

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 ประวัติและความเป็นมาของไอศกรีม [2]

มีความเชื่อที่ถ่ายทอดกันต่อๆ มาว่า จีนเป็นต้นกำเนิดของไอศกรีม ที่มาร์โคโพลโลได้พบเห็นในศตวรรษที่ 13 และนำกลับไปเผยแพร่ในอิตาลี เรื่องนี้นักประวัติศาสตร์ได้พิสูจน์แล้วว่าไม่จริง มาร์โคโพลโลได้เขียนไว้อย่างนั้น หรือกระทั่งอาจเป็นไปได้ว่า มาร์โคโพลโลได้ไปเมืองจีนเสียด้วยซ้ำ แต่เขียนขึ้นจากจินตนาการและการตีความบันทึกข้อเขียนของนักเดินทางคนอื่น เอลิซาเบท เดวิด ผู้ศึกษาประวัติศาสตร์ น้ำแข็งอย่างถึงแก่นยังอ้างว่า แม้จะใช้น้ำแข็งถนอมอาหารและแช่ผลไม้มาช้านาน แต่คนจีนก็เคยมีวัฒนธรรมเครื่องดื่มผสมน้ำแข็ง ก่อนที่จะได้รับอิทธิพลจากฝรั่งต่างชาติเมื่อประมาณกว่าร้อยปีที่แล้ว

พิจารณาจากหลักฐานและผลการศึกษาทั้งหมดแล้ว ข้อสรุปที่เห็นสอดคล้องกันมากที่สุดก็คือ เซอร์เบต (sherbet) ของตุรกีและเปอร์เซีย ซึ่งเดิมเป็นน้ำผลไม้ปรุงรสหวานหอม หรือไซรบน้ำผลไม้ราดน้ำแข็งและอาจเติมน้ำด้วยหรือไม่ก็ได้ เป็นจุดเริ่มต้นของไอศกรีม

เซอร์เบตแพร่เข้าไปในอิตาลีและฝรั่งเศสในสมัยศตวรรษที่ 16 ชาวอิตาลีเรียกว่า ซอร์เบตโต (sorbetto) และฝรั่งเศสเรียก เซอร์เบต (sorbet) เฉพาะภาษาอังกฤษเท่านั้นที่เรียก เซอร์เบต (sherbet) ล้อตามเซอร์เบต (serbet) ของตุรกี แต่ขณะเดียวกันก็เรียก เซอร์เบต (sorbet) ตามแบบฝรั่งเศสด้วย แม้ภายหลังที่เครื่องดื่มนชนิดนี้ในตะวันตกเปลี่ยนไปเซอร์เบตแบบแช่แข็ง (frozen sherbet) แล้ว ซึ่งต้องกินมิใช่ดื่ม ฝรั่งเศสก็ยังเรียก เซอร์เบต (sherbet) หรือซอร์เบต (sorbet)

ไอศกรีมที่เป็นน้ำนมแช่แข็งเริ่มขึ้นที่ไหนเมื่อไหร่ ยังสรุปแน่นอนไม่ได้ กระแสหนึ่งว่า ไอศกรีมเริ่มพัฒนาขึ้นก่อนในอิตาลีสมัยศตวรรษที่ 17 แล้วแพร่ไปยังฝรั่งเศส จากนั้นจึงต่อไปอังกฤษและประเทศอื่นๆ ในยุโรป แต่อีกกระแสหนึ่งซึ่งว่าอินเดียสมัยจักรพรรดิอัครบา (ศตวรรษที่ 16) มีไอศกรีม Kulfi ซึ่งเป็นน้ำนมเคี้ยวจนข้นแต่งรสและแช่แข็งแล้ว โดยรับมาจากถิ่นฐานเดิมของโมกุลในเปอร์เซียอีกทอดหนึ่งในอิตาลีและฝรั่งเศส ไอศกรีม และไอศกรีมผลไม้ หรือ เซอร์เบตแบบแช่แข็ง แพร่หลายขึ้นก่อนในร้านกาแฟ และซ็อกโกแลต ส่วนในอังกฤษกลับเป็นร้านขนมหวาน (confectioners) ที่เริ่มทำไอศกรีมขาย เข้าใจว่าในระยะแรกๆ ไอศกรีมคงเป็นครีมหวานแช่แข็งธรรมดา ต่อมาเครื่องปั้นมีคุณภาพมากขึ้น จึงได้เนื้อไอศกรีมที่เนียนนุ่มขึ้นเรื่อยๆ ปี ค.ศ. 1846 ในสหรัฐอเมริกา มีการประดิษฐ์เครื่องปั้นไอศกรีมขนาดเล็กที่ใช้ตามบ้านได้ ลักษณะเป็นถังสองชั้นระหว่างชั้นใส่เกลือผสมน้ำแข็งเพื่อสร้างความเย็นให้ไอศกรีมในถังในแข็งตัวขณะเดียวกันภายในถังก็มีใบพัดและแกนที่ใช้มือหมุนถึงปั่นเนื้อไอศกรีมให้อากาศเข้าแทรกตัวทำให้เกิด

ในสหรัฐอเมริกา ไอศกรีมได้รับความนิยมกว้างขวางตั้งแต่ต้นศตวรรษที่ 18 ปัจจุบันสำคัญมาจากชาวอิตาลีที่อพยพเข้าไปตั้งรกรากและทำไอศกรีมขาย ในระยะแรก ๆ ทั้งในอเมริกาและยุโรป การค้าขายไอศกรีมในศตวรรษที่ 19 ถึง 20 ต้นๆ เป็นรถม้า รถเข็น หรือจักรยาน ที่เร่ขายไปตามท้องถนนและแหล่งชุมชน แต่แล้วในปี ค.ศ. 1932 การประดิษฐ์เครื่องจักรปั่นไอศกรีมที่ทำงานได้ต่อเนื่อง พาสเจอร์ไรซ์และโฮโมจิไนซ์ส่วนผสมแล้วปั่นเป็นเยือกแข็งได้อย่างรวดเร็วส่งผลให้อุตสาหกรรมทำไอศกรีมขยายตัวอย่างรวดเร็ว ประกอบกับตู้เย็นไฟฟ้า (ผลิตขึ้นปี ค.ศ.1916) ที่สามารถเก็บอาหารและมีช่องเยือกแข็งที่เก็บไอศกรีมได้ เริ่มแพร่หลายตามบ้านเรือนมากขึ้น ทำให้ตลาดไอศกรีมเติบโตอย่างรวดเร็ว ไอศกรีมการค้ายี่ห้อต่างๆ อย่างวอลล์ ในอังกฤษ ก็เริ่มกิจการในปี 1922 บาสกิน-รอบบิน เจ้าของไอศกรีม 31 รส ในปี 1945 รถไอศกรีมแบบเก่าถูกทดแทนด้วย รถ (สามล้อ) ไอศกรีม ศาลาไอศกรีม (ice cream parlours) และไอศกรีมกล่องในซูเปอร์มาร์เก็ต

การที่อุตสาหกรรมและการค้าไอศกรีมเติบโตอย่างมากในช่วงศตวรรษที่ 18-19 สอดคล้องกับปริมาณการผลิตน้ำตาลทรายที่มากขึ้นและราคาถูกลงอย่างมากให้ห้วงเวลาเดียวกัน เนื่องจากการขยายพื้นที่เพาะปลูกไร่อ้อย เพื่อหีบทำน้ำตาลทรายในประเทศอาณานิคมเมืองจีน

ตะวันตกในอเมริกาใต้และแอฟริกา นี่เป็นครั้งแรกที่ฝรั่งได้กินเครื่องดื่มนมและขนมหวานรวมทั้งไอศกรีมอย่างกว้างขวางและทั่วถึง ไม่จำกัดเฉพาะขุนนางและคนรวยเหมือนในสมัยก่อน

## 2.2 ไอศกรีม (Ice cream) [3]

ไอศกรีม คือ ผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งที่ได้จากการผสมส่วนผสมที่ฆ่าเชื้อ แล้วนำไปปั่นในที่เย็นจัด (freezer) โดยอาศัยเครื่องปั่นไอศกรีมเพื่อให้อากาศเข้าไป และทำให้เกิดรูปร่างขึ้นเหนียวอย่างสม่ำเสมอ จากนั้นนำไปเก็บในที่เย็นจัด ไอศกรีมเป็นส่วนผสมของน้ำนม ไขมัน น้ำตาล น้ำ สารให้ความคงตัวหรือสารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน สารที่ให้กลิ่นและสีหรือน้ำนมที่ใช้อาจแทนด้วยน้ำนมปราศจากไขมัน นมข้นหวาน นมผง ส่วนไขมันอาจเป็นน้ำมันพืชที่ผ่านกระบวนการไฮโดรจิเนชันหรือใช้ครีม เนย สำหรับน้ำตาลส่วนใหญ่ใช้น้ำตาลซูโครสหรืออาจใช้น้ำตาลซูโครสผสมซูโครสไซรัปก็ได้ และอาจมีการเติมไข่ หรือผลิตภัณฑ์จากไข่ และสารให้ความคงตัว ไอศกรีมและ

องค์ประกอบของไอศกรีมที่แตกต่างกันไปตามความต้องการของตลาดและชุมชนในแต่ละท้องถิ่น โดยส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมอาจแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นนมและผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ นม ครีม หางนมผง และนมระเหย เป็นต้น และส่วนที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ น้ำตาล สารให้ความคงตัว สารที่ทำให้ไขมันรวมตัวกัน สารให้กลิ่นรส และสี เป็นต้น โดยเฉลี่ยแล้วไอศกรีมที่จัดว่ามีคุณภาพดีประกอบด้วยไขมัน ร้อยละ 12 ฆาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (Milk solid not fat, MSNF) ร้อยละ 11 น้ำตาล ร้อยละ 15 สารให้ความคงตัวและสารที่ทำให้ไขมันรวมตัวกัน (stabilizer-emulsifier) ร้อยละ 0.3 และปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid, TS) ร้อยละ 38.3 ซึ่งองค์ประกอบของไอศกรีมอาจอยู่ในช่วงกว้างๆ ดังนี้

ไขมัน	ร้อยละ 8-20
ฆาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (MSNF)	ร้อยละ 8-15
น้ำตาล	ร้อยละ 13-20
สารให้ความคงตัว-สารที่ทำให้ไขมันรวมตัวกัน	ร้อยละ 0-0.7
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (TS)	ร้อยละ 36-43

ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งนับว่าเป็นผู้นำทางด้านผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้กำหนดมาตรฐานของไอศกรีมว่า ประกอบด้วย ไขมันนมน้อยกว่าร้อยละ 10 ฆาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย ร้อยละ 20 และสารให้ความคงตัว ไม่เกินร้อยละ 0.5

มาตรฐานของไอศกรีมตามประกาศของกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2522) ของประเทศไทยได้กำหนดไว้ดังนี้ [3]

1. ให้ไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะและแบ่งออกเป็น 5 ชนิด คือ
  - 1.1 ไอศกรีมนม: ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้นมหรือผลิตภัณฑ์นม
  - 1.2 ไอศกรีมดัดแปลง: ไอศกรีมที่ใช้ไขมันอื่นแทนไขมันนมทั้งหมด หรือบางส่วน หรือเป็นไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีไขมัน แต่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์จากนม
  - 1.3 ไอศกรีมผสม: ไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลง มีผลไม้หรือสารอาหารผสมอยู่
  - 1.4 ไอศกรีมนม: ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสมชนิดผง หรือแห้ง

1.5 ไอศกรีมหวานเย็น: ไอศกรีมที่ทำขึ้นโดยใช้น้ำหรือน้ำตาล หรืออาจมีวัตถุอื่นที่เป็นอาหารผสมอยู่ด้วย ไอศกรีมในข้อ (1.1), (1.2), (1.3), (1.4) และ (1.5) อาจเติมวัตถุแต่งกลิ่น รส และสีด้วย

2. ไอศกรีมนอกจากชนิดแข็ง หรือผง ต้องผ่านกรรมวิธีตามลำดับ ดังนี้

2.1 ผ่านกรรมวิธีการทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 68.5 องศาเซลเซียส นานไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือ

2.2 ผ่านกรรมวิธีการทำให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส นานไม่น้อยกว่า 25 นาที หรือ

2.3 ผ่านกรรมวิธีการทำให้ร้อนตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเห็นชอบด้วย

2.4 หลังจากผ่านกรรมวิธีการทำให้ร้อนแล้ว ต้องทำให้เย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.5 ผ่านกรรมวิธีการปั่น กวน หรือผสม ทำให้แข็งตัวที่อุณหภูมิ -2.2 องศาเซลเซียส ก่อนบรรจุในภาชนะและเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่สูงเกิน -2.2 องศาเซลเซียส จนกว่าจะจำหน่าย

3. ไอศกรีมต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้

3.1 ไอศกรีมนม: ประกอบด้วยไขมันนม (มันเนย) ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 5 และ ไขมันนมไม่รวมมันเนย ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก

3.2 ไอศกรีมดัดแปลง: ประกอบด้วยไขมันทั้งหมด ไม่น้อยกว่า ร้อยละ 5

3.3 ไอศกรีมผสม: ผลิตภัณฑ์ต้องมีคุณภาพและมาตรฐานเช่นเดียวกับไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลง โดยไม่รวมน้ำหนักของผลไม้ หรือวัตถุที่เป็นอาหารอื่นผสมอยู่

