ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

Factors Affecting Quality of Reduced Fat Vanilla Ice Cream Using Inulin as Fat Replacer

คำนำ

การดึงไขมันออกจากสูตรทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพด้อยลง โดยเฉพาะคุณภาพทางประสาทสัมผัส เช่น ลักษณะปรากฏ เนื้อสัมผัส รสชาติ และกลิ่นรส ทำให้ไอศกรีมลดไขมันไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อินูลินถูกใช้มากขึ้นเรื่อย ๆ เนื่องจากช่วยการปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเพราะคุณสมบัติการเกิดเจล นอกจากนี้ใช้เป็น functional food โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์นมและใช้เป็นส่วนผสมประเภทพรีไบโอติกในอาหารบางชนิด อินูลินจึงเป็นแนวทางในการพัฒนาอาหารลดไขมันโดยปราศจากการเปลี่ยนแปลงทางด้านรสชาติและลักษณะเนื้อสัมผัส สามารถใช้ทดแทนปริมาณไขมันและทำให้อิมัลชันมีความคงตัว ช่วยปรับปรุงกระบวนการผลิตโดยเฉพาะขนมหวานแช่เยือกแข็งซึ่งให้ความรู้สึกเหมือนมีไขมันในปาก ผลิตภัณฑ์ที่ได้สามารถรักษาโครงสร้างได้นานขึ้นมีความคงตัวในการแช่เยือกแข็งและให้คุณสมบัติในด้านการหลอมที่ดี สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่นในผลิตภัณฑ์นมแคลอรีต่ำและขนมหวานแช่เยือกแข็ง อินูลินจึงมีแนวโน้มเป็นส่วนผสมที่ทำให้เกิดการพัฒนาสูตรไอศกรีมลดไขมันเพื่อให้เกิดความสมดุลด้านสุขภาพรวมทั้งให้คุณประโยชน์ทางโภชนาการและให้คุณภาพทางประสาทสัมผัสที่ดีขึ้นโดยไม่ทำให้รสชาติและความรู้สึกในปากเปลี่ยนแปลงไป

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของปริมาณและขนาดอินูลินต่อคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาลดไขมัน

2. ศึกษาปริมาณสารให้ความคงตัวต่อคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาลดไขมัน

3. ศึกษาคุณภาพของไอศกรีมวานิลลาลดไขมันที่ใช้กลูโคสไซรัปร่วมกับน้ำตาลทรายเป็นสารให้ความหวาน

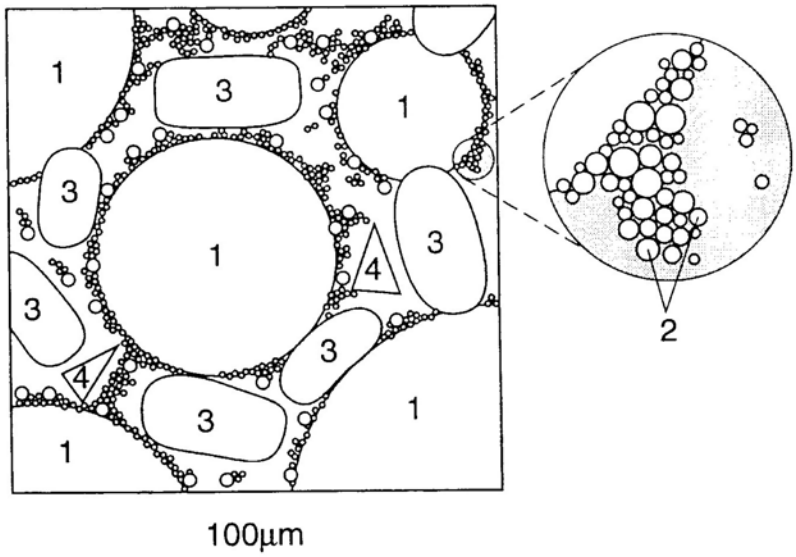
4. ศึกษาการต้าน heat shock ของไอศกรีมวานิลลาลดไขมันที่ใช้อินูลินเป็นสารทดแทนไขมัน

