

ผลของการลดอุณหภูมิด้วยน้ำแข็งแห้งที่มีต่อคุณภาพของมูสช็อกโกแลต

Effect of Dry Ice Cooling on Quality of Chocolate Mousse

◆ อินท์ธีมา หิรัญอัครวงศ์

อาจารย์, สาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร , คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Inteema Hirunakrawong

Lecturer, Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, E-mail: intheema.h@rmutp.ac.th

◆ ณนันทน์ แดงสังวาลย์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร., สาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Nanoln Dangsungwal

Assistant Professor, Ph.D., Program in Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, E-mail: Nanoln.d@rmutp.ac.th

◆ สุรชาติ ปิติประดิษฐ์

นักศึกษา, สาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Surachat Pitipradit

Student, Bachelor Degrees in Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, E-mail: Surachat.P@rmutp.ac.th

◆ ลินดา วัฒนเจริญสุข

นักศึกษา, สาขาวิชาอุตสาหกรรมบริการอาหาร, คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Linda Watthanacharoensuk

Student, Bachelor Degrees in Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, E-mail: Linda.w@rmutp.ac.th

◆ บุญยณัฐ ภูระหงษ์*

อาจารย์, ประจำสาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

Bunyanut Phurahong*

Lecturer, Food and Nutrition Program, Faculty of Home Economics Technology

Rajamangala University of Technology Phra Nakhon

E-mail: Bunyanunt.p@rmutp.ac.th

*Corresponding Author E-mail: Bunyanut.p@rmutp.ac.th

Received: May 9, 2023; Revised: July 17, 2023; Accepted: August 29, 2023

Abstract

Cooling or freezing the chocolate mousse to set affects the quality of the chocolate mousse. The purpose of this research was to study the optimum time to freeze chocolate mousse using dry ice. Chocolate mousse was produced and cured by storing in dry ice for 25, 30, 35 and 40 min. Then the obtained chocolate mousse was evaluated for physical properties. The results showed that the longer the freezing time of the chocolate mousse Affects the texture of the mousse more solid. The size of the air bubbles inside is reduced. Chocolate mousse products soaked on dry ice for 40 minutes had a hardness of 23.53 Newtons and a firmness of 2.30 Newtons per mm. adhesion value of 0.45 newtons per second and 0.98 s flexibility. The L* (brightness), b* (yellow) and a* (red) values were 40.15, 22.31 and 13.03, respectively. The panelists rated their preference for appearance and color. Smell, taste, texture, and overall liking. with average scores of 4.50, 4.41, 4.00, 4.35, 4.25 and 4.21 respectively. This method of lowering the temperature of chocolate mousse with dry ice will be useful in western confectionery competitions where the chocolate mousse preparation and serving time is limited.

Keywords: Dry ice, Chocolate Mousse, Western dessert

บทคัดย่อ

การใช้ความเย็นหรือการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตเพื่อให้เซตตัวมีผลต่อคุณภาพของมูสช็อกโกแลต งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตด้วยการใช้น้ำแข็งแห้ง โดยการผลิตมูสช็อกโกแลตแล้วนำไปเซตตัวด้วยการเก็บในน้ำแข็งแห้งเป็นเวลา 25 30 35 และ 40 นาที

นำมูสช็อกโกแลตที่ได้ไปประเมินคุณสมบัติทางกายภาพ ค่าเนื้อสัมผัส ค่าสี และทดสอบชิมทางประสาทสัมผัส ด้วยการให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 point-hedonic scale) ผลการวิจัยพบว่าการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตด้วยเวลานานขึ้น มีผลต่อลักษณะเนื้อของมูสแข็งขึ้น ขนาดฟองอากาศภายในลดลง ผลิตภัณฑ์มูสช็อกโกแลตที่แช่น้ำแข็งแห้งเป็นเวลา 40 นาที มีค่าความแข็ง 23.53 นิวตัน ค่าความแน่นเนื้อ 2.30 นิวตันต่อมิลลิเมตร ค่าการยืดเกาะ 0.45 นิวตันต่อวินาที และค่าความยืดหยุ่น 0.98 วินาที มีค่าสี L^* (ค่าความสว่าง) b^* (ค่าสีเหลือง) และ a^* (ค่าสีแดง) เป็น 40.15 22.31 และ 13.03 ตามลำดับ ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบ ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม มีคะแนนเฉลี่ย 4.50 4.41 4.00 4.35 4.25 และ 4.21 ตามลำดับ วิธีการลดอุณหภูมิมูสช็อกโกแลตด้วยน้ำแข็งแห้งนี้จะ เป็นประโยชน์ ในการนำไปใช้แข่งขันการทำขนมหวานตะวันตกซึ่งมีขั้นตอนการเตรียมมูสช็อกโกแลตและการ จัดเสิร์ฟในช่วงเวลาที่จำกัด

คำสำคัญ : น้ำแข็งแห้ง, มูสช็อกโกแลต, ขนมหวานตะวันตก

บทนำ

ปัจจุบันในประเทศไทยมีเวทีสำหรับการแข่งขันสำหรับผู้สนใจในการทำขนมหวานหลายแห่ง เช่น Thailand Ultimate Chef Challenge (TUCC), Thailand International Culinary Cap (TICC) เป็นต้น (Thailand Chefs Association Online, 2022) โดยส่วนใหญ่ประเภทขนมหวานที่ใช้ในการแข่งขัน ได้แก่ ขนมหวานตะวันตกประเภทเย็นและประเภทร้อน เมนูขนมหวานประเภทเย็นที่มักนิยมนำมาใช้แข่งขัน เช่น มูส พุดดิ้ง คาราเมลคัสตาร์ด พานาคอตต้า หรือ แครมบริวเล่ ฯลฯ

มูส (Mousse) จัดเป็นขนมหวานชนิดหนึ่งที่มีถูกนำไปใช้เป็นรายการอาหารในการแข่งขันการทำขนมหวานตะวันตก ประเภทเย็น มีส่วนผสมหลักได้แก่ แป้ง ไข่ และน้ำตาล โดยมูสแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ มูสชนิดไข่ทั้งฟอง (whole egg base) มูสชนิดนมกับไข่แดง (milk and egg yolk base) มูสชนิดไข่แดง และช็อกโกแลต (egg yolk and chocolate base) และมูสชนิดผลไม้ (fruit base) ในการทำมูสนั้น จะเริ่มจากการเตรียมคัสตาร์ด (custard) เพื่อใช้สำหรับเป็นครีมพื้นฐานของขนมโดยคัสตาร์ดมีหลายรูปแบบ ทั้งในรูปแบบของซอสคัสตาร์ด หรือใส่ขนมครีมคัสตาร์ด ส่วนประกอบหลักของคัสตาร์ด ได้แก่ นม ไข่ และน้ำตาลทราย อาจมีส่วนประกอบปรุงแต่งอื่นๆ รสชาติพื้นฐานนิยม คือ วานิลลา (Naphatrapee & Sawamane, 2016) ในการเตรียมมูสนั้นต้องมีการตีวิปปิ้งครีมให้ขึ้นยอดอ่อนถึงยอดปานกลาง เพื่อให้เนื้อมูสดูเนียนเข้ากันได้ดี มีการตะล่อมฟองอากาศในวิปปิ้งครีมผสมเข้ากับเบส (base) หรือครีมพื้นฐานที่ต้องการเพื่อให้เกิดความเบาและเนียน เมื่อนำมูสไปแช่เย็นจะเกิดการเซตตัวมีความคงรูปที่ดี ปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพของมูส คือ การใช้ อุณหภูมิต่ำในเวลาที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดการเซตตัวของมูส ซึ่งโดยทั่วไปทำได้ 3 วิธี คือ 1) แช่เย็นในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 0 ถึง -4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2-3 ชั่วโมง 2) การใช้ความเย็นจากน้ำแข็งแห้งที่อุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียส และ 3) การใช้ความเย็นจากไนโตรเจนเหลวที่อุณหภูมิ -195.79 องศาเซลเซียส ซึ่งการใช้

ไนโตรเจนเหลวเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้สำหรับการแข่งขันการทำขนมหวานประเภทเย็น เพราะให้อุณหภูมิต่ำมากเป็นผลให้มูสเซตตัวอย่างรวดเร็วในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ แต่การใช้ไนโตรเจนเหลวนั้นมีข้อเสีย คือ ราคาแพง และต้องมีอุปกรณ์สำหรับ การเก็บรักษาไนโตรเจนเหลวโดยเฉพาะ ซึ่งมีราคาสูงถึงประมาณ 14,000 - 55,000 บาท (Charoenrien, 2015)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จึงเป็นปัญหาสำหรับการแข่งขันการทำขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น ที่มีระยะเวลาจำกัดต่อการเลือกเมนูขนมหวานประเภทมูสในการแข่งขัน ดังนั้นจึงเริ่มมีการนำน้ำแข็งแห้งมาใช้ในการแช่แข็งมูสมากขึ้นเพื่อลดต้นทุนการซื้อไนโตรเจนเหลวและอุปกรณ์เก็บรักษา แต่การใช้น้ำแข็งแห้งแช่แข็งมูสสำหรับการแข่งขันนั้น ยังพบปัญหาขนมหวานที่เสิร์ฟให้คณะกรรมการชิมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แข็งมากเกินไป จากการแช่แข็งจนเย็นจัดจึงไม่สามารถรับประทานได้ทันที จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่แข็งมูสให้เซตตัวอย่างเหมาะสมด้วยน้ำแข็งแห้ง รวมไปถึงการพักมูสระหว่างวัน ในช่วงเวลาเสิร์ฟเพื่อให้คณะกรรมการตัดสินด้วยวิธีการทำละลายให้มีอุณหภูมิห้อง และให้มีเนื้อสัมผัสที่เหมาะสมที่สุด ไม่แข็งเกินไป และไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพด้านสี กลิ่น รสชาติ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตด้วยน้ำแข็งแห้ง
2. เพื่อทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางประสาทสัมผัสของมูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง

ขอบเขตการวิจัย

1. ศึกษาการผลิตมูส โดยใช้มูสชนิดไข่แดงและช็อกโกแลต (egg yolk and chocolate base) มีลักษณะเป็นครีม เกิดจากการนำเพสทรีครีม เจลาติน ช็อกโกแลต อิตาเลียนเมอแร็งก์ และวิปปิงครีม นำมาตะล่อมกับส่วนผสมไข่ขาว ใส่ลงในพิมพ์แล้วนำไปแช่แข็ง (Naphatrapee & Sawamanee, 2016)
2. ศึกษาการแช่แข็งด้วยวิธีการใช้ความเย็นจากน้ำแข็งแห้งที่อุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียสของมูสช็อกโกแลตได้จากช็อกโกแลตอยู่ในอุณหภูมิที่เย็น หากต้องการเซตตัวที่มากขึ้นจะนิยมเติมเจลาตินในปริมาณเล็กน้อยได้มูสที่มีส่วนผสมของช็อกโกแลตนั้นมีการเติมเจลาตินลงไปด้วย (Nanoln, 2020)

กรอบแนวคิดในการวิจัย



นิยามศัพท์

มูสช็อกโกแลต (Chocolate Mousse) หมายถึง ขนมหวานที่มีเนื้อบางเบาเหมือนโฟมเกิดจากการแข็งตัวของช็อกโกแลตมูสได้จากช็อกโกแลตอยู่ในอุณหภูมิที่เย็น

การทบทวนวรรณกรรม

มูส (Mousse) เป็นขนมหวานที่นิยมในอุตสาหกรรมบริการอาหาร มูสมีลักษณะเป็นโฟม foam) มูสช็อกโกแลตจะแข็งตัวได้เมื่อช็อกโกแลตอยู่ในอุณหภูมิที่เย็น แต่หากต้องการให้เกิดการเซตตัวที่มากขึ้นจะ

นิยมเติมเจลาตินในปริมาณเล็กน้อยได้มูสที่มีส่วนผสมของช็อกโกแลตจะต้องเติมเจลาติน ส่วนการเซตตัวของมูสผลไม้จะได้จากเพคตินของผลไม้ชนิดนั้น ๆ (Nanoln, 2020) การผลิตมูสมีหลายวิธี และการผลิตมูสพื้นฐานจะมีส่วนผสมที่ต่างกัน เมื่อผสมส่วนผสมต่าง ๆ เข้ากันแล้วบรรจุเนื้อมูสลงพิมพ์หรือภาชนะบรรจุแล้วนำไปผ่านกระบวนการลดอุณหภูมิของส่วนผสมให้ต่ำลง การใช้ความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อคุณภาพการเซตตัวของมูสการเซตตัวที่ดีจะเกิดขึ้นเมื่อแช่มูสที่อุณหภูมิต่ำในระยะเวลาที่เหมาะสมด้วยการเปลี่ยนสถานะในส่วนผสมของเหลวชั้นเป็นของแข็งในระหว่างกระบวนการแช่แข็งนั้นจะเกิดการก่อตัวและการเติบโตของผลึกน้ำแข็ง ซึ่งการเกิดผลึกนี้มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติทางกายภาพ เนื้อสัมผัส และประสาทสัมผัสของมูส การถ่ายเทความร้อนและมวลจะเกิดขึ้นระหว่างพื้นผิวที่เย็นและจุดกึ่งกลางของชิ้นมูส การแช่แข็งอย่างรวดเร็วทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กจำนวนมาก จะเกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อย ในขณะที่การแช่แข็งอย่างช้าปริมาณของเหลวไหลมากขึ้นจะนำไปสู่การเกิดผลึกที่ใหญ่ขึ้น จึงมีแนวโน้มที่จะส่งผลให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์ แช่แข็งแย่ลง (Erickson & Hung, 2012)