3.4 ไอศกรีมหวานเย็นและไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสมต้องไม่มีกลิ่นหืน ไม่ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาล ไม่มีการใช้วัตถุกันเสีย ปริมาณแบคทีเรียไม่เกิน  $6 \times 10^5$  ในอาหารจำนวนหนึ่งกรัม ไม่พบ *E. coli* ในอาหารจำนวน 0.01 กรัม

3.5 ไอศกรีมชนิดแข็งหรือผงต้องมีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของไอศกรีมชนิดนั้น ไม่ใช้วัตถุให้ความหวานแทนน้ำตาล มีความชื้นไม่เกิน ร้อยละ 5 และปริมาณแบคทีเรียไม่เกิน  $1 \times 10^5$  ในอาหารจำนวนหนึ่งกรัม

### 2.3 ส่วนผสมและความสำคัญของส่วนผสมในการผลิตไอศกรีม [3]

องค์ประกอบของไอศกรีมที่แตกต่างกันไปตามความต้องการของตลาดและชุมชนในแต่ละท้องถิ่น โดยส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมอาจแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่เป็นนมและผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ นม ครีม หางนมผง และนมระเหย เป็นต้น และส่วนที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม ได้แก่ น้ำตาล สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ สารให้กลิ่นรส และสี เป็นต้น โดยเฉลี่ยแล้ว ไอศกรีมที่จัดว่ามีคุณภาพดีประกอบด้วยไขมัน ร้อยละ 12 ไขมันน้ำนมไม่รวมมันเนย (MSNF) ร้อยละ 11 น้ำตาล ร้อยละ 15 สารที่ทำให้คงตัว และ สารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน (stabilizer-emulsifier) ร้อยละ 0.3 และปริมาณของแข็งทั้งหมด (total solid) ร้อยละ 38.3 ซึ่งองค์ประกอบของไอศกรีมอาจอยู่ในช่วงกว้างๆ ดังนี้

ไขมัน	ร้อยละ 8-20
ไขมันน้ำนมไม่รวมมันเนย (MSNF)	ร้อยละ 8-15
น้ำตาล	ร้อยละ 13-20
สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์	ร้อยละ 0-0.7
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid)	ร้อยละ 36-43

ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งนับว่าเป็นผู้นำทางด้านผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้กำหนดมาตรฐานของไอศกรีมว่า ประกอบด้วยไขมันนมอย่างน้อยร้อยละ 10, ไขมันน้ำนมไม่รวมมันเนย ร้อยละ 20 และ stabilizer ไม่เกิน ร้อยละ 0.5 หรือดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปริมาณร้อยละส่วนผสมของไอศกรีมและ Frozen Desserts ทางการค้า

Product	Milkfat	NMS	Sweeteners <sup>a</sup>	Stabilizers <sup>b</sup> and emulsifiers	Approximate TS
Nonfat ice cream (hard) <sup>c</sup>	<0.8	12-14	18-22	1.0	35-37
Lowfat ice cream (hard) <sup>c</sup>	2-4	12-14	18-21	0.8	35-38
Light ice cream (hard) <sup>c</sup>	5-6	11-12	18-20	0.5	35-38
Reduced fat ice cream (hard) <sup>c</sup>	7-9	10-11	18-19	0.4	36-39
Soft-serve ice cream	3-4	12-14	13-16	0.4	29-31
Economy ice cream	10.0	10.0-11.0	15.0	0.30	35.0-37.0
	12.0	9.0-10.0	13.0-16.0	0.20-0.40	
Trade brand ice cream	12.0	11.0	15.0	0.30	37.5-39.0
	14.0	8.0-9.0	13.0-16.0	0.20-0.40	
Deluxe ice cream	16.0	7.0-8.0	13.0-16.0	0.20-0.40	40.0-41.0
(premium-super premium)	18.0-20.0	6.0-7.5	16.0-17.0	0.0-0.20	42.0-45.0
	20.0	5.0-6.0	14.0-17.0	0.25	46.0
	6.0-10.0	2.7	14.0-17.0	0.40	36.0-38.0
Mellorine		(Protein)			
Frozen yogurt	3.25-6.0	8.25-13.0	15.0-17.0	0.50	30.0-33.0
	0.5-2.0	8.25-13.0	15.0-17.0	0.60	29.0-32.0
	<0.5	8.25-14.0	15.0-17.0	0.60	28.0-31.0
Sherbert	1.0-3.0	1.0-3.0	26.0-35.0	0.40-0.50	28.0-36.0
Ice	—	—	26.0-35.0	0.40-0.50	26.0-35.0

<sup>a</sup>Includes sucrose, glucose, fructose, corn syrup solids, maltodextrins, polydextrose, and other bulking agents, some of which contribute little or no sweetness.

<sup>b</sup>Includes cellulose gum and cellulose gel.

<sup>c</sup>Terms for specific fat content claims are defined in 21 CFR 101.62.

ที่มา : Marshall และ Arbuckle (1996) [4]

### 2.3.1 ไขมัน

ตามปกติในไอศกรีมจะมีไขมัน ร้อยละ 12 (อยู่ระหว่างร้อยละ 8-20) โดยเป็นไขมันเนย หรือไขมันจากพืชก็ได้หากมาจากไขมันเนยก็อาจมาจากน้ำมัน ครีม เนยสด หรือน้ำมันเนย หากมาจากพืชอาจใช้น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม น้ำมันเมล็ดฝ้าย หรือ น้ำมันเรปซีด (rape seed oil) การใช้ น้ำมันพืชจะทำให้มีผลต่อสีและกลิ่นรสบ้าง เมื่อเปรียบเทียบกับมันเนย

ไขมันจะเพิ่มรสชาติความมันทำให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่มและสร้างลักษณะเนื้อสัมผัส ให้กับ ไอศกรีม หากใช้ไขมันเนย ต้นทุนการผลิตก็จะสูง มีแคลอรีสูงด้วย ซึ่งอาจจะเป็นข้อจำกัดของการ บริโภคไอศกรีม แต่จะทำให้รสชาติดี

การใช้ไขมันในปริมาณที่เหมาะสมจะช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุล มีปริมาณไขมันตามที่ กฎหมายกำหนด ได้ไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนและมีกลิ่นรสดี ไขมันไม่มีผลในการลดจุดเยือกแข็ง แต่การใช้ไขมันมากขึ้นทำให้ผลึกน้ำแข็งเล็กลง โดยที่ระดับไขมันร้อยละ 10 และ 16 มีขนาดผลึกน้ำแข็งเป็น  $82.6 \times 60.8$  ไมครอน และ  $47.2 \times 38.0$  ไมครอน ตามลำดับ เนื่องจากเมื่อ ไขมันมากขึ้นปริมาณน้ำในสูตรลดลงผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กได้ แต่ถ้าใช้ไขมันมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมเลี่ยนเกินไป ให้พลังงานสูง ต้นทุนสูงและขัดขวางการขึ้นฟูของ ไอศกรีม ไขมันนม จัดเป็นไขมันหลักที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม ได้จาก ครีมสด ครีมแช่แข็ง เนย และน้ำมันเนย เป็นต้น [4] ปัจจุบันมีการใช้น้ำมันหรือไขมันจากพืชแทนเพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตไขมันพืชที่ใช้ ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม เป็นต้น [5]

### 2.3.2 ไขมันไม่รวมมันเนย (Milk solid not fat, MSNF)

ไขมันไม่รวมมันเนย (Milk solid not fat, MSNF) มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วย โปรตีน (เคซีนและโปรตีนเวย์) ร้อยละ 36.7 แลคโตส ร้อยละ 55.5 และเกลือแร่ ร้อยละ 7.8 [4] ส่วนมากนิยมใช้รูปของหางนมผงและหางนมข้น (condensed skimmed milk) นอกจากนี้แล้วก็อาจ ใช้นมข้นจืดกับปริมาณของไขมัน กล่าวคือ ถ้าปริมาณของไขมันนมเพิ่มขึ้น ปริมาณไขมันไม่ รวมมันเนย ก็จะลดลงตามส่วนโดยปกติองค์ประกอบของ ไอศกรีมจะมีไขมันไม่รวมมันเนย ระหว่าง ร้อยละ 8-15 ไขมันไม่รวมมันเนย มีความสำคัญต่อ ไอศกรีม คือ โปรตีนในไขมันไม่รวมมันเนยจะช่วยเพิ่มคุณค่าทางอาหารทำให้รสชาติดีขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยทำให้รูปร่างของ ไอศกรีมคงรูป ช่วยดูดซึมน้ำ ทำให้ไม่เกิดเป็นเกร็ดน้ำแข็ง รวมทั้งยังช่วยให้เนื้อสัมผัสของ ไอศกรีม เรียบ และเนื้อเหนียวแน่นขึ้น และไม่ให้อิศกรีมละลายเร็ว นอกจากนั้นแล้วแลคโตสยังเพิ่มความหวานให้อิศกรีมเล็กน้อยและให้อิศกรีมมีจุดเยือกแข็งต่ำลง แต่เนื่องจากแลคโตสมีความสามารถในการละลายต่ำจึงอาจเกิดการตกผลึก และเป็นสาเหตุให้อิศกรีมมีเนื้อสัมผัสเป็นทราย (sandiness) เนื่องจากผลึกแลคโตสละลายช้า และในกรณีที่ใช้นมข้นอาจจะมิกกลิ่นอาหารสุก (Cooked flavor) ได้

### 2.3.3 น้ำตาลและสารที่ให้ความหวาน (Sugar and Sweetener)

สารให้ความหวานที่นำมาใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส น้ำผึ้ง และคอร์นไซรัป เป็นต้น สารให้ความหวานทำให้ไอศกรีมมีรสหวานอร่อย ช่วยเพิ่มความหนืด เพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด และลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมมิกซ์ มีส่วนช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีม เมื่อมีปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่เกิน ร้อยละ 42 หรือปริมาณน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 16 หากเกินจากนี้ ไอศกรีมมีแนวโน้มจะแฉะและเหนียวหนืด [4] ส่วนมากแล้วจะใช้น้ำตาลเป็นตัวให้ความหวานในไอศกรีม ซึ่งอาจจะใช้ในรูปของแข็งหรือเหลวก็ได้ ขึ้นอยู่กับความสะดวกในการผลิต คุณสมบัติ และชนิดของไอศกรีม เนื่องจากซูโครสให้รสหวานจัด จึงนิยมให้ใช้ซูโครส ร้อยละ 80 ของน้ำตาลทั้งหมดที่เหลือ อาจจะใช้น้ำตาลที่มีความหวานน้อยกว่า เช่น กลูโคส มอลโตส เดกซ์โทส แลคโตส คอร์นไซรัป เป็นต้น

### 2.3.4 สารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน (Emulsifier)

สารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน หรือ อิมัลซิไฟเออร์ เป็นสารที่ช่วยในการกระจายไขมัน สามารถส่งเสริมการเกิดอิมัลชัน เนื่องจากสามารถลดแรงตึงผิวได้ เพราะในโมเลกุลประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำและชอบไขมันจึงสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างเฟสของของเหลว 2 ชนิด [5] บทบาทหลักของอิมัลซิไฟเออร์ที่เติมลงในไอศกรีมก็เพื่อทำให้เกิดการไม่คงตัว (Destabilization) ของเม็ดไขมันในช่วงการแช่แข็ง [4] การเกิดความไม่คงตัวของไขมันอย่างเหมาะสมในระหว่างการแช่แข็ง

การใช้อิมัลซิไฟเออร์อย่างเหมาะสมช่วยให้ไอศกรีมมีลักษณะแห้งและแข็ง การที่ไอศกรีมแห้งเกิดเนื่องจากการเพิ่มปริมาณเซลล์อากาศ (foam) ขณะเดียวกันขนาดของเซลล์อากาศก็จะลดลง การลดลงของเซลล์อากาศ เป็นการเพิ่มที่ของเซลล์อากาศ ทำให้น้ำระเหยออกได้ดีขึ้น จึงทำให้ผลิตภัณฑ์แห้งมีขนาดเล็กกลง ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนมากขึ้น มีรูปร่างแน่นขึ้น ลดเวลาการตีให้ขึ้นฟู (whipping time) ได้ ไอศกรีมที่มีคุณภาพในการขึ้นฟูสม่ำเสมอ ฟองอากาศมีขนาดเล็กกลง และกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอในโครงสร้างของไอศกรีม ด้านทานการหดตัว และช่วยลดอัตราการละลายของไอศกรีม การใช้อิมัลซิไฟเออร์มากเกินไปอาจทำให้ไอศกรีมมีการละลายช้าลง รูปร่างและเนื้อสัมผัสไม่ดี [4]