การตรวจเอกสาร

1. ความหมายและกระบวนการผลิตไอศกรีม

1.1 ความหมายของไอศกรีม

ไอศกรีม คือ ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็งที่ผลิตจากการแช่เยือกแข็งส่วนผสมที่นำไปปั่นเพื่อรวมตัวกับอากาศและได้ลักษณะที่คงตัว ประกอบไปด้วย ผลิตภัณฑ์นม (ไขมันนม และ นม) สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ และอาจเติมส่วนผสมอื่น ๆ เช่น ผลิตภัณฑ์จากไข่ สี และกลิ่นรสที่ปลอดภัย (Arbuckle, 1986) โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีมเป็นระบบอิมัลชันที่ซับซ้อนดังภาพที่ 1 องค์ประกอบที่สำคัญของโครงสร้างไอศกรีมประกอบด้วยเซลล์อากาศขนาดโดยประมาณ 100 ไมโครเมตร ซึ่งถูกล้อมหรือหุ้มด้วยเม็ดไขมันขนาดประมาณ 0.6 ไมโครเมตร ที่เกาะกันเป็นโครงสร้างร่างแห (fat coalescence หรือ destabilized fat) กระจายอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวไม่แข็งตัว โครงสร้างร่างแหของเม็ดไขมันทำให้ฟองอากาศคงตัวอยู่ในโครงสร้างไอศกรีม และมีผลึกน้ำแข็งขนาดประมาณ 50 ไมโครเมตร ผลึกน้ำตาลแลกโตสขนาดประมาณ 15 ไมโครเมตร กระจายอยู่ในส่วนที่เป็นของเหลวไม่แข็งตัว (Walstra and Jonkman,1998)



ภาพที่ 1 ภาพจำลองโครงสร้างของไอศกรีม; (1) เซลล์อากาศ, (2) เม็ดไขมันที่เชื่อมกันเป็นร่างแห, (3) ผลึกน้ำแข็ง, (4) ผลึกน้ำตาลแลกโตส

ที่มา:Marshall and Arbuckle (1996)

1.2 ส่วนผสมสำคัญของไอศกรีม

ส่วนผสมไอศกรีมสูตรพื้นฐานทั่วไปแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ส่วนผสมไอศกรีมสูตรพื้นฐาน

ส่วนประกอบ	ปริมาณความเข้มข้น
ไขมันนม	> 10 % – 16 %
เนื้อนมไม่รวมมันเนย	
โปรตีน แลกโตส เกลือแร่	9% – 12 %
สารให้ความหวาน	
ซูโครส	10% – 14%
น้ำเชื่อมข้าวโพด (corn syrup solid)	3% – 5%
สารให้ความคงตัว	0% – 0.25%
กัวกัม โลคัสบีนกัม คาราจีแนน	
คาร์บอกซีเมธิล เซลลูโลส (carboxymethyl cellulose),	
ไมโครคริสตัลไลน์ เซลลูโลส (microcrystalline cellulose),	
โซเดียมอัลจิเนต แซนแทนกัม เจลาติน	
อิมัลซิไฟเออร์	0% – 0.25%
โมโน – ไดกลีเซอร์ไรด์ โพลีซอร์เบท 80	
น้ำ	55% – 64%

ที่มา: Goff and Hartel (2004)

ส่วนผสมที่สำคัญในไอศกรีมแบ่งออกเป็น 7 กลุ่ม ดังนี้

1. ไขมัน (Fat)

ไขมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในไอศกรีมทำหน้าที่ให้ความรู้สึกเป็นครีม ในกระบวนการปั่นไอศกรีม เม็ดไขมันเกาะรอบ ๆ เซลล์อากาศมีลักษณะเป็นฟิล์มบาง ๆ ช่วยลดขนาด

ของเกล็ดน้ำแข็ง ทำให้เนื้อไอศกรีมเนียน ละเอียด การละลายช้าลง ไขมันเป็นตัวพากลิ่นรส (flavour carrier) ทำให้การรับรู้กลิ่นรสดี ไขมันเป็นสารหล่อลื่นภายใน freezer barrel ในระหว่างกระบวนการปั่นไอศกรีม ข้อจำกัดของการใช้ไขมันในไอศกรีม คือ ทำให้ต้นทุนในการผลิตไอศกรีมสูงโดยเฉพาะถ้าใช้ไขมันนมมาก ลดความความสามารถในการขึ้นฟูของไอศกรีม (whipping ability) และให้พลังงานมาก (Arbuckle, 1986)