การลดอุณหภูมิของมูสสำหรับการแข่งขันขนมหวานนั้น โดยทั่วไปทำได้ 3 วิธีดังนี้

1) วิธีแช่เยือกแข็งในตู้แช่แข็งที่ไม่มีลมเป่า (Still freezing) เป็นการแช่เยือกแข็งแบบช้าที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้แช่เยือกแข็งแบบที่ใช้ตามบ้านทั่วไป ทำให้การแช่เยือกแข็งจะดำเนินไปอย่างช้า ๆ โดยเกิดจากภายนอกเข้าไปสู่ภายใน น้ำที่อยู่ภายนอกเซลล์ (extracellular water) จะเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็งเร็วกว่าน้ำที่อยู่ภายในเซลล์ เกิดเป็นผลึกน้ำแข็งที่มีขนาดใหญ่และทำลายเซลล์ เมื่อนำอาหารแช่เยือกแข็งประเภทนี้ไปหลอมละลายอาหารจะสูญเสียน้ำมาก (drip loss) สูญเสียสารอาหารต่าง ๆ ที่ละลายได้ในน้ำสูญเสียความแน่นเนื้อและคุณค่าทางโภชนาการ ส่งผลให้รสชาติและเนื้อสัมผัสของมูสด้อยลง วิธีการนี้เป็นวิธีการแช่แข็งแบบช้า ส่วนผสมมูสที่นำไปแช่แข็งเมื่อได้รับความเย็นจะรวมตัวกันอย่างเป็นระเบียบภายในตัวผลิตภัณฑ์เป็นผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กรวมตัวกันเป็นผลึกขนาดใหญ่ มีน้ำแข็งเกาะส่งผลให้เนื้อสัมผัสแข็งตัวได้อย่างช้า เนื้อสัมผัสไม่เนียนและไม่นุ่มจึงไม่นิยมใช้ในการแข่งขัน เนื่องจากระยะเวลาในการแช่เย็นและมีอัตราการละลายเร็ว การตั้งทิ้งไว้ระหว่างรอคณะกรรมการตัดสินงานจึงมีความเสี่ยงที่จะทำมูสไม่เสร็จทันตามเวลาที่แข่งขันกำหนด

2) วิธีการแช่เยือกแข็งแบบโครโอเจนิค (Cryogenic freezing) เป็นการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็วโดยการจุ่มชิ้นอาหารลงในสารโครโอเจน (cryogen) หรือพ่นสารโครโอเจนลงบนผิวหน้าของอาหารโดยตรง จัดเป็นการแช่เยือกแข็งอย่างรวดเร็ว (quick freezing) สารโครโอเจนที่นิยมใช้คือไนโตรเจนเหลว (จุดเดือด -196 องศาเซลเซียส) และคาร์บอนไดออกไซด์ (จุดเดือด -78 องศาเซลเซียส) ซึ่งเป็นของเหลวที่มี จุดเดือดต่ำมาก เมื่อสัมผัสกับชิ้นอาหารจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสถานะนี้ต้องใช้ความร้อนแฝงในการกลายเป็นไอ (latent heat of vaporization) เพื่อดึงความร้อนออกจากชิ้นอาหารทำให้อุณหภูมิของอาหารลดลงอย่างรวดเร็ว เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กกระจายอย่างสม่ำเสมอ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพดี การสูญเสียของเหลวหลังการหลอมละลายน้อย คุณภาพที่ได้หลัง

การหลอมละลายน้ำแข็งใกล้เคียงกับก่อนแช่เยือกแข็ง แต่วิธีนี้มีข้อเสีย คือ สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและสารโครโอเจนซึ่งไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Chourot et al., 2003) การแช่เยือกแข็งโดยวิธีนี้เป็นการใช้สารโครโอเจนจุ่ม หรือฉีดพ่น ให้สัมผัสกับผิวหน้าเนื้อสัมผัสของหมูโดยตรงทำให้เกิดแข็งตัวอย่างรวดเร็ว โดยการแช่เยือกแข็งด้วยวิธี cryogenic freezing อุณหภูมิจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากเกิดการเดือดของสารโครโอเจน และดึงความร้อนแฝงจากการกลายเป็นไอออกจากเนื้อสัมผัสของหมูที่ลักษณะชื้นและเหนียว ทำให้น้ำในอาหารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นของน้ำแข็งการใช้ไนโตรเจนเหลวเป็นผู้เข้าแข่งขันนิยมใช้มากที่สุด เพราะหมูแข็งตัวได้อย่างรวดเร็วภายในเวลาไม่ถึง 10 นาที ไนโตรเจน (Nithiya & Pimpen, nd) ข้อดีคือเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กสม่ำเสมอทำให้เนื้อสัมผัสของหมูเกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว แต่มีข้อเสียคือต้นทุนสูง ราคาแพง และต้องเหลือทิ้งเมื่อใช้ไนโตรเจนเหลวไม่หมด และต้องมีอุปกรณ์สำหรับการเก็บรักษาโดยเฉพาะ ซึ่งมีราคาสูง 14,000–55,000 บาท และอาจจะเกิดอันตรายจากการลำเลียงในระหว่างการแข่งขันได้ ซึ่งอันตรายที่เกิดจาก "ความเย็นจัด" หากสัมผัสโดนไนโตรเจนเหลวทำให้ผิวหนังมีสภาพคล้ายโดนน้ำร้อนหรือของร้อน เกิดการพองบวม แต่การนำมาราดบนอาหารนั้นไนโตรเจนจะระเหยเป็นก๊าซมองเห็นเป็นควันลอยออกไปจึงไม่อันตราย ในการนำอาหารไปรับประทาน

3) การแช่เยือกแข็งด้วยวิธีการใช้น้ำแข็งแห้ง (dry-ice freezing) หรือ คาร์บอนไดออกไซด์แข็ง (Solid carbon dioxide) น้ำแข็งแห้งมีสถานะเป็นของแข็ง มีความเย็นจะระเหิดโดยไม่หลอมละลายเป็นของเหลวเหมือนน้ำแข็งทั่วไป เป็นการแช่แข็งแบบเย็นยวดยิ่งและเป็นการทำความเย็นในรูปแบบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระเหิดออกมาเพื่อให้ความเย็นกับเนื้อสัมผัสของหมูและมีอุณหภูมิแช่แข็งที่ต่ำมากทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กในอาหาร เมื่อนำน้ำแข็งแห้งมาใช้ในการแช่แข็งหมูช็อกโกแลตในระยะเวลาที่ยาวนานเท่าไร ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของหมูช็อกโกแลตยังมีความแข็งมาก (Nithiya & Pimpen, nd) ข้อดีของวิธีนี้ คือ ราคาไม่แพงประมาณก้อนละ 30 บาท สามารถหามาใช้น้ำแข็งแห้งได้ง่าย ไม่ต้องใช้อุปกรณ์สำหรับการเก็บรักษาโดยเฉพาะ สามารถเก็บรักษาในลังโฟมได้ ส่งผลให้การใช้น้ำแข็งแห้งมีต้นทุนที่ต่ำกว่าการใช้ไนโตรเจนเหลวมากกว่าร้อยละ 50 แต่ต้องระวังอันตรายจากความเย็นที่ถูกน้ำแข็งแห้งสัมผัสผิวโดยตรงและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระเหิดออกมา

จากวิธีการแช่แข็งหมูทั้ง 3 วิธี พบว่าการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งเป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแข่งขันการใช้น้ำแข็งแห้งส่งผลทำให้หมูสามารถแข็งตัวได้มีลักษณะใกล้เคียงกัน และใช้ต้นทุนในการผลิตที่ต่ำกว่า อันตรายที่เกิดจากใช้น้อยกว่า แต่เนื่องจากผู้เข้ารับการแข่งขันไม่ทราบระยะเวลาที่แน่นอน (Charoenrien, 2015)

วิธีการดำเนินงานวิจัย

ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่แข็งหมูช็อกโกแลต ใช้สูตรพื้นฐานหมูช็อกโกแลต (intheema, 2020) แสดงดังตารางที่ 1 โดยมีขั้นตอนการผลิตหมูช็อกโกแลตตามภาพที่ 1 จากนั้นนำหมูช็อกโกแลตบรรจุใส่พิมพ์พลาสติกชนิด High density polyethylene (HDPE) รูปครึ่งวงกลม