ในน้ำนมตามธรรมชาติจะมีอิมัลซิไฟเออร์อยู่แล้ว คือ เลซิทีน (lecithin) โพรตีน ฟอสเฟต และซีเตรต ที่นิยมใช้เพิ่มเติมขึ้นไป ได้แก่ ไข่แดง เนื่องจากมีเลซิทีนสูง โดยใช้ ร้อยละ 0.5 ถ้าใช้เลซิทีน จะใช้ร้อยละ 0.1 แต่ถ้าไข่แดงมีราคาแพงในปัจจุบัน จึงนิยมใช้สารตัวอื่นประกอบด้วย ซึ่งสารดังกล่าวที่ใช้อยู่ในอุตสาหกรรม อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรม คือ โมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ซึ่งอาจใช้ชนิดใดชนิดหนึ่งหรือทั้งสองชนิด [4] โมโนกลีเซอไรด์และไดกลีเซอไรด์ช่วยให้การตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีมเป็นไปได้ง่ายขึ้น ปรับปรุงการกระจายตัวของอากาศ ช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนมากขึ้น ฟองอากาศมีขนาดเล็กกลง ปรับปรุงการต้านทานต่อการละลาย ป้องกันการหดตัวในระหว่างการเก็บรักษา [5] อิมัลซิไฟเออร์อื่นๆ ที่มีการนำมาใช้ ได้แก่ ซอร์บิแทนไตรสเตียเรทและโพลีซอร์เบท อนุพันธ์โพลีออกซีเอทิลีนของเฮกซะไฮดรอกซีแอลกอฮอล์ไกลคอล และไกลคอลเอสเทอร์ ซึ่งช่วยปรับปรุงความต้านทานต่อฮีทช็อก (heat shock) และปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีม โดยปริมาณที่ใช้ประมาณ ร้อยละ 0.3-0.5 ของปริมาณของส่วนผสมของไอศกรีม [4]

### 2.3.5 สารที่ทำให้คงตัว (Stabilizer)

การใช้สารให้ความคงตัวมีความสำคัญต่อการผลิตผลิตภัณฑ์นมหวานแช่เยือกแข็งในปัจจุบัน เนื่องจากสารให้ความคงตัวช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยปกติแล้วน้ำในไอศกรีมจะไม่แข็งตัวเป็นผลึกน้ำแข็งทั้งหมด ในระหว่างการเก็บรักษาถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงทำให้ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง ผลึกน้ำแข็งจึงเกิดการละลายและแข็งตัวซ้ำใหม่อีกครั้งจึงเป็นปัญหาทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวและช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้น จึงมีการใช้สารให้ความคงตัวในไอศกรีม ปกติใช้ในปริมาณน้อยจึงมีผลต่อคุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสเล็กน้อย สารให้ความคงตัวทุกชนิดมีสมบัติอุ้มน้ำสูง การใช้สารให้ความคงตัว



สารให้ความคงตัว ที่นิยมใช้ได้แก่ เจลาติน โดยใช้ร้อยละ 0.5 และ โซเดียมอัลจิเนท โดยใช้ ร้อยละ 0.2-0.3 นอกจากนี้ยังมีโซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส เพคติน และไมโครคริสตอลไลน์ เซลลูโลส (microcrystalline cellulose) ซึ่งนิยมใช้ในการทำไอศกรีมเชอร์เบท สารเหล่านี้หากใช้มาก เกินกว่าร้อยละ 0.5 จะทำให้เนื้อไอศกรีมแน่นและละลายได้ยากเวลารับประทาน นอกจากนี้แล้วยัง มีพวกวุ้นและกัมต่างๆ อีกด้วย

แม้ว่าบทบาทของสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งยังไม่สามารถที่จะ อธิบายกลไกได้อย่างชัดเจนแต่พอที่จะสรุปได้ว่า การใช้สารให้ความคงตัว มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

- ทำให้ความหนืดของมิกซ์เพิ่มขึ้น สามารถให้ความคงตัวช่วยให้ความหนืดของ ไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้นเนื่องจากสารให้ความคงตัวเป็นไฮโดรคอลลอยด์ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโพลีแซ็กคาไรด์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีความสามารถจับกับน้ำได้ดีและเกิดเจลได้ ทำให้มีผลต่อความหนืด ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดให้ความหนืดแตกต่างกันไป Cottrell และคณะ (1980) [7] ได้ศึกษาการใช้โพลีแซ็กคาไรด์หรือกัมในไอศกรีมวานิลลา กัมที่ใช้ได้แก่ โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส) กัวร์กัม โคลัสปีนกัมและคาราจีแนน ในความเข้มข้น ร้อยละ 0.1-0.4 พบว่า ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดที่แตกต่างกันตามชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัว หากเปรียบเทียบระหว่างโคลัสปีนกัมกับกัวร์กัม ซึ่งเป็นโพลีแซ็กคาไรด์ชนิดที่มีความเป็นกลางพบว่า โคลัสปีนกัมทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดมากกว่ากัวร์กัม ส่วนคาราจีแนนทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดมากกว่าคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

- ช่วยปรับปรุงการจับอากาศของไอศกรีม เป็นผลจากสารให้ความคงตัวที่ทำให้ ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น จึงช่วยจับอากาศและทำให้การกระจายของเซลล์อากาศมีความ สม่าเสมอ ซึ่งแสดงออกในรูปของค่าโอเวอร์รัน (overrun) ของไอศกรีม เมื่อค่าโอเวอร์รันมากแสดง ว่ามีการจับอากาศได้มากจัดว่าเป็นผลทางอ้อม เพราะค่าโอเวอร์รันยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกสารให้ ความคงตัวจะให้ค่าโอเวอร์รันที่แตกต่างกันตามชนิดของสารที่ใช้ เช่น การใช้โคลัสปีนกัมใน ไอศกรีมวานิลามีค่าโอเวอร์รันสูงสุดเท่ากับ ร้อยละ 144 ส่วนกัวร์กัมมีค่าโอเวอร์รันสูงสุดเท่ากับ

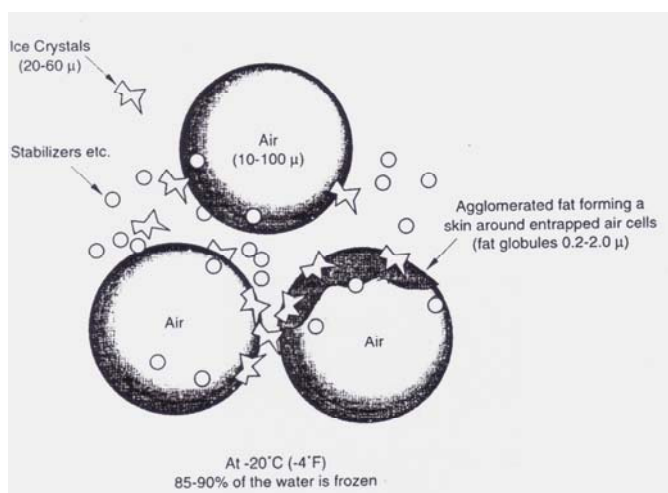
- ช่วยเพิ่มลักษณะเนื้อ (body) การจับกันของไฮโดรคอลลอยด์หรือสารให้ความคงตัวกับส่วนผสมในไอศกรีมมีผลต่อความหนืด เมื่อความหนืดเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีลักษณะเนื้อ (body) เพิ่มขึ้น (body หมายถึง ความรู้สึกรับรู้ถึงเนื้อไอศกรีมขณะรับประทานและความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับลักษณะเนื้อที่เกี่ยวข้องกันอย่างมีนัยสำคัญ มีเพียงการทดลองที่ให้เห็นถึงการใส่สารให้ความคงตัวแล้วมีผลต่อลักษณะเนื้อ เช่น การทดลองของ Minhas และ Bains (1984) [8] ที่ใส่สารให้ความคงตัวในไอศกรีมวานิลาโดยปริมาณที่เหมาะสมที่ทำให้ไอศกรีมที่มีคุณภาพและทางด้านประสาทสัมผัส คือ กัวร์กัม ร้อยละ 0.05 อะคาเซียกัม ร้อยละ 0.05 คาราयाกัม ร้อยละ 0.10 เจลาติน ร้อยละ 0.45 และ โซเดียมอัลจิเนต ร้อยละ 0.30 เมื่อเก็บไว้ 35 วัน พบว่าเจลาตินและอะคาเซียกัมให้ลักษณะเนื้อ และเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าชนิดอื่นๆ

- ทำปฏิกิริยากับโปรตีนนมโดยที่ Schmidt และ Smith (1992) [9] ได้ศึกษาผลของการทำปฏิกิริยาสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างกัมกับโปรตีนนมต่อคุณสมบัติการไหล (rheological property) โดยใช้กัม 3 ชนิด ได้แก่ แคปปา-คาราจีแนน กัวร์กัมและแซนแทนกัมที่มีความเข้มข้นร้อยละ 0.05, 0.10 และ 0.20 เติมลงในสารละลายนมพร้อมมันเนยเข้มข้น ร้อยละ 11 หรือสารละลายโปรตีนเวย์เข้มข้น (whey protein concentrate) ในความเข้มข้นเดียวกัน พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างกัมและโปรตีนนมโดยสารละลายที่เตรียมดังกล่าวมีความหนืดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชนิดของกัมที่ใช้ความเข้มข้นของกัมและชนิดของโปรตีนนม การใช้คาราจีแนนในสารละลายนมผงพร้อมมันเนยมีความหนืดมากกว่ากัมชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ความหนืดที่เพิ่มขึ้นอาจจะช่วยยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งได้อีก

- ปรับปรุงคุณภาพด้านการละลาย ไอศกรีมที่มีคุณภาพด้านการละลายดีนั้นควรมีการละลายไม่ช้าหรือเร็วเกินไป คงรูปร่าง ขณะละลายและของเหลวที่ละลายมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน สารให้ความคงตัวช่วยปรับปรุงคุณภาพดังกล่าว เนื่องจากสารให้ความคงตัวทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กับโปรตีนนมและส่วนประกอบอื่นๆ โดยจับยึดเป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ จึงทำให้ไอศกรีมละลายได้ช้าและมีความคงตัวขณะละลาย นอกจากนี้สารให้ความคงตัวยังช่วยให้การกระจายตัวของอากาศขณะปั่นเป็นไอศกรีมมีความสม่ำเสมอ เมื่อละลายจึงเกิดฟองอากาศที่มีขนาดเท่ากันในของเหลวที่ละลายออกมา อย่างไรก็ตามสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดมีผลต่อคุณภาพด้านการละลายแตกต่างกัน

- ยับยั้งการแยกตัวของน้ำ (syneresis) การบ่มไอศกรีมมิกซ์มีปัญหาเรื่องความคงตัวของมิกซ์ ไอศกรีมมิกซ์ที่มีความคงตัวดีต้องไม่มีการแยกตัวของโปรตีนนมในสารแขวนลอยและไขมันนมมีความคงตัวในอิมัลชันถ้าหากเกิดความไม่คงตัวขึ้นจะทำให้มีการแยกตัวของอนุภาคโปรตีนแล้วรวมตัวกันหรือตกตะกอนออกมา มีการแยกตัวของส่วนใส (wheying-off) ขณะที่ไอศกรีมละลาย หรือน้ำเชื่อมแยกตัวขณะปั่นไอศกรีม สารให้ความคงตัวสามารถทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กับโปรตีนและคุณสมบัติของสารให้ความคงตัวที่มีทั้งแบบมีประจุหรือไม่มีประจุ ซึ่งส่วนไฮโดรฟิลิกและไฮโดรโฟบิกจะจับส่วนประกอบต่างๆ ในไอศกรีมไว้ จึงช่วยรักษาความคงตัวของไอศกรีมมิกซ์ไว้ได้ ความสามารถในการยับยั้งการแยกตัวของน้ำแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสารให้ความคงตัว

- ชะลอการเกิดผลึกและการเติบโตของผลึกน้ำแข็ง ซึ่งเป็นผลโดยตรงที่เกิดจากการจับกันของไฮโดรคอลลอยด์กับส่วนประกอบต่างๆ ในไอศกรีม ลักษณะโครงสร้างของไอศกรีมที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดกราดลำแสง (Scanning Electron Microscopy, SEM) แสดงเป็นภาพจำลองดังภาพที่ 2.1 ประกอบด้วยเซลล์อากาศถูกล้อมรอบด้วยไขมันที่จับตัวกัน (agglomerate) โดยตั้งอยู่ที่ผนังของเซลล์อากาศ ไขมันที่จับตัวกันนี้เป็นผลจากอิมัลซิไฟเออร์และกระบวนการผลิตทำให้ไขมันรวมตัวกันในโครงสร้างของไอศกรีมมีน้ำที่แข็งตัวบางส่วนแทรกอยู่ระหว่างเซลล์อากาศ นอกจากนี้ยังมีผลึกน้ำแข็ง น้ำที่ไม่แข็งตัว ผลึกน้ำตาลและไฮโดรคอลลอยด์การใช้สารให้ความคงตัวหรือไฮโดรคอลลอยด์มีจุดประสงค์เพื่อตรึงส่วนของน้ำที่ยังไม่แข็งตัวไว้ ไฮโดรคอลลอยด์ในไอศกรีมมีผลต่อสภาวะการไหลของเฟสที่เป็นน้ำ โดยโมเลกุลของไฮโดรคอลลอยด์จับกับโปรตีนทั้งภายในและระหว่างโมเลกุลได้เป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ ทำให้ลดการเคลื่อนที่ของน้ำ [4]



ภาพที่ 2.1 ลักษณะโครงสร้างของไอศกรีมที่มีส่วนประกอบต่าง ๆ

ที่มา : Marshall และ Arbuckle (1996) [4]

### 2.3.6 สารปรุงแต่งกลิ่น-รส (Flavor)

กลิ่นรสนั้นเป็นลักษณะที่สำคัญมากที่สุดประการหนึ่งของไอศกรีม กลิ่นรสของไอศกรีมเป็นการผสมกันของกลิ่นรสทั้งหมดของส่วนผสมที่ใช้ [4] ลักษณะที่สำคัญของกลิ่นรสมี 2 ประการคือ ชนิดและความแรง กลิ่นรสที่อ่อน (delicate flavor) ผสมได้ง่ายกว่าและมีแนวโน้มไม่ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีแม้ใช้ที่ความเข้มข้นสูง ขณะที่กลิ่นรสแรง (harsh flavor) ทำให้เกิดกลิ่นรสที่ไม่ดีแม้ใช้ในความเข้มข้นต่ำ อย่างไรก็ตามกลิ่นรสควรมีความเข้มข้นพอที่ทำให้รับรู้ได้ [4] ปริมาณของไขมันมีผลต่อความประทับใจของกลิ่นรสโดยไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันสูง มีแนวโน้มที่ต้องใช้กลิ่นรสในปริมาณมากกว่าไอศกรีมที่มีไขมันต่ำกว่า เพื่อให้ได้ความแรงของกลิ่นรสเท่ากัน นอกจากนี้ไอศกรีมที่มีการขึ้นฟูสูงต้องใช้กลิ่นรสปริมาณมากกว่าไอศกรีมที่ขึ้นฟูต่ำ [5]

สารปรุงแต่งกลิ่นรส เป็นสารที่มีความสำคัญมากในการผลิตไอศกรีม เพื่อให้เป็นที่ยอมรับและนิยมกับผู้บริโภคสารให้กลิ่นและรส แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) กลิ่นและรสที่ได้จากธรรมชาติ เช่น วานิลลา ช็อคโกแลต กาแฟ เครื่องเทศ ผลไม้ ขนมหวานและลูกกวาด เป็นต้น

2) กลิ่นและรสที่ได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี ส่วนมากอยู่ในรูปที่ละลายในแอลกอฮอล์มีกลิ่นผลไม้หลายชนิด เช่น วานิลลา สตรอเบอรี่ มะนาว และกาแฟ เป็นต้น

การเติมสารเหล่านี้ลงไปต้องใช้ในปริมาณที่เหมาะสม เพราะหากเติมมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีกลิ่นรุนแรง ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

### 2.3.7 สี (Coloring Materials)

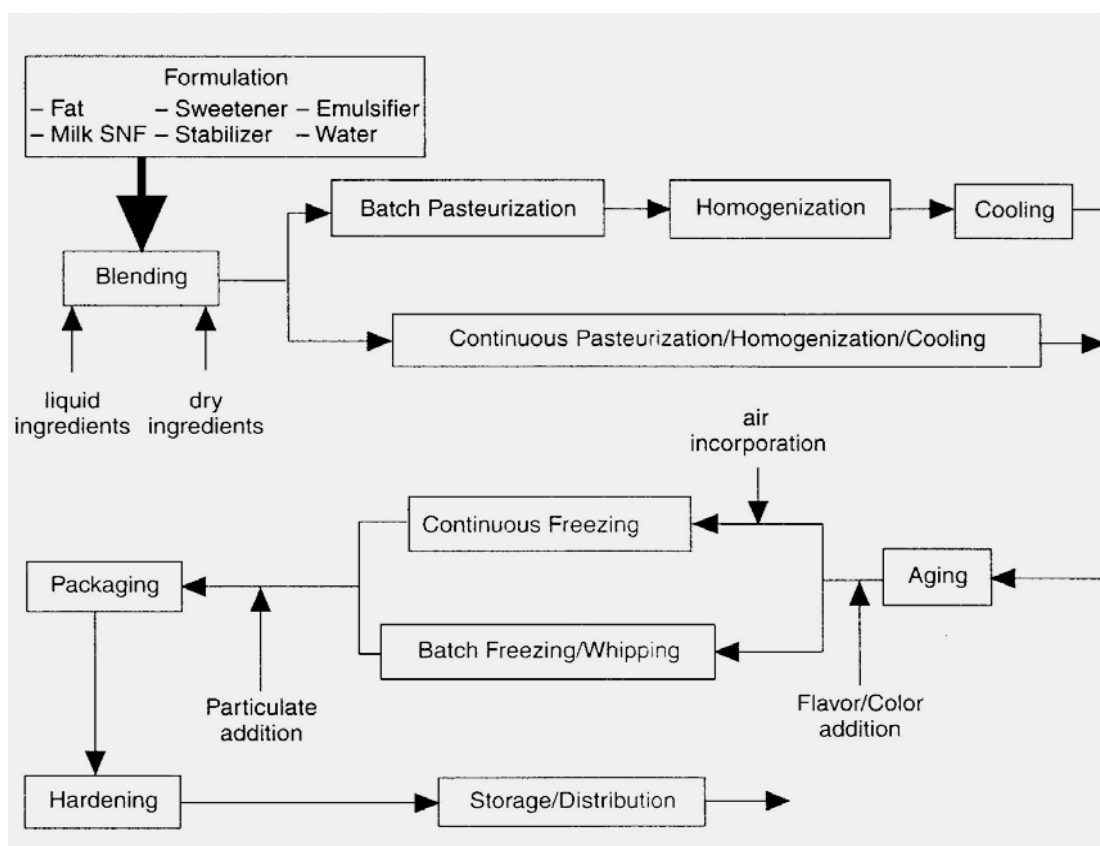
ไอศกรีมควรมีสีส่อนๆ เป็นที่ดึงดูดใจ และสอดคล้องกับกลิ่นรส ปกติแล้วไอศกรีมที่มีการเติมกลิ่นรสต้องเติมสีลงไปเล็กน้อย ไอศกรีมผลไม้ไม่ต้องเติมสีเนื่องจากปริมาณผลไม้ที่เติมลงไปทำให้มีสีแล้ว [4] สีที่ใช้ได้แก่ สีสังเคราะห์ และสีธรรมชาติ

สีที่เติมลงไปต้องมีความถูกต้องและเหมาะสมกับกลิ่นและรสที่ให้ผลิตภัณฑ์มีสีสวยสะอาดตาและใช้แทนสีของผลไม้ธรรมชาติ โดยปกติจะเติมสีลงไปในรูปแบบหรือเป็นน้ำขุ่นๆ ซึ่งก่อนใช้จะผสมน้ำแล้วต้มให้เดือด เพื่อทำลายจุลินทรีย์ ปริมาณของสารละลายของสีที่ใช้กันประมาณ 10-20 มิลลิลิตร ต่อ 100 ลิตรของส่วนผสม สีที่ใช้หากเป็นสีสังเคราะห์จะต้องได้รับอนุญาตให้ใช้โดยกระทรวงสาธารณสุข หากเป็นไปได้ควรใช้ที่ได้จากธรรมชาติมากกว่า เช่น สีจากพืช ผัก และผลไม้

## 2.4 กระบวนการผลิตไอศกรีม

เตรียมวัตถุดิบผสม (Ice cream mix) โดยผสมส่วนประกอบต่างๆ ได้แก่ นม ครีม สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว (stabilizer) และสารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน (emulsifier) ส่วนผสมที่เป็นของเหลวจะถูกผสมในถัง และนำไปให้ความร้อนจนอุณหภูมิถึง 44-48 องศาเซลเซียส จึงเติมน้ำตาลและส่วนผสมแห้งอื่นๆ ลงไป ส่วนสารให้ความคงตัว จะต้องทำให้ส่วนผสมร้อนถึง 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาทีแล้วค่อยเติมสารให้ความคงตัวลงไป จากนั้นส่วนผสมที่ได้จะถูกนำไปให้ความร้อนโดยวิธีพาสเจอร์ไรซ์เชชัน (pasteurization) แล้วผ่านเข้าเครื่องโฮโมจิไนซ์เซอร์ เพื่อทำให้เม็ดไขมันในนมแตกตัวเป็นอนุภาคเล็กมีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงนำไปป่ม (aging) เพื่อพัฒนาเนื้อสัมผัสและรสชาติให้ดียิ่งขึ้น จากนั้นจึงนำไปตีป่น (whip) เพื่อทำให้ไอศกรีมมีรูพรุนหรือช่องว่างอากาศซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมในขั้นตอนนี้จะมีการเติมส่วนประกอบอื่นๆ เช่น กลิ่นรสน้ำเชื่อม ผลไม้ ถั่ว และคุกกี้ แล้วบรรจุไอศกรีมลงกล่อง

ในกระบวนการผลิต พบว่าการผสมวัตถุดิบเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญ เหมือนกับขั้นตอนการปั่นส่วนผสม ตลอดจนการแช่แข็ง ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมแสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กระบวนการผลิตไอศกรีม

ที่มา: Goff และ Hartel (2004) [10]

## ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม [3]

### 2.4.1 จำนวนส่วนผสมของสูตรต่าง ๆ

จะต้องมีการคำนวณหาปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด โดยต้องคำนึงถึง ปริมาณไขมัน และของแข็งในผลิตภัณฑ์นมและในส่วนผสมอื่นๆ เช่น ไข่แดง โกโก้และช็อกโกแลต นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาการเตรียมวัตถุดิบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เดิมการผลิตจะเป็นแบบกะ (batch process) ปัจจุบันได้พัฒนาให้มีการสูญเสียลดลงและผลิตได้เป็นแบบระบบต่อเนื่อง (continuous process)

### 2.4.2 การผสม (Mixing)

เป็นวัตถุดิบที่เป็นของเหลว เช่น ครีม นม นมข้น น้ำเชื่อม และอื่น ๆ ผสมในถังโดยทำส่วนผสมร้อน พร้อมกับคนไปเรื่อย ๆ ส่วนวัตถุดิบที่เป็นของแข็ง เช่น ชาคูน้านมไม่รวมมันเนย ไขมันผง โกโก้ น้ำตาล สารให้ความคงตัว จะเติมลงในส่วนที่เป็นของเหลวก่อนที่อุณหภูมิจะถึง 50 องศาเซลเซียส วิธีป้องกันไม่ให้อผสมจับตัวเป็นก้อนทำได้ดังนี้ คือ

- ผสมวัตถุดิบแห้งทั้งหมดกับน้ำตาลก่อนนำไปผสมกับของเหลวอย่างช้าๆ พร้อมกับคนเรื่อยๆ

- ร่อนวัตถุดิบแห้งลงในของเหลว เช่น ชาคูน้านมไม่รวมมันเนย โกโก้ แล้วจึงเติมในของเหลวก่อนที่อุณหภูมิจะสูงถึง 50 องศาเซลเซียส หรืออาจโรยไปบนผิวของของเหลวขณะที่ยังเย็นแล้วจึงค่อยๆ ทำให้อร้อนขึ้นช้าๆ

- สีและกลิ่น จะเติมในส่วนผสมเป็นลำดับสุดท้ายก่อนนำส่วนผสมไปปั่น

### 2.4.3 การพาสเจอร์ไรซ์เซชัน (Pasteurization)

มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ทำให้เกิดสภาพเป็นสารละลายช่วยในการผสมโดยสารละลายไขมันและลดความหนืด ปรับปรุงกลิ่นรสในไอศกรีมมิกซ์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไอศกรีมมิกซ์ให้เพิ่มขึ้นจนถึง 2-3 สัปดาห์ และเพิ่มความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ ซึ่งวิธีพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมนั้นควรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนดอย่างรวดเร็วและคงที่ ณ อุณหภูมินั้นตามเวลาที่กำหนด แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส (40 องศาฟาเรนไฮต์) วิธีพื้นฐานสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์มีทั้งแบบกะ (batch) หรือการใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน (low-temperature long-time: LTLT) และแบบต่อเนื่องซึ่งสามารถทำได้โดยใช้อุณหภูมิต่ำและเวลาหลายระดับ [4] ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของวิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบต่าง ๆ

วิธีการ	เวลา	อุณหภูมิ (°C / °F)
Batch	30 นาที	69 / 155
High-temperature short-time (HTST)	25 วินาที	80 / 175
Higher-heat shorter-time (HHST)	1-3 วินาที	90 / 194
Ultra high temperature (UHT)	2-4 วินาที	138 / 280

ที่มา : Marshall และ Arbuckle (1996) [4]

#### 2.4.4 การโฮโมจีไนซ์เซชัน (Homogenization)

การโฮโมจีไนซ์ หมายถึง การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า “โฮโมจีไนซ์เซอร์ (homogenizer)” หลักการ คือ นำนมที่อุ่นให้ร้อนพอเหมาะจะถูกอัดด้วยกระบอกสูบความดันสูงผ่านรูตีบของลิ้น ซึ่งมีแรงกดประมาณ 3,000 ปอนด์/ตารางนิ้ว จะทำให้เม็ดไขมันนมซึ่งปกติมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางระหว่าง 4-6 ไมครอน ถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลงเหลือไม่เกิน 2 ไมครอน จึงไม่เกิดการแยกชั้นของครีม ไอศกรีมมีคุณภาพสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียนปรับปรุงสมบัติการขึ้นฟูลดเวลาการบ่มให้สั้นลง ลดโอกาสการเกิดเป็นฟอง (churning) ของไขมันขณะอยู่ในถังปั่นไอศกรีม และทำให้ใช้สารให้ความคงตัวน้อยลง การโฮโมจีไนซ์จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมมีกซ์สูงขึ้นจนถึงประมาณ 80 องศาเซลเซียส ความดันที่ใช้กับไอศกรีมมีกซ์ที่มีไขมันนม ร้อยละ 10 สำหรับการโฮโมจีไนซ์ 2 ขั้นตอนคือ 2,000 และ 500 ปอนด์ต่อตารางนิ้วตามลำดับ แต่เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 14-18 ความดันที่ใช้ในขั้นแรกควรลดลงเพื่อป้องกันไม่ให้ไอศกรีมมีกซ์หนืดมากเกินไป [4]