2. เนื้อนมไม่รวมมันเนย (Milk solid not fat, MSNF)

เนื้อนมไม่รวมมันเนยได้จาก น้ำนม นมข้น หรือนมผง โดยประกอบด้วย

2.1 โปรตีน (protein) มีอยู่ประมาณร้อยละ 36.7 ประกอบด้วย เคซีน เวย์โปรตีน ซึ่งมีหน้าที่เป็นสารคงตัวและเป็นอิมัลซิไฟเออร์ในไอศกรีม ช่วยเพิ่มความสามารถในการขึ้นฟู และการอุ้มน้ำของไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่ม ละเอียด และมีความคงตัว

2.2 น้ำตาลแลกโตส (lactose)ซึ่งมีอยู่ประมาณร้อยละ 55.5 ช่วยทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมต่ำลง ไอศกรีมมีเนื้อนุ่มขึ้นสามารถตักได้ง่ายขึ้น ถ้ามีปริมาณมากเกินไปอาจทำให้ไอศกรีมมีเนื้อหยาบ (sandiness) เนื่องจากผลึกของแลกโตส

2.3 เกลือแร่ (mineral)มีอยู่ประมาณร้อยละ 7.8 ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม ฟอสเฟต เป็นต้น เกลือแร่มีผลต่อคุณลักษณะไอศกรีมต่างกัน เช่น ช่วยปรับปรุงลักษณะปรากฏของไอศกรีม ความเหนียวของไอศกรีม ความต้านทานต่ออุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง (heat shock resistance)รวมถึงช่วยปรับปรุงกลิ่นรสของไอศกรีม (Marshall and Arbuckle, 1996)

โดยปกติเติมเนื้อนมไม่รวมมันเนยประมาณร้อยละ 15 – 17 ของปริมาณน้ำที่ใช้ในสูตร ถ้าใช้มากเกินไปอาจทำให้ไอศกรีมแฉะหรือมีรสเค็ม เนื่องจากปริมาณเกลือแร่ที่มากเกินไป

3. สารให้ความหวาน (Sweetener)

ได้แก่ น้ำตาลทราย กลูโคสไซรัป ฟรุกโตสไซรัป เป็นต้น หน้าที่ของสารให้ความหวานในไอศกรีม คือ ทำให้เกิดรสหวาน ช่วยเพิ่มรสชาติ เพิ่มความหนืด เพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด

ให้แก่ไอศกรีมเหลวทำให้ไอศกรีมแข็งตัวที่อุณหภูมิต่ำ ไอศกรีมตักได้ง่าย และยืดอายุการเก็บรักษาของไอศกรีม (Marshall *et al.*, 2003) ปริมาณสารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีมขึ้นอยู่กับความหวานที่ต้องการ ข้อจำกัดในการใช้สารให้ความหวานในไอศกรีมมาก คือ ไอศกรีมละลายเร็ว เนื้อแฉะ ไอศกรีมมีรสหวานมากเกินไป (Smith and Bradly, 1983) การใช้สารให้ความหวานต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ เพื่อให้ไอศกรีมมีความหวาน และจุดเยือกแข็งของไอศกรีมเหลวสูงพอที่จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งในปริมาณที่เหมาะสม (Marshall and Arbuckle, 1996) อาจใช้กลูโคสไซรัปแทนที่ซูโครสได้เนื่องจากเพิ่มปริมาณของแข็งโดยทำให้ไอศกรีมไม่หวานเกินไป แต่ถ้าใช้มากเกินไปอาจทำให้เกิดลักษณะเนื้อเหนียว (gummy texture) หรือให้กลิ่นรสผิดปกติ (off – flavor) ได้ และให้พลังงานสูง (Arbuckle, 1986) สารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่าช่วยลดจุดเยือกแข็งของสารละลายได้ต่ำกว่าสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (Goff and Hartel, 2004)

4. สารให้ความคงตัว (Stabilizer)

สารให้ความคงตัวเป็นสารจำพวกไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ เจลาติน โซเดียมอัลจิเนต คาราจีแนน กัวกัม โลคัสบีนกัม และคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส เป็นต้น สารเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเกิดเจลในน้ำและเกิดพันธะกับโมเลกุลของน้ำ สารให้ความคงตัวช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในไอศกรีม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะที่อุณหภูมิห้องเก็บรักษาไม่คงที่ สารให้ความคงตัวมีส่วนสำคัญต่อการให้เนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน และทำให้เกิดรูปร่างของไอศกรีม ช่วยเพิ่มความหนืดแต่ไม่มีผลต่อจุดเยือกแข็ง นอกจากนี้ช่วยให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความสม่ำเสมอ มีความต้านทานต่อการละลายดี การใช้สารให้ความคงตัวมากเกินไปทำให้ไอศกรีมมีสมบัติการละลายไม่ดี ไอศกรีมแฉะและเหนียวหนัก (Marshall *et al.*, 2003)

5. อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) แบ่งเป็น 2 ชนิด ได้แก่

1. อิมัลซิไฟเออร์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น โปรตีนในนม ไข่แดง และเลซิติน เป็นต้น
2. อิมัลซิไฟเออร์ที่สังเคราะห์ขึ้น เช่น โมโนกลีเซอร์ไรด์ และไดกลีเซอร์ไรด์

เมื่อได้รับแรงเฉือนในระหว่างการแช่แข็ง เม็ดไขมันบางส่วนถูกทำลายและเริ่มไม่คงตัว เกิดการ flocculate แล้วเชื่อมตัวกันไปเคลือบอยู่ที่ผิวของฟองอากาศทำให้ฟองอากาศคงตัว หากไม่มีอิมัลซิไฟเออร์เม็ดไขมันเชื่อมตัวกันได้ยาก เนื่องจากโปรตีนที่ดูดซับที่พื้นผิวเม็ดไขมันขวางการเชื่อมเม็ด

ไขมัน อิมัลซิไฟเออร์มีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าจึงถูกดูดซับที่พื้นผิวเม็ดไขมันได้ดีกว่า และสามารถลดแรงตึงผิวได้เพราะโมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำและชอบไขมันจึงสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างเฟสของของเหลว 2 ชนิด การใช้อิมัลซิไฟเออร์อย่างเหมาะสมช่วยให้ไอศกรีมมีลักษณะะเนื้อสัมผัสที่แห้ง ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลง ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนมากขึ้น มีรูปร่างแน่นขึ้น ลดเวลาการตีให้ขึ้นฟู คุณภาพในการขึ้นฟูสม่ำเสมอ ฟองอากาศมีขนาดเล็กลง และกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ และช่วยลดอัตราการละลายของไอศกรีม แต่การใช้อิมัลซิไฟเออร์มากเกินไปอาจทำให้ไอศกรีมมีการละลายที่ช้าลง รูปร่างและเนื้อสัมผัสไม่ดี (Arbuckle, 1986; Marshall and Arbuckle,1996)

6. สารปรุงแต่งกลิ่นรส (Flavouring agents) แบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. กลิ่นรสที่ได้จากธรรมชาติ ได้แก่ ผงโกโก้ ผงกาแฟ น้ำผลไม้เข้มข้น กลิ่นวานิลลา รวมถึงกลิ่นรสที่สกัดมาจากผลิตภัณฑ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ เช่น น้ำมันจากผิวมะนาว
2. กลิ่นรสที่ได้จากการสังเคราะห์มีทั้งกลิ่นรสที่พบได้ในธรรมชาติ เช่น วานิลลิน เมนทอลและกลิ่นรสที่ได้จากการสังเคราะห์ เช่น ethyl vanillin