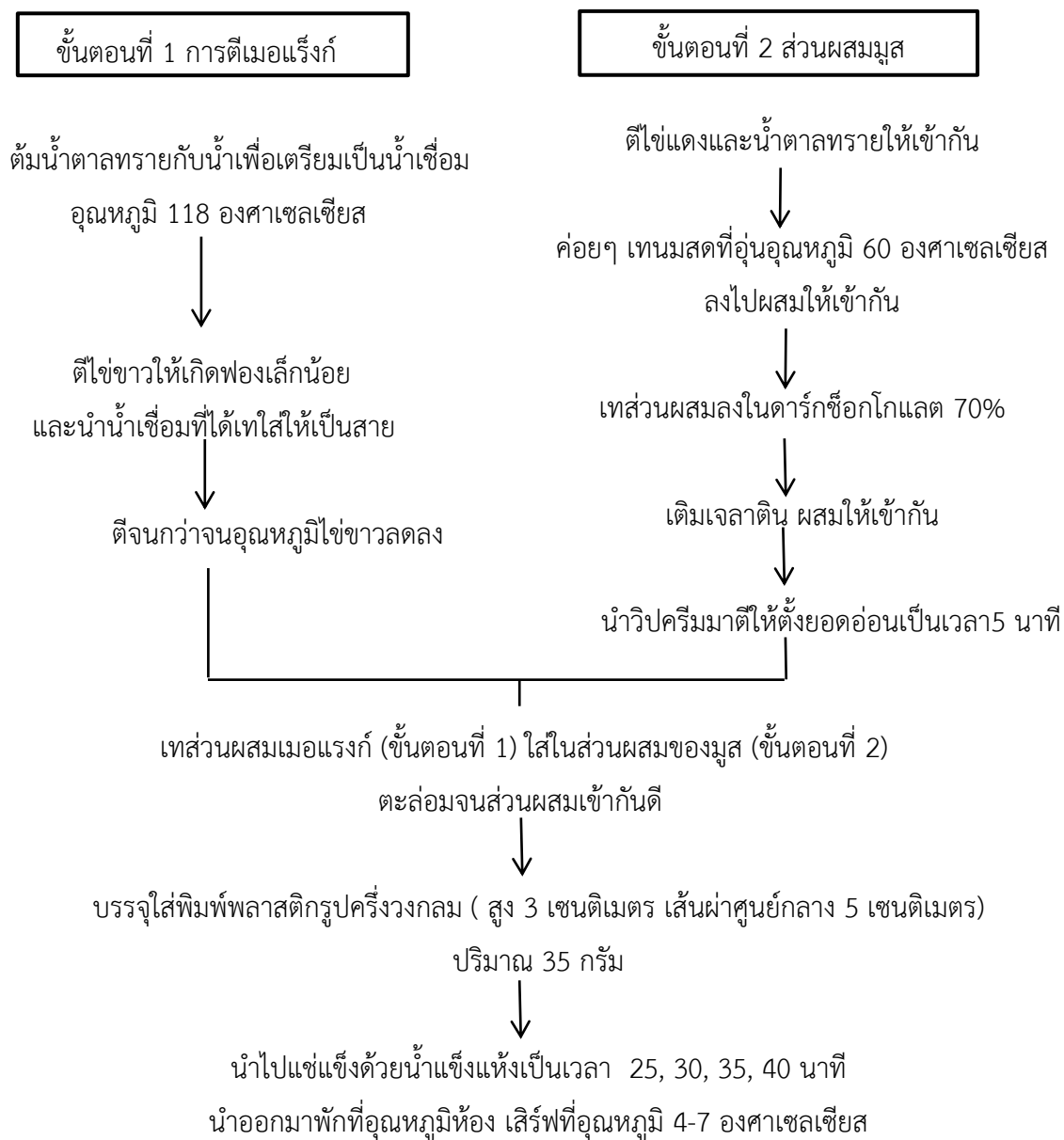
ความสูง 3 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ซึ่งน้ำหนักปริมาณ 35 กรัมและปิดฝาพิมพ์ แล้วนำไปแช่แข็งในกล่องโฟมขนาดกว้าง x ยาว x สูง เป็น $16 \times 21 \times 10$ เซนติเมตร³ ที่ใช้น้ำแข็งแห้งแบบก้อนๆ ละ 1,000 กรัม จำนวน 2 ก้อน วางรองพื้นกล่องโฟม และ เทน้ำแข็งแห้งให้ท่วมพิมพ์ปิดฝาลงโฟมให้สนิทโดยศึกษาระยะเวลาการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่แตกต่างกัน 4 ช่วงเวลา คือ 25 30 35 และ 40 นาที (ทำ 3 ซ้ำ) นำมูสช็อกโกแลตแช่แข็งที่ได้จากแต่ละช่วงเวลาไปศึกษาต่อไป

ตารางที่ 1 ปริมาณส่วนผสมในสูตรมูสช็อกโกแลต

วัตถุดิบ	ปริมาณ	หน่วย	ร้อยละ
1.ส่วนผสมเมอแรงก์			
ไข่ขาว (ไข่ไก่สดขนาดกลาง)	75	กรัม	8.72
น้ำตาล	50	กรัม	5.81
น้ำตาลทราย (ตราลิน)	150	กรัม	17.45
2.ส่วนผสมมูส			
ไข่แดง (ไข่ไก่สดขนาดกลาง)	3	ฟอง	5.23
น้ำตาลทราย (ตราลิน)	50	กรัม	5.81
นมสด (ตราเมจิ)	112	กรัม	13.03
เจลาตินชนิดแผ่น (ตรา Gelita)	6	กรัม	0.87
ดาร์กช็อกโกแลต 70% (ตรา Swiss Line)	170	กรัม	19.77
เมอแรงก์ (จากส่วนผสมข้อ 1)	50	กรัม	8.81
วิปปิ้งครีม (ตรา Anchor)	150	กรัม	19.50

ที่มา : ดัดแปลงจาก Intheema (2020)

ขั้นตอนการผลิตมูสช็อกโกแลต



แผนภาพที่ 1 ขั้นตอนการทำมูสช็อกโกแลต

ที่มา : Intheema (2020)

นำมูสช็อกโกแลตแช่แข็งที่ได้จากแต่ละช่วงเวลาไปประเมินคุณภาพ ได้แก่ ลักษณะปรากฏ คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ค่าสี เนื้อสัมผัส และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังนี้

1) ประเมินลักษณะปรากฏ โดยตรวจพินิจลักษณะปรากฏของมูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วย น้ำแข็งแห่งระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ โดยอธิบายเชิงพรรณนาประกอบภาพหน้าตัดตามขวางของมูสช็อกโกแลต แช่แข็ง ภายหลังแกะออกจากพิมพ์

2) ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของมูสช็อกโกแลต โดยวัดค่าเนื้อสัมผัสและวัดค่าสีของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งที่เวลาต่างกัน 4 ระดับ