#### ประโยชน์การทำโฮโมจีไนซ์เซชัน

- เม็ดไขมันเล็กละเอียดลง เพื่อให้ไขมันแทรกอยู่ในน้ำนมได้ทนนานทำให้นมมีรสชาติอร่อย
- ป้องกันการเกิดชั้นครีมเม็ดไขมันที่มีขนาดเล็กยอมแทรกตัวอยู่ในน้ำนมได้นาน จึงไม่แยกลอยตัวขึ้นมารวมตัวเป็นชั้นครีม
- ทำให้นมย่อยง่ายขึ้น นมที่ผ่านการโฮโมจีไนซ์มาแล้วโปรตีนนมจะมีค่า curd tension ต่ำทำให้ย่อยง่าย เหมาะที่จะใช้เป็นอาหารทารก
- ทำนมเป็นรูปและผลิตภัณฑ์นมเป็นรูปต่างๆ นมเป็นรูปหรือผลิตภัณฑ์นมเป็นรูปต่างๆ ที่ต้องผสมไขมันเข้าไปด้วยนั้น ต้องนำมาโฮโมจีไนซ์เพื่อทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

- ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อนุ่ม การทำไอศกรีมนั้นต้องผสมสารอาหารหลายอย่างเข้าด้วยกันถ้าจะให้เนื้อเดียวกันจะต้องนำมาโฮโมจีไนซ์ด้วย

- เพื่อให้ถูกต้องตามกฎหมายในขบวนการผลิต การผลิตนมสเตอริไลซ์และนม UHT นั้นกฎหมายกำหนดไว้ว่าต้องทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการโฮโมจีไนซ์จึงมีความจำเป็น

ข้อควรคำนึงถึงในกระบวนการโฮโมจีไนซ์เซชัน คือ วัตถุประสงค์ที่มีปริมาณไขมันต่างกันจะใช้วิธีการโฮโมจีไนซ์เซชันต่างกัน ควรที่จะมีการศึกษาถึงผลของความดันที่มีผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งการที่จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกันนั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันและสารให้ความคงตัว และความดันของการโฮโมจีไนซ์เซชัน โดยที่ไขมันจะมีการแตกตัวเป็นโครงสร้างเครือข่าย 3 มิติ

#### 2.4.5 การทำให้เย็น (Cooling)

ทำส่วนผสมให้เย็นโดยเร็วจนถึงอุณหภูมิประมาณ 0-5 องศาเซลเซียส โดยผ่านเข้าเครื่องทำความเย็น

#### 2.4.6 การบ่ม (Ageing)

การบ่มส่วนผสม คือ การเก็บส่วนผสมไอศกรีมที่ผ่านการโฮโมจีไนซ์และทำให้เย็น (cooling) แล้วที่อุณหภูมิ 32-40 องศาฟาเรนไฮต์ โดยปกติส่วนผสมที่ได้จะถูกนำไปบ่มเป็นเวลา 4-24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส เพื่อที่จะให้เม็ดไขมันมีการจับตัวกันดีขึ้น และทำให้ส่วนผสมมีความหนืด (viscosity) เพิ่มขึ้น ในระหว่างการบ่มนี้ไขมันนมจะเริ่มตกผลึก มีการแลกเปลี่ยนระหว่างอนุภาคโปรตีนในนม (casein micelles) ในส่วนผสมที่มีธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย (milk solid not fat) ในระดับสูงจะใช้เวลาบ่มเพียง 2-3 ชั่วโมง หรืออาจนำเข้าเครื่องปั่นไอศกรีม (freezer) ทันที หลังจากโฮโมจีไนซ์ก็ได้ สารให้ความคงตัวในปัจจุบันมีการพัฒนาจนสามารถลดระยะเวลาในการบ่มให้เหลือเพียง 30 นาที ซึ่งจะช่วยให้การผลิตไอศกรีมเป็นไปอย่างต่อเนื่องดียิ่งขึ้น [11]

การบ่มไอศกรีมจะทำโดยเก็บส่วนผสมที่ได้ ในห้องที่อุณหภูมิ 2-4 องศาเซลเซียส ซึ่งในระหว่างการบ่มจะมีการเปลี่ยนแปลงภายในส่วนผสมดังกล่าว คือ

- เม็ดไขมันในส่วนผสมจะกลายเป็นไขมันแข็งเกาะตัวกันดีขึ้น
- เจลาติน ที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัว จะอมน้ำและพองตัว
- ความหนืดของส่วนผสมจะสูงขึ้น



เวลาที่ใช้ในการบ่มประมาณ 24 ชั่วโมง แต่การใช้สารให้ความคงตัว สารที่ทำให้น้ำมันรวมตัวกัน และส่วนผสมที่มีธาตุน้ำมันไม่รวมมันเนยในระดับสูง การบ่มจะใช้เวลาเพียง 2-3 ชั่วโมงเท่านั้น หรือส่งเข้าเครื่องแช่แข็ง เลยหลังจากการโฮโมจิไนซ์ก็ได้

#### 2.4.7 การปั่นไอศกรีม (Freezing)

การทำให้เกิดช่องว่างในไอศกรีม วิธีเดิมจะทำการตีปั่นไปพร้อมๆ กับการให้ความเย็น แต่ปัจจุบันจะมีการตีปั่นก่อนเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพมากขึ้น เทคโนโลยีใหม่ในการตีปั่นได้แก่ การใช้เครื่องตีปั่นความเร็วสูง (High speed aerator) ซึ่งจะช่วยพัฒนาลักษณะเนื้อของไอศกรีมให้มีเนื้อเนียน มีการกระจายตัวของกลิ่นรสที่ดี และมีคุณสมบัติทนต่อการละลาย (freeze-thaw stability) เพื่อทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กอย่างรวดเร็วและช่องว่างอากาศมีขนาดเล็กลง ทำให้ไอศกรีมเกิดลักษณะเป็นครีมเนียนและละเอียดขึ้น เครื่องปั่นไอศกรีม ที่ใช้กันอยู่แบ่งได้เป็น 3 ระบบ ดังนี้

2.4.7.1 เครื่องปั่นไอศกรีมแบบถัง (Tank freezer) เป็นเครื่องปั่นไอศกรีมแบบง่ายๆ และนิยมใช้กันในครัวเรือน โดยการใช้น้ำแข็งผสมเกลือ ให้ความเย็นกับเครื่องปั่น เมื่อนำส่วนผสมของไอศกรีมเข้าไปในถังปั่นแล้ว (ไม่ควรเกิน 1 ใน 3 ของปริมาตรความจุถัง) ให้เติมเข้าไปอีกโดยเปลี่ยนอัตราส่วนจากน้ำแข็งต่อเกลือ 9 : 1 เป็น 8 : 1 เพื่อให้ไอศกรีมแข็งตัวเร็วขึ้น การปั่นแบบนี้จะใช้เวลาประมาณครั้งละ 45-60 นาที

2.4.7.2 เครื่องปั่นไอศกรีมแบบกะ (Batch freezer) เป็นการใช้แอมโมเนีย (Ammonia) หรือฟรอน (Freon) ในการให้ความเย็นที่อุณหภูมิ 21-23°F (-6 ถึง -9°C) และใช้เวลา 8-12 นาที ในการทำให้ส่วนผสมแข็งตัว จากนั้นก็เปิดเครื่องทำความเย็นหมุนใบพัดดีให้อากาศเข้าไปผสมเพื่อเพิ่มปริมาตรของไอศกรีม ไอศกรีมที่ได้จะมีเนื้อค่อนข้างหยาบ ความสำคัญของเครื่องปั่นไอศกรีมแบบต่างๆ ในการปั่นไอศกรีม และทำให้ไอศกรีมเย็นจัดจนแข็ง หากใช้เวลาสั้นเท่าไร ก็จะได้อัตราส่วนที่มีเนื้อนุ่ม ทั้งนี้เนื่องจากโมเลกุลของน้ำจะกลายเป็นผลึกขนาดเล็ก แต่ถ้าใช้เวลานานจะได้ผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ในขณะที่ปั่นและทำให้ไอศกรีมแข็งตัวนั้นเป็นขั้นตอนที่ให้อากาศเข้าไปผสมอยู่ในผลิตภัณฑ์ด้วย การปั่นจะสิ้นสุดลงเมื่อไอศกรีมมีความข้น เหนียว หรือไอศกรีมฟู (เพิ่มปริมาตร) พอเพียงแล้ว การเพิ่มปริมาตรของไอศกรีมหรือการทำให้ไอศกรีมฟูโดยการพ่นอากาศเข้าไปเป็นไอศกรีม เรียกว่า โอเวอร์รัน (overrun)

2.4.7.3 เครื่องปั่นไอศกรีมแบบต่อเนื่อง (Continuous freezer) หลักการเหมือนกับแบบแรก แต่ต่างกันที่ส่วนผสมและอากาศจะถูกปั๊มผ่านเข้าไปในเครื่องปั่นไอศกรีม พร้อมกันภายใต้การควบคุมอัตราส่วนอย่างเหมาะสม วิธีการนี้สามารถควบคุมโอเวอร์รัน ของไอศกรีมได้

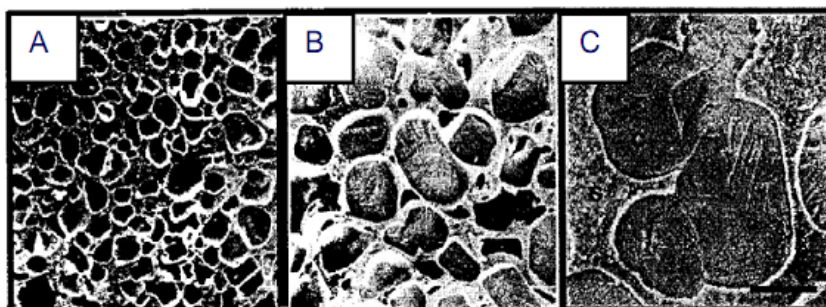
#### 2.4.8 การบรรจุ (Filling cups cone bulk ice cream of Filling in mould)

การนำไอศกรีมในพิมพ์หรือใส่ในถ้วยภาชนะตามต้องการ

#### 2.4.9 การแช่แข็ง (Hardening)

การให้ความเย็นทำให้ไอศกรีมแข็งตัว (Hardening) เนื่องจากไอศกรีมที่ออกจากถังปั่นจะมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ไม่สามารถคงรูปร่างได้ การให้ความเย็นควรทำอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เวลาของการให้ความเย็นประเมินจากเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของไอศกรีม ณ ใจกลางภาชนะบรรจุลดลงเหลือ -18 องศาเซลเซียส [4] โดยนำไอศกรีมที่บรรจุในภาชนะเรียบร้อยแล้วไปเก็บไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -30 ถึง -45 องศาเซลเซียส เพื่อให้ไอศกรีมแข็งตัว การแช่แข็งต้องใช้เวลานานที่สุดเพื่อป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ใช้เวลาในการแช่แข็งน้อยเพียงไรก็จะทำให้เนื้อไอศกรีมนุ่มเท่านั้น

ไอศกรีมที่ผ่านการแช่เยือกแข็งจะถูกเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ ประมาณ -25 ถึง -18 องศาเซลเซียสเพื่อป้องกันมิให้น้ำแข็งในไอศกรีมละลาย หากในขั้นตอนการเก็บรักษาหรือการขนส่ง อุณหภูมิสูงเกินไปทำให้น้ำแข็งละลายเมื่อไอศกรีมถูกนำกลับมาแช่แข็งใหม่ ไอศกรีมจะมีขนาดของผลึกน้ำแข็งที่ใหญ่ขึ้นดังภาพที่ 2.3 ทำให้ได้ไอศกรีมที่มีลักษณะที่เรียกว่า icy ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า heat shock [12]



ภาพที่ 2.3 ภาพโครงสร้างน้ำแข็งในไอศกรีมโดยดูจาก 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 และคณะ (2003) [12]

#### 2.4.10 การเก็บไอศกรีมและการจำหน่าย

ไอศกรีมหลังจากผ่านการแช่แข็งก็สามารถจำหน่ายได้ทันทีหรืออาจเก็บไว้ประมาณ 1-2 สัปดาห์ อุณหภูมิของห้องเก็บต้องคงที่ตลอดเวลาในช่วง -18 ถึง -25 องศาเซลเซียส ควรระมัดระวังในเรื่องการขึ้นลงของอุณหภูมิโดยเฉพาะในร้านค้าซึ่งมักมีการละลายน้ำแข็งออกเป็นระยะๆ ทำให้ไอศกรีมเสื่อมคุณภาพได้ และควรวางเรียงติดๆ กัน ในกรณีที่มีการขนส่งไอศกรีมตามบ้าน ควรขนส่งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนถึงมือผู้บริโภค

### 2.5 ตะลิงปลิง

#### 2.5.1 ลักษณะทางวิทยาศาสตร์และแหล่งปลูก

ตะลิงปลิง (*Averrhoa bilimbi* Linn.) หรือ Bilimbing เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กสูงประมาณ 5-10 เมตร แตกกิ่งก้าน สาขามากตามกิ่งจะปกคลุมด้วยขนนุ่มๆ เปลือกสีชมพู ผิวเรียบ ใบประกอบแบบขนนก ก้านใบหนึ่งประกอบด้วยใบย่อย 11-37 ใบ ใบย่อยรูปหอก ปลายใบแหลม โคนมน จะเรียงจากขนาดเล็กไปหาขนาดใหญ่ ที่โคนจะมีขนาดเล็ก ใบกว้างประมาณ 1 เซนติเมตร ยาว 2-5 เซนติเมตร มีสีเขียวอ่อนมีขนนุ่มๆ ปกคลุมอยู่ ออกดอกเป็นช่อหลายช่อ ตามลำต้นหรือกิ่ง ในแต่ละช่อมีความยาวไม่เกิน 6 นิ้ว ดอกมี 5 กลีบ สีแดงเข้ม กลีบเลี้ยง 5 กลีบเช่นกัน สีเขียวอมชมพู ดอกมีกลิ่น เกสรกลางดอกมีสีเขียว ผลกลมยาวปลายมน ผลยาว 4-6 เซนติเมตร กว้างประมาณ 2 เซนติเมตร เป็นพุ่มตามยาว ผิวเรียบมีสีเขียว เมื่อสุกเป็นสีเหลือง เนื้อเหลว ออกเป็นช่อห้อย รสเปรี้ยว เมล็ด มีลักษณะแบนยาวสีขาว [13]

นอกจากนี้แล้วตะลิงปลิงยังเป็นผลไม้สกุลเดียวกับมะเฟือง เป็นผลไม้ที่ให้ผลผลิตตลอดปี มีราคาค่อนข้างถูก ตะลิงปลิงเป็นพืชที่เป็นทั้งอาหารและยา ผลตะลิงปลิงมีรสเปรี้ยวจัด เกิดจากมีวิตามินซีที่สูงมาก นอกจากนี้ ยังมีแคลเซียม ฟอสฟอรัส วิตามินเอ บี1 บี2 ไนอะซิน และโปตัสเซียมออกซาเลต โดยทั่วไปตะลิงปลิง นิยมบริโภคสด หรือใช้ส่วนเนื้อของผลประกอบเป็นเครื่องปรุงอาหารเพิ่มรสชาติ ในแกงส้ม หรือใช้แทนมะนาวในเมี่ยงคำ หรือแปรรูปเป็นผลไม้แช่อิ่ม หรือผลไม้แห้ง นอกจากนี้มีสรรพคุณเป็นยา คือ ในส่วนของราก สรรพคุณแก้พิษร้อนในกระหายน้ำ ฝ้าตามานำรุงกระเพาะอาหาร แก้โลหิตออกตามกระเพาะอาหาร ถ้าใส่ ดับพิษร้อนของไข้ แก้ริดสีดวงทวาร แก้ก้น แก้กางทุม แก้ไขข้ออักเสบ รักษาสิ่ว รักษาซิฟิลิส บรรเทาโรคเก๊าต์ บรรเทาอาการอักเสบของลำไส้ใหญ่

- ใบ มีสรรพคุณใช้พอกแก้คัน ใช้ภายในโดยนำมาต้มดื่มรักษาอาการอักเสบของลำไส้ใหญ่ รักษาโรคซิฟิลิส แก้ไขข้ออักเสบ รักษากางทุม รักษาสิ่ว

- ดอก เมื่อนำมาชงเป็นชา มีสรรพคุณแก้ไอ

- ผล มีสรรพคุณเจริญอาหารบำรุงกระเพาะอาหาร ฝาดสมาน และลดไข้ (ดังแสดงในภาพที่

2.4)



ลำต้นและดอกตะลิงปลิง



ใบของตะลิงปลิง



ผลของตะลิงปลิง

ภาพที่ 2.4 ลักษณะลำต้นและดอก, ใบและผลของตะลิงปลิง

### 2.5.2 ประโยชน์ของตะลิงปลิง

- น้ำต้มใบลดน้ำตาลและไตรกลีเซอไรด์ในหนูเบาหวาน

งานวิจัยที่ประเทศสิงคโปร์ทำการทดสอบคุณสมบัติ ในการลดน้ำตาลและลดไขมันของสารสกัดเอทานอลของใบตะลิงปลิง ขึ้นแรกพบว่าเมื่อได้รับสารสกัดเอทานอล 125 มก./กก. วันละ 2 เวลา 14 วัน เปรียบเทียบกับยามेटฟอร์มิน (metformin) 500 มก./กก. เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุมพบว่า หนูที่ได้สารสกัดเอทานอลของใบตะลิงปลิงมีน้ำตาลในเลือดลดลงครั้งหนึ่ง มีไตรกลีเซอไรด์ลดลงร้อยละ 130 มีปริมาณไขมันที่ดี (เอชดีแอลคอเลสเตอรอล) เพิ่มขึ้นร้อยละ 60 และลดระดับไลโปโปรตีนออกซิเดชันของไต ผลดังกล่าวมีทิศทางเดียวกันกับหนูที่ได้รับเมตฟอร์มิน เห็นชัดว่าสารสกัดดังกล่าวมีผล ลด anti-atherogenic index และสัดส่วนเอชดีแอลคอเลสเตอรอลทั้งหมดในสัตว์ทดลอง เมื่อนำสารสกัดเอทานอลของใบตะลิงปลิงข้างต้น ไปแยกต่อเป็นสารสกัดน้ำ บิวทานอล และเอทิลอะซิเตต โดยทดสอบเป็นเวลานานในหนูเบาหวานที่เหนียวนำด้วยสเตร็ปโทโทซิน ที่ได้รับอาหารไขมันสูง พบว่า หนูที่ได้รับสารสกัดน้ำและบิวทานอล (125 มก./กก. วันละ 2 ครั้งนาน 14 วัน) จากใบตะลิงปลิงมีปริมาณกลูโคสและไตรกลีเซอไรด์ในกระแสเลือดต่ำกว่าในหนูกลุ่มควบคุม หนูที่ได้รับสารสกัดน้ำมีไกลโคเจนในตับสูงกว่าหนูกลุ่มควบคุม หนูที่ได้รับสารสกัดน้ำและบิวทานอลไม่มีการเปลี่ยนแปลงระดับของคอเลสเตอรอลและเอชดีแอลคอเลสเตอรอลแต่อย่างใด เมื่อตรวจสอบระดับน้ำตาลในเลือด (fasting blood glucose) ในหนูทดลองพบว่า ในวันที่ 7 และ 14 หนูที่ได้รับสารสกัดน้ำและบิวทานอล มีค่าน้ำตาลในเลือดลดลง โดยหนูทั้ง 2 กลุ่มมีปริมาณอินซูลินสูงขึ้นในวันที่ 14 อย่างมีนัยสำคัญ สรุปว่าสารสกัดน้ำของสารสกัดเอทานอลของใบตะลิงปลิงมีผลในการลดปริมาณน้ำตาลและไขมันในเลือดสัตว์ทดลองได้ดี

### - สารสกัดเอทานอลใบตะลิงปลิงแก้คัน

สารสกัดเอทานอลของใบตะลิงปลิงลดอาการคันแดงของผิวหนังในสัตว์ทดลอง การศึกษาที่ประเทศฟิลิปปินส์ใช้สารสกัดเอทานอล ร้อยละ 10 ของใบตะลิงปลิงผสมในสูตรยี้ผึ้ง การทดสอบภาวะแพ้ที่ผิวหนังในหนู ที่มีผื่นแดงเทียบกับยาทาแก้แพ้ พบว่ายี้ผึ้งตะลิงปลิงลดอาการ บวมแดงได้ใน 7 ชั่วโมง กลุ่มทายาอาการหายไป ใน 14 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้รับอะไร อาการผื่นแดงหายไป ใน 23 ชั่วโมง

### - น้ำคั้นผลตะลิงปลิงมีฤทธิ์คุมกำเนิด

งานวิจัยที่ฟิลิปปินส์เกิดขึ้นหลังจากมีข่าวว่ามีการ ใช้น้ำคั้นผลตะลิงปลิงเพื่อ คุมกำเนิดสุกร เมื่อให้น้ำคั้นจากผล 200 กรัม (ได้ 15 มิลลิลิตร) กับหนูอายุ 8 เดือนทุกวัน 10 วัน ก่อนผสมพันธุ์ 10 วันระหว่างผสมพันธุ์และหลังผสมพันธุ์ พบว่าย้อยละ 60 ของหนูที่ได้รับสารจาก ผลตะลิงปลิงไม่ติดลูก พบสเตอรอยด์ไกลโคไซด์และกรดออกซาลิกในน้ำคั้นที่ใช้ เชื่อว่าสารทั้งสองมีส่วนในการออกฤทธิ์คุมกำเนิดดังกล่าว [14]

## 2.6 สารให้ความหวานแทนน้ำตาล

### 2.6.1 ชนิดของสารให้ความหวานแทนน้ำตาล [15]

ปัจจุบันมีสารให้ความหวานที่มีความปลอดภัยให้เลือกใช้อยู่ตามท้องตลาดอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดมีข้อดีข้อด้อยแตกต่างกันไป ซึ่งสารให้ความหวานแทนน้ำตาล ในปัจจุบันแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

**2.6.1.1 สารให้ความหวานที่ให้พลังงาน ได้แก่ ฟรุคโตส (น้ำตาลจากผลไม้) แลคโตส มอลทิทอล ซอร์บิทอล และไซลิทอล** สารให้ความหวานกลุ่มนี้ไม่เหมาะสำหรับผู้ที่ ต้องการควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยโรคเบาหวาน

- ฟรุคโตส เป็นสารที่พบในน้ำผลไม้ มีคุณสมบัติและให้พลังงานคล้ายกับน้ำตาลปกติ

- แลคโตส เป็นสารให้ความหวานที่หวานน้อยกว่าน้ำตาล ให้พลังงานเท่ากับ น้ำตาลปกติ เนื่องจากหวานน้อยกว่าน้ำตาล จึงมักใช้เพื่อเพิ่มปริมาณหรือความชื้นในอาหาร ไม่ใช่ เพื่อให้ความหวานโดยตรง

- มอลทิทอล ซอร์บิทอล และ ไซลิทอล เป็นสารในกลุ่มโพลีออล มีความหวาน และให้พลังงานประมาณร้อยละ 60 ของน้ำตาลปกติ ไม่ทำให้ฟันผุ แต่อาจทำให้ท้องเสียถ้าบริโภค เข้าไปมากๆ

**2.6.1.2 สารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงาน หรือพลังงานต่ำ ได้แก่ ซูคราโลส สตีเวีย (สารสกัดจากหญ้าหวาน) แอสปาแตม อะซีซัลเฟมเค และ แซคคาริน (ซันทาสกร) สารให้ความหวานกลุ่มนี้ เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการ ควบคุมน้ำหนัก และผู้ป่วยโรคเบาหวาน**

- อะซีซัลเฟม เค และแซคคาริน (ซันทาสกร) กลุ่มนี้มีความหวานปนรสขมแบบ โลหะทำให้ รสชาติไม่เป็นธรรมชาติมีข้อดีที่สามารถปรุงอาหารบนเตาร้อนได้

- แอสปาแตม คุณสมบัติและโครงสร้างจะถูกทำลายถ้าได้รับความร้อนสูง ดังนั้นจึงนำมาปรุงบนเตาร้อนไม่ได้ และห้ามรับประทานสำหรับผู้ที่เป็น โรคฟีนิลคีโตนูเรีย (Phenylketonuria)

- สตีเวีย หรือ (สารสกัดจากหญ้าหวาน) สามารถปรุงอาหารบนเตาร้อนได้แต่ ปริมาณความขมของหญ้าหวานที่ปนอยู่มีปริมาณไม่แน่นอน มีตั้งแต่ขมเล็กน้อยจนถึงขนาดขมมาก ทั้งนี้ขึ้นกับสายพันธุ์และคุณภาพของหญ้าหวาน

- ซูคราโลส เป็นสารให้ความหวานที่ไม่ให้พลังงานซึ่งถูกสร้างจากการใช้น้ำตาล ซูโครสแล้วนำมาปรับปรุงโครงสร้างทำให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นจึงมีรสชาติคล้ายน้ำตาลมากแต่ไม่ให้พลังงาน ไม่ทำให้ฟันผุ และสามารถใช้ปรุงอาหารร้อนบนเตาได้โดยไม่สูญเสียความหวาน

- อีริทริทอล เป็นสารให้ความหวานกลุ่มโพลีออล ที่ให้พลังงานต่ำที่สุด คือ น้อยกว่า 0.2 แคลอรี/กรัม มีความหวานประมาณร้อยละ 70-80 ของน้ำตาลปกติ และไม่ทำให้ฟันผุ

## 2.6.2 บทบาทของสารให้ความหวานแทนน้ำตาลในไอศกรีม

### 2.6.2.1 ให้ความหวาน

2.6.2.2 เป็นแหล่งของของแข็งในไอศกรีม โดยปกติไอศกรีมจะมีสารให้ความหวานผสมอยู่ในปริมาณประมาณร้อยละ 13-30 ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นสารให้ความหวานจึงเป็นส่วนสำคัญที่ให้เนื้อในไอศกรีม หากต้องการให้ไอศกรีมมีของแข็งทั้งหมดสูง (เพิ่มเนื้อ) สารให้ความหวานก็เป็นทางเลือกของวัตถุดิบที่มีราคาถูกกว่าการเลือกเติมไขมัน