กลิ่นรสเป็นลักษณะสำคัญของไอศกรีมซึ่งควรมีความเข้มพอที่ทำให้ผู้บริโภครับรู้ได้

7. สี (Colour) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

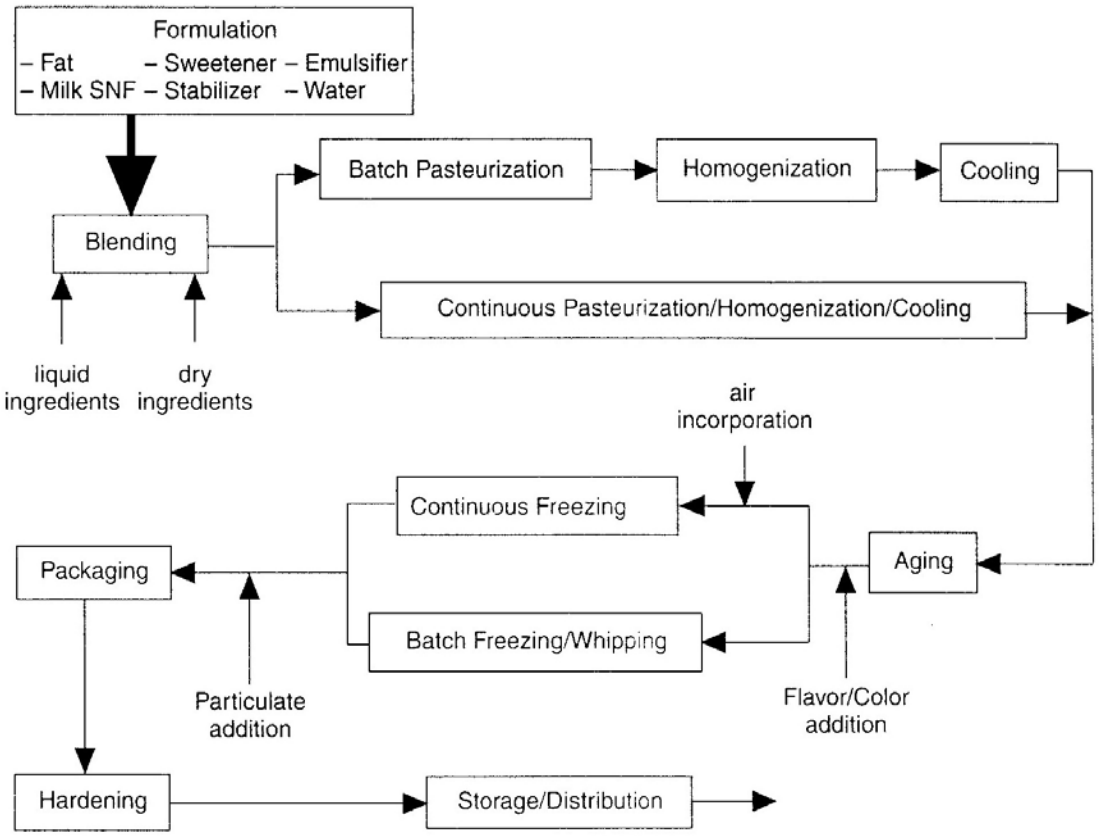
1. สีที่ได้จากธรรมชาติ เช่น สีเขียว (Chlorophyll) สีเหลือง (Turmeric) สีเหลืองส้ม (Annatto) เป็นต้น
2. สีที่ได้จากการสังเคราะห์ได้แก่สีผสมอาหารทั่วไป เช่น สีแดง (Carmoisine) สีเหลือง (Tartrazine) สีฟ้า (Brilliant blue) เป็นต้น

ไอศกรีมควรมีสีอ่อน ๆ เป็นที่ดึงดูดใจ และสอดคล้องกับกลิ่นรส การใช้สีสังเคราะห์ต้องใช้ตามชนิดและปริมาณที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยากำหนดไว้เท่านั้น

1.3 กระบวนการผลิตไอศกรีม

กระบวนการผลิตไอศกรีมสามารถทำได้ทั้งแบบต่อเนื่องและแบบไม่ต่อเนื่องแสดงดังภาพที่ 2 ส่วนผสมที่เป็นของเหลว (ครีม น้ำนม กลูโคสไซรัป และน้ำ) จะถูกเทลงไปในถังผสม

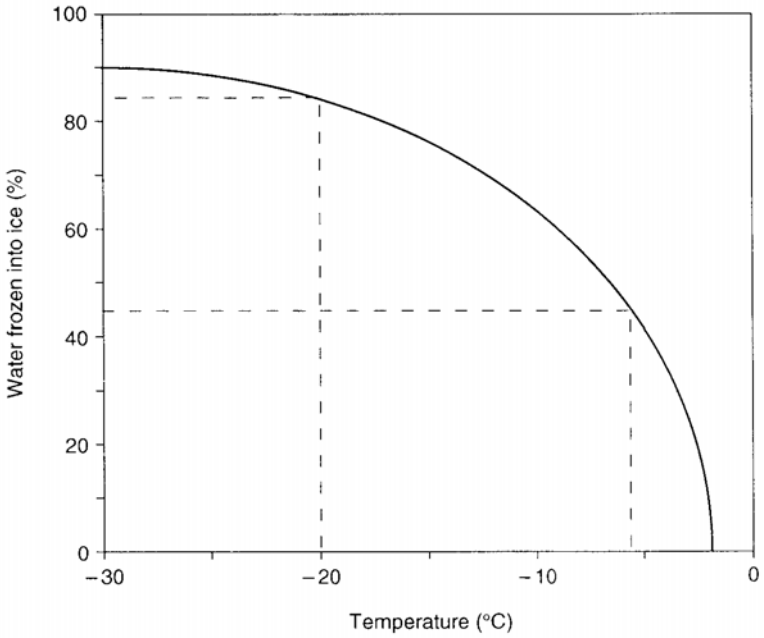
จากนั้นเปิดใบกวนและเริ่มให้ความร้อนแล้วเทส่วนผสมที่เป็นของแห้ง (นมผง น้ำตาลทราย สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์) ลงไปในถังเมื่ออุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการจับตัวเป็นก้อน ของผสมที่ได้เรียกว่าไอศกรีมเหลวหรือไอศกรีมมิกซ์ (ice cream mix)



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตไอศกรีม
ที่มา: Goff and Hartel (2004)

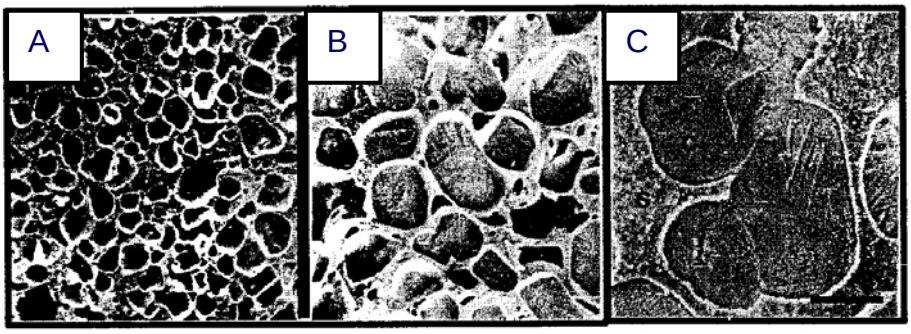
ไอศกรีมเหลวที่ได้ต้องผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อระดับพาสเจอร์ไรซ์ (Pasteurization) เพื่อทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคที่อุณหภูมิ 69 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (Low – Temperature Long – Time, LTLT) หรือที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 วินาที (High – Temperature Short – Time, HTST) และผ่านกระบวนการโฮโมจิไนซ์ (Homogenization) เพื่อทำให้เม็ดไขมันมีขนาดเล็กและสม่ำเสมอ ช่วยป้องกันการแยกชั้นของไขมันในไอศกรีมเหลวทำให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียน (Arbuckle,1986) ไอศกรีมเหลวที่ผ่านกระบวนการโฮโมจิไนซ์แล้วถูกทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 0 – 4 องศาเซลเซียส และบ่มไว้ที่อุณหภูมินี้เป็นเวลาอย่างน้อย 4 ชั่วโมง เพื่อทำให้เม็ดไขมันกลายเป็นไขมันแข็ง (solid fat) โปรตีนและสารให้ความคงตัวอมน้ำและพองตัว

(hydration) ทำให้ได้ไอศกรีมเหลวที่มีความหนืดเพิ่มขึ้นและส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อเนียนละเอียด จากนั้นนำไอศกรีมเหลวที่ผ่านการบ่มเป็นเวลาหลายชั่วโมงไปปั่นแข็ง (Freezing) ทำให้น้ำในไอศกรีมเปลี่ยนเป็นผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก และมีการเติมอากาศเข้าไปทำให้ได้ไอศกรีมเนื้อเนียน ไอศกรีมที่ปั่นได้นำไปขึ้นรูปและบรรจุในภาชนะต่าง ๆ ขั้นตอนนี้ทำให้ได้ไอศกรีมรูปแบบต่าง ๆ เช่น ไอศกรีมแท่ง ถ้วย และโคน เป็นต้น เนื่องจากไอศกรีมที่ออกจากเครื่องปั่นไอศกรีมมีอุณหภูมิประมาณ – 4 ถึง – 5 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมินี้ไอศกรีมยังไม่แข็งมาก มีปริมาณน้ำที่กลายเป็นน้ำแข็งประมาณร้อยละ 50 ดังนั้นไอศกรีมจึงต้องผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็งในอุโมงค์ที่มีความเย็นประมาณ – 40 องศาเซลเซียส จนกระทั่งไอศกรีมมีอุณหภูมิประมาณ –18 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำที่กลายเป็นน้ำแข็งประมาณร้อยละ 72 ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟปริมาณน้ำที่แข็งตัวของไอศกรีม
ที่มา: Bradly (1984)

ไอศกรีมที่ผ่านการแช่เยือกแข็งถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิประมาณ –25 ถึง –18 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันมิให้น้ำแข็งในไอศกรีมละลาย หากในขั้นตอนการเก็บรักษาหรือการขนส่งอุณหภูมิสูงเกินไป ทำให้น้ำแข็งละลายเมื่อไอศกรีมถูกนำกลับมาแช่แข็งใหม่ ไอศกรีมจะมีขนาดของผลึกน้ำแข็งที่ใหญ่ขึ้นดังภาพที่ 4 ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีลักษณะที่เรียกว่า icy ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า heat shock (Arbuckle, 1986; Marshall and Arbuckle,1996)



ภาพที่ 4 โครงสร้างน้ำแข็งในไอศกรีมโดยใช้ Cryo–scanning electron microscopy

(A) โครงสร้างไอศกรีมหลังจากผ่านกระบวนการแช่เยือกแข็ง; bar = 100 ไมโครเมตร

(B) โครงสร้างไอศกรีมหลังจากผ่านกระบวนการ heat shock; bar = 100 ไมโครเมตร

(C) ภาพขยายโครงสร้างไอศกรีม (B) หลังจากผ่านกระบวนการ heat shock; bar = 25 ไมโครเมตร

ที่มา: Marshall *et al.* (2003)

2. หน้าที่ของไขมันในไอศกรีมและปัญหาที่เกิดขึ้นกับไอศกรีมที่ลดไขมัน

ไขมันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและเป็นดัชนีที่บอกถึงคุณภาพของไอศกรีม ดังนั้น The International Ice Cream Association ได้เสนอมาตรฐานของไอศกรีมโดยผลิตภัณฑ์ไอศกรีมที่มีไขมันสูง (full fat) ต้องมีไขมันไม่ต่ำกว่าร้อยละ 8 ผลิตภัณฑ์ลดไขมัน (reduced fat) มีไขมันร้อยละ 2 – 7 ผลิตภัณฑ์ไขมันต่ำ (low fat) มีไขมันร้อยละ 0.5 – 2 ผลิตภัณฑ์ไม่มีไขมัน (fat free) มีไขมันน้อยกว่าร้อยละ 0.5 (White,1993)

2.1 ไขมันที่ใช้เป็นส่วนประกอบในไอศกรีม แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ

1) ไขมันนม ได้จาก ครีม น้ำนม มันเนย และนมข้น ไขมันนมช่วยให้เกิดกลิ่นรสนมในไอศกรีม

2) ไขมันพืช ได้จาก น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันถั่วเหลืองหรืออื่น ๆ ข้อดีของไขมันพืช คือ ราคาถูกปราศจากคอเลสเตอรอล และใช้ในการผลิตไอศกรีมดัดแปลงไขมัน