- ตรวจวิเคราะห์เนื้อสัมผัสตัวอย่างมูสช็อกโกแลตด้วยวิธี Texture Profile Analysis (TPA) ตามวิธีการของ Stable Micro Systems for mousse อ้างโดย Cardarelliet et al. (2008) ด้วยเครื่องวัดเนื้อสัมผัส TA-XT2 Texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, UK) เมื่อมูสช็อกโกแลตมีอุณหภูมิ 4 - 7 องศาเซลเซียส เท่ากับอุณหภูมิเสิร์ฟสำหรับการประเมินผลทางประสาทสัมผัส นำมูสไปตรวจวัด เนื้อสัมผัสด้วยการกดสองครั้งด้วยหัววัดชนิดอะลูมิเนียมทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตร (P35) ระยะทางการกดเท่ากับ 10 มิลลิเมตร ความเร็วของหัววัดทั้งขณะกดและกลับสู่ตำแหน่งเดิมเท่ากับ 1 มิลลิเมตร/วินาที ทำการบันทึกค่าและคำนวณผล ค่าความแข็ง (Hardness) ความแน่นเนื้อ (Firmness) ค่าการยึดเกาะ (Cohesiveness) ค่าการเกาะติด (Adhesiveness) และค่าความยืดหยุ่น (Springiness) ด้วยโปรแกรม Texture Exponent 32 สำหรับ Windows software version 1.20 (Stable Micro Systems) แต่ละตัวอย่างทำการตรวจวัด 5 ซ้ำ

- วิเคราะห์ค่าสี การตรวจวัดค่าสีของตัวอย่างมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยเครื่องวัดค่าสี Color Flex, Hunter, USA แสดงผลค่าที่วัด ได้แก่ ค่าสี L* (ค่าความสว่าง) a* (สีแดง) และ b* (สีเหลือง)

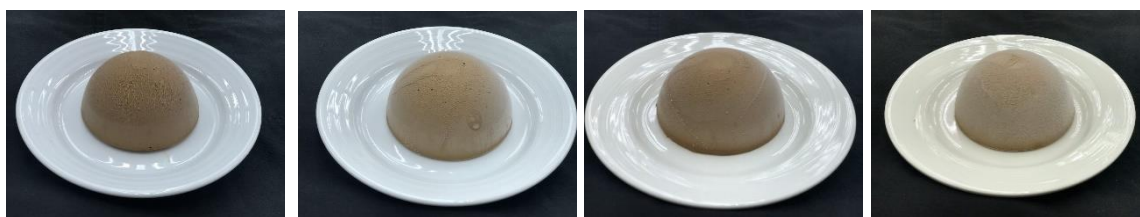
3) ประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยการทดสอบชิมในด้านลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมด้วยวิธีการชิมแบบให้คะแนนความชอบ 5 ระดับ (5 - point hedonic scale) โดยมีช่วงเกณฑ์คะแนนเฉลี่ยดังนี้ 1-1.80 = ชอบน้อยที่สุด 1.81-2.60 = ชอบน้อย 2.61-3.40 = ชอบปานกลาง 3.41-4.20 = ชอบมาก 4.21-5.00 = ชอบมากที่สุดโดยใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเบเกอรี่ ผู้ประกอบการร้านเบเกอรี่และอาจารย์ผู้เชี่ยวชาญจากคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร จำนวน 15 คน วิเคราะห์ข้อมูล ตามแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized complete block design, RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี (Duncan New Multiple Rang Test, DMRT) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางคอมพิวเตอร์ เพื่อนำผลการยอมรับมากที่สุดไปวิเคราะห์ต่อไป

4) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลการวิจัยด้วยแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan New Multiple Rang Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่เหมาะสม จากการประเมินลักษณะปรากฏ การทดสอบทางกายภาพ และการทดสอบทางประสาทสัมผัส ผลการทดลองพบว่า

3.1 ลักษณะปรากฏของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง ระยะเวลาที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 25 30 35 และ 40 นาที และภาพหน้าตัดตามขวางของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งภายหลังแกะออกจากพิมพ์ แสดงผลดังภาพที่ 2 และภาพที่ 3 และ จากตารางที่ 2 เนื่องจากน้ำแข็งแห้งเป็นคาร์บอน ไดออกไซด์ที่อยู่ในสถานะของแข็ง มีอุณหภูมิเย็นจัดถึง - 79 องศาเซลเซียส ลักษณะคล้ายน้ำแข็งที่ อุณหภูมิห้องจะระเหิดเป็นก๊าซโดยไม่หลอมละลายเป็นของเหลวและไม่เหลือสิ่งตกค้างใช้ประโยชน์เป็น ตัวทำความเย็นที่ดีคุณสมบัติของน้ำแข็งแห้งแตกต่างจากน้ำแข็งปกติ คือ น้ำแข็งมีอุณหภูมิ 0 องศา เซลเซียสที่อุณหภูมิห้อง



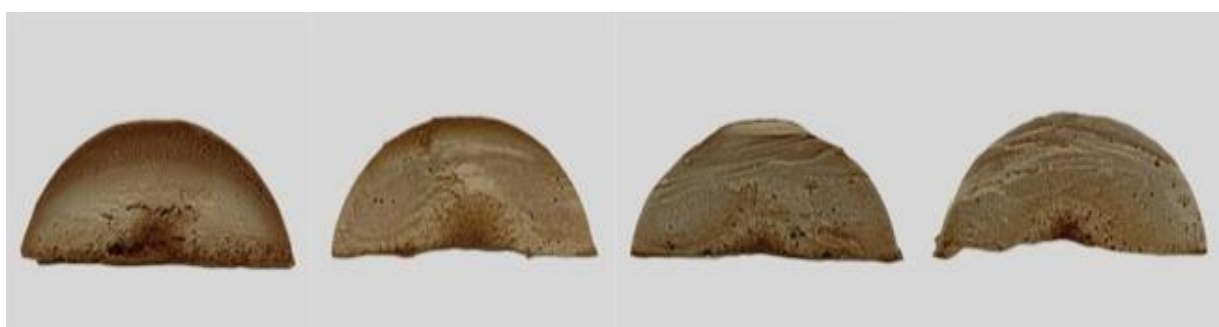
25 นาที

30 นาที

35 นาที

40 นาที

ภาพที่ 2 ลักษณะมูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งระยะเวลาต่างกัน ภายหลังแกะออกจากพิมพ์



25 นาที

30 นาที

35 นาที

40 นาที

ภาพที่ 3 ภาพหน้าตัดตามขวางของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งระยะเวลาต่างกัน

ตารางที่ 2 ลักษณะของมูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งระยะเวลาต่างกัน พร้อมภาพหน้าตัดตามขวาง

ระยะเวลา (นาทิจ)	ลักษณะปรากฏ		ภาพหน้าตัดตามขวาง
	สี	ลักษณะเนื้อสัมผัส	
25	ภายนอกสีน้ำตาลเข้มมาก ภายในมีสีน้ำตาลอ่อน	เนื้อภายนอกแข็งกว่าภายใน ภายในมีฟองอากาศเป็นจำนวนมาก ส่วนกลางเป็นช่องว่าง กว้างxสูง=1.5x1.0 ซม. ²	
30	ภายนอกสีน้ำตาลเข้มปานกลาง ภายในมีสีน้ำตาลอ่อน	เนื้อภายนอกแข็งกว่าภายใน เล็กน้อย มีฟองอากาศปานกลาง ส่วนกลางเป็นช่องว่าง กว้างxสูง=1.0x0.8 ซม. ²	
35	ภายนอกสีน้ำตาลอ่อน ภายในสีน้ำตาลอ่อนปนขาวของผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กปานกลาง	เนื้อภายนอกและภายในแข็ง ภายในมีฟองอากาศน้อย ส่วนกลางเป็นช่องว่าง กว้างxสูง=0.6x0.4 ซม. ²	
40	ภายนอกสีน้ำตาลอ่อน ภายในสีน้ำตาลอ่อนปนขาวของผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กจำนวนมาก	เนื้อภายนอกและภายในแข็ง ภายในมีฟองอากาศน้อย ส่วนกลางเป็นช่องว่าง กว้างxสูง=0.3x0.1 ซม. ²	

