้ และเจลาตินมีความสามารถในการยึดติดจึงสามารถใช้เป็นกาวจากสัตว์

กลไกการเกิดเจลของเจลาติน เมื่อให้ความร้อนแก่สารละลายเจลาตินจะเปลี่ยนเป็นสารละลายคอลลอยด์ (colloidal solution) หรือซอล โมเลกุลของเจลาตินจะยืดตัวออกอยู่ในรูปของ random coil แต่เมื่อทำให้อุณหภูมิลดต่ำลง โมเลกุลที่ยืดตัวออกแล้วจะเริ่มเกิดการขดตัวอย่างช้า ๆ (fold) เมื่ออุณหภูมิลดลงจนถึงจุดก่อเจลจะมีการเกิดอันตรกิริยาระหว่างโมเลกุลมากขึ้นจึงเกิดการรวมตัวกันเป็นโครงสร้างร่างแหที่แข็งแรงขึ้นเชื่อมกันระหว่างโมเลกุลมากขึ้นด้วยพันธะไฮโดรเจน พันธะไอโอนิก หรือพันธะไฮโดรโฟบิก จนเกิดเป็นโครงร่างตาข่ายสามมิติ (ดังภาพที่ 2. 2) ซึ่งในระยะนี้ทำให้พันธะระหว่างโมเลกุลเกิดการจับตัวกันอย่างคงตัวและแข็งแรงมาก ขึ้นพันธะหลักที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมกันของโมเลกุลเจลาตินคือพันธะไฮโดรเจนและหากมีการให้ความร้อนอีกครั้งจะเกิดการหลอมเหลวเป็นสารละลายหรือโซล การเปลี่ยนเฟสระหว่างโซลและเอลนี้เรียกว่า sol-gel trianslucorn



ภาพที่ 2.2 กลไกลของเจลาติน
ที่มา : ณิชาภัทร (2556)

อุณหภูมิในการเกิดเจลของเจลาตินขึ้นอยู่กับระยะเวลา และความเข้มข้นที่ใช้ เมื่อปล่อยสารละลายเจลาตินให้เย็นตัวลงสารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้น และเกิดเจลในที่สุด แต่ทั้งนี้การเกิดเจลของเจลาตินจะเร็ว หรือจะช้าต้องขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของเจลาตินที่ใช้เจลาตินจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ความเข้มข้นร้อยละ 6. 67 มีอุณหภูมิในการเกิดเจลอยู่ในช่วง 20 - 25 องศาเซลเซียส และเจลาตินปลาที่ความเข้มข้นร้อยละ 6. 67 มีอุณหภูมิในการเกิดเอลอยู่ในช่วง 3 - 25 องศาเซลเซียส แสดงอุณหภูมิในการเกิดเจล ดังตารางที่ 2.3

ความแข็งของเจลเกิดจากการเชื่อมกันระหว่างพันธะเพปไทด์ประกอบกันเป็นสายพอลิเพปไทด์ สายพอลิเพปไทด์ จะมีการบิดเป็นเกลียววนซ้าย (left-handel-helix) โดยมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมอยู่ระหว่างกรดอะมิโนเพื่อทำให้โครงสร้างที่เป็นเกลียว (เกลียว) เกิดความคงตัวทำให้เกิดความแข็งของเจล หาก A - chain เพิ่มขึ้นความแข็งแรงที่จะเพิ่มขึ้นค่ามาตรฐานของความแข็งของเจลทางการค้ามีค่า bloon strength อยู่ในช่วง 25 - 260 กรัม เจลาตินจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ความเข้มข้นร้อยละ 6. 67 มีค่าความแข็งของตัวอยู่ในช่วง 2300 - 200 กรัมส่วนเจลาดินจากปลามีค่าความแข็งของเจลอยู่ในช่วง 100-243 กรัม ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 อุณหภูมิในการเกิดเจลและจุดหลอมเหลวของเจลาตินจากแหล่งต่าง ๆ

gelatin sources	Bloom strength (g)	Gelling temperature (°C)	Melting point (°C)	Concentration (% w/v)	Reference
Porcine*	295	25.6	36.5	6.67	Cho *et al.* (2005)
Bovine*	239.9	19.6	28.9	6.67	Cheow *et al.* (2007)
Cod**	~90	11-12	13.8	6.67	Gomez *et al.* (2002)
Hake**	~110	11-12	14	6.67	Gomez *et al.* (2002)
Sin croaker**	124.9	7.1	18.5	6.67	Cheow *et al.* (2007)
Young nile perch***	202	13.8	21.4	10	Muyonga *et al.* (2004)
Adult nile perch***	229	19.5	26.3	10	Muyonga *et al.* (2004)
Cat fish***	243	15	23	6.67	Liu *et al.* (2008)

*Mammalian

**Cold water fish

***Warm water fish

ที่มา : ณิชาภัทร (2556)

อุณหภูมิในการหลอมเหลวของเจล คือ อุณหภูมิที่ทำให้เจลเปลี่ยนสถานะจากเจลกลายเป็นสารละลายอีกครั้ง เจลาตินจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมจะมีอุณหภูมิสูงกว่าเจลาตินจากปลาและจะเห็นได้ว่า เจลาตินปลาน้ำเย็นมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่ต่ำมากเนื่องจากมีปริมาณ กรดอะมิโนชนิดโพรลีน และไฮดรอกซีโพรลีนในปริมาณที่ต่ำ ในขณะที่เจลาตินที่ได้จากปลาน้ำอุ่นบางชนิดมีอุณหภูมิในการหลอมเหลวค่อนข้างใกล้เคียงกับเจลาตินจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จึงทำให้เจลาตินจากปลาน้ำเย็นมีข้อจำกัดต่อการนำมาใช้ คุณสมบัติที่แตกต่างกันระหว่างเจลาตินปลา และเจลาตินจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นเหตุให้เจลาตินปลามีอุณหภูมิในการหลอมเหลวที่ต่ำ จากตารางที่ 2.2 จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิในการหลอมเหลวของเจลาตินจากสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมที่ความเข้มข้นร้อยละ 6. 67 อยู่ในช่วง 28 - 36 องศาเซลเซียสส่วนเจลาตินปลาที่ความเข้มข้นร้อยละ 6.67 - 10 มีอุณหภูมิในการหลอมเหลวต่ำกว่าคือ 14 - 28 องศาเซลเซียส

2.2.3.3 วิธีใช้ และปริมาณเปรียบเทียบระหว่างเจลาตินแผ่นกับเจลาตินผง

1) เจลาตินแผ่น ค่อนข้างใช้งานสะดวกกว่า และดูดซึมน้ำได้ 5 เท่าโดยแช่ลงในน้ำเย็นเมื่อเจลาตินดูดน้ำเต็มที่แล้วใช้อุ้งมือบีบน้ำออกให้มากที่สุด ใส่ลงในส่วนผสมร้อนคนผสมให้เข้ากัน แล้วพักไว้ให้เย็นจนเซ็ตตัว เจลาตินแผ่นมี 2 ขนาด คือแผ่นใหญ่ และแผ่นเล็ก มีปริมาตรแตกต่างกัน 2 เท่า

2) เจลาตินผง ต้องโรยผสมกับน้ำให้พองตัวก่อนนำไปใช้งาน โดยอัตราส่วนน้ำต่อเจลาติน 5 : 1 ส่วน การใช้ทดแทนของเจลาตินแผ่น และผง ส่วนใหญ่แต่ละยี่ห้อจะมีค่าบลูมไม่เท่ากัน แต่ก็สามารถเทียบได้ โดยใช้เจลาตินแผ่น 5 แผ่นเล็ก (หรือ 2.5 แผ่นใหญ่) น้ำหนัก 9 กรัมต่อเจลาตินผง 1 ช้อนโต๊ะ (นภัสรพี และสวามินี, 2559)

2.2.3.4 การใช้ประโยชน์เจลาตินในอุตสาหกรรมอาหาร

เจลาติน (E441) ที่ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) เมื่อนำผงเจลาตินผสมในน้ำ และให้ความร้อน จะเป็นของเหลวหนืด เมื่อตั้งทิ้งไว้ให้เย็นของเหลวจะกลายเป็นเจล (gel) ใช้ผสมในอาหารได้หลายวัตถุประสงค์ ดังนี้

1) ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดเจล (gelling agent) ที่คืนตัวเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน (thermoreversible gel)

2) ใช้เป็นสารที่ทำให้เกิดความคงตัว (stabilizer) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ทำให้น้ำกับไขมันรวมตัวกันได้ดี ไม่แยกชั้น

3) ใช้ทดแทนไขมัน (fat replacer) ใช้ในอาหารที่มีไขมันต่ำ

4) ใช้สำหรับการจับ และเก็บรักษากลิ่น รส (flavor encapsulation) ใช้เคลือบผิว แฮม ขนมเค้ก เพื่อรักษาความชุ่มชื้น (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, 2555)

2.2.4 ช็อกโกแลต (chocolate)

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากเมล็ดของต้นโกโก้ (cocoa) ใช้เป็นส่วนผสมของของหวานหลายชนิด ไม่ว่าจะเป็นเค้ก คุกกี้ หรือพาย กรรมวิธีทำช็อกโกแลตเริ่มจากการหมัก คั่วเมล็ดโกโก้ แล้วบดให้ละเอียด จากนั้นคั้นเอาแต่น้ำจะได้เป็นโกโก้ลิเคอร์ (cocoa liquor) หรือ โกโก้แมส (cocoa butter) ที่มีส่วนผสมของเนื้อโกโก้อย่างน้อย 50 % ส่วนที่เหลือเป็นเนื้อโกโก้ (cocoa solids)

เนยโกโก้ละลายง่ายที่อุณภูมิ 32 - 35 องศาเซลเซียส มีสภาพไม่คงทนต่ออากาศร้อน ในช็อกโกแลตบางสูตรจึงมีการดัดแปลงใส่ไขมันพืชเข้าไปทดแทน ส่วนเนื้อโกโก้จะนำไปทำผงโกโก้ (cocoa powder)

การผลิตช็อกโกแลตมีหลากหลายชนิด แต่ก็ผลิตออกมาเป็น 2 รูปทรง ได้แก่ ช็อกโกแลตแท่งและช็อกโกแลตเหรียญ

ช็อกโกแลตแท่ง (chocolate bar) มีหลากหลายคุณภาพและมีรสชาติที่แตกต่างกันออกไป การละลายช็อกโกแลตประเภทนี้ควรจะเป็นชิ้นเล็กๆก่อน เพื่อให้ช็อกโกแลตละลายได้

ช็อกโกแลตเหรียญช็อกโกแลตพิสโทล (Chocolate bar) หรือช็อกโกแลต บัตทอน (chocolate button) หากเป็นช็อกโกแลตที่มีรูปทรงแบน จึงเรียกว่าช็อกโกแลตเหรียญหรือช็อกโกแลตกระดุม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 นิ้ว นิยมใช้ในการทำเบเกอรี สะดวก สามารถนำไปละลายได้เลย ไม่ต้องนำไปสับก่อนมีให้เลือกใช้หลายชนิด ทั้งดาร์กช็อกโกแลต เซมิสวีทช็อกโกแลต ไวท์ช็อกโกแลตซึ่งหลายคนเข้าใจว่าใช้กับช็อกโกแลตชิพ (ดวงใจ, 2556)

2.2.4.1 ชนิดของช็อกโกแลต

1) อันสวีทช็อกโกแลต (Unsweetened Chocolate) เป็นช็อกโกแลตแบบไม่หวานหรือเรียกอีกชื่อว่า เบกกิ้งช็อกโกแลต (baking chocolate) ส่วนผสมของเนยโกโก้และเนื้อโกโก้เท่านั้น ไม่มีน้ำตาล มีรสชาติเข้มข้นลุ่มลึกของช็อกโกแลต ใช้เป็นส่วนผสมหลักในการทำบราวนี่ เค้ก ลูกกวาด และคุกกี้ที่ต้องการรสช็อกโกแลตแบบเข้ม ๆ เน้น ๆ

2) บิตเตอร์สวีทช็อกโกแลต (Bittersweet Chocolate) เป็นช็อกโกแลตแบบหวานเล็กน้อย มีส่วนผสมของเนยโกโก้ และเนื้อโกโก้อยู่ที่ประมาณ 50 % หรือมากกว่าแล้วเติมน้ำตาลเพียงเล็กน้อย ซึ่งดาร์กช็อกโกแลต (dark chocolate) ก็จัดอยู่ในกลุ่มนี้เช่นกัน จึงเป็นช็อกโกแลตที่มีรสชาติเข้มข้น ใช้ทำขนมอบได้ทุกประเภท

3) เซมิสวิทช็อกโกแลต (Semisweet Chocolate) เป็นช็อกโกแลตแบบหวานปานกลางมีส่วนผสมของเนื้อโกโก้ประมาณ 35 – 50 % นอกจากนั้นเป็นเนยโกโก้ และน้ำตาลมีรสชาติหวานเล็กน้อย แต่มากกว่าบิตเตอร์สวีทช็อกโกแลตใช้ทำขนมอบได้ทุกประเภท

4) มิลล์ช็อกโกแลต (Milk Chocolate) เป็นช็อกโกแลตที่หลายคนคุ้นเคยดี เพราะรสชาติหวานกลมกล่อม รับประทานง่าย เนื่องจากมีนม และน้ำตาลเป็นส่วนผสมค่อนข้างมาก

หาซื้อได้ง่ายตามซูเปอร์มาเก็ต โดยจะมีเนื้อโกโก้อย่างน้อย 12 % ผสมรวมกับนมผง อิมัลซิไฟเออร์ กลิ่นวานิลลา และมีปริมาณน้ำตาลสูงสุดไม่เกิน 55 % ใช้ทำขนมทั่วไป และเหมาะสำหรับแต่งหน้าขนมเป็นอย่างดี

5) ช็อกโกแลตชิพ (Chocalate Chip) เป็นช็อกโกแลตที่นำมาทำเป็นรูปแบบเม็ดมีปริมาณเนยโกโก้น้อยกว่าช็อกโกแลตแท่ง บางยี่ห้ออาจมีแป้งผสมอยู่ ดังนั้นเมื่อนำไปอบก็จะไม่ละลายแต่ยังคงลูกของช็อกโกแลตเหมือนเดิม จึงไม่แนะนำให้ละลายเพื่อนำไปทำเป็นส่วนผสมในเค้กหรือซอสช็อกโกแลต สำหรับช็อกโกแลตชิพจะมีทั้ง ดาร์กช็อกโกแลต ไวท์ช็อกโกแลต และดาร์กช็อกโกแลตผสมไวท์ช็อกโกแลต นิยมใช้ในคุกกี้เค้กรวมถึงแต่งหน้าขนมต่างๆ

6) ไวท์ช็อกโกแลต (white chocolate) มีส่วนผสมของเนยโกโก้ น้ำตาล นม และกลิ่นวานิลลา แต่ไม่มีผงโกโก้หรือเนื้อโกโก้ (cocao solids) เป็นส่วนผสมทำให้มีสีขาวนวลต่างจากช็อกโกแลตทั่วไป ถ้าเป็นชนิดราคาถูกมีการเติมไขมันพืชเข้าไปแทนเนยโกโก้บางส่วน มีจุดเดือดต่ำกว่าช็อกโกแลต จึงละลายเร็วไวต่อความร้อน และใช้ยากกว่าถ้าเทียบกับช็อกโกแลตทั่วไป นิยมใช้เป็นส่วนผสมในครีม มูส คุกกี้ และสำหรับเคลือบหน้าเค้กหรือขนมต่างๆ

7) กูแวร์ตูร์ช็อกโกแลต (Couverture Chocolate) หรือเรียกอีกชื่อว่า คอนเฟกชันเนอร์ช็อกโกแลต (confectioner’s chocolate) ช็อกโกแลตชนิดนี้มีลักษณะพิเศษคือเป็นมันเงา โดยจะมีส่วนผสมของเนยโกโก้อย่างน้อย 31% ทำให้คงตัวได้ เหมาะสำหรับใช้เคลือบขนมหรือผลไม้ชนิดต่าง ๆ

8) คอมพาวนด์ช็อกโกแลต (Chocolate Compound) หรือที่รู้จักกันดีในอีกชื่อว่าช็อกโกแลตโคตติ้ง (chocolate coating) มีส่วนประกอบของผงโกโก้ น้ำตาล และไขมันพืช จึงใช้ง่ายกว่าช็อกโกแลตแท้หรือกูแวร์ตูร์ช็อกโกแลต มีราคาถูกที่สุดในบรรดาช็อกโกแลตทั้งหมด เพราะใช้ไขมันพืช และผงโกโก้เป็นส่วนผสมหลักเหมาะสำหรับเคลือบขนมเท่านั้น เพราะให้รสชาติไม่ดีนัก ปัจจุบันมีการประยุกต์โดยนำไปผสมน้ำมันพืชเล็กน้อยให้อ่อนตัว ทำให้แข็งตัวช้าลงเล็กน้อย ไม่แตกเปราะง่าย มีความเป็นมันเงา และง่ายต่อการขึ้นรูป นิยมใช้แทนกูแวร์ตูร์ช็อกโกแลต เพราะมีราคาถูกกว่า

9) ขนมหวานรสช็อกโกแลต เป็นขนมที่มีการปรุงรสให้เป็นช็อกโกแลตแบบต่าง ๆ เช่น ช็อกโกแลตรูปเหรียญห่อฟอลย์สีทอง ช็อกโกแลตบาร์ผสมถั่วชนิดต่าง ๆ ธัญพืช ผลไม้ คาราเมล หรือแต่งกลิ่นอื่น ๆ ช็อกโกแลตเหล้าทั้งหมดนี้เหมาะสำหรับรับประทานเล่น หรือตกแต่งขนมให้สวยงาม แต่ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ละลายเป็นส่วนผสมในขนมอบ

2.2.4.2 ช็อกโกแลตเทมเพอริ่ง (chocolate tempering)

ช็อกโกแลตเทมเพอริ่งหรือการปรับอุณหภูมิช็อกโกแลต คือการนำช็อกโกแลตมาผ่านความร้อนจนละลายกลายเป็นของเหลวแล้วคนให้เย็นลง จากนั้นให้ความรู้ในภาษาเชฟ

จะเรียกว่า การร้อนคนเย็น โดยมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมแล้วจึงนำกลับมาขึ้นรูปในรูปทรงต่าง ๆ หรือเคลือบผิว ช็อกโกแลตที่ผ่านเทมเพอริ่งอย่างถูกต้องจะมีลักษณะภายนอกงาม และมีรสชาติดี ซึ่งเกิดจากการเรียงตัวที่ดีของเนยโกโก้ที่อยู่ภายในช็อกโกแลต ตัวอย่างการเทมเพอริ่งดาร์กช็อกโกแลตจะทำโดยนำช็อกโกแลตมาผ่านความร้อนจนมีอุณหภูมิประมาณ 46 - 48 องศาเซลเซียสแล้วทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 27 - 29 องศาเซลเซียส จากนั้นต้องมีการให้ความร้อนอีกครั้งจนได้อุณหภูมิ 31 - 32 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ช็อกโกแลตเพิ่มขึ้นเมื่อแข็งตัวดี

การทำเทมเพอริ่งช็อกโกแลตถือเป็นวิธีที่ยาก และต้องอาศัยความชำนาญสูง จึงมักทำเฉพาะตามโรงแรมหรือร้านเบเกอรีชื่อดัง เพราะช็อกโกแลตค่อนข้างไวต่ออุณหภูมิ ถ้าควบคุมสภาพแวดล้อมไม่ดี แม้จะละลายช็อกโกแลตได้ตรงตามอุณหภูมิที่ต้องการก็ไม่เป็นเงาสวยตามที่หวังไว้ หรือถ้าเราละลายแล้วปล่อยให้ช็อกโกแลตแข็งเองโดยไม่ทำการ tempering แม้จะไม่ได้เสียลักษณะที่ดีของช็อกโกแลตไป แต่ก็จะได้ช็อกโกแลตที่มีลักษณะขุ่น ไม่เป็นเงาสวย

2.2.4.3 ช็อกโกแลตบลูม (chocolate bloom)

คือช็อกโกแลตบลูมช็อกโกแลตคราบขาว ๆ หรือมีจุดขาว ๆ เกิดขึ้นที่บริเวณผิวช็อกโกแลต เพราะช็อกโกแลตนำเข้าที่วางขายในเมืองไทยแทบจะเกิน 90 % ที่เกิดช็อกโกแลตบลูม อาจคิดว่าช็อกโกแลตเสียหรือเสื่อมคุณภาพ แต่ความจริงเป็นเรื่องปกติที่เกิดจากการขนส่ง และการเก็บรักษาในอุณหภูมิที่แตกต่างกัน จนเกิดปฏิกิริยาของไขมัน และน้ำตาลในช็อกโกแลตเรียกว่าเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติที่ทำให้ช็อกโกแลตมีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ แต่ไม่ได้มีผลต่อรสชาติ หรือหมดอายุ

1) แฟตบลูม (fat bloom) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อช็อกโกแลตละลายอาจเกิดจากความร้อนระหว่างขนส่งหรือเก็บรักษา จนทำให้ไขมันที่แทรกอยู่ในช็อกโกแลตเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลว และซึมออกมาที่ผิวหน้า นำไปแช่เย็นอีกครั้งไขมันส่วนนี้จะไม่ซึมกลับเข้าไปที่เดิม แต่จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นของแข็งจนเกิดเป็นฝ้าสีขาวขึ้นที่ผิวด้านนอก เมื่อนำมาละลายก็จะได้เป็นช็อกโกแลตที่สีเข้มแบบเดิมไม่มีผลอะไร วิธีป้องกัน ให้เก็บช็อกโกแลตในกล่องที่ปิดฝาสนิท และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 13 - 18 องศาเซลเซียส ก็จะช่วยป้องกันการเกิดแฟตบลูมได้

2) ชูการ์บลูม (sugar boom) เกิดจากการที่ช็อกโกแลตสัมผัสความชื้นสูง ทำให้น้ำตาลละลายออกมาเกาะที่ผิวจนเกิดการแข็งตัวเป็นจุดขาว ๆ ที่ผิวช็อกโกแลตเมื่อนำมาละลายก็จะได้เป็นช็อกโกแลตสีเข้มแบบเดิม ไม่มีผลอะไร วิธีป้องกัน ให้เก็บช็อกโกแลตไว้ในที่ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำกว่า 50 % (ความชื้นประมาณในห้องแอร์) และใช้ถุงมือในการหยิบ เพื่อลดการถ่ายเทความชื้นจากมือไปสู่ช็อกโกแลต นอกจากนี้การนำช็อกโกแลตแช่เย็นมาตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องก็ทำให้เกิดจุดน้ำควบแน่นที่ผิวช็อกโกแลตจนเกิดเป็นชูการ์บลูมได้

2.2.5 นม และผลิตภัณฑ์นม

ผลิตภัณฑ์นม (dairy product) ชนิดหนึ่งที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วยความร้อนระดับการพาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ซึ่งเป็นความร้อนที่ใช้เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคในคน (pathogen) ทำให้น้ำนมปลอดภัยในการบริโภค และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่ทำให้น้ำนมเสื่อมเสีย เช่น เอนไซม์ไลเพส (lipase) ซึ่งไฮโดรไลซ์ไตรกลีเซอไรด์ในไขมันนมได้เป็นกรดไขมันอิสระ เช่น กรดบิวทิริก ซึ่งทำให้เกิดกลิ่นหืน แต่ความร้อนที่ใช้ไม่สามารถทำลายจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุการเสื่อมเสียของน้ำนมทุกชนิด ดังนั้นภายหลังการ พาสเจอร์ไรซ์ จึงต้องเก็บรักษาน้ำนมไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 8 องศาเซลเซียส (cold storage) เพื่อควบคุมการเพิ่มจำนวนของ จุลินทรีย์ที่ยังเหลือรอดอยู่ เช่น แบคทีเรียที่ทนความร้อน (thermophilic bacteria) สปอร์ของแบคทีเรีย (bacterial spore) น้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ มีอายุการเก็บรักษาได้ไม่เกิน 10 วัน ผลิตภัณฑ์นมชนิดเหลวที่ผ่านกรรมวิธีการพาสเจอร์ไรซ์ ต้องเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิไม่เกิน 8 องศาเซลเซียส ตลอดระยะเวลาหลังบรรจุจนถึงผู้บริโภค และระยะเวลาการบริโภคต้องไม่เกิน 10 วัน นับจากวันที่บรรจุในภาชนะบรรจุพร้อมจำหน่าย

โปรตีนนม (milk protein เป็น โปรตีน (protein) ที่มีอยู่ในน้ำนม (milk) ประกอบด้วยส่วนสำคัญ2 ส่วนคือ เคซีน (casein) เป็นฟอสโฟโปรตีน (phosphoprotein) ที่พบ 80 % ของโปรตีนทั้งหมดในน้ำนม โปรตีนที่มีกรดอะมิโน (amino acid) ที่จำเป็นต่อร่างกายครบถ้วนโปรตีนส่วนใหญ่ในนมประมาณร้อยละ 75 - 80 จะเป็น เคซีน (casein) ซึ่งลักษณะโมเลกุลบางส่วนจะเป็น hydrophobic ทำให้เคซีนเกาะกลุ่มรวมตัวกันเป็น ไมเซลล์ (micelles) อยู่ในสารละลายน้ำนม โปรตีนอีกประมาณร้อยละ 20 ที่เหลือจะเป็นเวย์โปรตีน (whey protein) ซึ่งละลายน้ำได้ดีคุณสมบัติที่ของโปรตีนจากนมคือสามารถทำให้อิมัลชั่นเกิดเสถียรได้รวมทั้งทำให้โฟร์โมโต และมีผลต่อความหนืดช่วยให้เกิดความข้น และเกิดเจลได้ทั้งนี้อาจจะต้องดัดแปรสภาพธรรมชาติของโปรตีนนมเสียก่อน ตัวอย่าง เช่น การใช้โปรตีนนมที่ผ่านกระบวนการย่อยไฮดราเพื่อทำลายพันธะที่ยึดเหนี่ยวโมเลกุลของโปรตีนที่เป็นสายยาวทำเป็นโมเลกุลสั้นลง ทำให้โปรตีนละลายได้ดีขึ้นทนต่อการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างเกิดฟองได้ดี และได้ฟองที่อยู่ตัว เช่น ในการทำผลิตภัณฑ์นูกัต และมาร์ชแมลโลว์ พบว่าผลิตภัณฑ์มีรูพรุนจับฟอกอากาศได้มาก และอยู่ตัวดี (ชมภูนุช, 2558)

2.2.6 น้ำตาล

น้ำตาลช่วยทำให้เค้กนุ่ม และหวาน น้ำตาลที่เหมาะสำหรับทำเค้ก คือ น้ำตาลทรายชนิดละเอียด และไม่ฟอกสี เพราะใช้เวลาในการตีเร็วขึ้น สีของเค้กดีขึ้น เนยจะได้เหลว น้ำตาลละลายได้หมดไม่เป็นจุดบนหน้าเค้ก หลังจากอบสุกแล้วจะทำให้สีของเค้กดีขึ้นด้วย นอกจากนี้น้ำตาลยังมีผลทำให้โปรตีนในแป้งอ่อนตัว และเก็บความชื้นได้ดี ทำให้เค้กนุ่มชุ่มอยู่ได้นาน ในบางตำรับใช้น้ำตาลในรูปของน้ำเชื่อมมาผสมกับน้ำตาลทรายด้วย (วิภาวัน, 2552)

2.2.6.1 ชนิดของน้ำตาลตามท้องตลาด

น้ำตาลทรายขาว (granulated sugar) ได้รับความนิยมมากในการทำผลิตภัณฑ์เบเกอรี น้ำตาลทรายมีขนาดความละเอียดต่างกัน มีตั้งแต่เป็นผงละเอียดมาก ธรรมดา และหยาบ ในต่างประเทศจะบอกขนาดความละเอียดไว้ที่กล่องบรรจุ สำหรับเมืองไทยที่ วางขาย มี 3 ขนาด คือ ขนาดธรรมดา ผลึกใหญ่ และเป็นผงละเอียด น้ำตาลทรายที่ใช้ได้ผลดี ควรมีความละเอียด และความขาว เพราะจะผสมเข้ากับส่วนผสมอื่น ๆ ได้ดี ถ้าน้ำตาลที่ใช้มีขนาดผลึกใหญ่และหยาบ เพราะผลึกใหญ่จะละลายไม่หมด และมักจะคงอยู่ในรูป ผลึกของน้ำตาล จะไม่ละลายโดยความร้อนจากตู้อบ และน้ำตาลที่อยู่ใกล้ ๆ ผิวขนมจะเกิดเป็นจุดขึ้น นอกจากนั้นผลึกน้ำตาลที่หยาบจะไปขูดดีบุกที่เคลือบเครื่องผสมหรือชามผสม ทำให้เกิดสีเทาขึ้นบนผลิตภัณฑ์ และจะยิ่งมากขึ้นถ้าเนยหรือไขมันที่นำมาตีกับน้ำตาลทรายหยาบมีความเย็นมาก การใช้น้ำตาลทรายหยาบมีมาก เช่น ใช้ในการโรยไปบนคุกกี้ โดยย้อมเป็นสีต่าง ๆ ใช้ทำไส้ขนมและไซรัป สำหรับทำไอซิ่งและแต่งหน้าเค้กควรใช้น้ำตาลผงละเอียด

2.2.6.2 จุดเดือดของสารละลายน้ำตาล (Boiling point)

เมื่อน้ำตาลละลายในน้ำเป็นสารละลาย เรียกว่า น้ำเชื่อม น้ำเชื่อมมีจุดเดือดสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามปริมาณน้ำตาลที่ละลาย ปกติน้ำบริสุทธิ์มีจุดเดือดที่ 100 องศาเซลเซียส แต่สารละลายหรือน้ำเชื่อมมีจุดเดือดสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส จุดเดือดสูงขึ้นตามความเข้มข้นของน้ำเชื่อม ดังนั้นอาจเปรียบเทียบความเข้มข้นของน้ำเชื่อมโดยการวัดจุดเดือดของน้ำ เชื่อมนั้น นอกจากนั้นน้ำเชื่อมที่จุดเดือด ณ อุณหภูมิต่าง ๆ จะมีลักษณะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

2.2.6.3 การดูดและการเก็บรักษาความชื้น (Hygroscopicity)

ผลึกน้ำตาลบริสุทธิ์มีสมบัติดูดความชื้นเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าบรรยากาศมีความชื้นสัมพัทธ์ (Relative humidity) เกินกว่าร้อยละ 75 น้ำตาลทรายจะดูดความชื้นได้เร็ว และจับตัวกันเป็นก้อน น้ำตาลแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูด และเก็บรักษาความชื้นแตกต่างกัน ฟรุกโทสดูดความชื้นได้ดีมาก รองลงมา กลูโคส ซูโครส มอลโทส และแลกโทส ตามลำดับ ฟรุกโทสเป็นส่วนประกอบในน้ำตาลอินเวอร์ท น้ำผึ้ง น้ำเชื่อมข้าวโพด และกากน้ำตาล ดังนั้นอาหารที่มีฟรุกโทสเป็นส่วนผสมจึงเก็บความชื้นได้นาน ทำให้อาหารมีลักษณะนุ่มและชุ่มฉ่ำน่ารับประทาน เช่น ขนมเค้ก คุกกี้ ที่ใช้ส่วนผสมของน้ำผึ้ง หรือน้ำเชื่อมข้าวโพด

2.2.6.4 การตกผลึก (Crystallization)

เมื่อเคี่ยวน้ำเชื่อมให้เข้มข้นอิ่มตัวจนน้ำตาลไม่สามารถละลายได้อีก เรียกว่าสารละลายน้ำเชื่อมที่อิ่มตัว หรือน้ำเชื่อมอิ่มตัว หากปล่อยให้เย็นลงอย่างระมัดระวังโดยไม่ให้ตกผลึก น้ำเชื่อมนี้จะมีน้ำตาลละลายอยู่มากกว่าที่ควรเป็น ณ อุณหภูมินั้นจะเกิดภาวะอิ่มตัวยวดยิ่งและอาจ

แข็งตัวเป็นแผ่นคล้ายกระจกได้ โดยไม่ตกผลึก แต่น้ำตาลส่วนเกินจะเริ่มตกผลึกเป็นผงละเอียดในภายหลัง เห็นได้จากถั่วตัด ถั่วกระจกใหม่ ๆ น้ำตาลอยู่ในภาวะอิ่มตัวยวดยิ่งแข็งใสไม่ตกผลึก เมื่อเก็บไว้นาน ๆ น้ำตาลบางส่วนตกผลึกเป็นผงน้ำตาลละเอียด ถั่วกระจกมีลักษณะขุ่น ไม่ใส การตกผลึกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ การทำอาหารที่ต้องการรสหวานจัด เช่น แยม เยลลี่ นิยมใช้ฟรุกโทสเป็นตัวให้ความหวาน ถ้าใช้ซูโครสหรือกลูโคสทำให้เกิดผลึกของน้ำตาลเมื่อใช้ในปริมาณมากๆ

2.3 ประเภทการแช่แข็งในการผลิตมูสช็อกโกแลต

ประเภทของการแช่แข็งในการผลิตมูสเพื่อให้เกิดความคงตัวสามารถแบ่งการแช่แข็งออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

2.3.1 น้ำแข็งแห้ง

กลุ่มควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย (2551) รายงานว่า น้ำแข็งแห้ง (dry ice) เป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของแข็ง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าคาร์บอนไดออกไซด์แข็ง หรือ solid carbon dioxide เตรียมได้จากการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาผ่านกระบวนการอัด และทำให้เย็นลงภายใต้ความดันสูงกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เหลว แล้วลดความดันลงอย่างรวดเร็วโดยการพ่นคาร์บอนไดออกไซด์เหลวสู่ความดันบรรยากาศ ผลที่ได้คือเกล็ดน้ำแข็งคล้ายเกล็ดหิมะ แล้วจึงนำมาอัดเป็นรูปแบบและขนาดต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้ ซึ่งมีทั้งรูปแบบเป็นก้อน (block) ขนาดครึ่งถึง 15 กิโลกรัม เป็นแผ่น (slice) ขนาดตั้งแต่ครึ่งถึง 1 กิโลกรัมเป็นแท่ง (pellet) ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร 9 มิลลิเมตร และ 15 มิลลิเมตร เป็นต้น

น้ำแข็งแห้งแตกต่างจากน้ำแข็งธรรมดาทั่วไปคือ มีอุณหภูมิเย็นจัดถึง -79 องศาเซลเซียส ในขณะที่น้ำแข็งธรรมดาทั่วไปมีอุณหภูมิประมาณ 0 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิห้องน้ำแข็งแห้งจะระเหิดกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยไม่หลอมละลายเป็นของเหลวเหมือนน้ำแข็งธรรมดาทั่วไป จึงเป็นเหตุผลว่าทำไมเราจึงเรียก "น้ำแข็งแห้ง" น้ำแข็งแห้งจะให้ความเย็นมากกว่าน้ำแข็งธรรมดาทั่วไปถึง 2 หรือ 3 เท่าเมื่อเทียบโดยน้ำหนักหรือปริมาตรที่เท่ากัน

น้ำแข็งแห้งถูกนำมาใช้ประโยชน์หลาย ๆ ด้าน เช่น ในอุตสาหกรรมอาหารประเภทไอศกรีม นม เบเกอรี่ ไส้กรอก และเนื้อสัตว์ เพื่อถนอมอาหารในขั้นตอนการผลิตหรือในการขนส่งหรือเก็บอาหารสำหรับเสิร์ฟบนเครื่องบิน ใช้ในการขนส่งเวชภัณฑ์ใช้ในการทำความสะอาดเครื่องจักรแบบหล่อหรือแม่พิมพ์ หรือใช้ในการบดเย็นวัสดุสังเคราะห์ที่แตกยาก นอกจากนี้ยังใช้ในการทำหมอกควัน ในการแสดงต่าง ๆ และอาจใช้ผสมในเครื่องดื่มเพื่อให้เกิดฟองปุด และให้เกิดความเย็น เป็นต้น

ประโยชน์น้ำแข็งแห้งหากการใช้โดยขาดความระมัดระวัง หรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์ก็อาจก่อให้เกิดโทษได้เช่นกัน ผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นได้จากน้ำแข็งแห้ง ได้แก่ จากการสัมผัส หากจับต้องด้วยมือเปล่า หรือสัมผัสกับผิวหนังโดยตรงจะทำให้ผิวหนังไหม้จากความเย็นจัด (frost-bite) ได้ จาก

การระเบิดซึ่งเกิดจากการบรรจุน้ำแข็งแห้งในภาชนะปิดสนิทไม่มีช่องระบายอากาศทำให้เกิดการสะสมของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระเหิดออกมา เมื่อถึงระดับหนึ่งจะเกิดแรงดัน และระเบิดในที่สุด ดังนั้นในการขนส่งน้ำแข็งแห้งปริมาณมาก ๆ จะต้องเก็บในภาชนะบรรจุน้ำแข็งโดยเฉพาะที่มีช่องระบายอากาศ ซึ่งนอกจากจะเป็นการป้องกันการระเบิดแล้วยังช่วยลดอัตราการระเหิดของน้ำแข็งได้

ผลกระทบอีกอย่างที่จะเกิดขึ้นได้ก็คือ การเก็บน้ำแข็งแห้งปริมาณมากในห้องแคบๆ หรือห้องเพดานต่ำที่การระบายอากาศไม่ดีพอ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระเหิดออกมาจะแทนที่ออกซิเจนที่ทำให้ขาดอากาศหายใจได้ ดังนั้นห้องที่ใช้หรือเก็บรักษาน้ำแข็งแห้ง หรือห้องแสดงคอนเสิร์ตที่ต้องใช้น้ำแข็งแห้งในปริมาณมาก ๆ จึงควรที่จะจัดให้มีที่ระบายอากาศอย่างเพียงพอ โดยปกติก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะหนักกว่าอากาศจึงมักจะลอยอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้นการระบายอากาศที่ดีจึงควรมีการระบายอากาศทางด้านล่าง

2.3.1.1 คุณสมบัติทางเคมีน้ำแข็งแห้ง

คาร์บอนไดออกไซด์เป็นก๊าซที่ไม่มีสี ซึ่งหากหายใจเอาก๊าซนี้เข้าไปในปริมาณมาก ๆ จะรู้สึกเปรี้ยวที่ปาก เกิดการระคายเคืองที่จมูกและคอ เนื่องจากอาจเกิดการละลายของแก๊สนี้ในเมือกในอวัยวะ ก่อให้เกิดกรดคาร์บอนิกอย่างอ่อน

คาร์บอนไดออกไซด์มีความหนาแน่น 1.98 kg/m3 ซึ่งเป็นประมาณ 1.5 เท่าของอากาศ โมเลกุลประกอบด้วยพันธะคู่ 2 พันธะ (O=C=O) หรือ CO2 น้ำหนักโมเลกุล 44.01 ไม่ติดไฟและไม่ทำปฏิกิริยา

คาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของแข็ง เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง หรือ solid carbon dioxide เตรียมได้จากการนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาผ่านกระบวนการอัด และทำให้เย็นลงภายใต้ความดันสูงกลายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์เหลว แล้วลดความดันลงอย่างรวดเร็วโดยการพ่นคาร์บอนไดออกไซด์เหลวสู่ความดันบรรยากาศ ผลที่ได้คือเกล็ดน้ำแข็งคล้ายเกล็ดหิมะแล้วจึงนำมาอัดเป็นรูป (Bright Hub Engineering แปลโดย ทรูปลูกปัญญา, 2560)

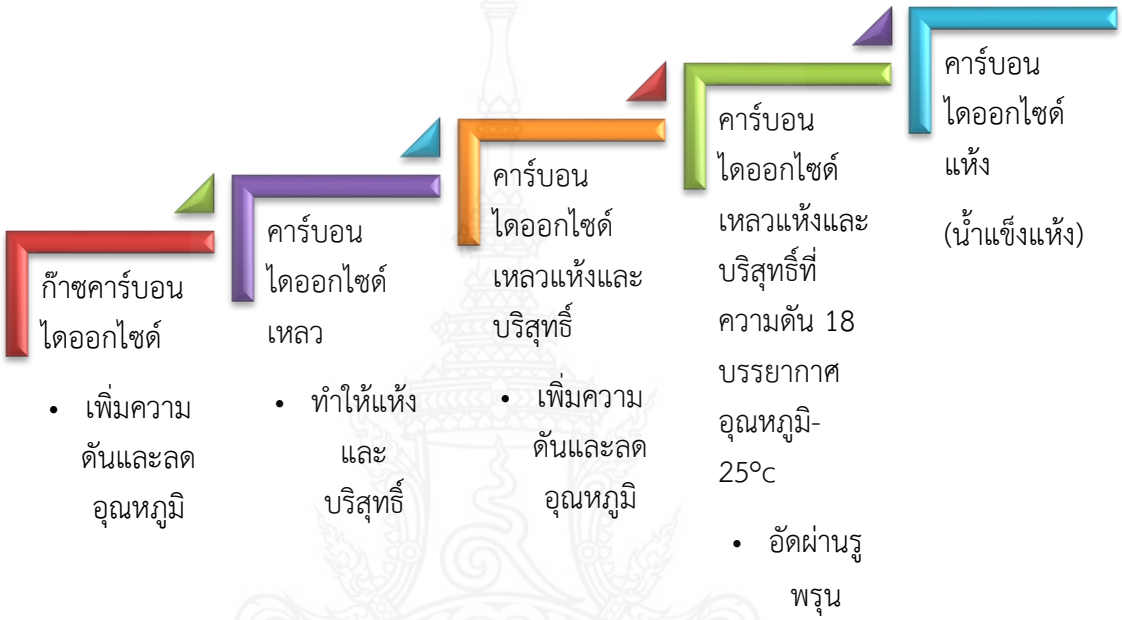
2.3.1.2 โครงสร้างน้ำแข็งแห้ง

น้ำแข็งแห้งก้อนหนึ่งประกอบไปด้วย CO2 หลายโมเลกุลมาเกาะกันเป็นโครงร่าง แต่ละโมเลกุลมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแบบลอนดอน O=C=O ก็จะเกาะต่อ ๆ กันไปเป็นโครงสร้างชั้น ๆ

2.3.1.3 กระบวนการผลิตน้ำแข็งแห้ง

เริ่มต้นนำก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาทำให้เป็นของเหลวก่อน โดยกระบวนการ Liquefaction คือนำก๊าซดังกล่าวมาเพิ่มความดันและลดอุณหภูมิ หลังจากได้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวแล้ว จึงนำมาทำให้แห้งและทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีการที่เหมาะสม จากนั้นจึงนำมาเพิ่มความดันและลดอุณหภูมิอีกครั้ง จนได้ความดันประมาณ 18 atm และอุณหภูมิประมาณ -25 องศาเซลเซียส

จึงอัดคาร์บอนไดออกไซด์เหลวนั้นผ่านรูพรุน จะได้คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง หรือน้ำแข็งแห้งที่มีลักษณะคล้ายเกล็ดน้ำแข็งซึ่งสามารถนำไปอัดเป็นก้อนได้น้ำแข็งแห้งมีอุณหภูมิต่ำมาก สามารถระเหิดกลายเป็นไอได้โดยตรง จึงนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับความเย็น หรือที่ต้องการอุณหภูมิต่ำ ๆ เช่น การแช่แข็งสัตว์น้ำ การทำไอศกรีม การรักษาผักและผลไม้ให้สด เป็นต้น (Bright Hub Engineering แปลโดย ทรูปลูกปัญญา, 2560)



ภาพที่2.3 กระบวนการผลิตน้ำแข็งแห้ง
ที่มา : ดัดแปลงจาก (นิมิตต์, 2555)

2.3.1.4 การใช้ประโยชน์น้ำแข็งแห้ง

1) อุตสาหกรรมอาหาร เป็นการถนอมอาหารในขั้นตอนการผลิตและการขนส่ง ตัวอย่างเช่น ใช้ในการแช่เข็งปลา หรือเนื้อสัตว์อื่น ๆ ใช้ในการแช่แข็งไอศกรีม นม เบเกอรี ไส้กรอก ใช้ในการแช่แข็งผักและผลไม้ เพื่อให้มีความสดเป็นระยะเวลานาน ๆ หรือเพื่อยืดอายุสินค้า นอกจากนี้ยังใช้เพื่อการเก็บอาหารสำหรับเสิร์ฟบนเครื่องบินอีกด้วย ซึ่งน้ำแข็งแห้งจะรักษาความสดได้ดี และไม่มีการหลอมเหลวเป็นน้ำที่เปียกแฉะเหมือนน้ำแข็งทั่วไปด้วย

2) ด้านการแพทย์ ใช้ในการรักษาสภาพของซากสัตว์ หรือศพของมนุษย์จากเหตุการณ์คลื่นยักษ์ภาคใต้ เพื่อช่วยให้ศพคงสภาพได้นานที่สุด หรือเพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ

3) ใช้ในการขนส่งเวชภัณฑ์ต่างๆ เช่น ยา หรือสารเคมีบางชนิด

4) ใช้ในอุตสาหกรรมด้านการทำความสะอาดเครื่องจักร แบบหล่อ หรือแม่พิมพ์

5) ใช้ในการบดเย็นวัสดุสังเคราะห์ที่แตกยาก เนื่องจากที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ จะทำให้วัสดุเกิดการแข็งและกรอบมากขึ้น ทำให้บดได้ง่ายขึ้น เหมาะสำหรับการจัดวัสดุสังเคราะห์

6) ใช้ในการทำหมอก ควัน ในคอนเสิร์ตการถ่ายทำภาพยนตร์หรือการแสดงต่าง ๆ

7) ผสมในเครื่องดื่มเพื่อให้เกิดฟองปุดและให้เกิดความเย็น (ขั้นตอนเลี้ยงให้อ้วน และไฟขั้นโจมตีเมฆอุ่นด้วยสารเคมีสูตรเย็นจัดที่อุณหภูมิ -78 องศาเซสเซียล จะทำให้อุณหภูมิของมวลอากาศใต้ฐานเมฆลดลง และความชื้นสัมพัทธ์สูงขึ้น จะยิ่งทำให้ฐานเมฆลดระดับลง ปริมาณฝนก็จะหนาแน่นขึ้น) (Bright Hub Engineering แปลโดย ทรูปลูกปัญญา, 2560)

2.3.2 ไนโตรเจนเหลว

ไนโตรเจน (Nitrogen) เป็นก๊าซไนโตรเจนในสถานะก๊าซในอุณหภูมิห้อง (37 องศาเซลเซียส) แต่สามารถอยู่ในสถานะของเหลว (Liquid nitrogen) ในสภาวะที่มีอุณหภูมิต่ำมาก เมื่อเป็นของเหลวจะเป็นของเหลวใส ไม่มีสี ความหนาแน่นอยู่ที่ 0.807 g/ml จุดเดือด -195.79 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นฉนวนเท่ากับ 1.43 ไนโตรเจนเหลวเป็นของเหลวที่สามารถทำให้เกิดการแช่แข็งได้อย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับเนื้อเยื่อที่มีชีวิต ไนโตรเจนเหลวสามารถจัดเก็บ และขนส่งได้โดย ถังไนโตรเจนเหลว (ถังสูญญากาศเก็บความเย็น)

ไนโตรเจนเหลวค้นพบเป็นครั้งแรกที่มหาวิทยาลัยจากีโลเนียน (Jagiellonian University) เมื่อวันที่ 15 เมษายน 1883 โดยนักฟิสิกส์ชาวโปแลนด์ ซิกเมนต์ ฟลอเรนที เว็บบลิวสกี (Zygmunt Florenty Wroblewski) และคารอล โอซิวสกี้ (Karol Olszewski) ไนโตรเจนเหลวผลิตในอุตสาหกรรมโดยการนำอากาศมากลั่น โดยลดอุณหภูมิลงจนถึง -195.79 องศาเซลเซียส ไนโตรเจนก็กลายเป็นของเหลวและแยกออกจากส่วนผสมอื่นในอากาศ ไนโตรเจนเหลวใช้อักษรย่อ LN2 หรือ LIN หรือ LN และมีหมายเลข UN 1977 บริษัท ไทยอินเตอร์แก๊ส แอนด์ เคมิคัล ซัพพลาย จำกัด

ไนโตรเจนเหลวกับอาหาร การใช้ไนโตรเจนเหลวในอาหารถูกกล่าวถึงในหนังสือสูตร 1890 ชื่อ Fancy Ices ที่เขียนขึ้นโดย Mrs. Agnes Marshall ลูกจ้างในร้านอาหารในการเตรียมของหวานแช่แข็งเช่นไอศกรีม ซึ่งสามารถรังสรรค์ขึ้นในชั่วอึดใจ ไนโตรเจนเหลวสามารถทำให้อาหารลดอุณหภูมิลงอย่างรวดเร็ว ความเร็วของการแช่แข็งยังนำไปสู่การก่อตัวของผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดเล็กซึ่งทำให้ของหวานที่มีเนื้อเรียบเนียน เทคนิคนี้ใช้โดยเชฟ Heston Blumenthal (เฮสตัน บลูเมนธาล) ที่ใช้มันในร้านอาหารของเขา เพื่อสร้างอาหารแช่แข็ง เช่น ไข่ และไอศกรีมเบคอน ไนโตรเจนเหลวได้กลายเป็นที่นิยมในการจัดทำเครื่องดื่มค็อกเทล เพราะสามารถนำไปใช้ในการทำความเย็นแก้วค็อกเทล หรือแช่แข็งได้อย่างรวดเร็ว (สงวนศรี, 2558)

2.3.2.1 ประโยชน์ของไนโตรเจนเหลว

1) ใช้ในอุตสาหกรรมการแช่แข็งอาหาร

2) ช่วยในการหล่อเย็นเครื่องจักร

3) ช่วยในการป้องกันอันตรายจากการสันดาปของสารเคมี กับอากาศ หรือออกซิเจน

4) ช่วยในการไล่ออกซิเจนและความชื้นออกจากไปป์ไลน์ และระบบถังเก็บน้ำมัน ก๊าซไวไฟและในระบบท่อจ่ายตามโรงกลั่น

5) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของร่างกายมนุษย์ สัตว์ ต้นไม้

6) สารประกอบของไนโตรเจน นำไปทำ สี วัตถุระเบิด ทำปุ๋ย เป็นต้น

7) ใช้ในอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ เช่น การทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิต่ำ

8) ก๊าซไนโตรเจนเหลว นำไปแช่เชื่อ (น้ำเชื้อ, เชื้อโรคเป็นต้น)

2.3.2.2 ข้อควรระวังในการใช้งานไนโตรเจนเหลว

1) การลดลงของออกซิเจน ขณะที่ไนโตรเจนเหลวระเหยจะลดออกซิเจนความเข้มข้นในอากาศ และสามารถทำหน้าที่เป็นสารที่ทำให้เกิดภาวะขาดออกซิเจน (asphyxiant) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในพื้นที่อับอากาศ ไนโตรเจนไม่มีกลิ่นไม่มีสี และรสจืด อาจทำให้เกิดการขาดอากาศหายใจได้โดยปราศจากความรู้สึกหรืออาการล่วงหน้า

2) การไหม้เนื่องจากความเย็นจัด (การสัมผัสก๊าซเหลวโดยตรง) เนื่องจากอุณหภูมิที่ต่ำมากการจัดการกับไนโตรเจนเหลว โดยไม่ระมัดระวังอาจทำให้เกิดแผลไหม้จากความเย็นได้ จึงควรใช้ถุงมือ และสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายพิเศษในขณะที่ขนย้าย

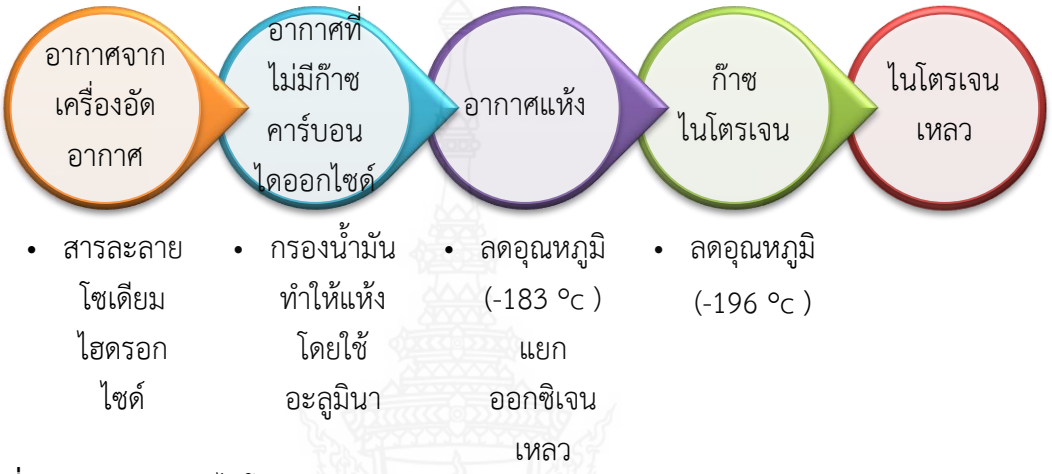
3) การแตกและการเสียหายของอุปกรณ์เนื่องจากแรงดัน จากอัตราส่วนการขยายตัวของไนโตรเจนเหลวต่อก๊าซเท่ากับ 1: 694 ที่ 20 องศาเซลเซียส (68 องศาฟาเรนไฮต์) สามารถสร้างแรงมหาศาลได้หากไนโตรเจนเหลวถูกทำให้เป็นไอระเหยอย่างรวดเร็วในพื้นที่ที่ปิดล้อม

4) อาการร่างกายอุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว การสัมผัส ก๊าซไนโตรเจนเหลว หรือการทำงานในพื้นที่ มีความเย็นจัดเมื่อร่างกายส่วนใดส่วนหนึ่ง ได้รับการสัมผัสกับอุณหภูมิทีเย็นจัด จนร่างกายเกิดอาการหนาวสั่น เนื่องจากอุณหภูมิในร่างกายลดลง (Hypothermia) จะทำให้การทำงานของร่างกายช้าลง หมดความรู้สึก และเสียชีวิต

2.3.2.3 การผลิตไนโตรเจนเหลว (Liquid Nitrogen-LIN)

ไนโตรเจนเป็นก๊าซที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่นและไม่มีรส ไม่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยา มีจุดเดือดประมาณ - 196 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมเหลวประมาณ - 210 องศาเซลเซียส ละลายน้ำได้เล็กน้อยเบากว่าอากาศ

การทำไนโตรเจนเหลว ใช้วิธีเตรียมจากอากาศ (อากาศมีก๊าซไนโตรเจนประมาณ 79 % และก๊าซออกซิเจนประมาณ 20 % โดยปริมาตร) ผ่านกระบวนการ Liquefaction โดยการเพิ่มความดัน และลดอุณหภูมิจากนั้นจึงแยกออกซิเจนออก จะได้ไนโตรเจนเหลว กระบวนการทำไนโตรเจน ดังแผนภาพที่ 2.2



ภาพที่2.4 ส่วนประกอบไนโตรเจนเหลว

ที่มา : ดัดแปลงจาก (นิมิตต์, 2555)

เริ่มต้นดูดอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศผ่านลงในสารละลาย NaOH เพื่อกำจัด CO2 (g) CO2 (g) + 2 NaOH ---> Na2CO3 + H2Oจากนั้นจึงผ่านอากาศที่กำจัด CO2 (g) แล้ว เข้าไปในเครื่องกรองน้ำมันเพื่อแยกน้ำมันออก พร้อมกับทำให้แห้งด้วยสารดูดความชื้น คือ อะลูมินา (AL2O3) จะได้อากาศแห้งซึ่งมีก๊าซไนโตรเจน และออกซิเจน เป็นส่วนใหญ่ เมื่อลดอุณหภูมิลงจนถึงประมาณ -183 องศาเซลเซียส ก๊าซ ออกซิเจน จะกลายเป็นของเหลวออกมาก่อน และเมื่อลดอุณหภูมิต่อไปอีกจนถึงประมาณ -196 องศาเซลเซียส ก๊าซไนโตรเจนจะกลายเป็นของเหลวแยกตัวออกมา โดยมีก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซเฉื่อยเหลืออยู่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกัน

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารของพืช จึงนำไปใช้ในการทำปุ๋ย เช่น ปุ๋ยยูเรีย (H2NCONH2) และปุ๋ย (NH4)2SO4 เป็นต้น สำหรับไนโตรเจนเหลวมีอุณหภูมิต่ำมากจึงนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำความเย็น เช่น การแช่แข็งอาหารต่าง ๆ ในโรงงานหรือในรถบรรทุกขณะขนส่ง รวมทั้งใช้มากในทางการแพทย์ เช่น การแช่แข็งเลือด แช่แข็งเซลล์ไขกระดูก หรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เพื่อให้เก็บรักษาได้นาน

2.4 การแช่แข็ง

การแช่เยือกแข็งเป็นวิธีถนอมรักษาอาหารประเภท 1 อาหารแช่แข็งจะมีอายุการเก็บรักษานานมากกว่าการแช่เย็นการแช่เยือกแข็งแตกต่างกับการแช่เย็นตรงที่การแช่เยือกแข็งทำให้เกิดเป็นน้ำแข็งในส่วนของน้ำที่สามารถเป็นน้ำแข็งได้ (freezeble water) ได้กลายเป็นน้ำแข็งในขณะที่การแช่เย็นได้ทำให้น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็งแต่อย่างใด หรืออาจกล่าวได้ว่าอุณหภูมิที่เก็บรักษาอาหารแช่เย็นนั้นไม่ต่ำไปกว่า 0 องศาเซลเซียส ดังนั้นการเก็บรักษาผักและผลไม้แช่เย็นผลิตผลจะมีลักษณะคล้ายสดอยู่มากขณะที่การแช่แข็งจะทำให้ผักและผลไม้มีการเปลี่ยนแปลงไปบ้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตผลจะเปลี่ยนแปลงไปและอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงมากขึ้นหากทำการแช่เยือกแข็งผลิตผลนั้นไม่ถูกวิธีมีผลให้อายุการเก็บรักษาสั้นลงก่อนที่ทราบถึงวิธีการแช่เยือกแข็งที่ถูกต้อง (สงวนศรี, 2558)

2.4.1 อาหารแช่แข็งที่มีการผลิตในระดับอุตสาหกรรมแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆดังนี้

2.4.1.1 ผลไม้ เช่น สตอเบอรี่ มังคุด ราสเบอรี่ ที่เป็นลูก

2.4.1.2 ผัก ถั่ว เมล็ดถั่วลันเตา หน่อไม้ฝรั่ง ข้าวโพดหวาน ผักโขม และมันฝรั่ง

2.4.1.3 เนื้อปลาแล่ และอาหารทะเล ปลาคอด กุ้งและเนื้อปู รวมทั้งปลาบด ลูกชิ้นปลา หรืออาหารทะเลสำเร็จรูปที่มีซอสราด

2.4.1.4 เนื้อ เช่น เนื้อวัว เนื้อแกะ เนื้อไก่ ในลักษณะซากหรือก้อน และผลิตภัณฑ์เนื้อ เช่น ไส้กรอก เบอร์เกอร์เนื้อ เนื้อสเต็กแปรรูป

2.4.1.5 อาหารอบ เช่น ขนมปัง ขนมเค้ก และผลไม้

2.4.1.6 อาหารสำเร็จรูปพร้อมบริโภคได้ทันที เช่น พิซซ่า ขนมไอศกรีม อาหารชุด อาหารที่ให้ความร้อนแล้วแช่เยือกแข็ง

2.4.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการแช่เยือกแข็ง

2.4.2.1 การขยายปริมาตรเมื่อน้ำเปลี่ยนสภาพกลายเป็นน้ำแข็งจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นร้อยละ 9 แต่ในอาหารที่แช่เยือกแข็งนั้นปริมาตรของอาหารจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 6 เท่านั้นเนื่องจากในอาหารโดยทั่วไปมักมีอากาศแทรกอยู่สิ่งที่ทำให้ปริมาตรเพิ่มขึ้นส่วนใหญ่คือน้ำเท่านั้น

2.4.2.2 การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารละลายในเซลล์ระหว่างที่น้ำในอาหารกลายเป็นน้ำแข็งนั้นน้ำที่สามารถกลายเป็นน้ำแข็งได้จะกลายเป็นน้ำแข็งก่อนหากเซลล์มีความสามารถซึมผ่านของน้ำได้ดีน้ำจะซึมผ่านออกมาภายนอกเซลล์ภายในเซลล์จะมีความเข้มข้นของสารละลายสูงขึ้นการเพิ่มของความเข้มข้นมีผลถึงค่า pH ซึ่งมีผลต่อความคงตัวของคอลลอยด์ และสารแขวนลอยต่าง ๆ การทำงานของเอนไซม์ในอาหาร และอาจมีการตกตะกอนของเกลือด้วย

2.4.3 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็ง

การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารแช่แข็งคล้ายกับการเก็บรักษาอาหารแช่เย็นโดยพบว่ามีปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้ (สงวนศรี, 2558)

2.4.3.1 อุณหภูมิที่เก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งพบว่าผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิต่ำมากขึ้นสามารถเก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น และการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์อาหารจะต้องรักษาอาหารแช่เยือกแข็งไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า - 18 องศาเซลเซียสเพื่อจะได้ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งในสภาพ deep frozen และผลิตภัณฑ์อาหารนั้นจะมีคุณภาพดี

2.4.3.2 ผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งนั้นต้องให้ผลิตภัณฑ์อาหารที่นำมาแช่เยือกแข็งมีคุณภาพเริ่มต้นที่ดีก่อนการที่จะได้ผลิตภัณฑ์ที่ดีจะต้องมีการควบคุมสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ วัตถุดิบที่ใช้ผลิต กรรมวิธีก่อนการแช่เยือกแข็ง กรรมวิธีการบรรจุ ภาชนะบรรจุ และกรรมวิธีการแช่เยือกแข็ง

2.4.3.3 ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องเก็บรักษาเนื่องจากอุณหภูมิในห้องเก็บรักษาต่ำจะทำให้ความชื้นในห้องเก็บรักษาต่ำมีผลทำให้ความชื้นของผลิตภัณฑ์อาหารแช่เยือกแข็งระเหิดออกสู่บรรยากาศทำให้ผลิตภัณฑ์อาหารเกิดลักษณะแห้ง (freezer burn) และเกิดมากขึ้นหากมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิบ่อยครั้งการป้องกันการแห้งนี้ อาจทำได้โดยบรรจุภัณฑ์อาหารในภาชนะที่แบ่งออกแบบอย่างเหมาะสม หรืออาจทำให้ห้องเก็บรักษามีความสัมพัทธ์ใกล้เคียงร้อยละ 100

2.4.3.4 การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในการเก็บรักษาในระหว่างการเก็บรักษา และการขนส่งผลิตภัณฑ์อาหารควรมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิให้น้อยที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดการแห้งของผลิตภัณฑ์ และการป้องกันการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์อาหาร

2.4.3.5 การเสียหายทางกายภาพควรวางผลิตภัณฑ์ให้แรงกดทับอยู่บนภาชนะบรรจุที่ดีและไม่ควรวางให้สูงเกินกว่าภาชนะบรรจุจะรับแรงกดทับเพื่อป้องกันการแตกการบิดงอของภาชนะบรรจุการแตก และการเสียรูปร่างของภาชนะบรรจุมีผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร

2.4.3.6 การปนเปื้อนของจุลินทรีย์อุณหภูมิที่ต่ำไม่สามารถกำจัดจุลินทรีย์ได้ทุกชนิดอุณหภูมิต่ำเพียงแต่ชะลอการเจริญของจุลินทรีย์เท่านั้น

2.4.4 การคืนตัวของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง

ตามลักษณะทางกายภาพการคืนตัวของผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็งหมายถึงกระบวนการตรงกันข้ามกับการแช่เยือกแข็งจัดเป็นกระบวนการให้ความร้อนแก่ผลิตภัณฑ์แช่เยือกแข็ง เพื่อทำให้ผลึกน้ำแข็งละลายกลับคืนสู่สภาพเดิม ซึ่งจัดเป็นงานขั้นสุดท้ายของการแช่เยือกแข็งก่อนที่จะนำไปบริโภค หรือแปรรูปผลิตภัณฑ์อื่นต่อไป ตามปกติอัตราการคืนตัวที่อุณหภูมิห้องจะใช้เวลานานมากโดยเฉพาะอาหารที่มีขนาดใหญ่ชิ้นหนาทำให้เสียเวลาและเปลืองพื้นที่ต้องการใช้เพื่อการขึ้นรูปดังกล่าวโดยเฉพาะในระดับอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อคุณภาพของวัตถุดิบที่นำมาขึ้นรูปด้วย เพราะเมื่อใช้เวลานานจะเปิดโอกาสให้จุลินทรีย์เริ่มต้นสูงขึ้น

2.4.5 การถนอมอาหารโดยการแช่เยือกแข็ง

การถนอมอาหารโดยการแช่เยือกแข็งแบ่งเป็น 2 วิธีดังนี้คือ

2.4.5.1 การแช่แข็งอย่างเร็ว (Quick freezer) การแช่แข็งวิธีนี้มาใช้เวลาในการทำให้อาหารแข็งตัวประมาณ 30 นาที หรือน้อยกว่าซึ่งอุณหภูมิจะอยู่ระหว่าง - 18 องศาเซลเซียสถึง - 40 องศาเซลเซียสในทางการค้ามักนิยมแช่แข็งโดยวิธีนี้

การแช่แข็งอย่างเร็วอาจจะทำได้โดยเอาอาหารใส่ในห่อหีบที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าวางบนแผ่นโลหะ ซึ่งมีสารทำให้เย็นไหลผ่านโดยตลอดเมื่อจัดวางกล่อง หรือหีบห่ออาหารทั้งหมดเข้าที่แล้วก็จะทำให้แผ่นโลหะนั้นกดเข้าหากันด้วยแรงดันไฮดรอลิคการที่แผ่นโลหะแต่กับหีบห่ออาหารจะทำให้อาหารนั้นแข็งตัวได้อย่างรวดเร็ว การแช่แข็งอาหารอย่างเร็วนั้นอาจใช้วิธีวางอาหารในที่ทำให้มีอากาศเย็นพัดผ่านอีกวิธีหนึ่งที่จะทำให้อาหารแช่แข็งได้อย่างรวดเร็วที่สุด คือโดยการจุ่มอาหารนั้นโดยตรงในตัวทำความเย็น

2.4.5.2 การแช่แข็งอย่างช้า (slow freezer) การแช่แข็งโดยวิธีนี้อาจต้องใช้เวลาตั้งแต่ 3 ถึง 72 ชั่วโมงอุณหภูมิประมาณต่ำกว่า - 15 องศาเซลเซียสการเก็บอาหารในช่องแช่แข็งของตู้เย็นที่มีประตูเดียวจัดอยู่ในประเภทนี้เพราะจะมีอุณหภูมิระหว่าง - 18 องศาเซลเซียสถึง - 1 องศาเซลเซียสขึ้นกับโมเดลสภาพของเครื่องและการตั้งความเย็น

การแช่เย็นอย่างช้าก็เหมือนการแช่เย็นอาหารตามบ้านตู้แช่แข็งที่ปรับอุณหภูมิให้อยู่ที่ -18 องศาเซลเซียส หรือใกล้ -18 องศาเซลเซียสถือเป็นการแช่แข็งอย่างเร็ว การวางอาหารเป็นสิ่งสำคัญในการทำให้อาหารแข็งได้เร็วหรือช้าไม่ควรวางกล่องอาหารในช่องตรงฝาตู้ เพราะอุณหภูมิบริเวณนั้นสูงกว่าอุณหภูมิภายในช่องแช่แข็งหลายองศาถ้ามีอาหารที่แช่แข็งหลายกล่องจะต้องแจกวางหลายจุดถ้ามีท่อทำให้เย็นอยู่ชั้นนั้น ควรวางกล่องอาหารโดยตรงบนชั้นนั้นหีบห่อขนาดเล็กจะทำให้อาหารแข็งตัวได้เร็วกว่าขนาดใหญ่ (สงวนศรี, 2558)

2.4.6 วิธีการแช่แข็งด้วยสารไครโอเจน

สงวนศรี, 2558 กล่าวว่า การแช่แข็งด้วยสารใช้ออกซิเจนเป็นการแช่แข็งแบบรวดเร็วมาก สารไครโอเจนที่นิยมใช้ได้แก่ ไนโตรเจนเหลว และคาร์บอนไดออกไซด์เหลว ซึ่งเป็นสารที่มีจุดเดือดต่ำมาก คือ ที่อุณหภูมิ - 196 และ - 79 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่แข็งต่ำมาก จึงทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กขึ้นในอาหาร อาหารแช่แข็งที่ได้จึงมีคุณภาพที่ดีหลังการทำละลาย เมื่อสาร ไครโอเจนสัมผัสกับอาหาร จะดูดความร้อนจากอาหารแล้ว พาความร้อนออกสู่บรรยากาศภายนอกทางคอนเดนเซอร์ รวมถึงต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์ของคอมเพรสเซอร์เพื่ออัดไอของสารทำความเย็นให้สามารถกลับมาดูดความร้อนจากอาหารได้อีก แต่ในกรณีของการแช่แข็งด้วยสารไครโอเจนนั้น ไม่ต้องอาศัยระบบทำความเย็นเชิงกล เนื่องจากจะไม่มีการนำสารไครโอเจนที่ระเหยไปเวียนกลับมาใช้อีก

วิธีนี้สามารถผลิตอาหารแช่แข็งได้ทั้งแบบกะ และแบบต่อเนื่อง เครื่องแช่แข็งแบบกะมีลักษณะเป็นตู้ โดยอาหารจะวางอยู่บนตะแกรงซึ่งวางเรียงซ้อนกันบนชั้นของรถเข็น แล้วจึงนำรถเข็นเข้าสู่ภายในตู้แช่แข็ง ซึ่งมีหัวพ่นละอองสารไฮโดรเจน และมีพัดลมเป่าเพื่อกระจายความเย็น อัตราการพ่นละอองสารไครโอเจนขึ้นอยู่กับการตั้งอุณหภูมิภายในตัวเครื่อง ส่วนเครื่องแช่แข็งแบบต่อเนื่องจะมีลักษณะภายนอกคล้ายเครื่องแช่แข็งแบบสายพานของการแช่แข็งโดยใช้ลมเย็นพ่น สายพานลำเลียงจะพาอาหารเข้ามาในเครื่อง ไนโตรเจนเหลวจะถูกส่งเข้ามาตามท่อ และฉีดเป็นละอองในช่วงถ่ายของเครื่อง เมื่อไนโตรเจนเหลวสัมผัสกับอาหาร และบรรยากาศภายนอกหัวฉีดซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าก็จะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อน เป็นผลทำให้ไนโตรเจนเหลวเดือด และระเหยกลายเป็นไอ ในขณะที่อาหารจะมีอุณหภูมิลดลงและแข็งตัวไปในที่สุด ในส่วนต้นของเครื่องแช่แข็งจะมีพัดลมไอเย็นของไนโตรเจนให้สัมผัสกับอาหารที่เริ่มลำเลียงเข้ามา ทำให้อาหารมีอุณหภูมิลดลง (precooling) ซึ่งนอกจากจะเป็นการใช้ไนโตรเจนเหลวอย่างมีประสิทธิภาพ แล้วยังเป็นการลดปัญหาการแตกของชิ้นอาหารในระหว่างการแช่แข็งที่ใช้อุณหภูมิต่ำมากได้อีกด้วย ในส่วนท้ายของเครื่องนี้ก็มีพัดลมเช่นกัน เพื่อที่จะปรับอุณหภูมิอาหารให้เท่ากันตลอดทั้งชิ้นก่อนออกจากเครื่องแช่แข็ง ซึ่งมักเรียกช่วงนี้ว่าช่วงปรับสมดุลของอุณหภูมิ ปริมาณการใช้ไนโตรเจนเหลวอยู่ที่ประมาณ 0.3 - 1.5 กิโลกรัม/อาหาร 1 กิโลกรัม ขึ้นกับองค์ประกอบของอาหาร (โดยเฉพาะปริมาณน้ำ) และอุณหภูมิที่เริ่มต้นของอาหาร

ในกรณีที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลว อุปกรณ์ของเครื่องแช่แข็งก็จะคล้ายกับเครื่องแช่แข็งที่ใช้ไนโตรเจนเหลว มักมีผู้เข้าใจว่าหลักการในการลดอุณหภูมิอาหารของสารไครโอเจนทั้งสองเหมือนกัน แต่ในความเป็นจริงแล้วต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เหลวถูกปล่อยสู่บรรยากาศจะเกิดการเปลี่ยนสถานะสถานะขึ้นพร้อม ๆ กัน คือ เป็นทั้งไอ (หรือแก๊ส) และเกล็ดหิมะละเอียด (น้ำแข็งแห้ง) ในสัดส่วนที่เท่ากัน ในระหว่างการเปลี่ยนสถานะนั้น ทั้งไอเย็นและเกล็ดหิมะของคาร์บอนไดออกไซด์มีอุณหภูมิ - 79 องศาเซลเซียส แต่ไนโตรเจนเหลวเมื่อถูกปล่อยออกสู่บรรยากาศจะรับความร้อนมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะเป็นไอ (แก๊ส) เพียงอย่างเดียว ดังนั้นเมื่อคาร์บอนไดออกไซด์เหลวสัมผัสกับบรรยากาศภายนอกหัวฉีดจะเกิดเป็นทั้งไอเย็นและเกล็ดหิมะไปสัมผัสกับอาหาร ทำให้อาหารมีอุณหภูมิลดลงและแข็งตัวอย่างรวดเร็ว ในขณะที่ไอเย็นของคาร์บอนไดออกไซด์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น และเกล็ดหิมะของคาร์บอนไดออกไซด์จะเกิดการระเหยเป็นไอ (แก๊ส) ด้วยลักษณะธรรมชาติของคาร์บอนไดออกไซด์เหลวนี้ ทำให้เครื่องแช่แข็งที่ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เหลวต้องมีหัวพ่นคาร์บอนไดออกไซด์เหลวตลอดความยาวของอุโมงค์ ไม่ได้มีหัวฉีดพ่นเฉพาะช่วงท้ายของอุโมงค์เหมือนในเครื่องแช่แข็งที่ใช้ไนโตรเจนเหลว

ระหว่างคาร์บอนไดออกไซด์เหลวและไนโตรเจนเหลว สารที่มีประสิทธิภาพในการแช่แข็งมากกว่ากัน หากพิจารณาที่จุดเดือด ซึ่งเป็นจุดที่ของเหลวรับความร้อนมาทำให้เดือดและกลายเป็นไอหรือแก๊สนั้น ไนโตรเจนเหลวจะมีประสิทธิภาพดีกว่า เพราะมีจุดเดือดที่ต่ำกว่า ถ้าพิจารณาที่ความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะ คาร์บอนไดออกไซด์เหลวจะได้เปรียบกว่า เพราะมีค่าความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะเป็นไอ (ทั้งจากการระเหยและการระเหิด) สูงกว่าไนโตรเจนเหลว ทำให้สามารถดูดความร้อนปริมาณมากกว่าต่อมวลมาใช้ในการเปลี่ยนสถานะเป็นไอ

ตารางที่ 2.5 เปรียบเทียบสมบัติด้านความร้อนของไนโตรเจนเหลวคาร์บอนไดออกไซด์เหลวและน้ำแข็งแห้ง

สารไครโอเจน	จุดเดือด (^{o}ช)	ความร้อนแฝงในการระเหยเป็นไอ (กิโลจูล / กิโลกรัม)	ความร้อนแฝงในการระเหิดเป็นไอ (กิโลจูล / กิโลกรัม)	ความร้อนจำเพาะ (ไอ) (กิโลจูล / กิโลกรัม-เคลวิน)
ไนโตรเจนเหลว	-196	199	-	1. 04
คาร์บอนไดออกไซด์เหลว	-79	342	-	0. 85
น้ำแข็งแห้ง	-79	-	571	0. 85

ที่มา: ตัดแปลงจาก Karel and Lund (2003)

ข้อดีของการแช่แข็งด้วยสารไครโอเจน คือ ให้อัตราการแช่แข็งที่เร็วมาก เป็นผลให้อาหารแช่แข็งที่ได้มีเนื้อสัมผัสดี ซึ่งเหมาะที่จะใช้กับผักและผลไม้ที่มีเนื้อสัมผัสนิ่มและบอบบาง เช่น กล้วย สตรอเบอรี มะเขือเทศ และเห็ด รวมทั้งผลิตภัณฑ์ประมงบางประเภทที่มีราคาสูงและต้องการเนื้อสัมผัสที่ดีหลังการทำละลาย อาหารที่ผ่านการแช่แข็งด้วยวิธีนี้มักจะมีการสูญเสียความชื้นต่ำเนื่องจากใช้เวลาในการแช่แข็งสั้น การแช่แข็งด้วยวิธีนี้เหมาะกับกระบวนการผลิตที่มีกำลังการผลิตไม่สูงมาก และผู้ประกอบการที่มีเงินลงทุนขั้นต่ำไม่สูงมาก เนื่องจากไม่ต้องติดตั้งระบบทำความเย็นเชิงกล

ข้อด้อยของวิธีนี้ คือ มีค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องสูง เนื่องจากไม่สามารถนำสารไครโอเจนกลับมาใช้ได้อีกเหมือนในกรณีการแช่แข็งด้วยระบบทำความเย็นเชิงกล ทำให้วิธีนี้ไม่เหมาะที่ใช้กับอาหารที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากสิ้นเปลืองสารไครโอเจนปริมาณมากเพื่อทำให้เกิดการแช่แข็งอย่างสมบูรณ์นอกจากนี้การใช้สารไครโอเจนที่มีอุณหภูมิต่ำมาก จึงอาจทำให้เกิดปัญหาการปิดแตกที่ผิวหนังได้ หากไม่มีการควบคุมสภาวะในการแช่แข็งที่ดีพอ

2.4.7 การแช่แข็งด้วยสารไครโอเจนร่วมกับการใช้ระบบทำความเย็นเชิงกล

การแช่แข็งด้วยระบบทำความเย็นเชิงกลและการแช่แข็งด้วยสารไครโอเจนมีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน ดังที่กล่าวมาแล้วจึงทำให้ในปัจจุบันมีการนำการแช่แข็งทั้งสองระบบมาใช้ร่วมกัน เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี โดยเสียค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก การแช่แข็งสารไครโอเจนร่วมกับการใช้ระบบทำความเย็นเชิงกล (cryomechanical freezing) มีประโยชน์อย่างมากกับอาหารบางชนิดที่หยิบจับค่อนข้างยาก หรือมีผิวที่เหนียวติดมือ หรืออาหารประเภทไก่สดซึ่งผิวจะเกิดรอยจ้ำหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวได้ง่ายหากใช้อัตราการแช่แข็งแบบช้า การแช่แข็งด้วยสารไครโอเจนจะช่วยทำให้ผิวด้านนอกของอาหารเหล่านี้เกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว (quick crust freezing) ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายอาหารได้สะดวกขึ้น หรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีผิวเนื่องจากได้รับความเย็นนานเกินไป นอกจากนี้ผิวที่แข็งตัวแล้วยังเป็นเสมือนชั้นผิวที่ช่วยกันไม่ให้ความชื้นออกไปจากชิ้นอาหารในระหว่างการแช่แข็งในขั้นตอนถัดไป รวมถึงช่วยทำให้อาหารไม่ติดเกราะกัน หลังจากเกิดการแช่แข็งที่ผิวแล้วอาหารจะถูกส่งต่อไปยังเครื่องแช่แข็งแบบลมเย็นพ่นซึ่งอาจเป็นแบบสายพานเวียนเป็นเกลียวหรือแบบฟลูดิไดซ์เบด เพื่อให้ทั้งชิ้นอาหารแข็งตัวอย่างสมบูรณ์โดยไม่เกิดปัญหาการแตกหรือเปลี่ยนรูปร่าง การแช่แข็งด้วยวิธีนี้มีค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องแช่แข็งต่ำกว่าการแช่แข็งด้วยสารไฮโดรเจนเพียงอย่างเดียว เพราะในช่วงที่ใช้ระบบทำความเย็นเชิงกลสามารถหมุนเวียนสารทำความเย็นกลับมาใช้ใหม่ได้ และการแช่แข็งด้วยวิธีนี้ยังส่งผลให้น้ำแข็งที่มาเกาะอยู่ตามคอยล์เย็นมีปริมาณลดลงเปรียบเทียบกับการแช่แข็งด้วยระบบทำความเย็นเชิงกลเพียงอย่างเดียว เนื่องจากเมื่อผิวด้านนอกของอาหารแข็งตัวอย่างรวดเร็ว จึงทำให้อัตราการสูญเสียความชื้นระหว่างการแช่แข็งต่ำเป็นผลให้มีความชื้นไปเกาะตามคอยล์เย็นน้อยลงไปด้วย

ข้อดีอีกประการหนึ่งของวิธีการแช่แข็งด้วยสารไฮโดรเจนร่วมกับการใช้ระบบทำความเย็นเชิงกล คือ ช่วยเพิ่มกำลังการผลิตให้แก่การแช่แข็งด้วยสารไฮโดรเจนเนื่องจากใช้ระบบนี้เพียงระยะเวลาสั้น ๆ ในช่วงแรก ทำให้สามารถรับอาหารที่ลำเลียงเข้ามาในระบบได้มากกว่าการแช่แข็งด้วยไครโอเจนเพียงอย่างเดียว

การแช่แข็งด้วยวิธีนี้เหมาะกับอาหารที่มีผิวบอบบาง เช่น สตรอเบอรี ราสเบอรี่ กุ้งและหอยสดที่แกะเปลือก และอาหารที่อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงสีได้ในระหว่างการแช่แข็ง เช่น เห็ด ไก่ และกุ้งต้ม

2.4.8 การเปรียบเทียบวิธีการแช่แข็ง

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า วิธีการแช่แข็งมีหลายวิธี และแต่ละวิธีก็มีอัตราเร็วในการแช่แข็งที่แตกต่างกัน การเปรียบเทียบความเร็วในการแช่แข็งอาหารชนิดหนึ่งด้วยวิธีการแช่แข็งแบบต่าง ๆ สามารถบ่งชี้คร่าว ๆ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิว (heat transfer coefficient, h) ถ้าใช้วิธีการแช่แข็งแบบใดมีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวสูง แสดงว่า สามารถเกิดการถ่ายเทความร้อนระหว่างผิวของอาหารและตัวกลางให้ความเย็นได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการแช่แข็งแบบเร็วประมวลค่าสัมฤทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวของวิธีการแช่แข็งแบบต่าง ๆ ที่มีผู้ศึกษาและทดลองมาก่อนหน้านี้ จากข้อมูลเหล่านี้สามารถสรุปได้ว่า การเพิ่มความเร็วของลมเย็นหรือของเหลวเย็นในขณะสัมผัสกับอาหารจะช่วยเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนที่ผิวได้อย่างชัดเจน ดังนั้นผู้ผลิตอาหารแช่แข็งควรให้ความสำคัญในการบังคับทิศทางของลมเย็นหรือของเหลวเย็นให้สัมผัสกับอาหารโดยตรงให้มากที่สุด เพื่อเป็นการใช้พลังงานและใช้สารทำความเย็นได้อย่างคุ้มค่าที่สุด

2.5 วิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริพร และคณะ (2558) ได้ศึกษาเรื่องคุณลักษณะทางกายภาพและการยอมรับมูสช็อกโกแลตที่ผลิตด้วยนมพาสเจอไรซ์ทางการค้าที่มีปริมาณไขมันแตกต่างกันพบว่า จากการศึกษาผลของน้ำนมพาสเจอร์ไรซ์ทางการค้าที่มีปริมาณไขมันแตกต่างกันต่อความสามารถในการเกิดฟอง ความคงตัวของฟอง เนื้อสัมผัสรวมทั้งการยอมรับทางประสาทสัมผัสมูสช็อกโกแลต การทดลองได้ทำการผลิตมูสช็อกโกแลตด้วยนมพาสเจอร์ไรซ์ทางการค้า ที่มีปริมาณไขมันแตกต่างกัน เช่น ไขมันเต็ม (M-FF) ไขมันต่ำ (M-LF) และไม่มีไขมัน (M-NF) กระบวนการการผลิตเริ่มจากการให้ความร้อนกับนมพาสเจอไรซ์ (130 กรัม) จนกระทั่งอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เติมช็อกโกแลตและคนกระทั่งละลาย (5 นาที) ขณะเดียวกัน นำวิปปิ้งครีม (238 กรัม) ผสมกับน้ำตาลทรายขาว (34 กรัม) และตีด้วยเครื่องตีผสมอาหาร (MK-GB1W Stand Mixer,Panasonic, China) ด้วยหัวตีแบบบีทเตอร์ (beaters) ความเร็วระดับ 3 นาน 10 นาที (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ถึง 10 องศาเซลเซียส) จากนั้นนำส่วนผสมของนมพาสเจอร์ไรซ์ ช็อกโกแลตผสมกับวิปปิ้งครีม น้ำตาลทรายขาวเข้าด้วยกัน และนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง และเสิร์ฟอุณหภูมิ 4 - 7 องศาเซลเซียส สรุปผลการทดลองนมพาสเจอร์ไรซ์ทางการค้าชนิดไม่มีไขมันสามารถนำมาผลิตมูสช็อกโกแลต ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อสมบัติทางเนื้อสัมผัสและประสาทสัมผัส รวมทั้งยังทำให้พลังงานจากไขมันลดลง

B. Duquenne et al. (2016) ได้ทำการศึกษาเรื่องความคงตัวของมูสแช่แข็ง โดยใช้เจลาตินเปปไทด์โมเลกุลต่ำ พบว่า จากการศึกษาตรวจสอบประสิทธิภาพของน้ำหนักเจลาตินเปปไทด์โมเลกุลต่ำต่อการหดตัวของมูสแช่แข็ง โดยใช้กระบวนการวัดพื้นผิวและปริมาตร ผ่านเครื่องเอ็กซเรย์โดยใช้ Micre-ct ที่มีความละเอียด Voxel 11.49 ไมโครเมตร สามารถใช้วัดฟองอากาศขนาดใหญ่ของเมทริกซ์ได้ โดยวิธีการทดลอง ส่วนผสม ได้แก่ นม น้ำตาล ครีม เจลาติน Modified starch กรดไขมันแลคติคเอสเทอร์ของโมโนโครม และดิกลีเซอไรด์ของกรดไขมัน โซเดียมฟอสเฟต คาราจีแนนกลิ่นวนิลา เบต้าแคโรทีน และเปปไทด์เจลลาติน 2 % หรือ นมผง 2 % เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมของแห้ง หลังจากผสมจึงนำไปผ่านความร้อนด้วยอุณหภูมิ 120 -130 องศาเซลเซียส ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน หน่วยวัด 85/25 บาร์ เติมวิปปิ้งครีมเพื่อให้อุณหภูมิในส่วนผสมลดลง เมื่อเย็นลงนำมูสใส่ถ้วยพลาสติกแบบมีฝาปิด เก็บในช่องแช่แข็งอุณหภูมิ - 24 องศาเซลเซียส เศษที่เหลือคัดออกไปวิเคราะห์ หลังจาก 1,3,6,9,12 เดือน ทดสอบอีกครั้งโดยวิเคราห์มูสตัวอย่างภายใน 24 ชั่วโมงด้วยอุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียล สรุปผลการทดลอง ขนาดฟองและจำนวนฟองของฟองอากาศที่วัดปริมาณและแสดงให้เห็นว่าขึ้นอยู่กับการแช่แข็ง และละลาย ตัวอย่างที่มีเจลาตินเปปไทด์โมเลกุลต่ำมีโครงสร้างจุลภาคที่เสถียรกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างอ้างอิงและมูสที่ใช้นมผง ฟองอากาศที่มีขนาดเล็กลงซึ่งได้รับจากแรงดันภายในที่เพิ่มขึ้นนั้นมีความเสถียรมากกว่า

เกศิรินทร์ และคณะ (2554) ได้ศึกษาเรื่องผลของอัตราการแช่เยือกแข็งและวิธีการละลายน้ำแข็งต่อคุณภาพของขนมชั้นแช่เยือกแข็ง ขนมชั้นเป็นขนมที่นิยมบริโภคซึ่ง สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง ได้เพียง 1-2 วันเท่านั้น ดังนั้นการแช่เยือกแข็งจึงน่าจะเป็นทางเลือกในการยืดอายุการเก็บรักษา งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ อัตราการแช่เยือกแข็งและวิธีการละลายน้ำแข็งที่มีผลต่อคุณลักษณะของขนมชั้นแช่เยือกแข็ง โดยเตรียมขนมชั้นสดและนำมา แช่เยือกแข็งแบบเร็วที่อัตราการแช่เยือกแข็ง 4.08 ซ/นาที และ แช่เยือกแข็งแบบช้าที่อัตราเร็ว 0.2 ซ/นาที จากนั้นนำมาละลายน้ำแข็งที่อุณหภูมิห้อง ,และในน้ำร้อนอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส จากการตรวจสอบเนื้อสัมผัสด้วย เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์เนื้อสัมผัส พบว่าขนมชั้นที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบช้า มีความแข็งมากกว่าตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบเร็วอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบขนมชั้นแช่เยือกแข็งแบบเร็วมากกว่า ตัวอย่างที่ผ่านการแช่เยือกแข็งแบบช้า ส่วนการทำละลายที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส และ 90 องศาเซลเซียส ให้ผลที่ดีกว่าที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากการให้ความร้อนสูงระยะเวลาสั้นนั้นช่วยให้ขนมชั้นกลับสู่ภาพเดิมได้มากที่สุด นอกจากนี้ยังพบการแยกตัวของน้ำหลังการละลายในทุกตัวอย่างคาดว่า เนื่องจากขนมชั้นมีความชื้นปานกลางและปริมาณน้ำตาลที่ค่อนสูงมีส่วนลดการเกิดรีโทรกราเดชั่น

Sidney and Lawrence (1986) ได้ศึกษาเรื่องมูสแช่แข็งและวิธีการทำ องค์ประกอบในการทำผลิตภัณฑ์มูสแช่แข็ง ซึ่งมีส่วนประกอบรวมประมาณ 20 ถึงประมาณ 28 % ได้แก่ สารให้ความหวานประมาณร้อยละ 14 ถึงประมาณร้อยละ 17 ครีมประมาณร้อยละ 0.5 ช็อคโกแลต ประมาณ 11.5 % เนยโกโก้ประมาณ 0.5 % ถึง ประมาณ 3.5 % ไข่แดงเลซิตินประมาณ ร้อยละ 1.0 และมีน้ำเพียงพอ โดยที่องค์ประกอบนั้นมีปริมาณของแข็งทั้งหมด ประมาณ 48 % ถึงประมาณร้อยละ 58 ซึ่งเป็นปริมาณไขมันทั้งหมด ประมาณ 19 % ถึงประมาณ 25 % และไม่มากกว่าประมาณร้อยละ 3 ของผลิตภัณฑ์นม การแช่แข็งมูสสามารถทำจากองค์ประกอบโดยการแช่แข็งคล้ายกับไอศกรีม เพราะเนื้อสัมผัสของมูสคล้ายกับการผลิตไอศกรีม โดยเนื้อสัมผัสที่ดีของมูสต้องมีเนื้อเนียนลื่นและละลายปาก เนื่องจากมีปริมาณของไขมัน และปริมาณน้ำต่ำ ดังนั้นยิ่งมีน้ำน้อยการตกผลึกระหว่างการแช่แข็งและการเก็บรักษา ทำให้ปริมาณไขมันที่สูงและจุดหลอมเหลวที่ค่อนข้างสูงของไขมันส่งผลให้การเก็บรักษารูปร่างที่ดีขึ้นความมั่นคง

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์

3.1.1 วัตถุดิบ

3.1.1.1 ไข่ไก่เบอร์ 2	ตลาดเทเวศน์
3.1.1.2 น้ำตาลทรายเบเกอรี่	ตรา ลิน
3.1.1.3 นมสด	ตรา เมจิ
3.1.1.4 ดาร์กช็อกโกแลต 70%	ตรา สวิส ไลน์
3.1.1.5 เจลาตินแผ่น	ตรา Gelita
3.1.1.6 วิปปิ้งครีม	ตรา Anchor
3.1.1.7 น้ำแข็งแห้ง	

3.1.2 อุปกรณ์

3.1.2.1 เครื่องผสมอาหาร	ยี่ห้อ Kenwood
3.1.2.2 เครื่องชั่งดิจิตอล	ยี่ห้อ CST
3.1.2.3 เครื่องวัดอุณหภูมิ	ยี่ห้อ Infrared
3.1.2.4 ตะกร้อมือ	ยี่ห้อ IKEA
3.1.2.5 เตาไฟฟ้า	ยี่ห้อ Sirman
3.1.2.6 อ่างผสม	ยี่ห้อ IKEA
3.1.2.7 หม้อ	ยี่ห้อ ม้าลาย
3.1.2.8 พิมพ์โลหะ	
3.1.2.9 พายยาง	
3.1.2.10 กระบวย	
3.1.2.11 ลังโฟม	

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 ศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม

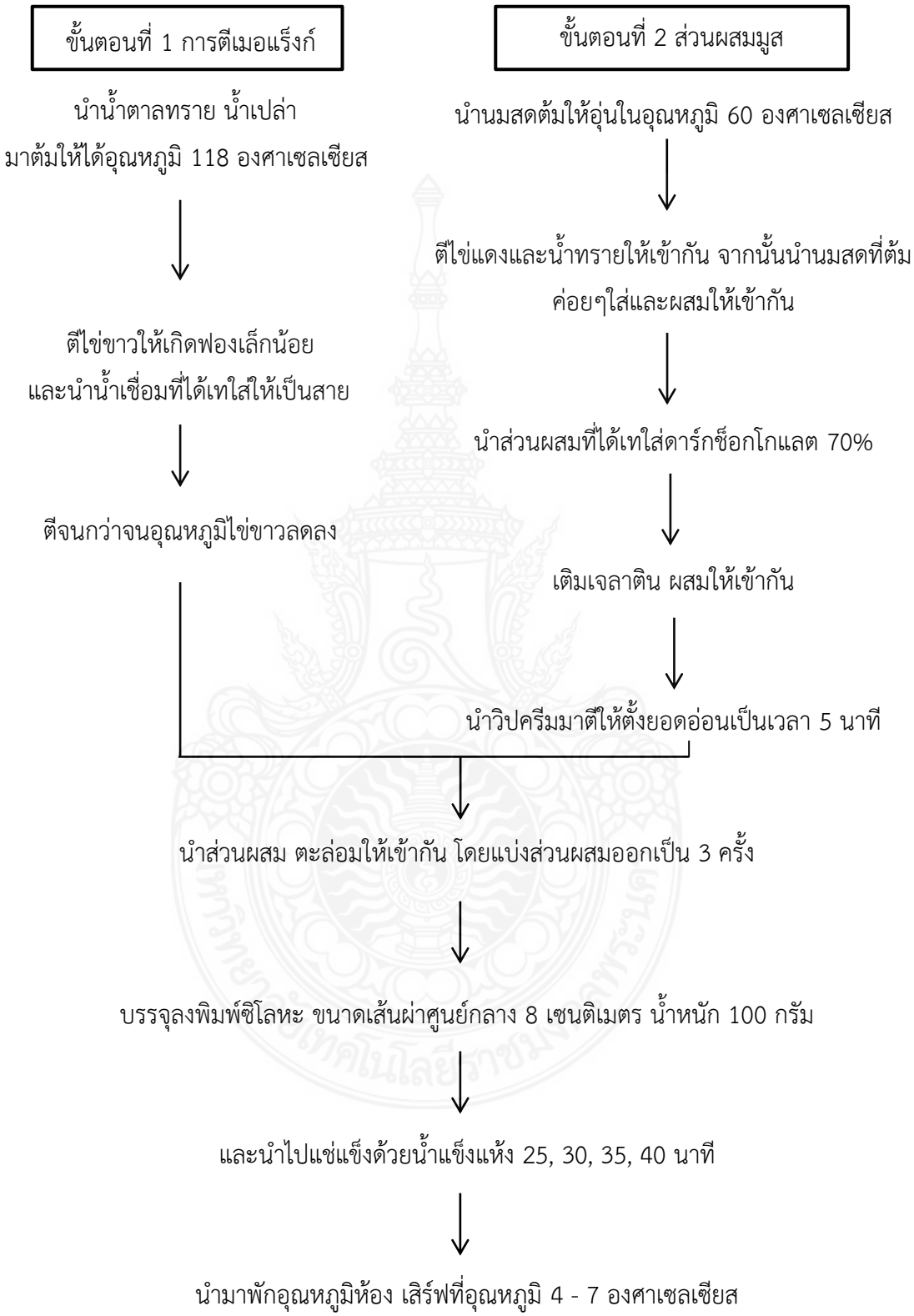
การศึกษาครั้งนี้ได้นำสูตรพื้นฐานมูสช็อกโกแลต ดังตารางที่ 3.1 ของอินท์ธีมา (2562) มาทำการทดลองเพื่อศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตและลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตในระยะเวลาจำกัดเพื่อใช้ในการแข่งขัน โดยทำการทดลองการแช่เย็นด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 25, 30, 35, 40 นาที มีขั้นตอนตามแผนภูมิที่ 3.1 แล้วนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 – point hedonic scale) ใช้ผู้ทดลองเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเบเกอรี่ ผู้ประกอบการร้านเบเกอรี่ และอาจารย์ผู้ชำนานการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 15 คน โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan New Multiple Rang Test, DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์เพื่อนำผลที่ได้การยอมรับมากที่สุด นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของมูสช็อกโกแลตต่อไป

ตารางที่ 3.1 สูตรพื้นฐานในการผลิตมูสช็อกโกแลต

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย
ส่วนผสมเมอแร็งก์		
ไข่ขาว	75	กรัม
น้ำเปล่า	50	กรัม
น้ำตาลทราย	150	กรัม
ส่วนผสมมูส		
ไข่แดง	3	ฟอง
น้ำตาลทราย	50	กรัม
นมสด	112	กรัม
เจลาติน	3	แผ่น
ดาร์กช็อกโกแลต 70%	170	กรัม
เมอแร็งก์	50	กรัม
วิปปิ้งครีม	150	กรัม

ที่มา : อินท์ธีมา (2562)

กระบวนการผลิตมูสช็อกโกแลตมี



แผนภูมิที่ 3.1 ขั้นตอนการทำมูสช็อกโกแลต

3.2.2 การทดสอบทางคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมูสช็อกโกแลต

3.2.2.1 การทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส

นำตัวอย่างมูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งที่ 4 ระดับ 25 30 35 และ 40 นาที นำมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยวิเคราะห์ ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม โดยทำการตรวจวัดเนื้อสัมผัสตัวอย่างมูสช็อกโกแลตด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ตามวิธีการของ Stable Micro Systems for mousse อ้างโดย Cardarelliet al. (2008) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2 texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, UK) ทำการบรรจุมูสช็อกโกแลต (อุณหภูมิ 4 - 7 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิเสิร์ฟสำหรับการประเมินทางเนื้อสัมผัส) ลงในถ้วยพลาสติก ลักษณะรูปร่างของมูสช็อกโกแลตเป็นทรงกระบอกขนาดความสูง 3 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร (35กรัม/ถ้วย) จากนั้นนำไปตรวจวัดเนื้อสัมผัสด้วยการกดสองครั้งของหัววัดชนิดอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P35) ระยะทางการกดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความเร็วของหัววัดทั้งขณะกดและกลับสู่ตำแหน่งเดิม เท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วินาที ทำการบันทึกค่าและคำนวณค่า ค่าความแข็ง (Hardness) ความแน่นเนื้อ (fimness) ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) ค่าการเกาะติด (adhesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (springness) ด้วยโปรแกรม Texture Exponent 32 สำหรับ Windows software version 1.20 (Stable Micro Systems) แต่ละตัวอย่างทำการตรวจวัด 5 ซ้ำ

3.2.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี

ตรวจวัดค่าสีของตัวอย่างมูสช็อกโกแลตด้วยเครื่องวัดค่าสี โดยเครื่อง ColorFlex ,Hunter,USA และแสดงผลค่าวัด ได้แก่ ค่าสี L* ค่าความสว่าง a* สีแดง และ b* สีเหลือง

3.2.2.3 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ (Randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan New Multiple Rang Test, DMRT) โดยโปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติทางคอมพิวเตอร์

3.3 สถานที่ทำการทดลอง

3.3.1 ห้องปฏิบัติการเบเกอรี่ ห้อง 1402 คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.3.2 ทดสอบทางประสาทสัมผัส ณ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

3.3.3 ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

3.4 ระยะเวลาในการดำเนินงาน

การศึกษาเริ่มตั้งแต่เดือน ตุลาคม 2562 – มีนาคม 2563

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

4.1 ศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม

4.1.1 ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูลช็อกโกแลตที่เหมาะสม

การทดลองระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต โดยมีอัตราส่วนของส่วนผสมในการทำมูสช็อกโกแลต ดังตารางที่ 4.1 โดยทำการทดลองการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 25, 30, 35, 40 นาที แล้วนำไปประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 – point hedonic scale) ใช้ผู้ทดลองเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเบเกอรี ผู้ประกอบการร้านเบเกอรี และอาจารย์ผู้ชำนาญการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 15 คน โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล๊อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan New Multiple Rang Test, DMRT) วิเคราะห์ผลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ แสดงดังตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

ตารางที่ 4.1 อัตราส่วนของส่วนผสมในการทำมูสช็อกโกแลต

ส่วนผสม	ปริมาณ (กรัม) ร้อยละ 100
ไข่ขาว	8.72
น้ำเปล่า	5.81
น้ำตาลทราย	17.45
ไข่แดง	5.23
น้ำตาลทราย	5.81
นมสด	13.03
เจลาติน	0.87
ดาร์กช็อกโกแลต (70%)	19.77
เมอแร็งก์	5.81
วิปปิ้งครีม	17.50

ที่มา : อินท์ธีมา (2562)

ตารางที่ 4.2 คะแนนเฉลี่ยทางประสาทสัมผัสของมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	ระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต			
	25 นาที	**30 นาที**	**35 นาที**	**40 นาที**
ลักษณะที่ปรากฏ	3.53±1.24^{b}	3.53±0.74^{b}	3.92±0.82^{ab}	**4.50±0.73**^{a}
สี^{ns}	3.93±1.09	4.26±0.79	4.31±0.93	**4.41±0.79**
กลิ่น^{ns}	3.80±1.01	3.86±1.06	4.00±1.03	**4.00±1.15**
รสชาติ^{ns}	3.93±1.03	4.00±0.92	4.06±1.00	**4.35±1.06**
เนื้อสัมผัส	3.06 ±1.03^{b}	3.20 ±0.86^{b}	4.00 ±0.96^{a}	**4.25 ±1.06**^{a}
ความชอบโดยรวม^{ns}	3.60±1.24	3.87±1.06	4.00±0.89	**4.21±1.14**

หมายเหตุ : ตัวอย่าง a และ b ที่กำหนดกันในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ns แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 4.3 ลักษณะทางกายภาพของมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

ระยะเวลาในการแช่แข็ง (นาที)	ลักษณะทางกายภาพ			
	สี	**กลิ่น**	**รสชาติ**	**เนื้อสัมผัส**
25	ภายนอกสีน้ำตาลเข้มภายในมีสีน้ำตาลอ่อน	กลิ่นช็อกโกแลต	รสหวานมีความขมของช็อกโกแลตเล็กน้อย	ลักษณะภายนอกอ่อนกว่าภายในภายในมีฟองอากาศเป็นจำนวนมาก
30	ภายนอกสีน้ำตาลกลางภายในมีสีน้ำตาลอ่อน	กลิ่นช็อกโกแลต	รสหวานมีความขมของช็อกโกแลตเล็กน้อย	ลักษณะภายนอกอ่อนกว่าภายในเล็กน้อย ภายในมีฟองอากาศปานกลาง
35	ภายนอกสีน้ำตาลอ่อนภายในมีสีน้ำตาลปนสีขาวของผลึกน้ำแข็งปานกลาง	กลิ่นช็อกโกแลต	รสหวานมีความขมของช็อกโกแลตเล็กน้อย	ลักษณะภายนอกและภายในแข็งและมีฟองอากาศน้อย
40	ภายนอกสีน้ำตาลอ่อนภายในมีสีน้ำตาลปนสีขาวของผลึกน้ำแข็งจำนวนมาก	กลิ่นช็อกโกแลต	รสหวานมีความขมของช็อกโกแลตเล็กน้อย	ภายนอกและภายในแข็งฟองอากาศมีจำนวนน้อย

จากตารางที่ 4.2 การทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมูสช็อกโกแลต แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 25 30 35 และ 40 นาที พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม แตกต่างกัน และมีผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับไม่แตกต่างกันในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เนื่องจากน้ำแข็งแห้งมีลักษณะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของแข็ง ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของของเหลวก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะปกติ คุณสมบัติของน้ำแข็งแห้งแตกต่างจากน้ำแข็งธรรมดาทั่วไปคือ มีอุณหภูมิเย็นจัดถึง -79 องศาเซลเซียส การทำงานของน้ำแห็งมีผลต่อในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก้อนน้ำแข็งแห้งจะกลายเป็นของเหลวโดยเพิ่มความดันและลดอุณหภูมิ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเซ็ตตัวมากขึ้น ในขณะที่น้ำแข็งธรรมดาทั่วไป มีอุณหภูมิประมาณ 0 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิห้องน้ำแข็งแห้งจะระเหิดกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยไม่หลอมละลายเป็นของเหลวเหมือนน้ำแข็งธรรมดาทั่วไป เมื่อนำน้ำแข็งแห้งมาใช้ในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตในระยะเวลายิ่งมากเท่าไหร่ ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตยิ่งมีความแข็งมากขึ้นสอดคล้องกับผลการศึกษาของ (B. Duquenne et al, 2016) เรื่องความคงตัวของมูสแช่แข็ง โดยใช้เจลาตินเปปไทด์โมเลกุลต่ำ เนื่องจากเจลาตินเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการผลิตมูส พบว่าโครงสร้างของของเจลาตินประกอบไปด้วยสายพอลิเมอร์เพปไทด์ ซึ่งสายพอลิเมอร์เพปไทด์จะมีการบิดเป็นเกลียวโดยมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมอยู่ระหว่างกรดอะมิโน เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นเกลียว การทำงานเจลาตินจะใช้ระยะเวลาคงตัวประมาณ 18 ชั่วโมง ดังนั้นขนมที่ใช้เจลาตินเป็นส่วนประกอบ เช่น เยลลี่ หรือมูส จะมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง คงตัว และเหนียวขึ้นเมื่อทิ้งไว้เกิน 18 ชั่วโมง โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความที่ระยะเวลา 40 นาทีมากที่สุด (นภัสรพีและสวามินี, 2559) เมื่อนำมาวิเคราะห์รายด้านพบว่า

ด้านลักษณะที่ปรากฏ พบว่าผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ได้รับคะแนนการยอมรับที่ระยะเวลา 40 นาที มากที่สุด ระยะเวลาที่แช่แข็งที่ 25 และ 30นาที แตกต่างกันกับ 35 และ 40 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากคุณสมบัติน้ำแข็งแห้งมีอุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียส เมื่อนำมูสช็อกโกแลตไปแช่แข็งทำให้เกิดการแช่แข็งแบบรวดเร็ว ซึ่งใช่ระยะเวลาสั้นและทำให้ผลิตภัณฑ์เซ็ตตัวเร็วมากกว่าการใช้วิธีอื่นๆ จึงถูกผลึกน้ำแข็งทำลายเนื้อสัมผัสภายในมูสช็อกโกแลต เมื่อใช้ระยะเวลาในการแช่แข็งนานเท่าไหร่ส่งผลทำให้เกิดฟองอากาศต่อโครงสร้างของผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตมากยิ่งขึ้น (เกศิรินทร์, 2557)

ลักษณะด้านสี พบว่าผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน โดยลักษณะทางด้านสีที่แช่แข็งมูสช็อกโกแลตในระยะเวลาที่ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบมากที่สุด มีคะแนนค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.73 รองลงมา คือ ลักษณะในด้านสีในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 30 และ 35 นาที

และลักษณะในด้านสีที่แช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 25 นาที ได้รับคะแนนในการยอมรับน้อยที่สุด ตามลำดับ เนื่องจากลักษณะของผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตมีสีน้ำตาลเข้มที่ไม่แตกต่างกัน จากสูตรที่ใช้ในการผลิตมีส่วนผสมที่เหมือนกันและอุณหภูมิของน้ำแข็งแห้งส่งผลให้กระบวนการแช่เยือกแข็งมูสช็อกโกแลตโดยจากน้ำแข็งแห้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสีของมูสช็อกโกแลตทั้ง 4 ระยะเวลาในการแช่แข็ง ไม่แตกต่างกัน

ลักษณะด้านกลิ่น พบว่าผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งที่ระยะเวลาที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน โดยคุณลักษณะในด้านกลิ่นที่แช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบมากที่สุด มีคะแนนค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.60 รองลงมา คือ ลักษณะในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 30 และ 35 นาที และลักษณะในด้านสีในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 25 นาทีได้รับคะแนนในการยอมรับน้อยที่สุดตามลำดับ

ลักษณะด้านรสชาติ พบว่าผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน โดยคุณลักษณะในด้านรสชาติที่แช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบมากที่สุด มีคะแนนค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.53 รองลงมา คือ ลักษณะในด้านรสชาติในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 30 และ 35 นาที และลักษณะด้านรสชาติที่แช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 25 นาที ได้รับคะแนนในการยอมรับน้อยที่สุดตามลำดับ

จากการทดสอบผลประสาททางด้าน สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งเป็นการแช่แข็งแบบรวดเร็วด้วยสารไครโอเจน โดยอัตราการแช่แข็งที่เร็วส่งผลให้มูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งไม่สูญเสียคุณลักษณะกลิ่นและรสชาติ และจะช่วยทำให้ผิวด้านนอกของอาหารเหล่านี้เกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว (quick crust freezing) ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายอาหารได้สะดวกขึ้น หรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี (สงวนศรี, 2558)

ลักษณะด้านเนื้อสัมผัส พบว่าผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน มีความแตกต่างกันแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยคุณลักษณะในระยะเวลาที่ 40 นาที ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบมากที่สุด มีคะแนนค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.25 รองลงมา คือ ลักษณะในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 35 และ 30 นาที และลักษณะในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตในระยะเวลาที่ 25 นาทีได้รับคะแนนในการยอมรับน้อยที่สุด เนื่องจากในส่วนประกอบของมูสช็อกโกแลตมีปริมาณไขมันรวมสูง จากปริมาณไขมันช็อกโกแลต ไข่แดง และผลิตภัณฑ์นม เมื่อส่วนผสมรวมตัวกันส่งผลให้มูสช็อกโกแลตแช่แข็งซึ่งมีเนื้อสัมผัสนุ่มลื่น มีปริมาณของไขมันสูงและมีปริมาณน้ำต่ำ หากผ่านกระบวนการผสมเพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์มูสและนำไปแช่แข็งส่วนผสมที่มีปริมาณน้ำที่น้อยกว่าไขมันจะไม่ส่งผลให้เกิดการตกผลึก