2.6.2.3 ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม เนื่องจากสารให้ความหวานเป็นของแข็งที่ละลายได้ จึงมีบทบาทที่สำคัญในการลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม เมื่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีมต่ำลงไอศกรีมจะมีลักษณะที่นุ่มขึ้น แต่ถ้าต่ำจนเกินไปไอศกรีมจะเหลว

สารให้ความหวานหรือน้ำตาลชนิดต่างๆ จะให้ความหวานในไอศกรีมในระดับที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดว่าเป็นโมโน ไค หรือ โพลีแซคคาไรด์ และขึ้นกับความยาวหรือน้ำหนักโมเลกุลด้วย เมื่อปริมาณของสารให้ความหวานเพิ่มขึ้น ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ และความแน่นเนื้อของไอศกรีมก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในไอศกรีมนมปกติเมื่อเติมสารให้ความหวานตั้งแต่ร้อยละ 16 ขึ้น

สารให้ความหวานในกลุ่มโพลีออล (polyols) เป็นสารให้ความหวานที่ถูกเลือกใช้ ในผลิต ผลิตภัณฑ์ปราศจากน้ำตาล (sugar free) เพราะเป็นสารให้ความหวานหรือน้ำตาลที่ไม่เพิ่ม ระดับน้ำตาลในเลือด น้ำตาลในตระกูลนี้ไม่ได้มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนประกอบ แต่ในโมเลกุลจะมี หมู่ -OH เป็นส่วนประกอบ ตัวอย่างของน้ำตาลในกลุ่มนี้ ได้แก่ ซอร์บิทอล ไซลิทอล แมนนิทอล อี ริทริทอล แลคทิทอล มอลทิทอล ไอโซมอลต์ และ hydrogenated starch hydrolysate ในน้ำตาลที่ กล่าวมาข้างต้น น้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดที่จะนำมาใช้ผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมปราศจากน้ำตาล คือ มอลทิทอล เนื่องจากเป็นน้ำตาลที่ไม่ให้ความเย็นซ่า ในขณะที่น้ำตาลโพลีออล ตัวอื่นๆ มักจะให้ความเย็นซ่า (เหมาะจะทำหมากฝรั่งที่ไม่ทำให้ฟันผุ) นอกจากนี้ความหวานของมอลทิทอลยังมี ประมวลร้อยละ 90 เมื่อเทียบกับน้ำตาลทราย ทำให้ปริมาณในการใช้ใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย จึง เป็นสารให้เนื้อกับไอศกรีมได้อีกด้วย นอกจากนี้ไม่เพิ่มปริมาณน้ำตาลในเลือดแล้วมอลทิทอลยังให้ พลังงานต่ำกว่าน้ำตาลธรรมดาถึงประมาณครึ่งหนึ่งอย่างไรก็ตามน้ำตาลโพลีออล ก็ไม่ได้มีแต่ข้อดี ข้อเสียของมัน คือ ถ้าทานมากๆจะทำให้ถ่ายท้อง

### 2.6.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้สารให้ความหวานในผลิตภัณฑ์อาหาร

มณีรัตน์ บุญญะมาลี. (2548) [16] ได้ทำการพัฒนาไอศกรีมเชอร์เบทโดยใช้สารให้ความ หวานแทนน้ำตาล จากผลไม้สองชนิด คือ สลัดและเสาวรส โดยใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวาน ทดแทนน้ำตาลในสัดส่วนต่างๆ กัน 3 สัดส่วน เทียบเป็นความหวานของซูโครสต่อซูคราโลส เท่ากับ 50:50, 25:75 และ 0:100 พบว่า 0:100 ได้รับการยอมรับมากที่สุด เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -18 องศาเซลเซียส นาน 1 เดือน พบว่าคุณลักษณะทางด้านประสาทสัมผัส ด้านสี กลิ่น รส เนื้อ สัมผัส การยอมรับโดยรวมและคุณลักษณะทางกายภาพมีค่าไม่แตกต่างกัน ( $p \geq 0.5$ ) และ เชื่อจุลินทรีย์ทั้งหมดที่พบต่ำกว่าเกณฑ์ที่ พ.ร.บ. (2552) กำหนด

สุชาดา ธโนภานุวัฒน์ (2548) [17] ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำลูกเดือย โดยใช้สารให้ ความหวานซูคราโลสแทนน้ำตาลที่ระดับร้อยละ 0.014, 0.017 และ 0.019 พบว่า ปริมาณซูคราโลส ร้อยละ 0.014 มีคะแนนความชอบโดยรวมมากที่สุด ซึ่งปริมาณซูคราโลสร้อยละ 0.014 มีความ หวานเทียบเท่ากับปริมาณน้ำตาลร้อยละ 10 การเติมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสร้อยละ 0.2 มีคะแนน ความชอบด้านความหนืดและความชอบโดยรวมมากที่สุด น้ำลูกเดือยที่พัฒนาได้มีความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า คาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 97.33, 0.33, 0.12, 0.06 และ 2.16 จากผู้บริโภคร้อยละ 85 ให้การ ยอมรับ

เจนจิรา ตันติพิริยะ และคณะ (2549) [18] ได้ทำการใช้ซูคราโลสเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลบางส่วนในผลิตภัณฑ์แฮมส้มโอ โดยใช้ซูคราโลสทดแทนน้ำตาลซูโครสร้อยละ 20 พบว่ามีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ 61 องศาบริกซ์ ความเป็นกรดต่าง 3.41 กรดร้อยละ 0.07 น้ำตาลอินเวอร์ท ร้อยละ 42.74 เส้นใย ร้อยละ 1.63 ความชื้นร้อยละ 38.31 และเถ้าร้อยละ 0.57 เมื่อเก็บรักษาที่ 2 สภาวะคือ อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 7 วัน แฮมส้มโอสูตรมาตรฐาน พบการเจริญของยีสต์  $1 \times 10^1$  โคโลนีต่อกรัมและแฮมส้มโอสูตรที่มีการใช้สารซูคราโลสที่ระดับร้อยละ 20 พบการเจริญของยีสต์  $2 \times 10^1$  โคโลนีต่อกรัม

กิติพร เต็มดวงศ์ และคณะ (2550) [19] ได้ทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์สังขยาโดยใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาล ซึ่งสารให้ความหวานในการทดลองนี้ ได้แก่ มอลทิทอล และแลคทิทอล จากการทดลองพบว่าการใช้สารให้ความหวานดังกล่าว ทำให้ผลิตภัณฑ์สังขยามีความหนืดสุดท้ายน้อยกว่าการใช้น้ำตาลซูโครส กล่าวคือซูโครสเท่ากับ  $35.35 \times 10^9$  เซนติพอยด์, มอลทิทอล เท่ากับ  $15.20 \times 10^9$  เซนติพอยด์, แลคทิทอล เท่ากับ  $12.30 \times 10^9$  เซนติพอยด์ ส่วนคะแนนในด้านการประเมินทางประสาทสัมผัสพบว่าสูตรที่ใช้มอลทิทอล มีคะแนนด้านความชอบ ด้านรสชาติ ความเนียน ลักษณะปรากฏและการยอมรับโดยรวมใกล้เคียงกับสูตรที่ใช้น้ำตาลซูโครส

จารุวรรณ ธนพฤษวิวงศ์ (2551) [20] ได้ทำการศึกษาชนิดและปริมาณของสารทดแทนความหวานในการผลิตเครื่องดื่มกระเจี๊ยบผงเพื่อสุขภาพโดยแปรปริมาณสารทดแทนความหวาน 2 ชนิดคือ มอลทิทอล และ acesulfame – K ผสม aspartame (30:70) ที่มีระดับความหวานและรสหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลซูโครสมากที่สุด พบว่ามีความชื้นเท่ากับร้อยละ 3.24 – 3.88 มอลทิทอล ร้อยละ 17.78 (w/v) และ acesulfame – K ผสม aspartame (30:70) ร้อยละ 0.04 (w/v) มีระดับความหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลในน้ำกระเจี๊ยบมากที่สุด และพบว่า มอลทิทอล ร้อยละ 17.78 (w/v) มีรสหวานใกล้เคียงกับน้ำตาลมากที่สุด เมื่อนำผงกระเจี๊ยบและน้ำกระเจี๊ยบมาผสมกับน้ำตาลหรือ มอลทิทอล พบว่า เครื่องดื่มกระเจี๊ยบผงผสมน้ำตาลหรือ มอลทิทอล มีปริมาณ anthocyanin (2.53 – 2.95 mg Cyanidin-3-glucoside (Cyn-3-glu)/100 มิลลิลิตร) น้อยกว่าน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำตาลหรือ มอลทิทอล (3.39 – 3.84 mg Cyn-3-glu /100 มิลลิลิตร) แต่มีปริมาณ Total Phenolics (34.73 – 42.02 mg Gallic acid equivalent (GAE)/100 มิลลิลิตร) มากกว่าน้ำกระเจี๊ยบผสมน้ำตาลหรือมอลทิทอล (27.43 – 28.78 mg GAE/100 มิลลิลิตร) และจากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยวิธี 7-point Hedonic scale กับผู้ทดสอบจำนวน 20 คน พบว่า ผู้บริโภครับประทานน้ำกระเจี๊ยบหรือเครื่องดื่มกระเจี๊ยบผสมน้ำตาลในระดับชอบปานกลาง ในขณะที่น้ำกระเจี๊ยบหรือเครื่องดื่มกระเจี๊ยบผสมมอลทิทอลได้รับการยอมรับโดยรวมในระดับชอบเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามน้ำกระเจี๊ยบและเครื่องดื่มกระเจี๊ยบผงทั้ง 4 สูตรได้รับการยอมรับมากกว่าเครื่องดื่มกระเจี๊ยบผงที่จำหน่ายทั่วไปในท้องตลาด



## 2.7 แมงลัก

### 2.7.1 ลักษณะทางวิทยาศาสตร์และแหล่งปลูก

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Ocimum basilicum* Sims. Var. *citratum* Back.

ชื่อสามัญ Hairy basil, แมงลัก

ชื่อวงศ์ Labiatae

แมงลักเป็นพืชที่ขึ้นในเขตร้อนปลูกหรือปลูกทั่วไปได้ในประเทศไทย (ภาพที่ 2.5) จัดเป็นพืชล้มลุกแตกกิ่งก้านสาขาใบเป็นใบเดี่ยว ออกตรงข้าม รูปไข่ ขอบใบเรียบหรือหยักมนๆ ใบและต้นมีกลิ่นหอมเฉพาะตัวในใบมีน้ำมันหอมระเหย ประกอบด้วยสารเคมีหลายชนิด เช่น การบูร, ซิทราล, บอร์นีออล (borneol), แคมฟิน (camphene), ยูจีนอล (eugenol) เป็นต้น [21] ซึ่งใบใช้ในการปรุงอาหารเพื่อเพิ่มกลิ่นรส และน้ำมันหอมระเหยจากใบมีฤทธิ์ช่วยขับลม ลดอาการจุกเสียดแน่นท้อง แก้ท้องอืด ท้องเฟ้อ และมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียหลายชนิด ดอกออกเป็นช่อที่ยอดอาจเป็นช่อเดี่ยวๆ หรือแตกสาขา ดอกย่อยมีขนาดเล็กสีขาว ผลเป็นผลชนิดแห้งประกอบด้วยผลขนาดเล็กๆ 4 ผลอยู่รวมกัน



ภาพที่ 2.5 ลักษณะต้นแมงลัก

ส่วนของผลหรือเมล็ดนั้น ปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ (2526) [22] ได้ศึกษาลักษณะของเมล็ดแมงลักและเชื้อเมือก พบว่ามีรูปร่างลักษณะคล้ายรูปสามเหลี่ยมด้านหลัง โคนเล็กน้อย ด้านท้องเป็นเหลี่ยมแต่ไปบรรจบกันที่เส้นกลาง จากเส้นที่บรรจบกันนี้เป็นรอยลาดไปจนถึงหัว Hilum (คล้ายเมล็ดน้อยหน้า) เมื่อดูด้วยแว่นขยายจะเห็นเชื้อขาวๆ หุ้มอยู่ภายนอกเมล็ด เปลือกแข็งมาก เมล็ดแกมมีสีน้ำตาลๆ เมล็ดยังไม่แกมมีสีน้ำตาลไหม้ เมล็ดเมื่อถูกน้ำเชื้อขาวภายนอกจะพองทันที ซึ่งสามารถพองน้ำได้ 45 เท่า ลักษณะการพองตัว จะมีสายเชื้อเมือกยึดออกเป็นเส้นๆคล้ายขนของ

Iodine Solution พบจุดเล็กเรียงตามสายเมือก คล้ายการเรียงตัวของเชื้อ Streptococcus ซึ่งเป็นเม็ดแป่ง มีขนาดเล็กมากไม่เกิน 10 ไมครอน และเมื่อดูด้วย Polarized light จะเห็นรูปกากะบาดสีดำคล้ายตัว X อยู่ตรงกลางเม็ดแป่งจากศูนย์กลาง

Aniline Sulfate กับกรดซัลฟูริกเข้มข้นเพียงเล็กน้อย จะเห็นส่วนที่เป็น lignified wall บริเวณโคนสายเยื่อเมือกอย่างชัดเจนขึ้น

Sudan III ของผงเม็ดบด เห็นหยดน้ำ (oil globule) ปะปนอยู่

ลักษณะของเยื่อเมือก เป็นเมือกเหนียวข้น คล้ายวุ้น สีขาวขุ่น สำหรับส่วนประกอบทางเคมีเป็น Polyuronic acid พบในธรรมชาติในรูปเกลือ อาจจะเป็น calcium, potassium, magnesium salt ของ polyuronic acid ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลและกรด uronic acid เชื่อมต่อกันด้วย glycosidic linkage และเป็น branched chain ส่วนของน้ำตาลอาจเป็น Pentose หรือ Hexose หรืออาจมีทั้ง Pentose และ Hexose อยู่ด้วยกัน หรืออาจจะเป็น D-xylose, D-glucose, D-galactose, D-mannose, L-rhamnose รวมทั้ง oil, polysaccharide และ mucilage uronic acid ที่พบมากคือ Glucuronic acid และ Galacturonic acid [23]

### 2.7.2 ประโยชน์ของตะลิงปลิง

เม็ดแมงลักที่พองตัวเมื่อรับประทานเข้าไปแล้วจะไม่ถูกย่อย หรือถูกดูดซึมในกระเพาะอาหารหรือลำไส้จึงกลายเป็นกากอาหารทั้งหมด และสารเมือก (mucilage) ที่หุ้มเม็ดจัดเป็นสารในกลุ่มใยอาหารที่ละลายน้ำได้ (soluble dietary fiber) ประเภทเดียวกับกัม (gum) จึงทำให้เม็ดแมงลักมีคุณสมบัติเป็นยาระบายชนิดเพิ่มกาก (bulk laxative) เนื่องจากเม็ดแมงลักไม่ถูกย่อยในทางเดินอาหาร มีผลกระตุ้นการบีบตัวของลำไส้โดยอัตโนมัติ และยังทำให้อุจจาระอ่อนตัวกว่าปกติ ซึ่งสามารถใช้เป็นอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวานหรือผู้ที่ต้องการลดน้ำหนักอีกทั้งยังใช้เป็นยาระบายชนิด bulk forming laxatives ในคนไข้หลังผ่าตัดหรือในผู้สูงอายุและหญิงมีครรภ์ที่มีอาการท้องผูกอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อรับประทานเม็ดแมงลักร่วมกับการได้รับคำแนะนำทางโภชนาการบำบัด จะทำให้ระดับน้ำตาลโคเลสเตอรอลและไตรกลีเซอไรด์ในเลือดของผู้ป่วยเบาหวานชนิดไม่พึ่งอินซูลินลดลง ซึ่งประโยชน์เหล่านี้มาจากสารเมือก และมีรายงานว่าสามารถใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดและสารแขวนตะกอน (suspending agent) ในผลิตภัณฑ์ยา [24]

ในปัจจุบัน มียาแผนปัจจุบันที่ผลิตจากเม็ดแมงลักอยู่หลายชนิด เช่น Metamucil, Plantago, Mucilose เป็นต้น [25]

### 2.7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก

ปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ (2526) [22] ได้ศึกษาการแยกเมือกแมงลัก (*Ocimum canum* Sims) เป็นพืชพื้นเมืองที่รู้จักกันแพร่หลาย ใช้ปรุงอาหารคาวหวานมาเป็นเวลาช้านาน ส่วนของเมล็ดซึ่งมีสารที่สามารถพองตัวในน้ำได้ ซึ่งรายงานไว้ใช้เป็นยาระบาย (bulk laxative) ได้ ทางผู้วิจัยจึงทดลองแยกสารเมือกออกจากเมล็ด และทำให้อยู่ในรูปของผงแห้ง โดยกรรมวิธีอย่างง่ายและนำผงเมือกแห้งที่ได้ไปศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพบางประการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ พบว่าเป็นสารที่ได้มี moisture content และ moisture adsorption สูงมีการไหลไม่คืน แต่อย่างไรก็ตามผงเมือกแห้งนี้สามารถกระจายและพองตัวในน้ำได้ดี ซึ่งมีความหนืดมาแม้จะมีความเข้มข้นเพียงเล็กน้อยก็ตาม คาดว่าผงเมือกแห้งนี้จะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีในอุตสาหกรรมยา

ต่อมาปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ (2528) [24] ได้ศึกษาคุณสมบัติของสารเมือก จากการทดลองแยกและศึกษาคุณสมบัติของสารเมือกจากเมล็ดแมงลัก พบว่าสารเมือกแห้งสามารถพองตัวในน้ำได้ดีมีความหนืดค่อนข้างสูงแม้จะมีความเข้มข้นเพียงเล็กน้อย มีลักษณะการไหลแบบ pseudo plastic flow หรือ shear-thinning และมีคุณสมบัติเป็น thixotropy เมื่อใช้กับสารกันบูดจะมีความคงตัวค่อนข้างสูงสามารถเข้ากับออลอนและตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นสารช่วยแขวนตะกอนในตำรับยาน้ำแขวนตะกอนต่างๆ ได้ดีเช่นเดียวกับสารช่วยแขวนตะกอนอื่นๆ ที่ใช้กันโดยทั่วไป

และในปีเดียวกันปลื้มจิตต์ โรจนพันธุ์ และคณะ (2528) [24] ได้ศึกษาการทำผงเมือกแห้ง โดยวิธี Freeze- Drying พบว่า สารเมือกจากเมล็ดแมงลักที่อบแห้งด้วยความร้อนมีคุณสมบัติที่ใช้เป็นสารช่วยแขวนตะกอนในตำรับยาเตรียมต่างๆ ได้ดี แต่ผงเมือกแห้งมีสีคล้ำไม่ขาว จึงได้ทดลองแยกสารเมือกและทำให้แห้งด้วยวิธี freeze-drying ซึ่งเมือกแห้งที่ได้มีสีขาวแต่มีลักษณะเป็นโฟมนุ่ม บดเป็นผงไม่ได้เมื่อทดลองเติมสารชนิดต่างๆ เพื่อช่วยพยุงเนื้อของสารเมือก พบว่า lactose ตั้งแต่ร้อยละ 4 ขึ้นไปช่วยทำให้เมือกแห้งสามารถบดเป็นผงได้ แต่สีจะคล้ำลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของ lactose มากขึ้นการพองตัวในน้ำช้าและน้อยกว่าผงเมือกแห้งที่อบด้วยความร้อน และความหนืดน้อยกว่าผงเมือกแห้งจากวิธี freeze-drying มีความชื้นปานกลาง

ภาควิชา พานิชยุปการนันท์ และคณะ (2542) [26] ได้ศึกษาการเตรียมยาระบายเพิ่มกากชนิดแคปซูลจากสารเมือกของเมล็ดแมงลัก พบว่าสารเมือกที่แยกได้จากเมล็ดแมงลักนำมาทำให้แห้งโดยวิธีไลโอฟิลไลซ์นำผลิตภัณฑ์ที่ได้ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นนุ่ม สีขาวไปบดเป็นผงละเอียดและผ่านร่อนเบอร์ 60 การเติมแลคโตส ร้อยละ 5 (w/v) ก่อนการทำสารเมือกให้แห้ง จะทำให้สารเมือกที่ได้ง่ายต่อการบดเป็นผงและบรรจุแคปซูลมากยิ่งขึ้น เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพบาง

ศศิธร เรื่องจักรเพชร และปราณี อ่านเปรื่อง (2545) [27] ได้ศึกษาการผลิตผงเมือกเมล็ดแมงลัก พบว่า ภาวะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผงเมือกเมล็ดแมงลัก ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับ คือ การสกัดในภาวะแบบเปียกด้วยการแช่น้ำที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมงตามด้วย การฟอกสีโดยวิธี Alkaline Hydrogen Peroxide (AHP) โดยใช้ร้อยละ 30  $H_2O_2$  ที่ pH 9.0 เป็นเวลานาน 3 ชั่วโมง จากนั้นอบให้แห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จะได้ผงเมือกเมล็ดแมงลักที่มีลักษณะที่ดีทั้งในด้านสีขาวครีม ด้านความสามารถในการอุ้มน้ำ และในด้านปริมาณใยอาหารทั้งหมดที่มากกว่าการผลิตด้วยวิธีอื่น

ในปีเดียวกัน ศศิธร เรื่องจักรเพชร และปราณี อ่านเปรื่อง [28] ได้ศึกษาลักษณะเฉพาะทางกายภาพของผงเมือกเมล็ดแมงลักที่ผลิตได้ โดยแบ่งออกเป็นผงหยาบ (COG) 150 – 250  $\mu m$  และผงละเอียด (FOG) < 150  $\mu m$  เทียบกับกัมที่ใช้ทางการค้า ได้แก่ กัวร์กัม (GG) โลคัสบีนกัม (LBG) และแซนแทนกัม (XG) พบว่าผงเมือกเมล็ดแมงลักแบบ COG มีค่าความสว่างและการดูดซับน้ำมันต่ำกว่าแบบ FOG แต่มีความหนืดและการทำให้เกิดอิมัลชันสูงกว่าสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักมีลักษณะการไหลแบบนิวโตเนียนที่ระดับความเข้มข้นต่ำ และแบบซูดอพลาสติกที่ระดับความเข้มข้นสูงเกินกว่าร้อยละ 0.5 (w/v) เช่นเดียวกับสารละลาย GG และ XG สำหรับการไหลของสารละลายผงเมือกเมล็ดแมงลักที่สภาวะต่างๆ โดยพิจารณาจากค่าความหนืดที่เปลี่ยนไป พบว่ามีพฤติกรรมเหมือนกับสารละลายกัวร์กัม กล่าวคือ การเปลี่ยนแปลงปริมาณน้ำตาล และค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลง ค่าความหนืด แต่ค่าความหนืดของสารละลายจะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อมีการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิ อัตราเฉือน และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย

ละอองดาว ว่องเอกลักษณ์ และกุลยา ลิมรุ่งเรืองรัตน์ (2545) [29] ได้ศึกษาการใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักในผลิตภัณฑ์ซอสพริกและมายองเนส ผลการเติมผงเมือกจากเมล็ดแมงลักปริมาณร้อยละ 0-0.5 (น้ำหนักโดยน้ำหนัก) ในซอสพริก พบว่าเมื่อปริมาณของผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเพิ่มขึ้น ซอสพริกจะมีความหนืดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ปริมาณของผงเมือกจากเมล็ดแมงลักที่เติมลงไปทุกระดับไม่มีผลต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของซอสพริก แต่มีผลทำให้ค่าความเป็นสีแดง ( $a^*$ ) และค่าความเป็นสีเหลือง ( $b^*$ ) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P \leq 0.05$ ) ซอสพริกที่เติมผงเมือกจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.3 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสทุกด้านสูงที่สุด ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเก็บซอสพริกนาน 5 สัปดาห์ พบว่าความหนืดของซอสพริกไม่มีการเปลี่ยนแปลงจากการทำนายอายุการเก็บของซอสพริกพบว่าสามารถเก็บซอสพริกได้นาน 6 เดือน เมื่อเก็บที่

ปิยนุสรณ์ น้อยคิ้วและวันชัย ศรีโสม (2547) [30] ศึกษาการใช้มิวซีเลจจากเมล็ดแมงลักทดแทนสารให้ความคงตัวในไอศกรีมช็อกโกแลตที่ 3 ระดับ คือ ร้อยละ 0.1, 0.3 และ 0.5 (w/w) พบว่าเมื่อปริมาณของมิวซีเลจจากเมล็ดแมงลักเพิ่มขึ้น ไอศกรีมจะมีความหนืดสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ ) และมีผลทำให้อัตราการขึ้นฟูและอัตราการละลายลดลง เมื่อนำมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าไอศกรีมช็อกโกแลตที่เติมมิวซีเลจจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.3 ได้คะแนนการยอมรับทางประสาทสัมผัสด้านเนื้อสัมผัส การละลายในปาก และความชอบโดยรวมสูงที่สุด และเมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมช็อกโกแลตที่เติมมิวซีเลจจากเมล็ดแมงลัก ร้อยละ 0.3 เปรียบเทียบกับไอศกรีมช็อกโกแลตสูตรมาตรฐาน พบว่ามีปริมาณเส้นใยสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p \leq 0.05$ )

ปิยนุสรณ์ น้อยคิ้ว และ เนตรนภา วิเลปะนะ (2549) [31] ศึกษาการใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวในผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มไก่ โดยแปรปริมาณของผงเมือก ร้อยละ 0.3, 0.4 และ 0.5 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ พบว่าความหนืดของน้ำจิ้มไก่สูงขึ้นตามปริมาณของผงเมือกที่เพิ่มขึ้น และเมื่อนำน้ำจิ้มไก่ที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักเป็นสารให้ความคงตัวมาทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่าน้ำจิ้มไก่ที่ใช้ผงเมือกจากเมล็ดแมงลักร้อยละ 0.3 โดยน้ำหนัก ได้รับการยอมรับในด้านของความหนืด และความชอบโดยรวมสูงสุด และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสกับน้ำจิ้มไก่สูตรมาตรฐาน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