เมื่อนำน้ำแข็งแห้งมาใช้แช่แข็งมูสช็อกโกแลตที่ระยะเวลานานขึ้น ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลต ยิ่งมีความแข็งมากขึ้น เนื่องจากน้ำแข็งแห้งมีลักษณะเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ในสถานะของแข็ง ซึ่งเกิดจากการขยายตัวของของเหลวก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ภายใต้สภาวะปกติ คุณสมบัติของน้ำแข็งแห้งแตกต่างจากน้ำแข็งธรรมดาทั่วไปคือ มีอุณหภูมิเย็นจัดถึง -79 องศาเซลเซียส การทำงานของน้ำแข็งมีผลต่อ ในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากก้อนน้ำแข็งแห้งจะกลายเป็นของเหลวโดยเพิ่มความดันและลดอุณหภูมิ จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะแข็งตัวมากขึ้น ในขณะที่น้ำแข็งธรรมดาทั่วไป มีอุณหภูมิประมาณ 0 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิห้องน้ำแข็งแห้งจะระเหิดกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยไม่หลอมละลายเป็นของเหลวเหมือนน้ำแข็งธรรมดาทั่วไป เมื่อนำน้ำแข็งแห้งมาใช้ในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตในระยะเวลายังมากเท่าไร ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตยิ่งมีความแข็งมากขึ้น (Erickson & Hung, 2012) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Dequenne et al. (2016) เรื่องความคงตัวของมูสแช่แข็ง โดยใช้เจลาตินเปปไทด์โมเลกุลต่ำ เนื่องจากเจลาตินเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการ

ผลิติดูส พบว่าโครงสร้างของของเจลลาตินประกอบไปด้วยสายพอลิเมอร์เพปไทด์ ซึ่งสายพอลิเมอร์เพปไทด์ จะมีการบิดเป็นเกลียวโดยมีพันธะไฮโดรเจนเชื่อมอยู่ระหว่างกรดอะมิโน เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นเกลียว การทำงาน เจลาตินจะใช้ระยะเวลาคงตัวประมาณ 18 ชั่วโมง ดังนั้นผลิตภัณฑ์ขนมที่ใช้เจลลาตินเป็นส่วนประกอบ เช่น เยลลี่ หรือมูสจะมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง คงตัว และเหนียวขึ้นเมื่อทิ้งไว้เกิน 18 ชั่วโมง โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความที่ระยะเวลา 40 นาที มากที่สุด ดังนั้นจะเห็นได้ว่า มูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง 40 นาที จึงมีลักษณะเนื้อสัมผัสทั้งภายนอกและภายในเซตตัวแข็งสม่ำเสมอทั้งพิมพ์ภายในมีฟองอากาศน้อยมากส่วนกลางไม่มีส่วนที่อ่อนตัว มีช่องว่างเล็กน้อย แสดงว่ามูสช็อกโกแลตเซตตัวได้เต็มที่และมีสีสม่ำเสมอทั้งพิมพ์

3.2 ผลการทดสอบลักษณะเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งที่ระยะเวลาต่างกัน 4 ระดับ

ค่าเนื้อสัมผัส	ระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลต			
	25 นาที	30 นาที	35 นาที	40 นาที
ความแข็ง (นิวตัน)	25.22±1.76 ^b	27.51±0.51 ^a	26.63±0.31 ^a	23.53±0.32 ^c
ความแน่นเนื้อ (นิวตันต่อมิลลิเมตร)	2.19±0.17 ^b	3.17±0.37 ^a	3.30±0.09 ^a	2.30±0.03 ^b
การยึดเกาะ (นิวตันต่อวินาที)	0.42±0.01 ^b	0.43±0.01 ^a	0.39±0.00 ^c	0.45±0.01 ^a
ความยืดหยุ่น (วินาที)	0.99±0.01 ^c	1.22±0.05 ^a	1.14±0.03 ^b	0.98±0.01 ^c

หมายเหตุ : a-c กำกับต่างกันในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 3 พบว่า ลักษณะเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งที่เวลาต่างกัน 4 ระดับ มีค่าความแข็ง ความแน่นเนื้อ การยึดเกาะ และ ความยืดหยุ่น แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยค่าความแข็งของมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 30 และ 35 นาที ไม่แตกต่างกัน ขณะที่มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาทีมีค่าความแข็งน้อยที่สุดเป็น 23.35 นิวตัน สำหรับค่าความแน่นเนื้อของมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 25 และ 40 นาทีไม่แตกต่างกัน โดยมูสช็อกโกแลตที่แช่แข็ง 40 นาที ค่าความแน่นเนื้อเป็น 2.3 นิวตัน ต่อมิลลิเมตร ส่วนค่าการยึดเกาะของมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 30 และ 40 นาที ไม่แตกต่างกัน และมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาทีมีค่าการยึดเกาะมากที่สุดเป็น 0.45 นิวตันต่อวินาที และค่าความยืดหยุ่นของมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 25 และ 40 นาที ไม่แตกต่างกันโดยที่ของมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาทีมีค่าความยืดหยุ่นน้อยที่สุด เป็น 0.98 วินาที จากผลการวิเคราะห์ พบว่า ระยะเวลาในการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากในช่วงแรกของการแช่แข็งอุณหภูมิของเหลวจะลดลงอย่างต่อเนื่อง เมื่อปริมาณความร้อนที่ถูกดึงออกจากของเหลวความร้อนสัมผัสจึงทำให้อุณหภูมิของเหลวลดต่ำลงจนถึงจุดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งและเกิดสภาพเย็นยวดยิ่ง ณ จุดนี้กลุ่ม

โมเลกุลของเหลวที่มากะกันมีขนาดโตขึ้นจึงทำเนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตมีฟองอากาศที่เล็กลงเมื่อระยะเวลาในการแช่แข็งที่นาน (Charoenrien, 2015) และยังส่งผลต่อการยืดหยุ่นของมูสช็อกโกแลต เพราะส่วนประกอบมีการเติมเจลาติน เมื่อนำมูสช็อกโกแลตไปแช่แข็งในน้ำแข็งแห้งความเย็นจากน้ำแข็งแห้งที่มีอุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นการ แช่เยือกแข็งแบบเย็นยวดยิ่งทำให้เจลาตินเกิดการเซตตัวได้ดีเนื่องจากอุณหภูมิในการเกิดเจลของเจลาตินขึ้นอยู่กับระยะเวลาและความเข้มข้นที่ใช้ เมื่อปล่อยสารละลายเจลาตินให้เย็นตัวลงสารละลายจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นและเกิดเจลในที่สุด (Somboon & Nichaphat, 2013)