ระหว่างการแช่แข็งและการเก็บรักษา ปริมาณไขมันสูงและจุดหลอมเหลว ที่ค่อนข้างสูงของไขมันช็อกโกแลตและเมื่อนำไปทดสอบการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่นานขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสที่มีแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งระยะเวลานาน มีเนื้อสัมผัสแน่นและเรียบเนียน มีฟองอากาศเล็กลง เนื่องจากการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งเป็นการแช่แข็งแบบเย็นยวดยิ่ง โดยเป็นการทำความเย็นในรูปแบบของก๊าสคาร์บอนไดย์ออกไซด์ที่ระเหิดออกมาเพื่อให้ความเย็นกับเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตและมีอุณหภูมิแช่แข็งที่ต่ำมาก ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กในอาหาร ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตมีความเรียบเนียนมากขึ้น (สงวนศรี, 2558)

ด้านความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน ไม่มีความแตกต่างกัน โดยคุณลักษณะการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตในระยะเวลาที่ 40 ได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบมากที่สุด มีคะแนนค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.21 รองลงมา คือ ลักษณะในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 35 และ 30 นาที และลักษณะในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต ในระยะเวลาที่ 25 นาทีได้รับคะแนนในการยอมรับน้อยที่สุดตามลำดับ

25 นาที **30 นาที** **35 นาที** **40 นาที**

ภาพที่ 4.1 มูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

4.2. การทดสอบทางคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมูสช็อกโกแลต

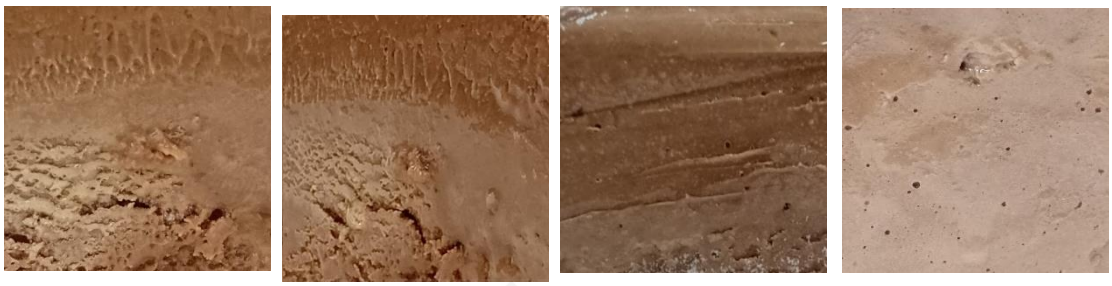
4.2.1 การทดสอบลักษณะทางเนื้อสัมผัส

วิเคราะห์สมบัติทางเคมีและกายภาพ โดยวิเคราะห์ ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ทำการตรวจวัดเนื้อสัมผัสตัวอย่างมูสช็อกโกแลตด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ตามวิธีการของ Stable Micro Systems for mousse อ้างโดย Cardarelliet al. (2008) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2 texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, UK) ทำการบรรจุมูสช็อกโกแลต (อุณหภูมิ 4 - 7 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิเสิร์ฟสำหรับการประเมินทางเนื้อส้มผัส) ลงในถ้วยพลาสติก ลักษณะรูปร่างของมูสช็อกโกแลตเป็นทรงกระบอกขนาดความสูง 3 เซนติเมตร และเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร (35กรัม/ถ้วย) จากนั้นนำไปตรวจวัดเนื้อสัมผัสด้วยการกดสองครั้งของหัววัดชนิดอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P35) ระยะทางการกดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความเร็วของหัววัดทั้งขณะกดและกลับสู่ตำแหน่งเดิม เท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วินาที ทำการบันทึกค่าและคำนวณค่า ค่าความแข็ง (Hardness) ความแน่นเนื้อ (fimness) ค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (springness) ด้วยโปรแกรม Texture Exponent 32 สำหรับ Windows software version 1.20 (Stable Micro Systems) แต่ละตัวอย่างทำการตรวจวัด 5 ซ้ำ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์เฉลี่ยการตรวจวัดเนื้อสัมผัสตัวอย่างมูสช็อกโกแลต 4 ระดับ

คุณภาพทางกายภาพ	ระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต			
	25 นาที	30 นาที	35 นาที	40 นาที
ค่าความแข็ง	25.22±1.76^{b}	**27.53±0.51^{a}**	26.63±0.31^{a}	23.53±0.32^{c}
ค่าความแน่นเนื้อ	2.19±0.17^{b}	**3.17±0.37^{a}**	3.30±0.09^{a}	2.3±0.03^{b}
ค่าการยึดเกาะ	0.41±0.01^{b}	**0.43±0.01^{a}**	0.39±0.00^{c}	0.44±0.01^{a}
ค่าความยืดหยุ่น	0.98±0.01^{c}	**1.21±0.05^{a}**	1.13±0.03^{b}	0.98±0.01^{c}

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b และ c ที่กำหนดในแนวนอนเดียวกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



25 นาที **30นาที** **35นาที** **40นาที**

ภาพที่ 4.2 เนื้อสัมผัสมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ

จากตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบลักษณะทางเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 25 30 35 และ 40 นาที พบว่าการทดสอบทางด้านลักษณะทางเนื้อสัมผัสของค่าความแข็ง ค่าความแน่นเนื้อ ค่าการยึดเกาะ และค่าความยืดหยุ่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าความแข็ง ระยะเวลา 30 นาที, 35 นาที ไม่แตกต่างกัน ระยะเวลา 25 นาที แตกต่างกับ 40, 30, 35 นาที ค่าความแน่นเนื้อ ระยะเวลา 25, 40 นาที ไม่แตกต่างกัน และระยะเวลา 30, 35 นาทีไม่แตกต่างกัน ค่าการยึดเกาะ ระยะเวลา 30, 40 นาที ไม่แตกต่างกัน และระยะเวลา 25 นาที แตกต่างกันกับ 30, 35, 40 นาที ค่าความยืดหยุ่น ระยะเวลา 25, 40 นาที ไม่แตกต่างกัน และระยะเวลา 30, 35 นาที แตกต่างกัน จากผลการทดสอบพบว่า ระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในช่วงแรกของอุณหภูมิของเหลวจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อปริมาณความร้อนที่ถูกดึงออกจากของเหลวในช่วงแรก ความร้อนสัมผัสจึงทำให้อุณหภูมิของเหลวลดต่ำลง จนถึงจุดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งจนเกิดสภาพเย็นยวดยิ่ง ณ จุดนี้กลุ่มโมเลกุลของเหลวที่มาเกาะกันมีขนาดที่ขนาดโตขึ้น จึงทำเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตมีฟองอากาศที่เล็กลงในระยะเวลาในการแช่แข็งที่นาน (สงวนศรี, 2558) และยังส่งผลต่อการยืดหยุ่นขอมูสช็อกโกแลตเพราะในส่วนประกอบของมูสช็อกโกแลตมีการเติมเจลาติน เมื่อนำมูสช็อกโกแลตไปแช่แข็งในน้ำแข็งแห้ง ความเย็นจากน้ำแข็งแห้งที่มีอุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียส เทียบเท่ากับการแช่เยือกแข็งแบบเย็นยวดยิ่ง ทำให้เจลาตินเกิดการเซ็ตตัวได้ดี เนื่องจากอุณหภูมิในการเกิดเจลของเจลาตินขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความเข้มข้นของที่ใช้ เมื่อปล่อยสารละลายเจลาตินให้เย็นตัวลงสารละลายจะหนืดเพิ่มขึ้นและเกิดเจลในที่สุด (ณิชาภัทร, 2556)

4.2.2 การวิเคราะห์ค่าสี

ผลการตรวจวัดค่าสีของตัวอย่างมูสช็อกโกแลตด้วยเครื่องวัดค่าสี โดยเครื่อง ColorFlex,Hunter,USA และแสดงผลค่าวัด ได้แก่ ค่าสี L*a* และ b* โดยวิเคราะห์ ณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์เฉลี่ยการตรวจวัดค่าสีตัวอย่างมูสช็อกโกแลต 4 ระดับ

คุณภาพทางกายภาพ	ระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต			
	25 นาที	30 นาที	35 นาที	40 นาที
ความสว่าง (L*)	36.81±1.23^{a}	28.27±0.27^{c}	26.42±0.06^{c}	**40.15±2.22^{a}**
ค่าสีแดง (a*)^{ns}	12.89±0.37	12.84±0.50	13.14±0.06	**13.03±0.37**
ค่าสีเหลือง (b*)	20.07±1.06^{b}	18.44±1.10^{b}	19.88±0.26^{b}	**22.31±1.75^{a}**

หมายเหตุ : L* แสดงว่า ความสว่าง

a* แสดงว่า สีแดง

b* แสดงว่า สีเหลือง

ns แสดงค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางพบว่ามูสช็อกโกแลต ดังกล่าวมีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพค่าสีตามระบบ การวัด L* เท่ากับ 40.15, 36.81, 28.27 และ 26.42 ตามลำดับ โดยค่าสี ระยะเวลา 25 นาที แตกต่างกับ ระยะเวลา 40 นาที และ ระยะเวลา 30 นาที กับ 35 นาที แตกต่างกัน

การวัดค่าสี a* เท่ากับ 13.14, 13.03, 12.89 และ 12.84 ตามลำดับ พบว่าไม่แตกต่างกัน

การวัดค่าสี b* เท่ากับ 22.31, 20.07, 19.88 และ 18.44 ตามลำดับ พบว่า ระยะเวลา 40 นาที แตกต่างกับระยะเวลา 25,30 และ 35 นาที โดยระยะเวลาที่ 25, 30, 35 นาที ไม่แตกต่างกัน

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพค่าสีตามระบบของมูสช็อกโกแลตที่แช่ด้วยน้ำแข็งแห้งในระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 25 30 35 และ 40 นาที แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเกิดจากเจลาติน คุณสมบัติของเจลาตินที่นำมาใช้ในการผลิตมูสช็อกโกแลตเป็นเจลาตินเกรดดี ซึ่งอาจจะส่งผลให้มูสช็อกโกแลตมีค่าความสว่างในระยะเวลาที่แตกต่างกัน หรือกระบวนการผลิตในการผสมส่วนประกอบที่ไม่เข้ากันดีก็อาจจะส่งผลให้มูสช็อกโกแลตจะมีลักษณะสีที่ไม่โปร่งใสจนถึงขุ่น หรือสีเหลืองส้ม (ณิชาภัทร, 2556)

บทที่ 5

สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

5.1.1 การประยุกต์น้ำแข็งแห้งในการผลิตมูสช็อกโกแลตสำหรับการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม ได้เลือกตำรับมาตรฐานจากอาจารย์อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์ มาทำการดัดแปลงเพื่อผลิตมูสช็อกโกแลตและนำไปแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งที่ระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ 25, 30, 35 และ 40 นาที ผลการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่าระยะเวลาที่แช่แข็งมูสช็อกโกแลต ที่ระยะเวลา 40 นาที ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับระยะเวลา 40 นาทีมากที่สุดในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม มีค่าเฉลี่ย 4.50 4.41 4.00 4.35 4.25 และ 4.21 ตามลำดับ และพบว่าผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับไม่ต่างกัน ในการด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เนื่องจากการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งเป็นการแช่แข็งแบบรวดเร็วด้วยสารไครโอเจน โดยอัตราการแช่แข็งที่เร็ว ส่งผลให้มูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งไม่สูญเสียคุณลักษณะกลิ่นและรสชาติ

5.1.2 ผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง ระยะเวลาที่แตกต่างต่างกัน 4 ระดับ 25, 30, 35 และ 40 นาที ผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าความแข็งมีค่าเฉลี่ย 27.53 26.63 25.22 และ 23.53 ตามลำดับ ค่าความแน่นเนื้อ มีค่าเฉลี่ย 3.30 3.17 2.30 2.19 ตามลำดับ ค่าการยึดเกาะ 0.44 0.43 0.41 และ 0.39 ตามลำดับ ค่าความยืดหยุ่น 1.21 1.13 0.98 และ 0.98 ตามลำดับ

5.1.3 ผลวิเคราะห์ค่าสีของมูสช็อกโกแลตในการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง ระยะเวลาที่แตกต่างต่างกัน 4 ระดับ 25, 309, 35 และ 40 นาที ผลการวิเคราะห์ค่าสี ความสว่าง (L*) ค่าเฉลี่ย 40.15 36.81 28.27 และ 26.42 ตามลำดับ ค่าสีแดง (a*) ค่าเฉลี่ย 13.14 13.03 12.89 และ 12.84 ตามลำดับ ค่าสีเหลือง (b*) ค่าเฉลี่ย 22.31 20.07 19.88 และ 18.44 ตามลำดับ

5.2. ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

5.2.1.1 การใช้น้ำแข็งแห้งเป็นการแช่แข็งที่ยังไม่นิยมนำมาใช้ในการผลิตอาหาร สำหรับในการผลิตอาหาร เนื้อสัมผัสของอาหารไม่ควรสัมผัสกับน้ำแข็งแห้งโดยตรง เนื่องจากน้ำแข็งแห้งเป็นการแช่แข็งแบบรวดเร็วด้วยสารจำพวกไครโอเจน จึงควรจะมีภาชนะ หรืออุปกรณ์เป็นการนำความเย็นในของตัวผลิตภัณฑ์ได้อย่างรวดเร็ว เช่น พิมพ์โลหะ ส่งผลทำให้ผลิตภัณฑ์แข็งตัวเร็วมากขึ้นด้วยความเย็นจากน้ำแข็งแห้งมานำความเย็นสู่ผลิตภัณฑ์

5.2.1.2 อุณหภูมิของเกรสที่ราดมูสเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ มูสจัดเป็นขนมประเภทหนึ่งที่นักทำขนมนิยมนำไปใช้ในการแข่งขันจำนวนมาก ดังนั้นมูสจึงเป็นขนมที่มีหน้าตาสวยงามโดยการนำไป ตกแต่งด้วยเกรส โดยมีส่วนผสมจากไวท์ช็อกโกแลต น้ำตาลทราย เจลาติน กลูโคสไซรัป นมข้นหวาน เป็นต้น การที่จะราดเกรสให้ติดกับมูสนั้นอุณหภูมิของมูสจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อตัวมูสที่แช่แข็งแล้ว ก่อนนำไปเกรสหน้าผลิตภัณฑ์

5.2.1.3 พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตมูส ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิจากน้ำแข็งแห้งสามารถส่งผ่านไปถึงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ พิมพ์ที่ใช้ในการบรรจุมูสมีความแตกต่างกัน เช่น พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์โลหะ หรือถ้วยแก้วใส พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตมูสนั้นจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญ

เอกสารอ้างอิง

เกศิรินทร์ บาตรโพธิ์ ธญัลกัษณ์ สร้อยทอง และ สงวนศรี เจริญเหรียญ. 2557. **“ผลของอัตราการแช่เยือกแข็งและวิธีการละลายน้ำแข็งต่อคุณภาพของขนมชั้นแช่เยือกแข็ง”**. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 49: สาขาอุตสาหกรรมเกษตร**.** 2554, 1-4 (กุมภาพันธ์) : 275-281.

กลุ่มควบคุมเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย. 2551. **น้ำแข็งแห้ง.** สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, กรุงเทพฯ.

ชมภูนุช เผื่อนพิภพ. 2558. **นมและผลิตภัณฑ์นม**. โอ.เอส.พริ้นติ้ง เฮ้าส์, กรุงเทพฯ

ณนนท์ แดงสังวาลย์. 2559. **เอกสารประกอบการสอนวิชาเบเกอรี่เพื่องานอุตสาหกรรมการบริการอาหาร**. คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพฯ.

ดวงใจ สัมพันธ์ปรีดา. 2556. **ขนมจากช็อกโกแลต.** พิมพ์ครั้งที่ 5. อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

ณิชาภัทร สมบรูณ์. 2556. **“สมบัติของเจลาตินผสมระหว่างผงวุ้นและเจลาตินปลา.”** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การอาหารและโภชนาการ, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

นภัสรพี เหลืองสกุล และ สวามินี นวลแขกุล. 2559. **Cooking Bible Bakery**. พิมพ์ครั้งที่ 5. อมรินทร์พริ้นติ้ง แอนด์ พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

นิมิตต์ ประดิษฐ์. 2555. **น้ำแข็งแห้งและไนโตรเจนเหลว.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com/site/kharbxndixxksid/prayochn-khxng-nakhaenghaeng, 11 ตุลาคม 2562

ประภาศรี พงศ์ธนาพาณิช สุวีณา ตั่งโพธิสุวรรณ และ เชาว์ โรจนแสง. 2561. **การศึกษาความสามารถทางการแข่งขันของอุตสาหกรรมอาหารแปรรูป OTOP จังหวัดนนทบุรี.** รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ปีงบประมาณ 2561, สาขาวิชาวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช.

พล ตัณฑเสถียร. 2560. **เอกสารประกอบการเรียนรายการ My Cooking School 101**. บริษัท ดีเอ็น บรอดคาสต์ จำกัด กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2553. **ไข่ขาว**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2997/egg-white, 11 ตุลาคม 2562

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2555. **การใช้ประโยชน์เจลาตินทางอุตสาหกรรม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1008/gelatin, 11 ตุลาคม 2562

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. 2557. **ครีม**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0263/cream, 11 ตุลาคม 2562

วิภาวัน จุลยา. 2552. **เค้ก.** ไทยควอลิตี้บุ๊คส์, กรุงเทพฯ.

ศิริพร เรียบร้อย พุทธพร จิระอนันต์กุล วรรณวิภา อังกุลดี และพรทิพย์ พสุกมลเศรษฐ์. 2557. “คุณลักษณะทางกายภาพและการยอมรับมูสช็อคโกแลตที่ผลิตด้วยนมพาสเจอไรซ์ทางการค้าที่มีปริมาณไขมันแตกต่างกัน”. **วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 2557, 8 (กันยายน) : 135-145.

สมาคมเชฟแห่งประเทศไทย. 2562. **รายการแข่งขันปี 2562**. [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: http://www.thaichefs.org/th, 28 ตุลาคม 2562

สงวนศรี เจริญเหรียญ. 2558. **เทคโนโลยีการแช่แข็งอาหาร.** พิมพ์ครั้งที่ 2. สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง, กรุงเทพฯ.

อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์, **เอกสารประกอบการสอนวิชาเบเกอรี่เพื่ออุตสาหกรรม.** กรุงเทพฯ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร, 2559. (อัดสำเนา)

B. Duquenne et al. 2016. “**Stabilising frozen dairy mousses by low molecular weight gelatin peptides**.” Food Hydrocolloids. 317-323.

Bright Hub Engineering. 2560. น้ำแข็งแห้ง. แปลโดย ทรูปลูกปัญญา_____กรุงเทพฯ.

Food network. 2017. **Mousse.** [ออนไลน์] เข้าถึงได้จาก: https://www.foodnetwork.com/terms/mousse, 11 October 2019

Karel, M and Lund, D.B. 2003. **Physical Principle of Food Preservation.** Marcel Dekker, New York, 640 p.

Sidney Arden, Lawrence, N.Y. 1986 “**FROZEN MOUSSE AND METHOD OF MAKING SAME**” Glacial Confections, Inc. , Westport. 839,442

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
สูตรพื้นฐาน

สูตรพื้นฐานมูสช็อกโกแลต

ส่วนผสมอิตาเลียนเมอแรงค์

1. ไข่ขาว	75	กรัม
2. น้ำตาลทราย	150	กรัม
3. น้ำเปล่า	50	กรัม

ส่วนผสมมูส

1. ไข่แดง	3	ฟอง
2. น้ำตาลทราย	50	กรัม
3. นมสด	112	กรัม
4. เจลาติน	3	แผ่น
5. ดาร์กช็อกโกแลต 70%	170	กรัม
6. เมอแร็งค์	50	กรัม
7. วิปปิ้งครีม	150	กรัม

วิธีทำเมอแรงค์

1. นำน้ำตาลทราย และน้ำเปล่า มาต้มให้ได้อุณหภูมิ 118 องศาเซลเซียส
2. ตีไข่ขาวให้เกิดฟองเล็กน้อย และนำน้ำเชื่อมที่ได้เทใส่ให้เป็นสาย
3. ตีจนกว่าจนอุณหภูมิไข่ขาวลดลง

วิธีทำช็อกโกแลตมูส

1. นำนมสดต้มให้อุ่นในอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส
2. ตีไข่แดงและน้ำทรายให้เข้ากัน จากนั้นนำนมสดที่ต้มค่อยๆใส่และผสมให้เข้ากัน
3. นำส่วนผสมที่ได้เทใส่ดาร์กช็อกโกแลต 70% และเติมเจลาติน ผสมให้เข้ากัน
4. นำวิปครีมมาตีให้ตั้งยอดอ่อนเป็นเวลา 5 นาที
5. นำส่วนผสม ตะล่อมให้เข้ากัน โดยแบ่งส่วนผสมออกเป็น 3 ครั้ง
6. บรรจุลงพิมพ์ซิโลหะ ขนาด 3 x 8 เซนติเมตร น้ำหนัก 100 กรัม

ที่มา : อินท์ธีมา (2558)

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชุดที่.....

แบบประเมินผลคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ชื่อผลิตภัณฑ์ มูสช็อกโกแลต

วันที่ .....

ลักษณะที่ดีของผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลต จะมีลักษณะอยู่ทรงดี เนียน เบา ละลายในปาก บริเวณเนื้อสัมผัสจะเงา รสชาติหวาน มัน และความขมเล็กน้อยจากดาร์กช็อกโกแลต

คำแนะนำ กรุณาชิมตัวอย่างที่เสนอให้ตามลำดับของรหัสที่เสนอในตารางจากซ้ายไปขาว โดยให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ให้ตรงกับความรู้สึกของท่านโดยกำหนดระดับคะแนน ดังนี้

5 = ชอบมากที่สุด
4 = ชอบ
3 = ปานกลาง
2 = ไม่ชอบเล็กน้อย
1 = ไม่ชอบเลย

คุณภาพทางประสาทสัมผัส	คะแนนความชอบของตัวอย่าง			
	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....	รหัส.....
ลักษณะปรากฏ				
สี				
กลิ่น				
รสชาติ				
เนื้อสัมผัส				
ความชอบโดยรวม				

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

คณะผู้ศึกษาขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ภาคผนวก ค

ภาพอุปกรณ์ วัตถุดิบ กระบวนการผลิตมูสช็อกโกแลต

ค.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตมูสช็อกโกแลต

ภาพที่ ค.1.1 อ่างผสม ยี่ห้อ IKE

ภาพที่ ค.1.2 หม้อ ยี่ห้อ ม้าลาย

ภาพที่ ค.1.3 เครื่องชั่งดิจิตอล ยี่ห้อ CST

ภาพที่ ค.1.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ INFRARED

ภาพที่ ค.1.5 พิมพ์โลหะ

ภาพที่ ค.1.6 ตะกร้อมือ ยี่ห้อ IKEA

ภาพที่ ค.1.7 พายยาง

ภาพที่ ค.1.8 กระบวย

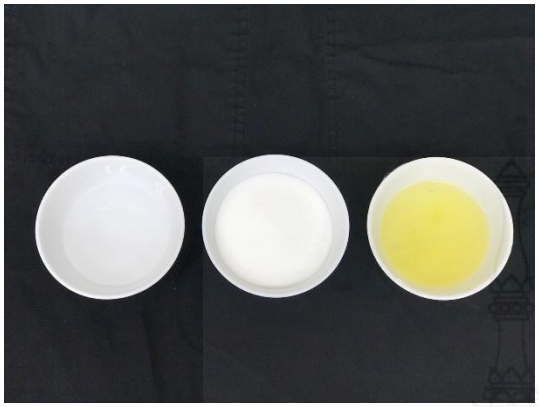
ภาพที่ ค.1.9 น้ำแข็งแห้ง

ภาพที่ ค.1.10 ลังโฟม

ภาพที่ ค.1.11 เตาไฟฟ้า ยี่ห้อ Sirman

ภาพที่ ค.1.12 เครื่องผสมอาหารยี่ห้อ Kenwood

ค.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมูสช็อกโกแลต



ภาพที่ ค.2.1 ส่วนผสมในการทำเมอแรงค์

ภาพที่ ค.2.2 ส่วนผสมในการผลิตมูส

ภาพที่ ค.2.3 วิปปิ้งครีม

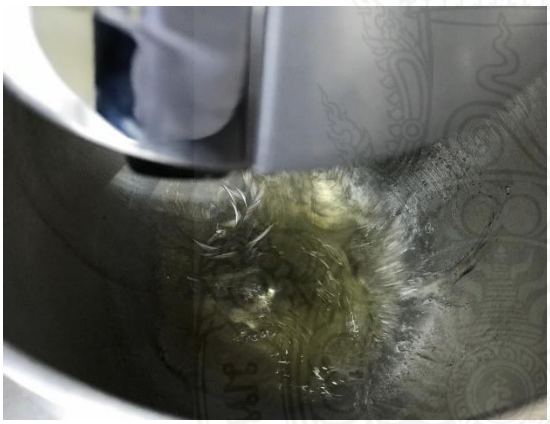
ภาพที่ ค.2.4 วิปปิ้งครีมที่ตียอดอ่อน

ค.3 กระบวนการผลิตมูสช็อกโกแลต

ค.3.1 กระบวนการผลิตเมอแรงค์

ภาพที่ ค.3.1.1 ต้มน้ำเชื่อม

ภาพที่ ค.3.1.2 วัดอุณหภูมิน้ำเชื่อมให้ได้ 118 องศา



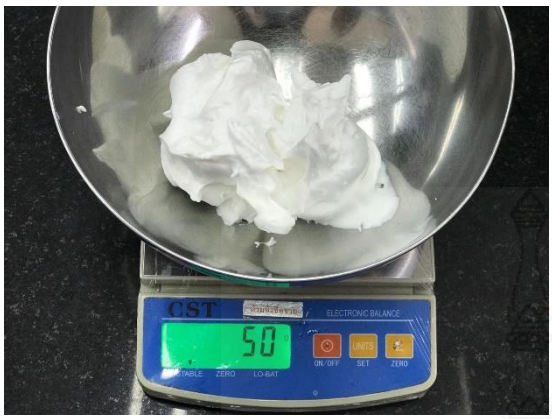
ภาพที่ ค.3.1.3 ตีไข่ขาวให้ฟูเล็กน้อย

ภาพที่ ค.3.1.4 เติมน้ำเชื่อมลงในไข่ขาว

ภาพที่ ค.3.1.5 ตีส่วนผสมด้วยความเร็ว

ภาพที่ ค.3.1.6 ลักษณะอิตตาเลียนเมอแรงค์

ค.3.2 กระบวนการผลิตมูสช็อกโกแลต



ภาพที่ ค.3.1.7 ชั่งส่วนผสมของเมอแรงค์

ภาพที่ ค.3.1.8 ต้มนมให้มีอุณหภูมิ 60 องศา

ภาพที่ ค.3.1.9 ผสมไข่แดงและน้ำตาลทรายเข้าด้วยกัน

ภาพที่ ค.3.1.10 ตีไข่แดงและน้ำตาลทราย

ภาพที่ ค.3.1.11 เติมส่วนผสมของนมเข้าด้วยกัน

ภาพที่ ค.3.1.12 นำส่วนผสมเทกลับเข้าหม้อ

ภาพที่ ค.3.1.13 ผสมคัสตาร์ดและช็อกโกแลต

ภาพที่ ค.3.1.14 เติมเจลาติน

ภาพที่ ค.3.1.15 คนให้ส่วนผสมเข้ากัน

ภาพที่ ค.3.1.16 เติมอิตตาเลียนเมอแรงค์

ภาพที่ ค.3.1.17 เติมวิปปิ้งครีม

ภาพที่ ค.3.1.18 คนให้ส่วนผสมเข้ากัน

ภาพที่ ค.3.1.19 บรรจุมูสลงพิมพ์โลหะ

ภาพที่ ค.3.1.20 นำไปแช่น้ำแข็งแห้ง -79 องศา

ภาพที่ ค.3.1.21 มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 25 นาที

ภาพที่ ค.3.1.22 มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 30 นาที

ภาพที่ ค.3.1.23 มสช็อกโกแลตแช่แข็ง 35 นาที

ภาพที่ ค.3.1.24 มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาที

ภาคผนวก ง
บรรยากาศการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาพที่ ง.1.1 บรรยากาศการทดสอบทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก จ

เอกสารการตรวจเนื้อสัมผัส การตรวจค่าสี

(ต้นฉบับ)

ศูนย์บริการวิชาการทางวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
38ถ.เพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160
Tel / Fax : 02-8678026

ใบรายงานผลการทดลองและวิเคราะห์

ชื่อผู้ขอใช้บริการ: คุณสุรชาติ ปิติประดิษฐ์ **ที่อยู่:** มหาวิทยาลัยราชมงคลพระนคร **Email address:** surachat-p@rmutp.ac.th **โทร:** 081-3539984 **โทรสาร:** -	**เลขที่ :** 0002/63 **วันที่ :** 15 มกราคม 2563 **ชื่อตัวอย่าง:** มูสช็อกโกแลต

ลำดับ / list	รายการวิเคราะห์และทดลอง /Description	จำนวน / Qualities	หมายเหตุ /Remarks:
1	การวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส	4 ตัวอย่าง	
2	การวิเคราะห์ค่าสี	4 ตัวอย่าง	

การวิเคราะห์ผลโดยวิธี: Method
- การวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัสด้วยเครื่อง Texture Analyser
- วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Hunter Lab

(ผศ.ดร.ธัญญาภรณ์ ศิริเลิศ) ผู้ควบคุมห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ / Laboratory Supervisor	(ผศ.ดร.กาญจนา มหัทธนทวี) ผู้อนุมัติ/ AUTHORIZED SIGNATURE

ผลการวิเคราะห์ (Lab Food Chemistry)[1]

การวิเคราะห์ค่าลักษณะเนื้อสัมผัส:

ตัวอย่าง	Hardness (N)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	SD
มูสช็อกโกแลต 25 นาที	27.56	24.32	26.10	25.22	22.90	25.22	1.76
มูสช็อกโกแลต 30 นาที	27.33	27.32	27.04	27.48	28.37	27.51	0.51
มูสช็อกโกแลต 35 นาที	26.69	27.00	26.73	26.14	26.61	26.63	0.31
มูสช็อกโกแลต 40 นาที	23.13	23.83	23.57	23.29	23.83	23.53	0.32

หมายเหตุ : -

ตัวอย่าง	Cohesiveness (N/s)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	SD
มูสช็อกโกแลต 25 นาที	0.4159	0.4007	0.4333	0.4171	0.4228	0.4180	0.01
มูสช็อกโกแลต 30 นาที	0.4478	0.4361	0.4156	0.4388	0.4267	0.4330	0.01
มูสช็อกโกแลต 35 นาที	0.3830	0.3990	0.3944	0.3923	0.3965	0.3938	0.00
มูสช็อกโกแลต 40 นาที	0.4418	0.4481	0.4349	0.4565	0.4532	0.4469	0.01

หมายเหตุ : -

ตัวอย่าง	Springiness (s)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	SD
มูสช็อกโกแลต 25 นาที	0.9818	0.9940	0.9970	0.9840	0.9810	0.9876	0.01
มูสช็อกโกแลต 30 นาที	1.2897	1.1696	1.2506	1.2022	1.1868	1.2198	0.05
มูสช็อกโกแลต 35 นาที	1.1790	1.1490	1.1179	1.1179	1.1147	1.1357	0.03
มูสช็อกโกแลต 40 นาที	0.9840	0.9860	0.9720	0.9820	0.9890	0.9826	0.01

หมายเหตุ : -

ตัวอย่าง	Firmness (N/mm)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	SD
มูสช็อกโกแลต 25 นาที	2.14	2.43	2.01	2.06	2.29	2.19	0.17
มูสช็อกโกแลต 30 นาที	2.54	3.20	3.39	3.44	3.29	3.17	0.37
มูสช็อกโกแลต 35 นาที	3.38	3.26	3.16	3.29	3.39	3.30	0.09
มูสช็อกโกแลต 40 นาที	2.31	2.38	2.35	2.33	2.38	2.3	0.03

หมายเหตุ : -

ตัวอย่าง	Adhesiveness (N.s)						
	1	2	3	4	5	ค่าเฉลี่ย	SD
มูสช็อกโกแลต 25 นาที	-38.80	-28.27	-26.18	-15.12	-27.94	-27.26	8.41
มูสช็อกโกแลต 30 นาที	-30.22	-31.05	-29.19	-27.68	-29.08	-29.44	1.27
มูสช็อกโกแลต 35 นาที	-28.25	-25.11	-26.21	-22.71	-24.82	-25.42	2.03
มูสช็อกโกแลต 40 นาที	-11.70	-9.92	-7.13	-8.44	-8.31	-9.10	1.76

หมายเหตุ : -

การวิเคราะห์ค่าสี :

ตัวอย่าง	ค่าสี	ผลการวิเคราะห์ค่าสี				
		1	2	3	ค่าเฉลี่ย	SD
มูสช็อกโกแลต 25 นาที	L*	38.04	35.59	36.79	36.81	1.23
	a*	12.67	12.68	13.32	12.89	0.37
	b*	18.87	20.89	20.44	20.07	1.06
มูสช็อกโกแลต 30 นาที	L*	27.97	28.50	28.33	28.27	0.27
	a*	13.22	12.27	13.04	12.84	0.50
	b*	19.27	17.19	18.85	18.44	1.10
มูสช็อกโกแลต 35 นาที	L*	26.44	26.36	26.47	26.42	0.06
	a*	13.17	13.19	13.07	13.14	0.06
	b*	19.62	20.14	19.89	19.88	0.26
มูสช็อกโกแลต 40 นาที	L*	37.59	41.49	41.36	40.15	2.22
	a*	12.62	13.12	13.35	13.03	0.37
	b*	20.31	23.06	23.57	22.31	1.75

หมายเหตุ : -

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ควบคุมและปฏิบัติงาน ดร.ณัฏฐิกา ศิลาลาย
นางสาวชนากานต์ พ่วงเงิน (นักวิทยาศาสตร์)

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นายสุรชาติ ปิติประดิษฐ์

วัน เดือน ปีเกิด 9 มกราคม 2541

ที่อยู่ปัจจุบัน 153/149 หมู่บ้านชุติมา หมู่5 ต.แพรกษา อ.เมืองสมุทรปราการ จ.สมุทรปราการ 10280

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จ**
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนวัดทัพหมัน	2555
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนบ้านไร่วิทยา	2558

ประวัติการทำงาน

ปี พ.ศ. 2562 ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ ฝ่ายครัวการบิน (ดอนเมือง) ณ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงาน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

ปี พ.ศ. 2559 – 2562 เป็นนักศึกษาโครงการความร่วมมือทางวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และฝ่ายครัวการบิน บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

ประสบการณ์

- เข้าการแข่งขันในรายการ Yong Sweet Creator 2018 รอบชิงชนะเลิศ รางวัลชมเชย วันที่ 1 พฤศจิกายน 2560 ณ Le Cordon Bleu Dusit Culinary School
- เข้าร่วมแข่งขันในรายการ Thailand’s International Culinary Cup (TICC) 2019 รายการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น รางวัลชนะเลิศ 93 คะแนน เหรียญทอง วันที่ 6 กันยายน 2562 ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค กรุงเทพฯ

ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ นามสกุล นางสาวลินดา วัฒนเจริญสุข
วัน เดือน ปีเกิด 4 พฤจิกายน 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน 2024/27 ซ.ประชาสงเคราะห์ 39 ถ.ประชาสงเคราะห์ เขตดินแดง แขวงดินแดง กรุงเทพฯ 10400

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จ**
มัธยมศึกษาตอนต้น	โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี	2555
มัธยมศึกษาตอนปลาย	โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี	2558

ประวัติการทำงาน

ปี พ.ศ. 2562 ปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ณ ฝ่ายครัวการบิน (ดอนเมือง) ณ บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน) ในตำแหน่งนักศึกษาฝึกงาน เป็นระยะเวลา 4 เดือน

ปี พ.ศ. 2559 – 2562 เป็นนักศึกษาโครงการความร่วมมือทางวิชาอุตสาหกรรมการบริการอาหาร คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และฝ่ายครัวการบิน บริษัท การบินไทย จำกัด (มหาชน)

ประสบการณ์

ปี พ.ศ. 2561-2563 ปฏิบัติงานบริษัท True Life Style Retail Co.,Ltd ที่ร้าน True Coffee ระยะเวลา 3 ปี

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สูตรพื้นฐาน

ภาคผนวก ข

แบบประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก ค

ภาพอุปกรณ์ วัตถุดิบ กระบวนการผลิตมูสช็อกโกแลต

ภาคผนวก ง
บรรยากาศการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ภาคผนวก จ

เอกสารการตรวจเนื้อสัมผัส การตรวจค่าสี