3.3 การวิเคราะห์ค่าสี

ผลการตรวจวัดค่าสีของตัวอย่างมูสช็อกโกแลตช็อกโกแลตแช่แข็งที่ 4 ระดับ คือ 25 30 35 และ 40 นาที

ตารางที่ 4 ผลการวัดค่าสีของมูสช็อกโกแลตที่มีระยะเวลาการแช่แข็งต่างกัน

ค่าสี	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* แสดงค่าความสว่าง a* แสดงค่าสีแดง b* แสดงค่าสีเหลือง

a-c กำกับต่างกันในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05)

ns ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

จากตารางที่ 4 พบว่า มูสช็อกโกแลตแช่แข็งที่ 4 ระดับ คือ 25 30 35 และ 40 นาที มีค่าความสว่าง (L*) และ ค่าสีเหลือง (b*) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05) ในขณะที่มีค่าสีแดง (a*) ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05) โดยมีค่าความสว่าง (L*) เป็น 40.15 36.81 28.27 และ 26.42 ตามลำดับ ซึ่งมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาทีมีค่าความสว่างมากที่สุดจะมีสีน้ำตาลอ่อนที่สุด ส่วนค่าสีแดง (a*) ของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งมีค่าระหว่าง 12.84 - 13.14 ซึ่งแตกต่างกันน้อยมากในขณะที่ค่าสีเหลือง (b*) ของมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาทีมีค่าสูงสุดเป็น 22.31

จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพค่าสีของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งที่เวลาแตกต่างกัน 25 ถึง 40 นาที มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ(P≤0.05) เนื่องจากเกิดจากเจลาตินคุณสมบัติของเจลาตินที่นำมาใช้ในการผลิตมูสช็อกโกแลตเป็นเจลาตินเกรดดี ซึ่งอาจจะส่งผลให้มูสช็อกโกแลตมีค่าความสว่างในระยะเวลาที่แตกต่างกัน หรือกระบวนการผลิตในการผสมส่วนประกอบที่ไม่เข้ากันดีก็อาจจะส่งผลให้มูสช็อกโกแลตจะมีลักษณะสีที่ไม่โปร่งใสจนถึงขุ่นหรือสีเหลืองส้ม (Somboon & Nichaphat,2013)

3.4 ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมูสซ็อกโกแลตแช่แข็ง

ตารางที่ 5 คะแนนคุณภาพทางประสาทสัมผัสของมูสซ็อกโกแลตที่แช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งระยะเวลาต่างกัน

คุณลักษณะ	ระยะเวลาในการแช่แข็งมูสซ็อกโกแลต			
	25 นาที	30 นาที	35 นาที	40 นาที
ลักษณะที่ปรากฏ	3.35±1.2 ^b	3.53±0.74 ^b	3.92±0.82 ^b	4.50±0.7 ^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 : a-c กำกับต่างกันในแนวนอน คือ ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

ns ค่าเฉลี่ยในแนวนอนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 5 พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบในด้านลักษณะที่ปรากฏและเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนความชอบด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ด้านลักษณะที่ปรากฏ พบว่า มูสซ็อกโกแลตแช่แข็งที่เวลา 40 นาที ได้รับค่าคะแนนการยอมรับมากที่สุด เนื่องจากคุณสมบัติน้ำแข็งแห้งที่มีอุณหภูมิ -79 องศาเซลเซียส เมื่อนำมูสซ็อกโกแลตไปแช่แข็งทำให้เกิดการแช่แข็งแบบรวดเร็วถึงจะใช้เวลาสั้น และทำให้ผลิตภัณฑ์เซตตัวเร็วกว่าการแช่แข็งปกติในช่องแช่แข็ง แต่เนื้อของมูสที่ใช้เวลาแช่แข็ง 25 – 35 นาที ยังเซตตัวสม่ำเสมอ และมีฟองอากาศอยู่มากกว่าเนื้อของมูสที่ใช้เวลาแช่แข็ง 40 นาที ทำให้คะแนนลักษณะที่ปรากฏเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 3.35 3.53 3.92 และ 4.50 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสที่มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อใช้ระยะเวลาเพิ่มขึ้นเป็น 3.06 3.20 4.00 และ 4.25 ตามลำดับ โดยมูสแช่แข็งที่เวลา 40 นาที มีคะแนนสูงสุด เนื่องจากเนื้อสัมผัสมีความนุ่มนวลสม่ำเสมอดีกว่า ส่วนผสมของมูสซ็อกโกแลตมีปริมาณไขมันรวมสูงจากไขมันของซ็อกโกแลต ไข่แดง และผลิตภัณฑ์นม เมื่อส่วนผสมรวมตัวกันส่งผลให้มูสซ็อกโกแลตแช่แข็งมีเนื้อสัมผัสนุ่มลิ้น ประกอบกับมีปริมาณน้ำตาล เมื่อผ่านกระบวนการผสมเพื่อเป็นผลิตภัณฑ์มูสและนำไปแช่แข็งจึงส่งผลให้ไม่เกิดการตกผลึกน้ำแข็งระหว่างการแช่แข็งและการเก็บรักษา และจากซ็อกโกแลตที่มีปริมาณไขมันสูงและจุดหลอมเหลวที่ค่อนข้างสูง เมื่อนำไปแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งระยะเวลาที่นานขึ้น ส่งผลให้มีเนื้อสัมผัสแน่นและเรียบเนียน มีฟองอากาศเล็กน้อย เนื่องจากการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งเป็นการแช่แข็งแบบเย็นยวดยิ่ง และเป็นการทำความเย็นในรูปแบบของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ระเหิดออกมาเพื่อให้ความเย็นกับเนื้อสัมผัส

ของมูสช็อกโกแลตและมีอุณหภูมิแช่แข็งที่ต่ำมาก ทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กในอาหาร ส่งผลให้เนื้อสัมผัสของมูสช็อกโกแลตมีความเรียบเนียนมากขึ้น ซึ่งมีความสอดคล้องกับคุณสมบัติที่ดีของผลิตภัณฑ์แช่แข็ง

ลักษณะด้านสี พบว่า มูสช็อกโกแลตที่เวลาแช่แข็งแตกต่างกันมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน โดยมูสช็อกโกแลต แช่แข็งที่ 40 นาที ได้คะแนนการยอมรับในระดับชอบมากที่สุด เป็น 4.41 ส่วนมูสช็อกโกแลตแช่แข็งที่เวลา 35 – 25 นาทีมีคะแนน รองลงมาตามลำดับทั้งนี้เพราะลักษณะด้านสีของมูสช็อกโกแลต แช่แข็งมีสีน้ำตาลที่ไม่แตกต่างกันเนื่องจากสูตรที่ใช้มีส่วนผสมเดียวกัน

ลักษณะด้านกลิ่น พบว่า มูสช็อกโกแลตที่เวลาแช่แข็งแตกต่างกันมีคะแนนความชอบไม่แตกต่างกัน โดยคะแนนกลิ่นของมูสช็อกโกแลตแช่แข็งทั้ง 4 ช่วงเวลามีคะแนนเป็น 3.80 ถึง 4.00 ซึ่งเป็นคะแนนการยอมรับในระดับชอบมาก แสดงว่าการแช่แข็งอย่างรวดเร็วด้วยน้ำแข็งแห้งไม่ส่งผลกระทบต่อกลิ่นของมูสช็อกโกแลตเพราะไม่มีสิ่งตกค้าง (Nithiya & Pimpen, nd)

ลักษณะด้านรสชาติ พบว่า มูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งเวลาแตกต่างกันมีคะแนนด้านรสชาติไม่แตกต่างกัน โดยเวลาที่แช่แข็งมูสช็อกโกแลต 40 นาทีได้รับคะแนนการยอมรับอยู่ในระดับชอบมากที่สุด เป็น 4.35 รองลงมา คือมูสช็อกโกแลตแช่แข็ง นาน 35 30 และ 25 นาทีเป็น 4.06 4.00 และ 3.93 ตามลำดับ

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสทางด้าน สี กลิ่น และรสชาติไม่แตกต่างกัน เนื่องจากการแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งเป็นการแช่แข็งแบบรวดเร็วด้วยสารไครโอเจน โดยอัตราการแช่แข็งที่เร็ว ส่งผลให้มูสช็อกโกแลตที่แช่แข็งไม่สูญเสียคุณลักษณะกลิ่นและรสชาติ และจะช่วยทำให้ผิวด้านนอกของอาหารเหล่านี้เกิดการแข็งตัวอย่างรวดเร็ว (quick crust freezing) ทำให้สามารถเคลื่อนย้ายอาหารได้สะดวกขึ้นหรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงของสี (Charoenrien, 2015)

สรุปผลการวิจัย

1) การทำมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งจะได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพดีต้องใช้เวลาที่ทำให้มูสช็อกโกแลตเซตตัวดี เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานต่อไปในการแข่งขัน ซึ่งจากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ พบว่า มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาที ได้รับการยอมรับมากที่สุด โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยของลักษณะที่ปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม เป็น 4.50 4.41 4.00 4.35 4.25 และ 4.21 ตามลำดับ และผู้ชิมให้การยอมรับไม่แตกต่างกันในด้าน สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวม

2) ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ ด้านค่าเนื้อสัมผัสมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้งช่วงเวลา 25 ถึง 40 นาที พบว่า มูสช็อกโกแลตแช่แข็ง 40 นาที มีค่าความแข็ง ความแน่นเนื้อ การยึดเกาะ และความยืดหยุ่นที่ดี คือ 23.53 นิวตัน 2.30 นิวตันต่อมิลลิเมตร 0.45 นิวตันต่อวินาที และ 0.98 วินาที ตามลำดับ และมีค่าสี L^* ค่าความสว่าง b^* ค่าสีเหลือง และ a^* ค่าสีแดง เป็น 40.15 22.31 และ 13.03 ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้ทุนสนับสนุนทุนโครงการส่งเสริมสิ่งประดิษฐ์และนวัตกรรมคนรุ่นใหม่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีคหกรรมกรรมศาสตร์ที่สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลอง

ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ผลการศึกษาระยะเวลาการแช่แข็งมูสช็อกโกแลตด้วยน้ำแข็งแห้งสามารถใช้เป็นแนวทางประยุกต์ใช้การผลิตมูสชนิดอื่นได้สำหรับการแข่งขันขนมหวานตะวันตกประเภทเย็น
2. การบรรจุมูสช็อกโกแลตลงพิมพ์ก่อนนำลงแช่น้ำแข็งแห้งควรต้องปิดผนึกให้สนิท เพื่อป้องกันการซึมผ่านของน้ำและการสัมผัสโดยตรงของน้ำแข็ง ส่งผลต่อคุณภาพของเนื้อสัมผัส
3. มูสช็อกโกแลตที่แช่ด้วยน้ำแข็งแห้งเมื่อแกะจากพิมพ์แล้วควรพักไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 10 นาทีเพื่อให้คลายความเย็นก่อนนำไปเสิร์ฟ

ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปใช้การวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรศึกษาการเลือกใช้พิมพ์สำหรับบรรจุมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง เช่น พิมพ์ซิลิโคน พิมพ์โลหะ หรือถ้วยแก้วใส ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้อุณหภูมิจากน้ำแข็งแห้งที่ส่งผลต่อคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์
2. ควรศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมเพื่อช่วยรักษาความคงตัวของเกรซ (Glaze) ที่มีความหนืดที่เหมาะสม สำหรับใช้เคลือบมูสช็อกโกแลตแช่แข็งด้วยน้ำแข็งแห้ง

References

- Anonymous. Dry Ice. Wikipedia. <https://th.wikipedia.org/wiki/> Retrieved on [Retrieved on 28 October 2022]
- Batpho, Ketsirin, Thanankan Soithong, and Sanguansri Charoenrien. Effect of freezing rate and thawing method on the quality of frozen Kanom Chun. The 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry; 1-4 February 2011; Bangkok: p.275-281.
- Cardarelli, H.R., Aragon-Alegro, L.C., Alego, J.H.A., de Castro, I.A. and Saad, S.M. Effect of inulin and Lactobacillus paracasei on sensory and instrumental texture properties of functional chocolate mousse. Journal of Science and Food Agriculture. 2008. 88: 1318-1324.
- Charoenrien, S. (2015). *Food Freezing Technology*. (2nd) Edition. Bangkok: Sahamitr Printing & Publishing.
- Dangsungwal, N. Handout of bakery for Industry Course. Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon; 2020. (Photocopy version)

- Duquenne, B., Vergauwen, B., Capdepon, C., Boone, M., Schryver, T.D., Hoorebeke, L. V., Weyenberg, S.V. Stevens, P., and Block, J.D. Stabilizing frozen dairy mousses by low molecular weight gelatin peptides. *Food Hydrocolloids*; 2016. P. 317-323.
- Erickson, M. C., & Hung, Y. C. (2012). *Quality of frozen food*. Springer Science & Business Media.
- Hiranakkarawong, Intheema. Handout of bakery for Industry Course. Bangkok: Rajamangala University of Technology Phra Nakhon; 2016. (Photocopy version)
- Naphatrapee. L. & Nuankhaekul. S. (2016) *Cooking Bible Bakery*. (5th ed) Edition. Bangkok: Amarin Printing and Publishing.
- Nithiya Rattanapanone and Pimpen Pornchaloempong. (n.d.) liquid nitrogen Retrieved on February 15, 2022. from: <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0623/liquid-nitrogen->
- Nithiya Rattanapanone. and Pimpen Pornchaloempong .(n.d.) Dry ice. Retrieved on October 28, 2022, from <https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0660/dry-ice/>.
- Pragattakomol, P., Sriwarom, N., & Rungfamai, K. Asianess and Thainess through Creative Work of Bakery. *Asianess and Thainess through Creative Work of Bakery*.
- Somboon, Nichaphat. Properties of Agar and Fish Gelatin Mixed Gels. [Master's thesis]. Songkla: Prince of Songkla University; 2013.
- Thailand Chefs Association. (2022). Competitions. [Internet]. Bangkok: [Retrieved on 28 October 2022]; from: <http://www.thaichefs.org/th>.



Inteema Hirunakrawong

Lecturer, Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon



Nanoln Dangsongwal

Assistant Professor, Ph.D., Lecturer, Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon



Surachat Pitipradit

Student, Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics
Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon



Linda Watthanacharoensuk

Student, Food Service Industry Program, Faculty of Home Economics
Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon



Bunyanunt Phurahong

Lecturer, Food and Nutrition Program, Faculty of Home Economics
Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon