

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าวกล้อง (Brown rice or Cargo) หมายถึง เมล็ดข้าวที่ผ่านการกะเทาะเปลือกออกโดยไม่มี การขัดสีใด ๆ จึงยังคงมีจมูกข้าวหรือเอ็มบริโอ (embryo) และรำข้าวซึ่งเป็นเยื่อบางๆ หุ้มเมล็ดข้าว อยู่ ปัจจุบันการบริโภคข้าวกล้องเริ่มมีมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคตระหนักถึงสุขภาพร่างกายของ ตนเองมากขึ้น ซึ่งการนำข้าวกล้องมาพัฒนาเป็นไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง สำหรับผู้บริโภคที่รักสุขภาพ ทั้งนี้ไอศกรีมเป็นอาหารหวานเป็นที่นิยมบริโภคกันมาก โดยมีปริมาณ พลังงานและสารอาหารขึ้นกับส่วนผสมของไอศกรีม ซึ่งประกอบด้วยไขมันมากกว่าน้ำตาล 3-4 เท่า ซึ่ง มาจากครีมเป็นส่วนใหญ่ โปรตีนมากกว่าร้อยละ 12-16 จากน้ำตาล ถั่ว ไข่ สารให้ความคงตัว และ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่าน้ำตาล 4 เท่าซึ่งมาจากการใช้น้ำตาล (Marshall and Arbuckle, 1996) เห็นได้ว่าไอศกรีมเป็นอาหารหวานที่ให้พลังงานสูง เหมาะสำหรับเด็กและผู้ที่ต้องการเพิ่ม น้ำหนักตัว ซึ่งการบริโภคอาหารที่มีไขมันสูงในปริมาณมากและเป็นประจำอาจก่อให้เกิดปัญหาด้าน สุขภาพ เกิดสภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคต่างๆ เนื่องมาจากโรคอ้วน (obesity) (อดิศักดิ์, 2542)

มอลโตเด็กซ์ตริน จัดเป็นสารทดแทนไขมันซึ่งได้มาจากการนำผลิตภัณฑ์แป้งผ่านการ ดัดแปลงคุณภาพทางกายภาพโดยการใช้เอนไซม์หรือกรดในการไฮโดรไลซ์โพลิเมอร์ของแป้งให้สั้นลง (Reichelt, 1983) มีคุณสมบัติสามารถใช้เป็นสารทดแทนไขมันในอาหารได้เพราะจะให้ความหนืด ลักษณะเจล ความเนียน ที่คล้ายไขมันโดยที่มอลโตเด็กซ์ตรินจะให้พลังงานเพียง 4 กิโลแคลอรีต่อ กรัม ตัวอย่างการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้แก่ ไอศกรีม น้ำสลัด มายองเนส ผลิตภัณฑ์เนื้อ ผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ เป็นต้น (Raeaille, 1991)

น้ำตาลมอลทิทอล เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้จากกระบวนการไฮโดรจีเนชันน้ำตาลมอล โตส สารชนิดนี้สามารถผลิตได้ทั้งในรูปแบบไซรัป (syrup) ที่ประกอบด้วยมอลทิทอลมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ และสารอื่นๆ ในปริมาณที่น้อยกว่า เช่น ซอร์บิทอล มอลโตไตรอิทอล และ higher hydrogenated oligosaccharide มีส่วนอีกรูปหนึ่งเป็นผลึกผงที่ประกอบด้วยมอลทิทอลถึง 99 เปอร์เซ็นต์ มีสมบัติเพิ่มมวลแก่ผลิตภัณฑ์ ไม่ทำให้ฟันผุ ถูกดูดซึมได้ช้า ไม่มีผลเพิ่มระดับน้ำตาลและ ให้พลังงานประมาณ 2.1 กิโลแคลอรีต่อกรัม (ศิวาพร, 2546)

ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือ เพื่อศึกษาผลของการใช้มอลโตเด็กซ์ตรินและน้ำตาล มอลทิทอลในปริมาณที่เหมาะสมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องทางด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องพลังงานต่ำ
2. เพื่อศึกษาคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องพลังงานต่ำ
3. เพื่อศึกษาคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องพลังงานต่ำ

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องพลังงานต่ำ
2. ทราบถึงคุณภาพทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องพลังงานต่ำ
3. ทราบถึงคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบชิมที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องพลังงานต่ำ
4. เพิ่มมูลค่าและประโยชน์ในการนำข้าวกล้องมาผลิตเป็นไอศกรีม

บทที่ 2

ทฤษฎีและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไอศกรีม (Ice cream)

ไอศกรีม หมายถึง ผลิตภัณฑ์นมแช่เยือกแข็งที่ผลิตจากการแช่เยือกแข็งส่วนผสมที่นำไปปั่นเพื่อรวมตัวกับอากาศและได้ลักษณะที่คงตัว ประกอบด้วย ผลิตภัณฑ์นม (ไขมันนม) น้ำตาล น้ำเชื่อม น้ำ สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ รวมถึงไข่ ผลิตภัณฑ์จากไข่ สี กลิ่นรสที่ปลอดภัย (Marshall and Arbuckle, 1996)

ส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตไอศกรีม ได้แก่ นำนม ไขมันนม น้ำตาล สารให้กลิ่น สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ และส่วนผสมอาหาร นำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมรวมกัน แล้วนำไปพาสเจอร์ไรส์ โฮโมจีไนส์ ทำให้เย็น บ่ม ปั่นให้เป็นไอศกรีม แล้วนำไปทำให้แข็ง นอกจากนี้ไอศกรีมยังเป็นอาหารที่ให้พลังงานอีกด้วย ตามกฎหมายต้องมีไขมันเนยเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก ไขมันรวมไม่รวมไขมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก และมีแบคทีเรียไม่เกิน 6×10^5 โคโลนี ในผลิตภัณฑ์ 1 กรัม (สุวรรณ, 2530)

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 222 (2544) กล่าวว่า ไอศกรีม คือ ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยสารอาหารต่าง ๆ ซึ่งปรุงแต่งให้มีลักษณะเป็นกึ่งของเหลว รสหวานแช่เย็นจนแข็งตัว จะมีไขมันเป็นองค์ประกอบหรือไม่ก็ได้ วัตถุดิบที่นำมาผลิตเป็นไอศกรีมนั้น มีมากมายหลายชนิด ส่วนการนำมาใช้ทำไอศกรีมนั้น ต้องคำนึงถึงรสชาติอร่อย ราคาไม่แพงและหาได้ง่าย วัตถุดิบที่จะนำมาผลิตเป็นไอศกรีมนั้นจะต้องมีสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบจำพวกไขมัน ไขมันรวมที่ไม่รวมไขมัน น้ำตาล น้ำ กลิ่น สี และ สารให้ความคงตัว (วรรณและวิบูลย์ศักดิ์, 2531)

มาตรฐานของไอศกรีมตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 222 (2544) ของประเทศไทย ได้กำหนดไว้ดังนี้

1. ไอศกรีมนอกจากชนิดแข็งหรือผงดองผ่านกรรมวิธีตามลำดับ ดังนี้

1.1 ทำใหร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 68.5 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 30 นาที หรือ

1.2 ทำใหร้อนขึ้นถึงอุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 80 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้ไม่น้อยกว่า 25 วินาที และจะต้องมีเครื่องวัดอุณหภูมิพร้อมด้วยเครื่องบันทึกอัตโนมัติแสดงอุณหภูมิเวลาที่ใช่จริงหรือ

1.3 ทำใหร้อนโดยกรรมวิธีอื่นตามที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาเห็นชอบด้วย

1.4 ทำใหเย็นลงทันทีที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และคงไว้ที่อุณหภูมินี้

1.5 ปน กวน หรือผสม แลวแต่กรณี และทำให้เยือกแข็งที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า -2.2 องศาเซลเซียส ก่อนบรรจุลงในภาชนะบรรจุเพื่อจำหน่าย และต้องเก็บไว้ที่อุณหภูมิไม่สูงกว่า -2.2 องศาเซลเซียสนี้จนกว่าจะจำหน่าย

2. ไอศกรีมต้องมีคุณภาพดังต่อไปนี้

2.1 ไอศกรีมนม ต้องมีมันเนยเป็นส่วนผสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก และมีไขมันรวมมันเนยไม่น้อยกว่าร้อยละ 7.5 ของน้ำหนัก

2.2 ไอศกรีมดัดแปลง ต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

2.3 ไอศกรีมผสม ผลิตภัณฑ์ต้องมีคุณภาพและมาตรฐานเช่นเดียวกับไอศกรีมนม หรือไอศกรีมดัดแปลง โดยไม่รวมน้ำหนักของผลไม้ หรือวัตถุที่เป็นอาหารอื่นผสมอยู่ด้วย

2.4 ไอศกรีมหวานเย็น ไอศกรีมนมและไอศกรีมดัดแปลงหรือไอศกรีมผสมต้องไม่มีกลิ่นหืน ใช้วัตถุที่ทำให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับเบิลยู เอช โอ โคเดกซ์ (Joint FAO/WHO Codex) ไม่มีการใช้วัตถุกันเสีย ปริมาณแบคทีเรียไม่เกิน 6×10^5 โคโลนี ในอาหารจำนวน 1 กรัม ไม่พบ *E. coli* ในอาหารจำนวน 0.01 กรัม ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่มีสารปนพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2.5 ไอศกรีมเหลว ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามไอศกรีมนม ไอศกรีมดัดแปลง หรือไอศกรีมผสมแลวแต่กรณี และต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานตามไอศกรีมหวานเย็น

2.6 ไอศกรีมชนิดแข็ง หรือผงต้องไม่มีกลิ่นหืน มีกลิ่นตามลักษณะเฉพาะของไอศกรีมชนิดนั้น มีลักษณะไม่เกาะปนคอน ผิดไปจากลักษณะที่สร้างขึ้น ใช้วัตถุที่ทำให้ความหวานแทนน้ำตาลได้ตามมาตรฐานอาหาร เอฟ เอ โอ/ดับเบิลยู เอช โอ โคเดกซ์ (Joint FAO/WHO Codex) ไม่มีการใช้วัตถุกันเสีย มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 5 ของน้ำหนัก มีแบคทีเรียได้ไม่เกิน 1×10^5 โคโลนี ในอาหารจำนวน 1 กรัม ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค ไม่มีสารปนพิษจาก จุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

2.2 องค์ประกอบของไอศกรีม

โดยทั่วไปส่วนผสมไอศกรีม (ice cream mix) ประกอบด้วยไขมันนม ไขมันรวมมันเนย สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ สารให้กลิ่นรส น้ำและอากาศ ซึ่งส่วนผสมแต่ละชนิดนั้นมีหน้าที่แตกต่างกันไป ดังนี้

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของไอศกรีมและผลิตภัณฑ์ใกล้เคียง

Milk Fat	MSNF*	Sugar	Stabilizer and Emulsifier	Approximate Total Solids
Economy Ice Cream				
10	10-11	13-15	0.30-0.50	35.0-37.0
12	9-10	13-15	0.25-0.50	
Good Average Ice Cream				
12	11	15	0.3	37.5-39.0
14	8-9	13-16	0.20-0.40	
Deluxe Ice Cream				
16	7-8	13-16	0.20-0.40	
18	6-7	13-19	0.25	40.0-41.0
20	5-6	14-17	0.25	
Good Average Ice Milk (Soft Serve)				
4	12	13.5	0.4	
5	11.5	13	0.4	29.0-30.0
6	11.5	13	0.35	
Ice Milk				
	14	14	0.45	31.4

หมายเหตุ: * = milk solid not fat

ที่มา : (Marshall and Arbuckle, 1996)

1) ไขมันนม (milk fat) จัดเป็นองค์ประกอบหลักที่มีความสำคัญในการผลิตไอศกรีม การใช้ไขมันในปริมาณที่เหมาะสม ช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุล และมีปริมาณไขมันตามมาตรฐานกำหนด ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2544 กำหนดไว้ว่าไอศกรีมดัดแปลงต้องมีไขมันทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ของน้ำหนัก

ไขมันนมนอกจากจะให้คุณค่าทางโภชนาการแล้วไขมันนมายังให้กลิ่นรสที่ดีกับไอศกรีมและเป็นตัวพา (carrier) และเสริมกลิ่นรสของสารให้กลิ่นรสที่เติมในไอศกรีมไขมันนมทำให้เกิดลักษณะเนื้อที่เรียบเนียนโดยไขมันนมทำหน้าที่หล่อลื่น (lubrication) ให้ความรู้สึกเรียบเนียนและลื่นมันในปากและยังช่วยหล่อลื่นภายในเครื่องปั่นไอศกรีมระหว่างการปั่นเยือกแข็งไอศกรีม ไขมันนมในอิมัลชันบางส่วนทำให้โครงสร้างและลักษณะเนื้อของไอศกรีมเหมือนกับโครงสร้างของครีมที่ดีให้ขึ้นฟู โดย

ไขมันนมบางส่วนไปรวมตัวกันและล้อมรอบฟองอากาศ (air cells) และช่วยในการรักษาฟองอากาศขนาดเล็กในไอศกรีมให้มีความคงตัว ไขมันนมยังช่วยให้เกิดบอดีและคุณลักษณะการละลายที่ต้องการในไอศกรีม นอกจากนี้ไขมันยังไม่มีผลในการลดจุดเยือกแข็ง แต่การใช้ไขมันในปริมาณมากขึ้นทำให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลง เนื่องจากปริมาณไขมันที่มากขึ้นทำให้ปริมาณน้ำในสูตรลดลง ผลึกน้ำแข็งจึงมีขนาดเล็กลง ไขมันนมจัดเป็นแหล่งไขมันหลักที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม เช่น นมสด ครีม เนย น้ำมันเนย หางนมผง และนมระเหยต่างๆ (Marshall and Arbuckle, 1996) นอกจากนี้ยังมีการใช้ไขมันจากแหล่งอื่น ๆ หลายประเทศส่วนใหญ่ใช้ไขมันที่ได้จากไขมันนมแต่มีบางประเทศ เช่น สหราชอาณาจักร และฟินแลนด์ อนุญาตให้ใช้ไขมันจากพืชในไอศกรีมได้ ส่วนในเอเชียยอมให้ใช้ไขมันพืชในไอศกรีมได้ เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิต เนื่องจาก ในแถบประเทศที่ไม่มีการเลี้ยงโคนม นั้น ไขมันจากนมจะมีราคาแพง โดยไขมันพืชที่นิยมใช้ได้แก่ น้ำมันมะพร้าว น้ำมันปาล์ม และน้ำมันเมล็ดปาล์ม เป็นต้น (Olsen, 1993)

2) ธาตุน้ำนมไม่รวมไขมัน (Milk Solid Non Fat: MSNF) ส่วนมากใช้ในรูปของนมผงขาดมันเนย (skimmilk power) ในปริมาณร้อยละ 8-15 มีคุณค่าทางอาหารสูงประกอบด้วยส่วนประกอบ 3 ส่วนหลัก คือ โปรตีน (เคซีนและโปรตีนเวย์) ร้อยละ 37 แลคโตสร้อยละ 55 และเกลือแร่ร้อยละ 8 โปรตีนช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อเรียบเนียน ช่วยป้องกันไม่ให้โครงสร้างอ่อน เนื้อสัมผัสหยาบ ทำให้รูปร่างและเนื้อสัมผัสของไอศกรีมดีขึ้น ส่วนแลคโตสช่วยเพิ่มรสหวานให้ไอศกรีมเล็กน้อย เกลือแร่ช่วยเพิ่มรสเค็ม ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยยังให้คุณค่าทางอาหารสูง ให้กลิ่นรสที่แรงแก่ไอศกรีม ช่วยเพิ่มความข้นหนืด ควบคุมร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีม ควบคุมขนาดเกล็ดน้ำแข็งในระหว่างการแช่แข็ง ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมและช่วยให้ไอศกรีมละลายช้าลงแต่มีจุดเยือกแข็งสูงขึ้น ปริมาณธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยแปรผันตรงข้ามกับปริมาณไขมันเพื่อรักษาสมดุลของส่วนผสมและได้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสดี มีคุณภาพในการเก็บรักษาที่ดี การเติมธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีรสเค็ม มีกลิ่นไหม้ และเสี่ยงต่อการเกิดผลึกแลคโตสในระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งมีผลทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสหยาบคล้ายทราย (Marshall and Arbuckle, 1996)

3) สารให้ความหวาน (sweeteners) ที่นำมาใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุคโตส น้ำผึ้ง และคอร์นไซรัป จุดประสงค์ของสารให้ความหวานที่นำมาใช้ในไอศกรีมนั้น เพื่อให้ความหวานแก่ผลิตภัณฑ์และให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดแก่ส่วนผสมเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สารให้ความหวานยังช่วยเพิ่มความหนืด ปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้ดีขึ้น ลดจุดเยือกแข็งของส่วนผสมไอศกรีม ไอศกรีมจึงไม่แข็งตัวเมื่อเก็บในตู้เย็นธรรมดาที่มีอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส น้ำหนักโมเลกุลของสารให้ความหวานที่มีผลต่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีมเป็นอย่างมาก สารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลงได้มากกว่าสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ดังนั้นการเลือกใช้สารให้ความหวานต่างชนิดกันในไอศกรีม อาจทำให้ไอศกรีมที่ได้มีคุณลักษณะต่างกัน โดยปกตินิยมใช้น้ำตาลซูโครสร่วมกับกลูโคสไซรัปในการผลิตไอศกรีม เนื่องจากน้ำตาลซูโครสนั้นเป็นน้ำตาลที่ละลายน้ำได้ดี หาง่าย มีความหวานสูง และมีผลต่อการลดลงของจุด

เยือกแข็งของไอศกรีมเป็นอย่างมากส่งผลให้ไอศกรีมมีจุดเยือกแข็งค่อนข้างต่ำ แต่มีราคาสูง จึงนิยมใช้ร่วมกับกลูโคสไซรัปด้วยเพื่อช่วยลดต้นทุนในการผลิต แต่ในประเทศไทยน้ำตาลซูโครสจะมีราคาถูกกว่ากลูโคสไซรัป สำหรับกลูโคสไซรัปนั้นจะช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรโดยไม่เพิ่มความหวาน ปรับปรุงให้เนื้อสัมผัสดีขึ้น ช่วยปรับปรุงลักษณะการแข็งตัว ช่วยให้ไอศกรีมมีการหลอมละลายที่ดีทำให้ไอศกรีมไม่ละลายเร็วเกินไป และการใช้กลูโคสไซรัปแทนที่น้ำตาลซูโครสนั้น มักใช้น้ำตาลซูโครสร้อยละ 70-75 ร่วมกับกลูโคสไซรัปร้อยละ 25-30 (Marshall and Arbuckle, 1996)

บทบาทของสารให้ความหวาน

1. ให้ความหวาน

2. เป็นแหล่งของแข็งในไอศกรีม โดยปกติไอศกรีมจะมีสารให้ความหวานผสมอยู่ในปริมาณประมาณร้อยละ 13 - 30 ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นสารให้ความหวานจึงเป็นส่วนสำคัญที่เนื้อสัมผัสของไอศกรีม หากต้องการให้ไอศกรีมมีของแข็งทั้งหมดมีปริมาณสูง สารให้ความหวานก็เป็นทางเลือกของวัตถุดิบที่มีราคาถูกกว่าการเลือกเติมไขมันหรือ NMS

3. ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม เนื่องจากสารให้ความหวานเป็นของแข็งที่ละลายได้ จึงมีบทบาทที่สำคัญในการลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม เมื่อจุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลง ไอศกรีมก็จะมีลักษณะที่นิ่มขึ้น แต่ถ้าต่ำเกินไปไอศกรีมก็จะเหลว

ทั้งนี้ สารให้ความหวานหรือน้ำตาลชนิดต่างๆ จะให้ความหวานในไอศกรีมในระดับที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดว่าเป็น mono- หรือ di- หรือ poly-saccharides และขึ้นอยู่กับความยาวหรือน้ำหนักโมเลกุลด้วย เมื่อปริมาณของสารให้ความหวานเพิ่มขึ้น ความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม และความแน่นเนื้อของไอศกรีมก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ในไอศกรีมนมปกติเมื่อเติมสารให้ความหวานตั้งแต่ร้อยละ 16 ขึ้นไป เราจะพบปัญหาของไอศกรีมที่จะนิ่มเหลวเกินไป มีเนื้อแน่นเกินไป และมีลักษณะเหนียวหนืด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารให้ความหวานที่เลือกใช้ด้วย

4) สารให้ความคงตัว (stabilizer) สารให้ความคงตัวที่นิยมใช้ในไอศกรีมเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ส่วนมากเป็นโพลีแซคคาไรด์แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ สารให้ความคงตัวประเภทเจลาตินซึ่งได้จากหนังหรือกระดูกของสัตว์ สารให้ความคงตัวที่ผลิตจากพืช เช่น คาราจีแนน (carragenan) วุ้น (agar) โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (sodium carboxy methylcellulose : CMC) และเพคติน (pectin) ส่วนประเภทสุดท้ายคือ สารให้ความคงตัวประเภทกัม (gum) เช่น กวักัม (guar gum) แซนแทนกัม (xanthan gum) อะราบิกกัม (gum Arabic) และโลคัสบีนกัม (locust bean gum) (Marshall and Arbuckle, 1996) สารให้ความคงตัวทุกชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญที่ใส่ในไอศกรีมเพื่อปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์เป็นวัตถุดิบหลักโดยทำให้เกิดเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและยังช่วยจำกัดความเย็นเมื่อบริโภคไอศกรีมในปากสารให้ความคงตัวช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในไอศกรีม โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายใต้สภาวะการเก็บที่อุณหภูมิไม่คงที่ การผลิตไอศกรีมโดยปกติแล้วใช้สารให้ความคงตัวในปริมาณน้อยจึงมีผลต่อ

คุณค่าทางอาหารและกลิ่นรสเล็กน้อย สารให้ความคงตัวทุกชนิดมีสมบัติในการอุ้มน้ำสูง ซึ่งมีผลทำให้เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ใหรูปร่างต่อไอศกรีม และช่วยให้ไอศกรีมละลายช้าลง แต่ไม่มีผลต่อจุดเยือกแข็ง นอกจากนี้สารให้ความคงตัวยังทำให้ร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมลดลง การใช้สารให้ความคงตัวมากเกินไปทำให้ได้ไอศกรีมมีสมบัติการละลายไม่ดี ไอศกรีมเหนียวและ มีเนื้อหยาบ และหลอมละลายยาก ปริมาณและชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้ขึ้นกับองค์ประกอบหรือชนิดของส่วนผสมไอศกรีม เวลาในการแปรรูป ความดัน อุณหภูมิ ระยะเวลาในการเก็บรักษา และอาจมีปัจจัยอื่นร่วมด้วย (Marshall and Arbuckle, 1996)

5) อิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เป็นสารที่มีคุณสมบัติในการลดแรงตึงผิว อิมัลซิไฟเออร์ช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน มีโครงสร้างแน่นขึ้น ทำให้เซลล์อากาศมีขนาดเล็กและกระจายตัวสม่ำเสมอในโครงสร้างไอศกรีมและลดระยะเวลาการปั่นเป็นไอศกรีม นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมไขมันต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กลงอีกด้วย ไอศกรีมที่ได้มีลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี (Baer et al., 1997; Daves et al., 2000) หากใช้อิมัลซิไฟเออร์มากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีการละลายช้าลง รูปร่างและเนื้อสัมผัสไม่ดี (Marshall and Arbuckle, 1996)

6) น้ำและอากาศ มีผลต่อการควบคุมคุณภาพและปริมาณของผลิตภัณฑ์ โดยน้ำในไอศกรีมอยู่ในสถานะของเหลวและของแข็ง การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาทำให้ผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่ขึ้น หากผลิตภัณฑ์มีขนาดใหญ่กว่า 40-50 ไมครอน จะส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อหยาบและเป็นเกล็ดน้ำแข็ง (Donhowe et al., 1991; Velez-Ruiz and Barbosa Canovas, 1997) ระหว่างการปั่นไอศกรีมมีการอัดอากาศเข้าไปในส่วนผสมประมาณร้อยละ 50 กระจายอยู่ในส่วนของอิมัลชัน โดยเซลล์อากาศมีขนาดเล็กประมาณ 50 ไมครอน และมักพบร่างแหของเม็ดไขมันที่บริเวณระหว่างน้ำและอากาศ (Andreasen and Nielsen, 1992; Marshall and Arbuckle, 1996)

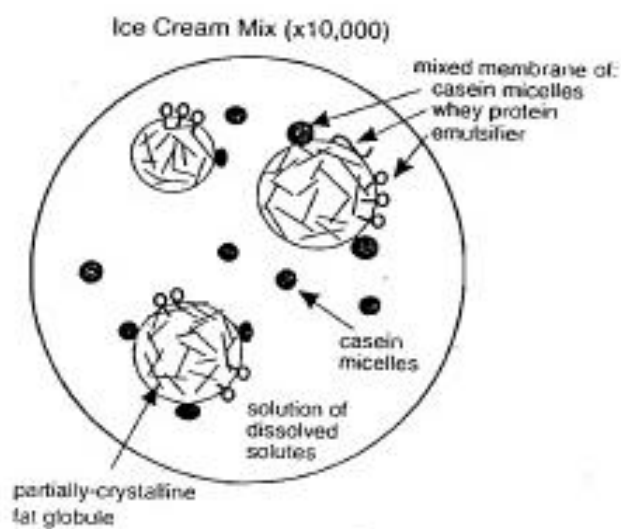
7) สารให้กลิ่นรส (flavor) สารให้กลิ่นรสมีความสำคัญต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมของผู้บริโภค กลิ่นรสที่แพร่หลายและนิยมกันมากได้แก่ กลิ่นวานิลลา ช็อกโกแลต สตรอเบอร์รี่ กาแฟ เป็นต้น โดยกลิ่นวานิลลาเป็นกลิ่นรสที่นิยมใช้ที่สุดในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (Li et al., 1997; Marshall et al., 2003)

2.3 โครงสร้างของส่วนผสมไอศกรีมและไอศกรีม

โครงสร้างของไอศกรีมมีผลต่อลักษณะเนื้อซึ่งเป็นคุณภาพที่สำคัญอย่างหนึ่งของไอศกรีม โครงสร้างที่เหมาะสมของไอศกรีมจะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพทางลักษณะเนื้อที่ดี

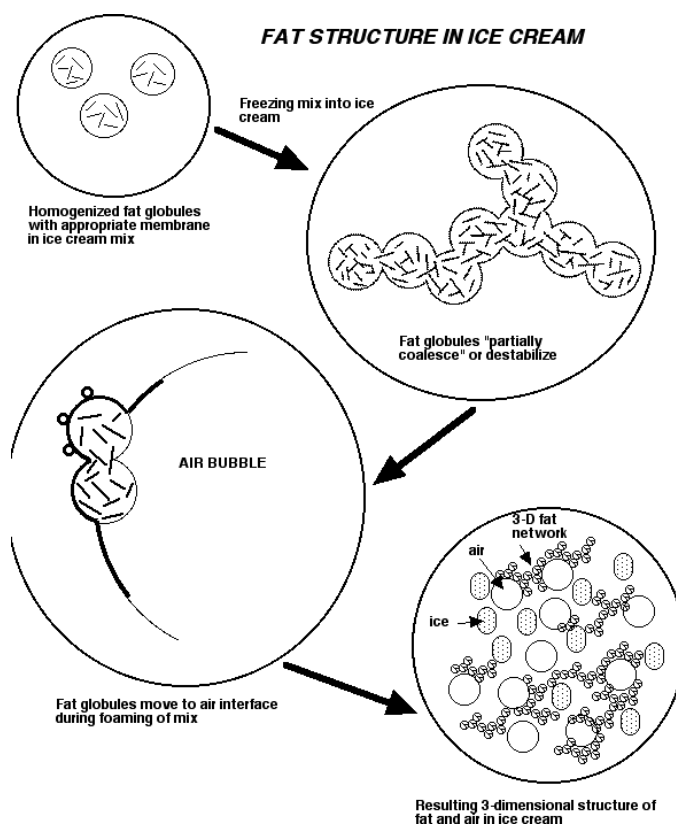
1) โครงสร้างของส่วนผสมไอศกรีม ซึ่งเป็นอิมัลชันแบบน้ำมันในน้ำ (o/w emulsion) ที่ประกอบด้วยเม็ดไขมันที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอนเมตร กระจายอยู่ในเฟสต่อเนื่องของซีรัม เม็ดไขมันเหล่านี้จะล้อมรอบด้วยโปรตีน (ทั้งเคซีนและเวย์โปรตีน) และอิมัลซิไฟเออร์เป็นชั้นบางๆ สำหรับในเม็ดไขมันจะมีไขมันบางส่วนตกผลึก ดังแสดงในภาพที่ 1 ส่วนเฟสต่อเนื่องของซีรัมประกอบด้วย

เคซีนไมเซลล์ที่แขวนลอยอยู่ในสารละลายของน้ำตาล เวย์โปรตีน เกลือแร่ และสารให้ความคงตัว (Marshall *et al.*, 2003) โครงสร้างของมิกซ์มีความสำคัญต่อโครงสร้างของการผลิตไอศกรีม



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างจุลภาคของส่วนผสมไอศกรีม

ที่มา : Marshall *et al.* (2003)



ภาพที่ 2.2 การพัฒนาโครงสร้างของไอศกรีมในขั้นตอนการผลิต

ที่มา : Goff (2000)

2) โครงสร้างของไอศกรีม มีผลต่อลักษณะเนื้อของไอศกรีมซึ่งขึ้นกับขนาดของผลึกน้ำแข็ง ปริมาณและการกระจายตัวของเม็ดไขมัน และสัดส่วนและขนาดของฟองอากาศ โครงสร้างของไอศกรีมเป็นคอลลอยด์ของอาหารที่ซับซ้อน ซึ่งประกอบด้วยผลึกน้ำแข็งปกติมีขนาดอยู่ในช่วงเท่ากับ 20-50 ไมโครเมตร การเกิดผลึกน้ำแข็งและรักษาผลึกน้ำแข็งให้มี ขนาดเล็กมีความสำคัญต่อลักษณะเนื้อของไอศกรีม ขนาดของผลึกน้ำแข็งขึ้นกับอัตราเร็วของความเย็นที่ใช้ในระหว่างการปั่นเยือกแข็ง การทำให้เยือกแข็งอย่างรวดเร็วทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กตามที่ต้องการ อุณหภูมิที่ใช้ในการเก็บรักษาต้องรักษาให้คงที่มีฉะนั้นจะทำให้เกิดปัญหาการตกผลึกใหม่ของน้ำที่ละลายจากผลึกที่มีขนาดเล็กมาตกผลึกใหม่บนผลึกน้ำแข็งที่ยังคงเหลืออยู่ (recrystallization) ซึ่งจะส่งผลให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดโตกว่า 50 ไมโครเมตร ทำให้เกิดความรู้สึกเนื้อหยาบเมื่อไอศกรีมอยู่ในปากระหว่างบริโภค และยังมีฟองอากาศขนาดเล็กซึ่งปกติจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20-50 ไมโครเมตร (Marshall *et al.*, 2003) ปริมาณของฟองอากาศมีประมาณร้อยละ 50 ของปริมาตรทั้งหมด ทำให้ไอศกรีมขึ้นฟูมีลักษณะเนื้อไม่แน่นแข็งสำหรับเม็ดไขมันจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 ไมโครเมตร และไขมันบางส่วนภายในเม็ดไขมันเกิดการตกผลึกจะสูญเสียความคงตัวในระหว่างการปั่นเยือกแข็ง ทำให้เม็ดไขมันเกิดการรวมกลุ่มเกิดเป็นตาข่ายล้อมรอบฟองอากาศ กลุ่มของเม็ดไขมันที่ล้อมรอบฟองอากาศนี้ทำให้เกิดร่างแหที่ต่อเนื่องอยู่ในเฟสของซีรัมในไอศกรีม การที่เม็ดไขมันเหล่านี้มาล้อมรอบแอร์เซลล์ทำให้ช่วยรักษาความคงตัวของฟองอากาศในไอศกรีม กลุ่มของเม็ดไขมันยังทำให้ลักษณะเนื้อเปลี่ยนไป แต่มีลักษณะแข็งเป็นที่ต้องการสำหรับผู้บริโภค เพราะถ้าไอศกรีมไม่แข็งพอ ไอศกรีมจะเหนียวติดอุปกรณ์และเครื่องมือซึ่งทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนการบรรจุไอศกรีมและการตัดไอศกรีม

2.4 สารทดแทนไขมัน (Fat replacer)

สารทดแทนไขมันที่ผลิตเป็นการค้าสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังต่อไปนี้

1) สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากไขมันที่ผลิตเป็นการค้ามีหลายชนิดได้แก่ structured lipids พอลิเอสเทอร์ของกรดไขมันและคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น

- structured lipids ได้จากการรวมเอากรดไขมันที่มีโมเลกุลต่ำหรือมีสายโซ่ของคาร์บอนสั้น เช่น กรดบิวทริก โพรพิโอนิก จะให้พลังงานน้อยกว่า 9 กิโลแคลอรีต่อกรัมและกรดไขมันที่มีสายโซ่ของคาร์บอนยาว เช่น กรดสเตียริกที่ร่างกายไม่สามารถย่อยสลายได้อย่างสมบูรณ์ (ให้พลังงานน้อยกว่า 9 กิโลแคลอรีต่อกรัม) สารทดแทนไขมันที่สำคัญในกลุ่มนี้คือ ซาลาทริม (Salatrim) สามารถใช้ในไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ

- สารพอลิเอสเทอร์ของกรดไขมันและคาร์โบไฮเดรตถูกสังเคราะห์ขึ้นมาเนื่องจากมีคุณสมบัติเหมือนไขมันแต่ไม่ถูกย่อยด้วยเอนไซม์ในร่างกายจึงมีการนำมาใช้เป็นสารทดแทนไขมัน สารที่สำคัญในกลุ่มนี้ที่ผลิตเป็นการค้า คือ โอลีสตรา (Olestra) ซึ่งเป็นพอลิเอสเทอร์ของซูโครสและกรดไขมัน โมเลกุลของโอลีสตราประกอบด้วยกรดไขมัน 8 - 10 โมเลกุล เอสเทอร์ไรฟ์กับน้ำตาลซูโครส

ที่หมู่ไฮดรอกซีจำนวน 8 - 10 หมู่ คุณสมบัติของโอเลสทราจะขึ้นกับความยาวของโซ่คาร์บอนและระดับความไม่อิ่มตัวของกรดไขมันซึ่งจะมีคุณสมบัติคล้ายกับไตรกลีเซอไรด์หรือไขมันและน้ำมันสามารถใช้โอเลสทราในการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำได้

2) สารทดแทนไขมันที่ผลิตจากโปรตีน (มักจะใช้เวย์โปรตีน) ในกระบวนการผลิตสารทดแทนประเภทนี้โปรตีนที่ใช้ผลิตจะได้รับความร้อนภายใต้แรงเฉือนทำให้โปรตีนเกิดการรวมกลุ่มเป็นอนุภาคเล็ก ๆ มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.7 - 2.0 ไมโครเมตร ขนาดของอนุภาคมีความสำคัญมากในการทำให้เกิดความรู้สึกเหมือนเป็นไขมันภายในปาก เนื่องจากอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่า 0.1 ไมโครเมตร จะไม่เกิดความรู้สึกภายในปากในขณะที่อนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า 3.0 ไมโครเมตร จะทำให้เกิดความรู้สึกของเนื้อสัมผัสที่หยาบภายในปาก อนุภาคของโปรตีนที่ได้สามารถรวมตัวกับน้ำและกระจายได้ดีในน้ำ สารทดแทนไขมันซึ่งผลิตจากโปรตีนที่ผลิตเป็นการค้า คือ ซิมเพลสส์ (simplesse) ในปัจจุบันที่สถาบัน GRAS (Generally Recognized as Safe) อนุญาตให้ใช้ได้ ในผลิตภัณฑ์ของหวานแช่แข็ง มายองเนส มาร์การีน โยเกิร์ต เนยแข็ง ครีมเปรี้ยว ซิมเพลสส์สามารถทดแทนไขมันได้ร้อยละ 30 (โยเกิร์ต) และ ร้อยละ 80 (มาร์การีน)

3) สารทดแทนไขมันผลิตจากคาร์โบไฮเดรต เช่น แป้งดัดแปร กัม (ได้แก่ เพกติน กวักกัม คาราจีแนน กัมทราจาแคนซ์ แซนแทนกัม เป็นต้น) มอลโตเดกซ์ตริน (maltodextrin) และผลิตภัณฑ์จากเซลลูโลส ที่ใช้เป็นสารให้ความคงตัว (stabilizer) และสารเพิ่มความข้นหนืด (thickener) เนื่องจากคุณลักษณะทางธรรมชาติของสารเหล่านี้สามารถรวมตัวกับน้ำและทำให้เกิดลักษณะเนื้อที่เนียนเนียนและข้นหนืดจึงถูกนำมาใช้ทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ที่ต้องการลดปริมาณของไขมันลงจึงเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์จำพวกน้ำสลัด มายองเนส ของหวานแช่แข็ง แซนวิชสเปรด พบว่าส่วนมากการใช้สารทดแทนไขมันที่มาจากคาร์โบไฮเดรตจะไม่สามารถใช้ทดแทนไขมันได้มากกว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณไขมันโดยที่คุณภาพผลิตภัณฑ์ยังคงเดิมตัวอย่างสารทดแทนไขมันที่มาจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งใช้กันในปัจจุบัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวอย่างสารทดแทนไขมันที่มาจากคาร์โบไฮเดรตซึ่งใช้กันในปัจจุบัน

ชื่อทางการค้า	ชนิดสารทดแทนไขมัน	ปริมาณของแห้ง ร้อยละ	ค่าพลังงาน (กิโลจูล/กรัม)
N-Oil	เด็กซ์ตริน	25	4
Tapioca	เด็กซ์ตริน	33	5
NutriFat C	ส่วนผสมเด็กซ์ตริน	25	4
Paselli SA2	แป้งดัดแปลงคุณภาพด้วยเอนไซม์	25	4
Maltrin 040	มอลโตเด็กซ์ตริน	25	4
Glucidex	มอลโตเด็กซ์ตริน	25	4
Snowflakes	มอลโตเด็กซ์ตริน	25	4
Sta-Slim	มอลโตเด็กซ์ตริน	25	4
Polydextrose	D-glucose Polymer	100	4

ที่มา : Pszczola (1991)

2.4.1) มอลโตเด็กซ์ตริน (Maltodextrin) คือ ผลิตภัณฑ์แป้งดัดแปรชนิดที่ได้จากการไฮโดรไลซ์แป้งด้วยกรดหรือเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส มีค่า Dextrose Equivalent (D.E.) ต่ำกว่า 20 (Reichelt, 1983) ค่า D.E. คือ ค่าที่แสดงถึงปริมาณของน้ำตาลรีดิวซิงส์ (Reducing Sugar) และจะติดอยู่ในรูปของเด็กโตรส (Dextrose) ภายใต้สภาวะที่ถูกกำหนดไว้อย่างแน่นอนและคำนวณออกมาเป็นเปอร์เซ็นต์ของแข็งทั้งหมด ค่าที่เกือบจะไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณของเด็กโตรสที่แท้จริงในผลิตภัณฑ์และจะมีความสัมพันธ์กับน้ำตาลรีดิวซิงส์ทั้งหมดในสารละลาย Fehling's (Maiden, 1970) มอลโตเด็กซ์ตรินเป็นสารทดแทนไขมันชนิดที่จัดอยู่ในพวกคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีสูตรโมเลกุลคือ $(C_6H_{10}O_5)_n$ ซึ่งประกอบด้วยอะมิโลสและอะมิโลเพกตินที่ผ่านการย่อยสลายด้วยกรดหรือเอนไซม์ และมีค่า Degree of Polymerization (DP) ตั้งแต่ 1 - 10 ปกติมอลโตเด็กซ์ตรินจะมีขนาดอยู่ในช่วงระหว่าง Oligomolecule ถึง Macromolecule ในระยะแรกนั้นมอลโตเด็กซ์ตรินจะผลิตในรูปของเหลวที่มีลักษณะคล้ายน้ำเชื่อมและไม่มีรสหวานต่อมาได้มีการพัฒนารูปแบบการผลิต โดยนำมอลโตเด็กซ์ตรินชนิดเหลวที่ได้มาทำให้แห้งด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น การอบแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) (อรพิน และประเสริฐ, 2535) การอบแห้งแบบลูกกลิ้งทรงกระบอกแบบคู่ (Double drum dryer) การอบแห้งแบบเอ็กสทรูชัน (Extrusion) (Bradrie and Mellows, 1992) และการอบแห้งแบบระเหิด (Freeze drying) จะใช้มอลโตเด็กซ์ตรินที่เป็นผงหรือเกล็ด อย่างไรก็ตามมีโรงงานแปรรูปอาหารอีกเป็นจำนวนมากที่นิยมใช้มอลโตเด็กซ์ตรินในลักษณะที่เป็นของเหลวทั้งนี้เพราะ มอลโตเด็กซ์ตรินชนิดเหลวนี้นี้จะช่วยลดข้อจำกัดเกี่ยวกับการกระจายตัวของมอลโตเด็กซ์ตริน แต่มอลโตเด็กซ์ตรินชนิดเหลวก็มีข้อจำกัด คือ ไม่สามารถเก็บรักษามอลโตเด็กซ์ตรินค่า D.E. ต่ำที่ระดับความ

เข้มข้นสูง (ปริมาณของแข็งร้อยละ 70) เป็นเวลานาน (Armbruster, 1974) Pszczola (1991) กล่าวว่า ได้มีรายงานที่กล่าวถึงชนิดของมอลโตเด็กซ์ทรินที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมัน ซึ่งเป็นมอลโตเด็กซ์ทรินที่ผลิตจากแป้งข้าวเจ้าโดยใช้เอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ซึ่งมีการนำมอลโตเด็กซ์ทรินชนิดนี้ไปใช้ในการประกอบอาหารหลายชนิด เช่น ไอศกรีม น้ำสลัด ไส้กรอก ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เป็นต้น

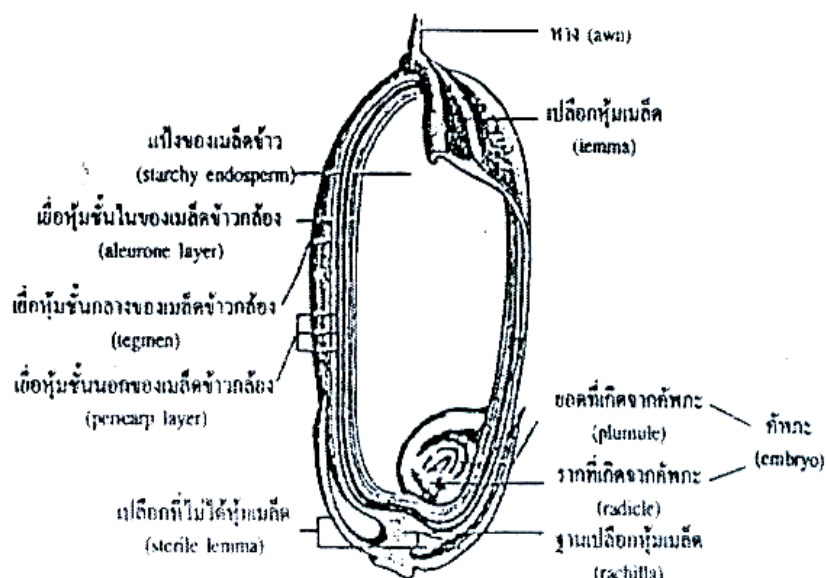
2.4.2) วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมอลโตเด็กซ์ทริน

Whistler *et al.* (1990) กล่าวว่า มอลโตเด็กซ์ทรินเป็นแซคคาไรด์ที่ได้จากการย่อยแป้ง โดยอาจใช้กรดหรือเอนไซม์ ดังนั้นวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตที่สำคัญก็คือ แป้ง (starch) เช่น แป้งข้าวเจ้า แป้งมันสำปะหลัง แป้งข้าวโพด แป้งสาลี แป้งข้าวฟ่าง แป้งมันฝรั่ง แป้งข้าวโอ๊ต เป็นต้น นิติยาภรณ์ (2535) รายงานว่า แป้งที่ผลิตในอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ทั้งในและต่างประเทศจะผลิตจากแป้งมันสำปะหลัง ข้าวสาลี ข้าวโพด มันฝรั่ง โดยมีปริมาณการผลิตเป็นจำนวนมาก แป้งประเภทที่ผลิตในประเทศไทย คือ แป้งมันสำปะหลัง โดยผลิตจากวัตถุดิบที่ปลูกขึ้นเอง ส่วนแป้งชนิดอื่น ๆ เราจะนำเข้าจากต่างประเทศ

ศิริภา (2549) ศึกษาการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำเสริมไฟเบอร์จากเนื้อลูกสำรอง โดยใช้มอลโตเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมัน โดยแบ่งการใช้ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินออกเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 10.0, 7.5, 5.0 และ 2.5 ตามลำดับ พบว่าเมื่อลดไขมันและเพิ่มมอลโตเด็กซ์ทรินขึ้นส่วนผสมไอศกรีมจะมีความหนืดเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าโอเวอร์รัน และอัตราการละลายลดลงด้วยและที่ระดับไขมันร้อยละ 2.5 ได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสมากที่สุด

2.5 ข้าวกล้อง

เมล็ดข้าว หมายถึง ส่วนที่เป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) และในส่วนที่เป็นคัพพะ ซึ่งห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เรอบริโภค คัพพะเป็นส่วนที่มีชีวิตและงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะ (นิรนาม ก, 2550)



ภาพที่ 2.3 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร (2540)

1) คุณค่าทางโภชนาการของข้าว

ข้าวเป็นแหล่งสำคัญของพลังงาน โปรตีน เหล็ก แคลเซียม ไทอะมิน ไรโบฟลาวิน และไนอะซิน เมล็ดข้าวจัดเป็นอาหารประเภทแป้ง เนื่องจากมีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก คือปริมาณร้อยละ 85 คาร์โบไฮเดรตที่มีส่วนใหญ่เป็นสตาร์ช มีในข้าวขัดขาวมากกว่าข้าวกล้อง ข้าวเป็นธัญชาติที่มีโปรตีนต่ำคือ ร้อยละ 7 ข้าวกล้องมีโปรตีนสูงกว่าข้าวสารเล็กน้อย เนื่องจากโปรตีนมีอยู่หนาแน่นบริเวณผิวนอกเมล็ด โปรตีนข้าวมีคุณภาพดีกว่าธัญชาติชนิดอื่น เพราะมีไลซีนสูง โปรตีนในข้าวมีกรดอะมิโนจำเป็น คือ ไลซีน และทรีโอนีน มีค่า Protein Efficiency Ratio (PER) ประมาณ 2.0 มีค่าการย่อยโปรตีนประมาณร้อยละ 98 (ภัทรานี, 2544)

ข้าวขาว คือ ข้าวกล้องที่ผ่านการขัดผิวให้ขาวขึ้นด้วยเครื่องขัดผิว ทำให้แร่ธาตุและโปรตีนในชั้นของอะลูโลนหรือรำถูกขัดออกไปด้วย

ข้าวกล้อง (brown rice) หมายถึง ข้าวที่ได้จากการสีข้าวเปลือกออกเท่านั้นหรือ ข้าวกล้อง คือ ข้าวที่สีเอาเปลือกออกโดยยังมีจมูกข้าวและเยื่อหุ้มเมล็ดข้าวซึ่งส่วนนี้มีคุณค่าทางอาหารและเป็นประโยชน์ต่อร่างกาย ข้าวหอมมะลิ คือ ข้าวที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ประเทศไทย เมล็ดข้าวมีลักษณะจำเพาะแตกต่างจากข้าวพันธุ์อื่นๆ เช่น มีกลิ่นหอมและมีเมล็ดข้าวสารสุกนุ่ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับว่าเป็นข้าวใหม่หรือข้าวเก่ามานาน้อยเพียงใด เมื่อแปรรูปข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง หรือข้าวขาวแล้วเมล็ดข้าวสารมีลักษณะยาวเรียวยาว มีปริมาณอะไมโลสร้อยละ 12 - 19 โดยน้ำหนัก และมีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ ซึ่งมีค่าการสลายเมล็ดในต่างประเทศ 6-7 ข้าวหอมมะลิที่ผลิตในประเทศไทย ซึ่งมีกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรองรับ เช่น พันธุ์ข้าวขาวหอมมะลิ 105 กข 15 ข้าวเจ้าหอมคลองหลวง 1 และปทุมธานี 1 เป็นต้น (ศรีสมร, 2543)

ข้าวกล้องมีวิตามิน เกือบแร่ และเส้นใยอาหารสูงกว่าข้าวขาว วิตามินส่วนใหญ่อยู่ในชั้นแกลูโรนแลคัพพะ ข้าวมีไขมันต่ำและคอเลสเตอรอลไม่มี ข้าวกล้องให้พลังงานมากกว่าข้าวขาว เพราะไขมันมากกว่า ซึ่งอยู่ในส่วนของรำ ข้าวกล้องมีโทอะมิน และไขมันสูงกว่าข้าวขาว ประมาณ 5 เท่า ในขณะที่ปริมาณเส้นใย ไนอะซิน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก โซเดียม และไรโบฟลาวิน สูงกว่าประมาณ 2 - 3 เท่า (Juliano, 1972 ; Grist, 1975)

2) ส่วนประกอบของข้าวกล้อง

1. เยื่อหุ้มผล (pericarp หรือ fruit coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือชั้นในชั้นกลาง และชั้นนอก มีลักษณะเป็นเส้นใย พังเซลล์ประกอบด้วยเซลลูโลสและแร่ธาตุต่างๆ
2. เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) อยู่ถัดจากเยื่อหุ้มผลที่เรียกว่า รำ ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 2 ชั้นเรียงกันเป็นแถว เป็นส่วนที่เก็บไขมัน (fatty material)
3. เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด (aleurone) อยู่ต่อจากเยื่อหุ้มเมล็ด เป็นรำที่ห่อหุ้มส่วนแบ่งและ จมูกข้าว เป็นแหล่งรวมสารโปรตีน นอกจากนี้ยังมีไขมันและแร่ธาตุในส่วนต่างๆ ด้วยกัน
4. เนื้อแป้ง (starchy endosperm) อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดข้าว ประกอบด้วยแป้งที่ให้สารคาร์โบไฮเดรตและสารโปรตีนอยู่บ้าง
5. จมูกข้าว (embryo) อยู่ติดกับส่วนที่เป็นแป้ง หรือเรียกอีกชื่อว่า คัพพะ ซึ่งจะเจริญต่อไปเป็นต้นอ่อน อยู่ตอนล่าง ประกอบด้วยต้นอ่อน รากอ่อน อุดมไปด้วยสารโปรตีน ไขมัน วิตามิน และแร่ธาตุ

สีของข้าวกล้อง เป็นสีที่บริเวณเยื่อหุ้มผล ข้าวกล้องมีสีต่างๆ กัน ตั้งแต่สีขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทาและม่วงถึงดำ แต่ส่วนของเอนโดสเปิร์มของข้าวทุกชนิดจะมีสีขาวเสมอ ถึงแม้ข้าวกล้องจะมีสีต่างกันก็ตาม สีของข้าวกล้องถูกควบคุมโดยยีนส์ (gene) หลายคู่ ซึ่งแสดงออกในลักษณะต่างๆ กัน สีของข้าวกล้องมีความสำคัญมากในทางเศรษฐกิจ ดังจะเห็นได้จากข้าวที่มีมาตรฐานสูงๆ ราคาแพงๆ ที่ส่งขายต่างประเทศ จะไม่ยอมให้มีข้าวเมล็ดแดงปนอยู่เลย เป็นต้น ข้าวกล้องที่มีสีแดงหรือสีดำ เป็นข้าวชนิดพิเศษที่นิยมบริโภคเป็นอาหารสุขภาพหรือทำขนม แต่หากปะปนกับข้าวขาวและขัดสีรำไม่หมด จะเป็นข้าวเมล็ดแดงหรือข้าวเส้นแดง ทำให้เกรดของข้าวที่มีข้าวเมล็ดแดงปนอยู่ต่ำลง (วีระศักดิ์, 2543)

คุณค่าของข้าวกล้อง ข้าวกล้องให้สารคาร์โบไฮเดรตในรูปเชิงซ้อน ระบบการย่อยจะค่อยๆ ย่อยจนเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และเปลี่ยนเป็นพลังงานส่งไปให้เซลล์ต่างๆ ในร่างกายอย่างช้าๆ ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดไม่สูง จึงช่วยป้องกันโรคเบาหวานได้ (ศรีสมร, 2543)

โปรตีนในเมล็ดข้าวสามารถแยกตามคุณสมบัติการละลายออกเป็น 4 ชนิดคือ อัลบูมิน (albumin) มีคุณสมบัติในการละลายน้ำ โกลบูมิน (globulin) มีคุณสมบัติละลายในน้ำเกลือ โปรลามิน (prolamin) มีคุณสมบัติละลายในแอลกอฮอล์ กลูเตลิน (glutelin) มีคุณสมบัติละลายในต่าง

ในเมล็ดข้าวกล้องมีปริมาณกลูเตลินในอัตราส่วนที่สูงกว่าโปรตีนชนิดอื่นและในส่วนของกลูเตลินชนิดนี้ประกอบด้วยไนโตรเจนอยู่ร้อยละ 16.8 ข้าวกล้องแม้จะมีโปรตีนน้อยกว่าธัญพืชอื่น แต่โปรตีนที่มีอยู่ก็มีคุณค่าทางชีวภาพ และประโยชน์ที่สูงกว่ากล่าวคือ โปรตีนในข้าวมีปริมาณไลซีนสูงกว่าธัญพืชอื่น และสามารถย่อยได้สมบูรณ์อีกด้วย การที่โปรตีนของข้าวย่อยได้ดีกว่าอาจเนื่องจากข้าวมีเส้นใยและแทนนินต่ำ

ไขมันของข้าวกล้องมีปริมาณร้อยละ 1.6 – 2.8 และในส่วนของไขมันนี้ประมาณร้อยละ 80 ของรำข้าว ไขมันจากทุกส่วนของเมล็ดจะมีองค์ประกอบคล้ายคลึงกัน ไม่ว่าจะเป็นสกัดจากข้าวเหนียวหรือข้าวเจ้า ไขมันส่วนใหญ่เป็นกรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดพาลมิติก ใน ไขมันดิบของข้าวมีสาร antioxidant อยู่คือ โอรีซานอล และโทโคฟีรอล หรือวิตามินอี สารนี้จะช่วยระงับการเกิดปฏิกิริยาการเติมออกซิเจน ทำให้น้ำมันที่สกัดได้คงอยู่หรืออยู่ได้นานโดยไม่หืน นอกจากนี้ทั้งโอรีซานอลและโทโคฟีรอลยังช่วยเร่งการเจริญเติบโต การไหลเวียนของโลหิตและการหลั่งฮอร์โมนของร่างกาย (วีระศักดิ์, 2543)

ข้าวกล้องมีเส้นใยอาหารที่เป็นประโยชน์มาก เมื่อทานเข้าไปแล้วจะทำให้รู้สึกอิ่มนาน ทั้งยังช่วยระบบการทำงานของลำไส้ให้บีบตัวได้ดี ทำให้ขับถ่ายดี ไม่มีปัญหาเรื่องท้องผูก ลดอาการเป็นโรคริดสีดวงทวาร เส้นใยอาหารยังช่วยลดการเกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ได้ เนื่องจากช่วยดูดซับสารพิษที่เป็นตัวก่อให้เกิดมะเร็งให้ออกมากับอุจจาระได้อย่างรวดเร็ว สารพิษจึงมีโอกาสดังกล่าวได้น้อยลง นอกจากนี้ เส้นใยอาหารยังลดการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจเพราะช่วยดูดซับและลดไขมันในเลือดลดระดับอินซูลินในเลือด ทำให้อาการโรคเบาหวานทุเลา และลดแรงดันของเลือด ทำให้ลดอาการโรคความดันโลหิตสูงได้ (ศรีสมร, 2543)

วิตามินบีต่างๆ เป็นตัวสำคัญที่จะช่วยทำให้อาหารพวกคาร์โบไฮเดรตกลายเป็นกลูโคส ซึ่งเป็นอาหารที่จำเป็นในการบำรุงสมองและระบบประสาท ได้แก่ วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 วิตามินบี 6 และวิตามินบีรวม (B complex) ในเมล็ดข้าวเกือบไม่มีหรือขาดวิตามินเอ วิตามินซี วิตามินดี และวิตามินบี 12 เช่นเดียวกับธัญพืชอื่นๆ สำหรับวิตามินบี 1 หรือไทอะมินหรือวิตามินบี 2 หรือไรโบฟลาวิน นับว่ามีน้อยแต่มีในอาสินมากพอสมควร วิตามินเหล่านี้มีอยู่หนาแน่นตามบริเวณผิวของเมล็ด ดังนั้นการขัดสีข้าวเป็นข้าวสาร ซึ่งเหลือแต่เอนโดสเปิร์มจึงทำให้สูญเสียวิตามินไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับการขัดสี ข้าวสารที่สีจนเมล็ดข้าวสลาย จึงมีวิตามินเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย โดยเฉพาะการเก็บข้าวสารในอุณหภูมิสูงจะสูญเสียวิตามินมากกว่าการเก็บในสภาพข้าวเปลือกหรืออุณหภูมิต่ำ ดังตารางที่ 3

วิตามินบี 1 หรือไทอะมิน เป็นตัวที่สำคัญในการนำอาหารไปเลี้ยงสมอง และระบบประสาท วิตามินบี 1 จึงช่วยในการบำรุงสมองและระบบประสาทได้ดีมาก หรือใช้รักษาโรคบางอย่างเกี่ยวกับประสาทและปลายประสาทอักเสบ ช่วยในเรื่องของระบบการย่อยและทำให้อยากกินอาหารมากขึ้น โดยเหตุที่วิตามินบี 1 เกี่ยวข้องกับระบบการย่อยเป็นตัวเลี้ยงบำรุงสมอง ระบบประสาท และช่วยให้นอนหลับสนิท วิตามินบี 1 จึงเป็นตัวย่อยตัวหนึ่ง ที่จะทำให้อายุยืนและ สดชื่นแข็งแรง ทำให้

หัวใจทำหน้าที่ปกติ มีการหมุนเวียนโลหิตดี ช่วยสร้างเม็ดเลือด ช่วยในการเผาผลาญอาหารประเภทแป้งและน้ำตาลให้เป็นพลังงานได้สมบูรณ์

วิตามินบี 6 มีประโยชน์ในการช่วยบำรุงผิว ชะลอความแก่ ช่วยร่างกายในการใช้ไขมัน โปรตีน และการสร้างเลือด ระบบประสาท กล้ามเนื้อ ลดอาการแพ้ท้อง และช่วยไม่ให้ปลายประสาทอักเสบ ข้าวขาวและข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการแตกต่างกัน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องและข้าวขาวในปริมาณ 100 กรัม

องค์ประกอบ	ข้าวกล้อง	ข้าวขาว
พลังงาน (แคลอรี)	354.00	366.00
โปรตีน (กรัม)	7.60	6.40
ไขมัน (กรัม)	1.80	0.80
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	76.00	80.40
เส้นใย (กรัม)	0.70	0.30
แคลเซียม (มิลลิกรัม)	16.00	24.00
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	246.00	135.00
เหล็ก (มิลลิกรัม)	2.80	1.90
วิตามินบี 1 (มิลลิกรัม)	0.34	0.10
วิตามินบี 2 (มิลลิกรัม)	0.07	0.05
ไนอาซีน (มิลลิกรัม)	5.00	2.10

ที่มา : ศรีสมร (2543)

สาวิตรี (2549) ศึกษาการใช้น้ำนึ่งข้าวกล้องทดแทนน้ำนึ่งถั่วเหลืองในการผลิตเต้าฮวยธัญชาติ โดยทำการศึกษาสูตรเต้าฮวยที่ดีที่สุดแล้วใช้น้ำนึ่งข้าวกล้องทดแทนน้ำนึ่งถั่วเหลืองโดยแบ่งปริมาณน้ำนึ่งข้าวกล้องออกเป็น 4 Treatment คือร้อยละ 25, 50, 75 และ 100 พบว่าการใช้น้ำนึ่งข้าวกล้องร้อยละ 75 ให้คุณภาพของเต้าฮวยธัญชาติดีที่สุด

หนึ่งฤทัย (2545) ศึกษาวิธีการผลิตข้าวตั้งทรงเครื่องจากข้าวกล้อง แบ่งการทดลองออกเป็น 3 Treatment ทำการศึกษาหน้าของข้าวตั้งทรงเครื่องในแบบต่างๆ คือ หน้าเนยสด หน้ากระเทียมพริกไทย และหน้าปาปริก้า จากนั้นทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และการประเมินทางด้านคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส พบว่า ข้าวตั้งทรงเครื่องหน้ากระเทียมพริกไทยได้รับการยอมรับมากที่สุด

2.6 สารให้ความหวาน

สารให้ความหวานแทนน้ำตาลแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้ คือ สารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางอาหาร หมายถึง สารให้ความหวานใดก็ตามที่สามารถให้แคลอรีหรือพลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งได้แก่ น้ำตาล น้ำผึ้ง น้ำเชื่อมต่างๆ น้ำตาลแอลกอฮอล์ และแอสพาร์เทม เป็นต้น และสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหาร ตามคำจำกัดความของ คือสารที่ไม่สามารถให้ความหวานได้เช่นเดียวกับน้ำตาล หรือหวานกว่าน้ำตาล และควรเป็นสารที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส มีความคงตัวและสามารถละลายได้ดีในอาหาร ไม่ให้แคลอรีแก่ผู้บริโภค ไม่เป็นสาเหตุให้ฟันผุหรือเป็นพิษต่อผู้บริโภค มีราคาถูกและหาได้ง่าย แต่ในปัจจุบันไม่สามารถหาสารให้ความหวานที่ไม่มีคุณค่าทางอาหารที่มีคุณสมบัติครบถ้วนดังที่กล่าวข้างต้น (ศิวัพร, 2546)

สารให้ความหวานที่จะกล่าวถึงในที่นี้เป็นสารให้ความหวานประเภทที่มีคุณค่าทางอาหาร ในกลุ่มของน้ำตาลแอลกอฮอล์ หรือ โพลีออลส์ จัดเป็นคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง ที่ให้แคลอรีต่ำกว่าน้ำตาลซูโครส เพราะการดูดซึมสารกลุ่มนี้ในร่างกายจะช้ากว่าน้ำตาล ทำให้ส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายก่อนที่จะดูดซึมเข้าไปใช้ประโยชน์ (ฉวีวรรณ, 2540) ตัวอย่างคือ มอลติตอลไซรัป เป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์ (โพลีออลส์) ใช้แทนน้ำตาลซึ่งมีความหวานเป็นร้อยละ 90 ของน้ำตาลและคุณสมบัติใกล้เคียงน้ำตาลทุกอย่าง ยกเว้นการเกิดสีน้ำตาล มอลติตอลไซรัปใช้แทนที่น้ำตาลง่ายมาก และมีพลังงานอาหารน้อย ไม่ทำให้ฟันผุและค่อนข้างมีการตอบสนองน้ำตาลในเลือดต่ำ แต่น่าเสียดายที่ มอลติตอลไซรัปจะทำให้เกิดแก๊ส โดยเฉพาะปริมาณใช้ในการบริโภคสำคัญมาก ชื่อทางการค้าของมอลติตอลไซรัป เช่น Maltisorb และ Maltisweet Maltitol เป็นสารธรรมชาติที่ผลิตได้จากน้ำตาลมอลโตสที่สกัดมาจากแป้งทำให้บริสุทธิ์โดยผ่านกระบวนการ hydrolysis และ hydrogenation

1) โพลีออลส์ หรือ น้ำตาลแอลกอฮอล์ เป็นสารให้ความหวานที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มีอยู่ในอาหารและในพืชบางชนิด เป็นน้ำตาลชนิดหนึ่งที่ให้แคลอรีต่ำกว่าน้ำตาลปกติและไม่ทำให้เกิดการเพิ่มน้ำตาลในเลือดอย่างฉับพลัน ทั้งนี้เพราะน้ำตาลแอลกอฮอล์สามารถเปลี่ยนไปเป็นกลูโคสได้ช้ามากและไม่ต้องอินซูลิน ดังนั้นจึงใช้ในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานและเริ่มใช้มากขึ้นในคนทั่วไป

สารกลุ่มนี้จะมีหวานน้อยกว่าน้ำตาลซูโครส แต่ก็นิยมใช้ในวงการอาหารมาก เพราะแม้สารกลุ่มนี้บางชนิดจะให้พลังงานเท่ากับน้ำตาล แต่การดูดซึมสารกลุ่มนี้ในร่างกายจะช้ากว่าน้ำตาลทำให้ส่วนใหญ่ถูกขับถ่ายออกจากร่างกายก่อนที่จะดูดซึมเข้าไปใช้ประโยชน์ในร่างกาย แต่ขณะเดียวกันสารกลุ่มนี้มีคุณสมบัติอื่นซึ่งช่วยในการทำให้คุณภาพของอาหารดีขึ้น เช่น เพิ่มความหนืดให้กับอาหาร ช่วยให้อาหารมีการละลายดีขึ้น ช่วยรักษาความชื้นในอาหาร น้ำตาลแอลกอฮอล์ ได้แก่ แมนนิทอล ซอร์บิทอล ซิลิทอล แลคซิทอล ไอโซมอลท์ แม้น้ำตาลแอลกอฮอล์จะไม่ได้ใช้ในครัวเรือนทั่วไป แต่ก็มีการใช้ในอาหารบางอย่างที่ระบุในฉลากว่าปราศจากน้ำตาล หรือ "Sugar-free" ในลูกกวาด ลูกอม หมากฝรั่ง เครื่องดื่ม ยาอม โดยเฉพาะอย่างยิ่งใช้มากในผลิตภัณฑ์ช่องปาก เช่น ยาสีฟันและยาอมบ้วนปาก

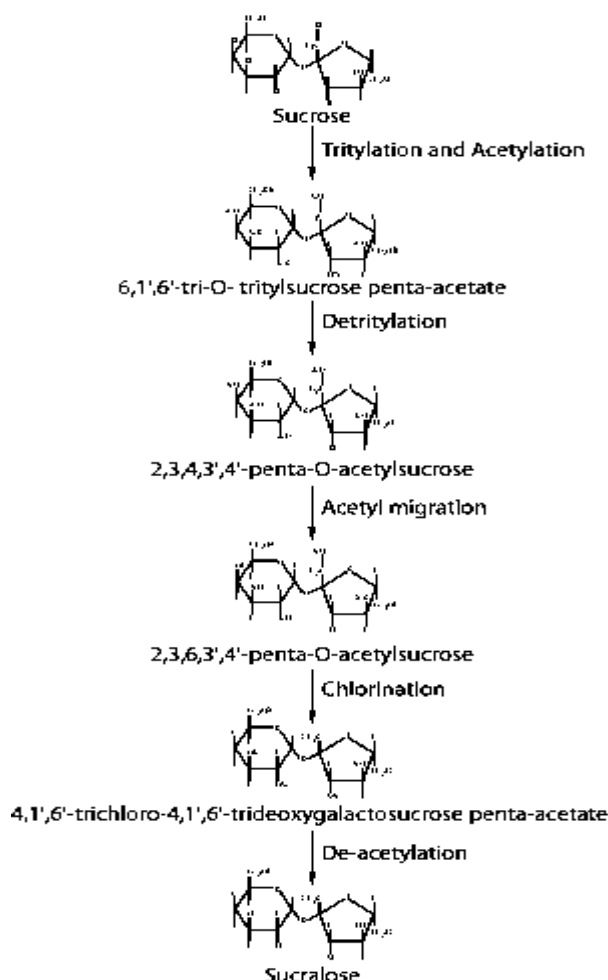
ข้อดีของน้ำตาลแอลกอฮอล์ คือ มีแคลอรีน้อย (ประมาณ 1.5 - 3 แคลอรีต่อกรัม) และน้ำตาลชนิดนี้ ไม่ก่อให้เกิดฟันผุ หรือทำให้เกิดได้น้อยมาก จึงนิยมใช้ในผลิตภัณฑ์หมากฝรั่งและลูกอม ลูกกวาด

ข้อด้อยของน้ำตาลแอลกอฮอล์ คือ อาจทำให้มีอาการท้องเสีย หากรับประทานปริมาณมากๆ โดยเฉพาะกลุ่มซอร์บิทอล มีการศึกษาที่พบว่าน้ำตาลแอลกอฮอล์มีส่วนประกอบคล้าย ฟรุคโตส ที่อาจมีผลทำให้เกิดการระบายท้อง (laxative effect) การรับประทานมากเกินไปอาจทำให้น้ำหนักเพิ่ม สมาคมโรคเบาหวานแห่งสหรัฐอเมริกากล่าวว่า การรับประทานน้ำตาลแอลกอฮอล์ ในระดับพอเหมาะเป็นประเด็นที่ยอมรับได้ผู้ป่วยเบาหวาน โดยเฉพาะเบาหวานชนิดที่ 1 อาจมีน้ำตาลในเลือดสูงขึ้นหากรับประทานน้ำตาลแอลกอฮอล์ปริมาณมาก ๆ

2) Kontrol เป็นชื่อทางการค้าของสารให้ความหวาน ผลิตโดยบริษัทสยามซอร์บิทอล จำกัด นครราชสีมา ซึ่งมีส่วนประกอบคือ มอลติทอลไซรัปร้อยละ 99.7 และซูคราโลสร้อยละ 0.3

2.1) ซูคราโลส มีชื่อการค้าว่า Splenda R ปลอดภัย ไม่ให้พลังงาน เป็นสารให้ความหวานเพียงชนิดเดียวที่เตรียมจากน้ำตาลทราย (sucrose derivative) นำมาปรับปรุงโครงสร้างให้ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ ดังนั้นจึงไม่ให้พลังงาน มีรสชาติคล้ายน้ำตาลมาก หวานกว่าน้ำตาลทราย 400 - 800 เท่า ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง ทนความร้อนสูงมาก สามารถปรุงอาหารร้อนๆบนเตาได้ ใช้ในการทำขนมอบ เครื่องดื่มที่ไม่มีแอลกอฮอล์ หมากฝรั่ง frozen dairy desserts น้ำผลไม้และ เจลาติน มีปฏิกริยาน้อยหรือไม่มีกับส่วนประกอบในอาหาร sucralose อย่างเดียวหรือเมื่อรวมกับมอลโตเดกซ์ตริน หรือ dextrose จะให้สภาพกรดน้อยกว่า (less acidogenic) น้ำตาลทรายในน้ำชาเย็นเก็บไว้ได้นาน (good shelf life) ไม่เปลี่ยนสภาพเมื่อถูกความร้อนไม่มีผลต่อระดับน้ำตาลในเลือดจึงใช้ในผู้ป่วยโรคเบาหวานได้ (อภิสนี, 2536)

2.2) คุณสมบัติทางเคมีของซูคราโลส ซึ่งถูกสร้างจากการใช้น้ำตาลซูโครสเป็นสารตั้งต้น แล้วแทนที่กลุ่มไฮดรอกซิล 3 ตำแหน่งด้วยอะตอมสารคลอไรด์ ทำให้มีสูตรโครงสร้างคล้ายกับน้ำตาล แต่ร่างกายไม่สามารถย่อยได้ แต่ยังคงให้รสชาติหวานและไม่มีรสขมติดลิ้นใกล้เคียงน้ำตาลซูคราโลสมีลักษณะเป็นผลึกแข็งสีขาวร่วน ละลายน้ำได้ดีและสามารถใช้ปรุงอาหารร้อนบนเตาได้โดยไม่สูญเสียความหวาน ซึ่งมีขั้นตอนการผลิตดังภาพที่ 2 (ฉวีวรรณ, 2540)



ภาพที่ 2.4 ขั้นตอนการผลิตซูคราโลส

ที่มา : ณวีวรรณ (2540)

2.3) การนำซูคราโลสไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารปัจจุบันได้มีการสังเคราะห์สารให้ความหวานแทนน้ำตาลหรือสารให้ความหวานเทียม (artificial sweetening agent) ขึ้นมาให้มีคุณสมบัติคล้ายหรือเหมือนน้ำตาลทรายที่เรบริโภคกันในปัจจุบัน ซึ่งมีทั้งชนิดที่มีความหวานใกล้เคียงกับ น้ำตาลทรายและมีความหวานนับเป็นร้อยเท่าหรือพันเท่าของน้ำตาลทราย สำหรับสารให้ความหวานที่มีรสชาติเหมือนน้ำตาลทรายที่เป็นที่ต้องการจะต้องมีลักษณะ คือ ปราศจากสี กลิ่น ละลายน้ำได้ง่าย มีความคงตัว และราคาไม่แพง ซึ่งสารให้ความหวานบางชนิดก็อาจให้พลังงานแก่ร่างกาย เช่น พวกน้ำตาลจากธรรมชาติที่เรบริโภคกันอยู่ทั่วไปและในบางชนิดอาจให้พลังงานต่ำหรืออาจจะไม่ให้พลังงานเลยซึ่งผู้บริโภคก็สามารถเลือกนำไปใช้ในอาหารและเครื่องดื่มได้อย่างหลากหลายตามต้องการ การใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นมาแทนน้ำตาลในอุตสาหกรรมอาหาร หรือใช้ในการปรุงอาหารในครัวเรือนนั้น มาจากสาเหตุหลายประการคือ

-เพื่อลดปริมาณการบริโภคน้ำตาล ซึ่งเป็นสารพวกคาร์โบไฮเดรต สำหรับผู้ที่ต้องการลดหรือจำกัดปริมาณพลังงานจากอาหาร ซึ่งได้แก่ ผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก หรือใช้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่ต้องการจำกัดปริมาณน้ำตาลในร่างกาย เพราะสารที่ให้ความหวานเทียมนี้จะไม่ต้องใช้อินซูลิน (insulin) ในกระบวนการเผาผลาญเป็นพลังงานเหมือนน้ำตาล

-เนื่องจากน้ำตาลทรายในท้องตลาดมีราคาสูงขึ้น และบางครั้งในบางประเทศปริมาณน้ำตาลทรายไม่พอกับความต้องการของผู้บริโภค เพื่อลดต้นทุนการผลิตจึงนำสารที่ให้ความหวานเทียมมาใช้แทนน้ำตาล เพราะสารเหล่านี้มีราคาต่ำกว่าน้ำตาลมาก เมื่อเทียบกับปริมาณที่ใช้ให้ได้รับหวานเท่าๆ กัน

-เนื่องจากอาหารบางชนิดจำเป็นต้องมีรสหวาน แต่ไม่ต้องการส่วนประกอบที่เป็นคาร์โบไฮเดรต เพราะอาจจะทำให้อาหารนั้นเสื่อมคุณภาพได้ง่าย เช่น น้ำปลา ซีอิ๊ว หรือยา เป็นต้น

3) มอลติทอลไซรัป จัดเป็นสารให้ความหวานที่มีคุณค่าทางอาหาร สามารถให้แคลอรีหรือให้พลังงานแก่ร่างกาย ซึ่งได้แก่ น้ำตาล น้ำผึ้ง น้ำเชื่อมต่างๆ น้ำตาลแอลกอฮอล์และแอสพาร์เทม เป็นต้น

มอลติทอลไซรัปอยู่ในกลุ่มเป็นสารให้ความหวานประเภท น้ำตาลแอลกอฮอล์ ทำมาจากน้ำตาลมอลโตส ซึ่งเป็นสารธรรมชาติ ที่ผลิตมาจากแป้งมันสำปะหลัง มอลติทอลไซรัปเป็น สารให้ความหวานที่มีแคลอรีต่ำ ทรายกุล โพลีออลล์ เหมือนกับไซลิทอลและซอร์บิทอล โมเลกุลของ มอลติทอลคือ 4-O-D Glucotyranosyl-D-Glucital ซึ่งประกอบด้วยหน่วยกลูโคสเชื่อมกับหน่วยของซอร์บิทอล ในระบบ 1, 4 (Glucotyl-Glucital)

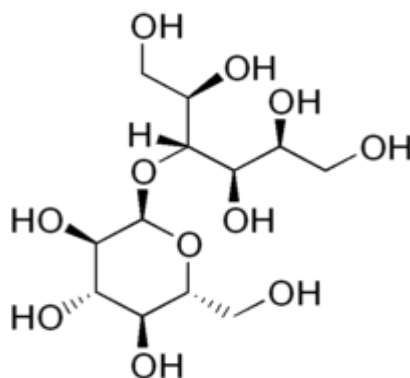
มอลติทอลไซรัปเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซ์แป้ง (แป้งมันสำปะหลังหรือแป้งข้าวโพด) ซึ่งจะได high maltose syrup ในเบื้องต้น ต่อจากนั้นนำไปทำปฏิกิริยาไฮโดรจีเนชันจะได้มอลติทอลไซรัป

มอลติทอลไซรัปสามารถละลายน้ำได้ดีมาก มีความเสถียรต่อ pH และความร้อน ความหวานประมาณร้อยละ 85 - 95 ในขณะที่เป็นผลึกมีความหวานประมาณ 0.9 เท่าของน้ำตาลซูโครส และในรูปของเหลวหรือน้ำเชื่อมมีความหวานประมาณ 0.6 เท่าของน้ำตาลซูโครส ในกระบวนการเมทาบอลิซึม เอนไซม์มอลเทสไฮโดรไลซ์ มอลติทอลไซรัปได้ช้ากว่า ซึบสเตรตามธรรมชาติ คือ มอลโตส มากกว่าร้อยละ 50 มอลติทอลไซรัปที่รับประทานเข้าไปจะไม่แตกตัวในระบบทางเดินอาหารจะเข้าไปสู่ลำไส้ใหญ่แล้วเกิดการหมักโดยจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่อยู่ในลำไส้ใหญ่

คุณสมบัติเด่นของมอลติทอลไซรัป มีดังนี้ คือให้พลังงานเพียงครึ่งหนึ่งของน้ำตาลทราย (น้ำตาลทรายให้พลังงาน 4.0 กิโลแคลอรีต่อกรัม มอลติทอลไซรัปให้พลังงานเพียง 2.1 กิโลแคลอรีต่อกรัม) เหมาะกับผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวาน เนื่องจากร่างกายจะย่อยและดูดซึม อย่างช้าๆ จึงไม่ทำให้ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดสูงขึ้น ใช้แทนที่น้ำตาลทรายในผลิตภัณฑ์ให้น้ำตาลต่ำ (low-calorie) ไขมันน้อย (low-fat) หรือไม่มีน้ำตาล (sugar-free) มีรสหวานเป็นธรรมชาติใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย และปราศจากรสที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งต่างจากสารที่ให้ความหวานเข้มข้นที่เป็นสารสังเคราะห์ที่มักเกิด

aftertaste ติดลิ้น รักษาความหอม เก็บความชื้น รักษารสชาติอาหารได้ดี ทนต่อกรดและความร้อน มีจุดหลอมเหลวประมาณ 148 - 151 องศาเซลเซียส จึงสามารถใช้ในการประกอบอาหารได้ และไม่ทำให้ฟันผุ เนื่องจากเป็นน้ำตาลที่แบคทีเรียในช่องปากใช้สร้างกรดและสร้างพลังงานไม่ได้

มอลติทอลไซรีปถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมดังนี้ คือใช้ในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ แยม และส่วนผสมเครื่องดื่มต่างๆที่ต้องการรสหวานแต่ให้พลังงานต่ำ เช่น กาแฟ นม นมถั่วเหลือง ลูกอมต่างๆ ใช้ในการผลิตซ็อกโกแลตและไอศกรีม ซึ่งช่วยในการป้องกันการตกผลึก และยืดอายุในการเก็บรักษา ผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังใช้ใน hard candy โดยไม่เกิดสีน้ำตาลไหม้ และไม่ตกผลึกเหนียว เนื่องจากทนต่อกรดและความร้อนดีกว่าน้ำตาล



ภาพที่ 2.5 สูตรโครงสร้างของมอลติทอล

ที่มา : นิรนาม ข (2550)

บทที่ 3

วัสดุและอุปกรณ์

3.1 วัตถุดิบ

- 3.1.1 ข้าวกล็องหอมมะลิ (ตราเกษตร เบอร์ 5, กรุงเทพมหานคร)
- 3.1.2 น้ำตาลทราย (ตรามิตรผล, กรุงเทพมหานคร)
- 3.1.3 หางนมผง (ตรามิชชั่น, ปทุมธานี)
- 3.1.4 คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) (Sunroad, Japan)
- 3.1.5 มอลโตเด็กซ์ทริน (Thaifood International, Thailand)
- 3.1.6 Kontrol (Siam sorbitol, Thailand)

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและจุลินทรีย์

- 3.2.1 คอปเปอร์ซัลเฟต (AR. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.2 โพแทสเซียมซัลเฟต (Fisher Scientific, U.K.)
- 3.2.3 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (AR. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.4 โซเดียมไฮดรอกไซด์ (AR. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.5 กรดไฮโดรคลอริก (AR. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.6 กรดบอริก (Fisher Scientific, U.K.)
- 3.2.7 อินดิเคเตอร์ (สารผสมระหว่างเมทิลเรด เมทิลีนบลูและโบรโมครีซอลกรีน)
- 3.2.8 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Ajax Finechem, Newzeland)
- 3.2.9 ปีโตรเลียมอีเทอร์ (Mallinckrodt Chemicals, U.S.A.)
- 3.2.10 เอทานอล 95 (AR. Grade, Merck, Germany)
- 3.2.11 Standard Plate Count Agar (oxiod, U.S.A.)
- 3.2.12 Potato Dextrose Agar (oxiod, U.S.A.)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือ

- 3.3.1 เครื่องปั่นไอศกรีม (TAYLOR/K5114399, U.S.A.)
- 3.3.2 เครื่องโฮโมจีไนส์ (ULTRA-TURRAX/T25, Germany)
- 3.3.3 ตู้แช่แข็ง (SHE-270 SAD, Thailand)
- 3.3.4 อุปกรณ์ย่อยโปรตีนประกอบด้วยเตาย่อย (VELP DK6) (KB20S, Germany) และเครื่องดักจับไอน์กรด (TUR/K, Germany)

3.3.5 อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (kjeldahl distillation apparatus) (VAPODEST30, Germany)

3.3.6 เครื่องวิเคราะห์ไขมัน (soxhlet) (Fuse-T, Italy)

3.3.7 เครื่องเหวี่ยงแบบควบคุมอุณหภูมิ (refrigerated centrifuged) (MPW-350R, Poland)

3.3.8 เครื่องวัดสี (colorimeter) (minolta CR-10, Japan)

3.3.9 ชุดสกัดเยื่อใย (fiber apparatus) (VELP) (FIWE6, The Europe)

3.3.10 ตู้อบลมร้อน (hot air oven) (BD/ED/FD with R3-Controller, U.S.A.)

3.3.11 เตาเผา (muffle furnace) (Furnace 1400/47900, Thermolyne)

3.3.12 เตาไฟฟ้า (hot plate) (RC2, EUROPE)

3.3.13 ตู้บ่ม (incubator) (1380FX, U.S.A.)

3.3.14 อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (water bath) (TW12, Germany)

3.3.15 หม้อนึ่งความดันไอน้ำ (autoclave) (LAC-5060, Korea)

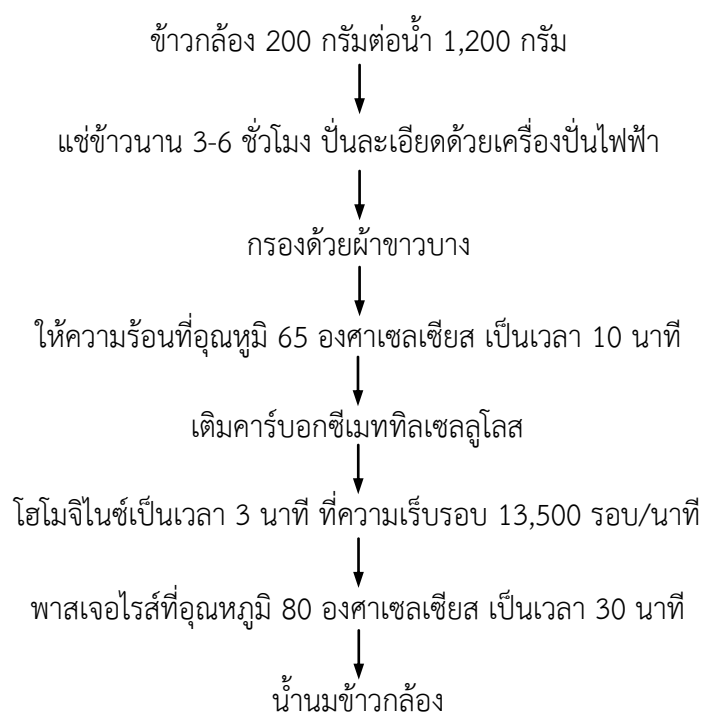
3.4 สถานที่ทำการทดลอง

ห้องปฏิบัติการแปรรูปอาหาร ห้องปฏิบัติการทางด้านเคมี ห้องปฏิบัติการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ห้องปฏิบัติการทางด้านจุลชีววิทยาทางอาหาร สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร

3.5 วิธีการทดลอง

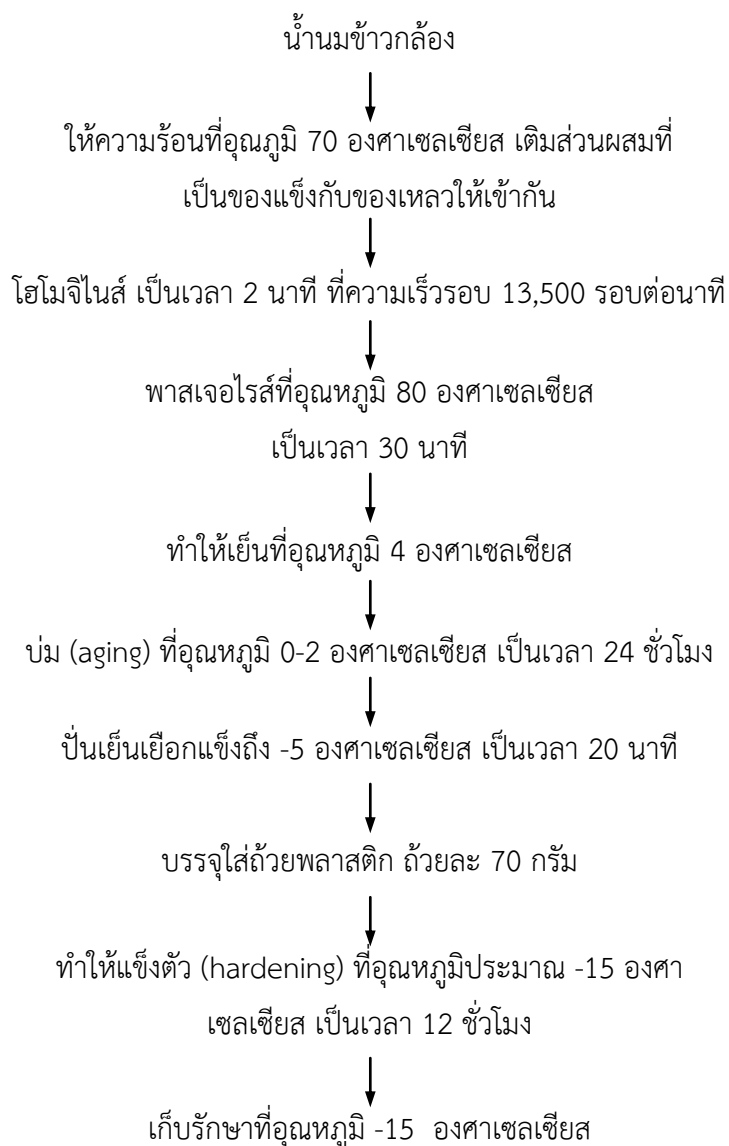
3.5.1 ศึกษาปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

ทำการเตรียมนมข้าวกล้อง (ภาพที่ 3.1) เพื่อนำมาเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นของไอศกรีม โดยทำการผลิตไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง (ภาพที่ 3.2) ศึกษาปริมาณของสารให้ความหวาน (kontrol) ที่เหมาะสม โดยแปรปริมาณของสารให้ความหวานออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0, 1.33, 2.65, 3.98 และ 5.3 กรัม (ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความหวานให้ใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย) ดังแสดงในภาคผนวก ก



ภาพที่ 3.1 กระบวนการผลิตนํ้านมข้าวกล้อง

ที่มา : ดัดแปลงจากสายฝน (2547)



ภาพที่ 3.2 กระบวนการผลิตไอศกรีม

ที่มา : ดัดแปลงจาก Marshall and Arbuckle (1996)

วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) จากนั้นนำตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี ได้แก่ ปริมาณไขมัน โปรตีน เยื่อใย เถ้า และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC, 2000) คุณภาพทางกายภาพ ได้แก่ ความหนืด ค่า L^* a^* b^* ค่าอัตราการขึ้นฟู (Arbuckle, 1986) และอัตราการละลาย (Garcia *et al.*, 1995) คุณภาพทางด้านจุลชีววิทยา ได้แก่ ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (AOAC, 2000) การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสแบบ Hedonic scale 5 point โดยผู้ทดสอบจำนวน 50 คน วางแผนการทดสอบชิมแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) หาความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DNMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS 11.5 for windows

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

4.1 ศึกษาปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง โดยแปรปริมาณของสารให้ความหวาน (kontrol) ออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่ 0, 1.33, 2.65, 3.98 และ 5.3 กรัม (ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบกับความหวานให้ใกล้เคียงกับน้ำตาลทราย) จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ดังแสดงต่อไปนี้

4.1.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมีของส่วนผสมไอศกรีม

ทำการวิเคราะห์คุณภาพส่วนผสมไอศกรีม (ส่วนผสมของไอศกรีมก่อนการปั่นเยือกแข็ง) ทางด้านเคมี ได้แก่ ไขมัน โปรตีน เยื่อใย เถ้า คาร์โบไฮเดรต และ ปริมาณของแข็งทั้งหมด โดยสามารถสรุปออกมาในรูปของตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ส่วนผสมไอศกรีม (ร้อยละ)

Treatment	ไขมัน ^{ns}	โปรตีน ^{ns}	เยื่อใย	เถ้า ^{ns}	ของแข็งทั้งหมด
1	0.22 ± 0.02	2.30 ± 0.11	0.76 ± 0.01 ^ก	1.09 ± 0.16	33.15 ± 0.13 ^ก
2	0.24 ± 0.04	2.33 ± 0.11	0.78 ± 0.01 ^{ขค}	1.00 ± 0.04	31.20 ± 0.58 ^ข
3	0.31 ± 0.05	2.37 ± 0.05	0.81 ± 0.08 ^ข	1.00 ± 0.11	29.45 ± 0.06 ^ก
4	0.30 ± 0.03	2.42 ± 0.03	0.95 ± 0.01 ^ก	0.97 ± 0.05	28.09 ± 0.14 ^จ
5	0.33 ± 0.05	2.43 ± 0.03	0.96 ± 0.02 ^ก	1.06 ± 0.06	26.36 ± 0.09 ^จ

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาไทยไม่เหมือนกันตามแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

($p \leq 0.05$)

: ^{ns} หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

4.1.1 ปริมาณไขมัน

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลปริมาณไขมันของผลิตภัณฑ์ส่วนผสมไอศกรีม ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.22 – 0.33 ทั้งนี้แสดงว่า การใช้สารให้ความหวาน (kontrol) ทดแทนน้ำตาลไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน เนื่องจาก สารให้ความหวาน (kontrol) จัดเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่ได้จากมอลทิทอลไซรัปและซูคราโลสซึ่งเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์และอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตจึงไม่มีผลต่อไขมันในส่วนผสมไอศกรีม (คือ

พร, 2546) ส่วนแนวโน้มของปริมาณไขมันที่เพิ่มขึ้น เกิดจากปริมาณไขมันที่มีในน้ำมันข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับ ศรีสมร (2543) ที่รายงานถึงคุณค่าทางโภชนาการของข้าวกล้องที่มีปริมาณของไขมันร้อยละ 1.80

4.1.2 ปริมาณโปรตีน

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลปริมาณโปรตีนของผลิตภัณฑ์ส่วนผสมไอศกรีม พบว่า ปริมาณของโปรตีนไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับร้อยละ 0.06 - 0.07 ทั้งนี้ แสดงว่า การใช้สารให้ความหวาน (kontrol) ทดแทนน้ำตาลไม่มีผลต่อปริมาณโปรตีน เนื่องจาก สารให้ความหวาน (kontrol) จัดเป็นสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่ได้จากมอลทิทอลไซรัปและซูคราโลสซึ่งเป็นน้ำตาลแอลกอฮอล์และอยู่ในกลุ่มของคาร์โบไฮเดรตจึงไม่มีผลต่อโปรตีนในส่วนผสมไอศกรีม ซึ่งข้าวกล้องมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.60 (ศรีสมร, 2543) และในการทดลองได้มีปริมาณของน้ำมันข้าวกล้องเพิ่มขึ้นตามการคำนวณสูตรไอศกรีม

4.1.3 ปริมาณเยื่อใย

จากตารางที่ 4.1 แสดงผลปริมาณความโปรตีนของผลิตภัณฑ์ส่วนผสมไอศกรีม พบว่า ปริมาณของเยื่อใยของส่วนผสมไอศกรีมมีความแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) เนื่องจากในสูตรของไอศกรีมมีปริมาณของน้ำมันข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้นโดยในข้าวกล้องมีปริมาณของเยื่อใยร้อยละ 0.7 ดังนั้น เมื่อปริมาณของน้ำมันข้าวกล้องที่เพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้ปริมาณเยื่อใยของส่วนผสมไอศกรีมเพิ่มขึ้นเช่นกัน

4.1.4 ปริมาณเถ้า

จากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของส่วนผสมไอศกรีม (ดังตารางที่ 4.1) พบว่า ทั้ง 5 Treatment มีปริมาณเถ้าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ร้อยละ 0.97 - 1.09 แต่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำมันข้าวที่เพิ่มขึ้น

4.1.5 ปริมาณของแข็งทั้งหมด

จากการวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดของส่วนผสมไอศกรีมพบว่าทั้ง 5 Treatment มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่แตกต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 4.1 ซึ่งส่วนผสมไอศกรีมมีปริมาณของแข็งทั้งหมดประมาณร้อยละ 33.15, 31.20, 29.45, 28.09 และ 26.36 ตามลำดับแสดงว่า Kontrol มีผลต่อปริมาณของแข็งทั้งหมด ซึ่งมีแนวโน้มที่ลดลง เนื่องจากการใช้ปริมาณ Kontrol เพิ่มขึ้นและปริมาณของน้ำตาลลดลงจาก Treatment ที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากใน Kontrol มีปริมาณของแข็งทั้งหมดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณน้ำตาลทราย ดังนั้นจึงส่งผลทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง

4.2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพของส่วนผสมไอศกรีม

ทำการวิเคราะห์คุณภาพส่วนผสมไอศกรีม (ส่วนผสมของไอศกรีมก่อนการปั่นเยือกแข็ง) ทางด้านกายภาพ ได้แก่ คุณภาพทางด้านสี และความหนืด โดยสามารถสรุปออกมาในรูปแบบของตาราง

4.2.1 คุณภาพทางด้านสี

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยค่าสีของไอศกรีมนํ้านมข้าวกล้อง

Treatment	Replication ^{ns}		
	L*	a*	b*
1	75.23 ± 0.86	2.13 ± 0.19	17.45 ± 0.90
2	75.48 ± 1.00	2.15 ± 0.24	17.85 ± 0.63
3	74.76 ± 0.45	2.11 ± 0.13	17.86 ± 0.66
4	75.25 ± 0.99	2.23 ± 0.15	18.13 ± 0.85
5	74.73 ± 0.13	2.25 ± 0.22	18.43 ± 0.41

หมายเหตุ : ns หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ไอศกรีมนํ้านมข้าวกล้อง มีค่าสี ซึ่งอธิบายอยู่ในรูปของค่า L* a* b* โดยที่ ค่า L* หมายถึง ความสว่างของสี ค่า a* หมายถึง แกนของสีเขียวไปถึงสีแดง และ ค่า b* หมายถึง แกนของสีน้ำเงินไปถึงสีเหลือง (สัญชัย, 2543)

ค่าสี L* ของไอศกรีมนํ้านมข้าวกล้อง พบว่าทั้ง 5 Treatment ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยตามลำดับดังนี้ 75.23, 75.48, 74.76, 75.25 และ 74.73 แสดงว่าสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายไม่มีผลต่อค่า L* ดังนั้นจึงทำให้มีความสว่างใกล้เคียงกันทั้ง 5 Treatment

ค่าสี a* ของไอศกรีมนํ้านมข้าวกล้อง พบว่า ทั้ง 5 Treatment ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยดังนี้ตามลำดับ 2.13, 2.15, 2.11, 2.23 และ 2.25 แสดงว่าสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายไม่มีผลต่อค่า a* ดังนั้นจึงทำให้มีค่าสี a* ใกล้เคียงกันทั้ง 5 Treatment และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

ค่าสี b* ของไอศกรีมนํ้านมข้าวกล้อง พบว่า ทั้ง 5 Treatment ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเฉลี่ยดังนี้ตามลำดับ 17.45, 17.85, 17.86, 18.13 และ 18.43 แสดงว่า สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายไม่มีผลต่อค่า b* ซึ่งมีค่าเป็นบวก

4.2.2 คุณภาพทางด้านความหนืด

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยความหนืด (centipoises) ของส่วนผสมไอศกรีม

Treatment	ความหนืด (centipoises)
1	1582.00 ± 61.731 ^จ
2	2020.00 ± 124.0 ^จ
3	2269.33 ± 213.5 ^ก
4	2528.50 ± 103.54 ^ข
5	2904.33 ± 82.83 ^ก

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาไทยไม่เหมือนกันตามแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวิเคราะห์ค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม พบว่าทั้ง 5 Treatment มีค่าความหนืดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แสดงดังตารางที่ 14 และภาพที่ 13 ค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมมีค่าเพิ่มขึ้นจาก Treatment ที่ 1 ถึง 5 ตามลำดับดังนี้ 1582.00, 2020.00, 2269.33, 2528.50 และ 2904.33 centipoises ตามลำดับ เนื่องจาก Treatment ที่ 1 ถึง 5 มีการเพิ่มปริมาณของ Kontrol ร้อยละ 0, 25, 50, 75 และ 100 เพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งจากการที่ความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมมีค่าเพิ่มขึ้นอาจมีผลมาจากขบวนการการเกิดเจลลาติโนเซชันของข้าวกล้องที่มีอยู่ในส่วนผสมไอศกรีม ซึ่งอุณหภูมิของการเกิดเจลลาติโนเซชันจะอยู่ที่ 52 – 63 องศาเซลเซียส โดยที่กระบวนการผลิตมีการผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ถึง 2 ครั้ง จึงทำให้มีผลต่อการเกิดเจลลาติโนเซชันและทำให้มีผลต่อความหนืดที่เกิดขึ้นในส่วนผสมไอศกรีมดังกล่าว (อรอนงค์, 2532)

4.2.2 คุณภาพทางด้านโอเวอร์รัน (ร้อยละ) ของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ยโอเวอร์รัน (ร้อยละ) ของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

Treatment	โอเวอร์รัน (ร้อยละ)
1	40.26±1.41 ^ก
2	36.46±2.65 ^{กข}
3	32.33±1.72 ^ข
4	30.40±1.27 ^ค
5	28.91±0.18 ^ง

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาไทยไม่เหมือนกันตามแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

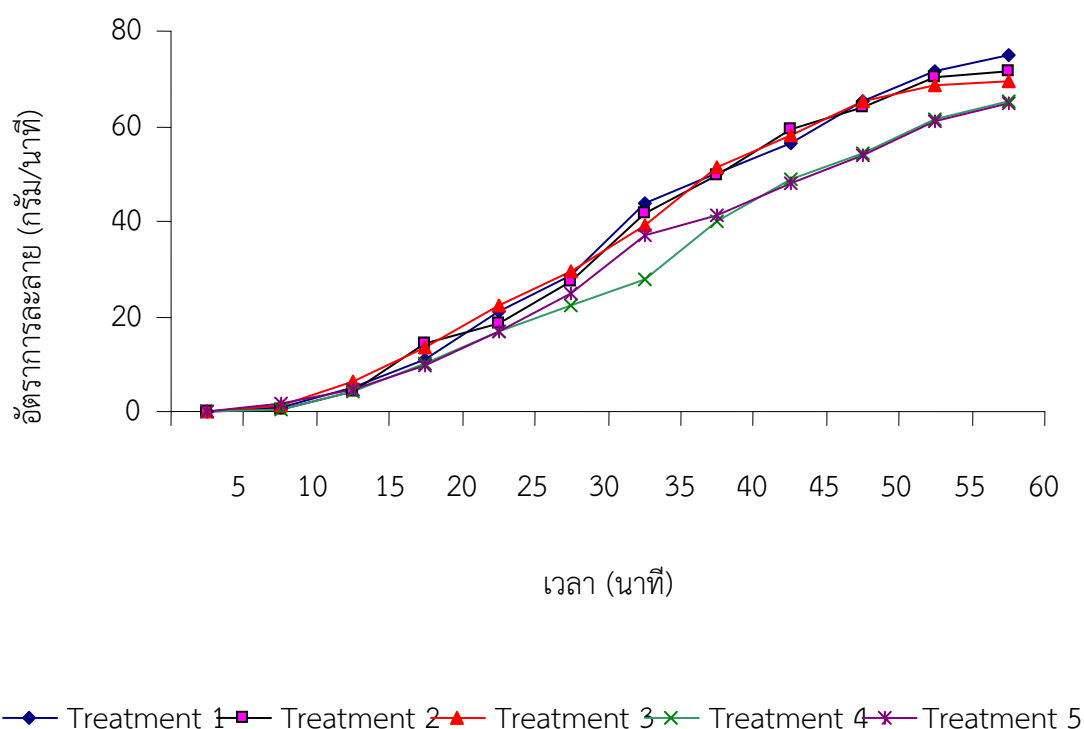
การวิเคราะห์ค่าโอเวอร์รัน ของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องแสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ค่าโอเวอร์รัน ที่ได้ตามลำดับดังนี้ ร้อยละ 40.26, 36.46, 32.33, 30.40 และ 28.91 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณของ Kontrol ที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ค่าโอเวอร์รันมีค่าลดลง ทั้งนี้มีผลเนื่องมาจาก Kontrol มีผลต่อความหนืดโดยที่ค่าความหนืดเพิ่มแปรผกผันกันกับค่าโอเวอร์รันจึงมีผลทำให้ค่าของโอเวอร์รันมีค่าลดลง (ศิริภา, 2549)

4.2.2 คุณภาพทางด้านอัตราการละลายของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยอัตราการละลายของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

Treatment	อัตราการละลาย (กรัม/นาที)
1	1.24±0.00
2	1.19±0.00
3	1.15±0.01
4	1.09±0.00
5	1.07±0.01

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาไทยไม่เหมือนกันตามแนวดิ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงอัตราการละลายของไอศกรีมน้ำมันข้าวกล้องพลังงานต่ำ

จากการวิเคราะห์ค่าอัตราการละลายของไอศกรีมน้ำมันข้าวกล้องพบว่า ทั้ง 5 Treatment มีค่าอัตราการละลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีอัตราการละลายของไอศกรีม น้ำมันข้าวกล้องไขมันต่ำจาก Treatment ที่ 1 ถึง Treatment ที่ 5 ตามลำดับดังนี้ 1.24, 1.19, 1.15, 1.09 และ 1.07 กรัมต่อนาที ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าอัตราการละลายจาก Treatment ที่ 1 ถึง 5 มีค่าการละลายลดลงอันเนื่องมาจากปริมาณของ Kontrol ที่เพิ่มขึ้นทำให้ไอศกรีมและการเกิดเจลลาคีในเซชันในน้ำมันข้าวกล้องจึงส่งผลทำให้ค่าความหนืดเพิ่มขึ้นและค่าโอเวอร์รันลดลงจึงส่งผลให้อัตราการละลายลดลงตามไปด้วย (ศิริภา, 2549)

จากภาพแสดงให้เห็นว่าอัตราการละลายของไอศกรีมน้ำมันข้าวกล้องและจะช้าลงจาก Treatment ที่ 1 ถึง 5 ซึ่ง Treatment ที่ 5 จะมีอัตราการละลายน้อยที่สุด เนื่องจาก Treatment ที่ 5 มี ปริมาณของสารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลที่มากที่สุด จึงส่งผลทำให้ไอศกรีมน้ำมันข้าวกล้องมีความหนืดมากและส่งผลไปยัง Treatment ที่ 5 ทำให้ Treatment ที่ 5 มีอัตราการละลายและร้อยละการขึ้นฟูน้อยและละลายช้า

4.3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ของไอสกริม

นำผลิตภัณฑ์ไอสกริมนํ้านมข้าวกล้องวิเคราะห์คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์โดยแสดงออกมาในรูปของปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด (Total Plate Count) ดังแสดงต่อไปนี้

4.3.1 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมด

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไอสกริมนํ้านมข้าวกล้องแสดงดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณแบคทีเรียทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ไอสกริมนํ้านมข้าวกล้อง

Treatment	ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/กรัม)
1	1.80×10^3
2	1.25×10^3
3	1.60×10^3
4	1.45×10^3
5	1.60×10^3

จากการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในไอสกริมนํ้านมข้าว Treatment ที่ 1 ถึง 5 แสดงดังตารางที่ 4.6 การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดพบว่า ไอสกริมนํ้านมข้าวกล้องทั้ง 5 Treatment มีปริมาณจุลินทรีย์ดังนี้ 1.80×10^3 , 1.25×10^3 , 1.60×10^3 , 1.45×10^3 , และ 1.60×10^3 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งปลอดภัยและผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับ 222) พ.ศ. 2544 เรื่องไอสกริมกำหนดไว้ไม่เกิน 6×10^5 โคโลนีต่อกรัม

4.4 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง แสดงดังตารางที่ 4.7 ทำการทดสอบทางด้านลักษณะปรากฏ สี เนื้อสัมผัส กลิ่นรส รสชาติ และ ความชอบโดยรวม

ตารางที่ 4.7 ค่าเฉลี่ยผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

การประเมิน ทางด้าน	Treatment				
	1	2	3	4	5
ลักษณะปรากฏ	6.70 ± 0.83 ^{กข}	6.44 ± 0.70 ^ข	6.66 ± 0.82 ^{กข}	6.70 ± 0.93 ^{กข}	6.74 ± 0.66 ^ก
สี	6.34 ± 0.98 ^ข	6.44 ± 0.78 ^ข	6.48 ± 0.88 ^{กข}	6.80 ± 0.80 ^ก	6.68 ± 0.71 ^{กข}
กลิ่นรส	6.04 ± 0.92 ^{กข}	5.88 ± 0.74 ^ข	5.96 ± 0.96 ^ข	6.14 ± 0.98 ^{กข}	6.30 ± 1.23 ^ก
ความเรียบเนียน	5.68 ± 1.30 ^จ	6.10 ± 0.88 ^ค	6.42 ± 0.75 ^ข	6.64 ± 0.77 ^{กข}	6.86 ± 0.78 ^ก
เนื้อสัมผัส	5.52 ± 0.93 ^จ	6.02 ± 0.76 ^ค	6.42 ± 0.90 ^ข	6.70 ± 0.73 ^ก	6.90 ± 0.58 ^ก
ความชอบรวม	5.42 ± 1.01 ^จ	6.04 ± 0.98 ^ค	6.24 ± 0.91 ^ค	6.62 ± 0.92 ^ข	7.20 ± 0.78 ^ก

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาไทยไม่เหมือนกันตามแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทด้านต่างๆของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องทั้ง 5 Treatment ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 4.7

การประเมินความชอบด้านลักษณะปรากฏ พบว่าทั้ง 5 Treatment มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 6.70, 6.44, 6.66, 6.70 และ 6.74 คะแนน ตามลำดับ พบว่า Treatment ที่ 2 และ 5 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏสูงที่สุดเท่ากับ 6.74 คะแนน

การประเมินความชอบด้านสีทั้ง 5 Treatment มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 6.34, 6.44, 6.48, 6.80 และ 6.68 คะแนน ตามลำดับ พบว่า Treatment ที่ 1, 2 แตกต่างกับ Treatment ที่ 4 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่ง Treatment ที่ 4 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านสีสูงที่สุดเท่ากับ 6.80 คะแนน

การประเมินความชอบด้านกลิ่นรสทั้ง 5 Treatment มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 6.04, 5.88, 5.96, 6.14 และ 6.30 คะแนน ตามลำดับ พบว่า Treatment ที่ 2 และ 3 แตกต่างกับ Treatment ที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่ง Treatment ที่ 5 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสสูงที่สุดเท่ากับ 6.30 คะแนน

การประเมินด้านความเรียบเนียนทั้ง 5 Treatment มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 5.68, 6.10, 6.42, 6.64 และ 6.86 คะแนน ตามลำดับ พบว่า Treatment ที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างกับ Treatment ที่ 5 อย่าง

มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่ Treatment ที่ 4 ไม่แตกต่างกับ Treatment ที่ 3 และ 5 ซึ่ง Treatment ที่ 5 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบความเรียบเนียนสูงสุดเท่ากับ 6.86 คะแนน

การประเมินด้านเนื้อสัมผัส ทั้ง 5 Treatment มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 5.52, 6.02, 6.42, 6.70 และ 6.90 คะแนน ตามลำดับ พบว่า Treatment ที่ 1, 2 และ 3 แตกต่างกับ Treatment ที่ 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่ง Treatment ที่ 5 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดเท่ากับ 6.90 คะแนน

การประเมินด้านความชอบรวม ทั้ง 5 Treatment มีค่าเฉลี่ยดังนี้ 5.42, 6.04, 6.24, 6.62 และ 7.20 คะแนน ตามลำดับ พบว่าทั้ง 5 Treatment มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้น Treatment ที่ 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ซึ่ง Treatment ที่ 5 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัสสูงสุดเท่ากับ 7.20 คะแนน

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาปริมาณการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในส่วนผสมไอศกรีมและไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง ทำการวิเคราะห์คุณภาพทางด้านเคมี กายภาพ จุลินทรีย์ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทรายในส่วนผสมไอศกรีมพบว่า ไม่มีผลต่อปริมาณไขมัน โปรตีน และเถ้า ในขณะที่ปริมาณเยื่อใยมีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น แต่ปริมาณของแข็งทั้งหมดลดลง ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของแข็งสารให้ความหวานเท่ากับร้อยละ 70 ในขณะที่น้ำตาลมีปริมาณของแข็งเท่ากับร้อยละ 100

2. สารให้ความหวานส่งผลให้คุณภาพทางด้านกายภาพของส่วนผสมไอศกรีม คือ ความหนืด มีแนวโน้มที่เพิ่มสูงขึ้น โดยเป็นผลมาจากปริมาณของนํ้านมข้าวกล้องในแต่ละสูตรมีปริมาณเพิ่มขึ้น ตามการคำนวณสูตรไอศกรีม และเป็นผลจากกระบวนการเกิดเจลลาตินซ์ของแป้งในนํ้านมข้าวกล้อง ค่า L^* , a^* และ b^* ของแต่ละ Treatment ไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ค่าไอเวอร์รีน และอัตราการละลาย มีแนวโน้มที่ลดลงเมื่อใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย ส่งผลให้ปริมาณของแข็งลดลง

3. ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดในไอศกรีมหน้านมข้าวกล้องที่ มีการใช้สารให้ความหวานทดแทนน้ำตาลทราย ในแต่ละสูตรมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ดังนี้ 1.80×10^3 , 1.25×10^3 , 1.60×10^3 , 1.45×10^3 และ 1.60×10^3 โคโลนีต่อกรัม ตามลำดับ ซึ่งปลอดภัยและผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 222) พ.ศ. 2544 เรื่องไอศกรีมซึ่งกำหนดไว้ไม่เกิน 6×10^5 โคโลนีต่อกรัม

4. การทดสอบคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส ความเรียบเนียน เนื้อสัมผัส และความชอบรวม พบว่า ผู้ทดสอบชิมให้คะแนนความชอบไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง ใน Treatment ที่ 5 มากที่สุด ซึ่งมีปริมาณสารให้ความหวานร้อยละ 100

บรรณานุกรม

- ฉวีวรรณ จิตยพันธุ์กุล. 2540. **ซูคราโลสวัตถุให้ความหวานจัดชนิดใหม่**. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา : กรุงเทพฯ ฯ.
- นิตยาภรณ์ ล้อมแสงพราว. 2535. **การผลิตและแนวทางการใช้มอลโทเดกซ์ทริน** . ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ, คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ.
- นिरนาม ก. 2550. **ข้าว**.ท[Online]. Available : <http://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%82%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%A7>. [2550, เมษายน 26].
- นिरนาม ข. 2550. **มอลทิทอล**. [Online]. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Maltitol> [2550, ธันวาคม 22].
- นุพันธ์ เหมือนด้วง. 2549. **ผลของอัตราส่วนของมอลโตเดกซ์ทรินและกลูโคสไซรัปต่อคุณภาพของไอศกรีมน้ำมันข้าวไขมันต่ำ**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร : กรุงเทพฯ.
- ประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 222. 2544. **เรื่อง ไอศกรีม**. กระทรวงสาธารณสุข : กรุงเทพฯ.
- ภัทรานิ เลิศพัฒน์คม. 2544. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวจากปลายข้าวหอมมะลิ ถั่วลิสงและปลากระตัง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ.
- ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. 2540. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ : กรุงเทพฯ.
- วรรณา ตั้งเจริญชัย และวิบูลย์ศักดิ์ กาวิละ. 2531. **นมและผลิตภัณฑ์นม**. โอ เอส พรีนติ้งเฮาส์ : กรุงเทพฯ.
- วีระศักดิ์ หอมสมบัติ. 2543. **เอกสารประกอบการจัดงานอุตสาหกรรมข้าว**. 29 กุมภาพันธ์ 2543. ศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี สถาบันวิจัยข้าวร่วมสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตร เขตที่ 6 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- ศรีสมร แซ่ลิ้ม. 2543. **ข้าวกล้อง**. สำนักพิมพ์แสงแดด : กรุงเทพฯ.
- ศิริภา คำคง. 2549. **การผลิตไอศกรีมไขมันต่ำเสริมไฟเบอร์จากลูกสำรอง**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร : กรุงเทพฯ.
- ศิวาพร ศิวเวช. 2546. **วัตถุดิบอาหาร เล่ม 1**. ศูนย์ส่งเสริมและอบรมการเกษตรแห่งชาติ : นครปฐม.

- สายฝน มากขุนทด. 2547. **นํ้านมข้าวกล้องผสมคาราจีแนนรสนชาเขียว**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร : กรุงเทพฯ.
- สาวิตรี สีนหมู่. 2549. **การใช้นํ้าข้าวกล้องทดแทนนํ้านมถั่วเหลืองในเต้าหู้ยัก**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, มหาวิทยาลัยราชภัฏ-พระนคร : กรุงเทพฯ.
- สัจชัย จตุรสิทธิ์. 2543. **เทคโนโลยีเนื้อสัตว์**. ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : เชียงใหม่.
- สุวรรณ สุภิมากรม. 2530. **ไอศกรีม**. [Online]Available: <http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf257.htm>. 23 มิถุนายน 2547.
- หนึ่งฤทัย ศรีทองทิพย์. 2545. **ข้าวตังทรงเครื่องจากข้าวกล้อง**. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร, สถาบันราชภัฏพระนคร : กรุงเทพฯ.
- อรพิน ภูมิ และประเสริฐ อธิศิวกุล. 2530. **ภาชนะบรรจุอาหาร**. กองวิเคราะห์อาหาร, กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. กระทรวงวิทยาศาสตร์ : กรุงเทพฯ.
- อรอนงค์ นัยวิกุล. 2532. **ข้าวสาลี**. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์: กรุงเทพฯ.
- อดิศักดิ์ เอกโสวรรณ. 2542. **อาหารพลังงานต่ำ**. มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. ที พี เอ็น เพรส. กรุงเทพฯ. 263 หน้า.
- อภัสณี บุญญารกุล. 2536. **สารให้ความหวานในอาหาร**. โอเดียนสโตร์ : กรุงเทพมหานคร.
- AOAC. 2000. **Official Methods of Analysis**. 17thed, The Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Andreasen, T.G., and H. Nielsen. 1992. Ice cream and Aerated Desserts. In : the technology of Dairy Products. Early, R. (ed) VCH Publisher, Inc., New York. 197 – 220.
- Arbuckle, W. S. 1986. **Ice Cream**. 4th ed., The AVI Publishing Co., Inc., Westport. 296 P.
- Armbruster, F.C. 1974 . **Processfor Producing Non Waxy Starch Hydrolysates**. U.S. Patent. No. 3,853,760.
- Bradrie, N.and W.A. Mellowes.1992 . **Casava starch or amylase effect on Characteristic of cassava**. J. Food Sci. 57(1) : 103-106.
- Baer, R.J., M.D. Wolkow, and K.M. Kasperson. 1997. Effect of emulsifier on the body and texture of low fat ice cream. J. Dairy Sci. 80 : 3123 – 3132.

- Davies, E., E. Dickinson, and R. Beeb. 2000. Shear stability of sodium caseinate emulsions containing monoglyceride and triglyceride crystals. *Food Hydrocolloids*. 14 : 145-153.
- Donhowe, D.P., R.W. Hartel, and Jr. R.L. Bradley. 1991 Determination of ice crystal size distributions in frozen desserts. *J. Dairy Sci.* 74 : 3334 – 3344.
- Garcia, R.S., R.T. Marshall and H. Heymann. 1995. **Lowfat ice cream from freeze-concentration versus heat-concentrated nonfat milk solid.** *J. Dairy Sci.* 78:2345-2351p.
- Grist , D.H. 1975. **Rice.** 5th ed. , Longman , London. 601 p.
- Goff, H.D., McCurdy, M.D. and Gullet, E.A. 1990 **Replacement of carbon-refined corn syrups with ion-exchanged corn syrup in ice cream formulation.** *J. Food Sci.* 55(1990):827-829.
- Goff, HD. 2000. Ice Cream. <http://www.foodsci.uoguelph.ca/dairymedu/icecream.html>
- Juliano, B.O. 1972. **The rice caryopsis and its composition** , pp.17-25. *In* D.F. Houston (ed.). *Rice : Chemistry and Technology*. Amer. Assoc Cereal Chem., St. Paul. Minnesota.
- Juliano, B.O. 1992. **Structure, Chemistry And Fundtion of the Rice Grain and Its Fraction.** *Cereal Chemists*. 37(10) : 772-774.
- Li, Z., R. Marshall, H Heymann, and L. Fernando. 1997. Effect of milk fat content on flavor perception of vanilla ice cream. *J. Dairy Sci.* 80 : 3133 – 3141.
- Maiden, A.N. 1970 . **Food and Fermentation applications of starch hydrolysates** , pp.3-4.
- Marshall, R. T. and W. S. Arbuckle. 1996 . **Ice Cream.** 5th ed., International Thomson Publishing, New York. 349p.
- Olsen, S. 1993. Properties and analysis. **Encyclopaedia of Food Science Food Technology and Nutrition.** vol. 4 (1993) : 2461 – 2465.
- Pszczola, A. 1991. **Rice – derived ingredient produces fatty texture and mouthfell for Use in low- fat application.** *Food Techno.* 45(8) : 264-265.
- Raeaille, A. 1991 . **Maltodextrin as partial fat replacement in food products.** **Proceeding of Food Ingredient Asia.** , Thailand. 68 p.
- Reichelt, J.R.1983. Starch, pp. 374-396. *In Industrial Enzymology.* Macmillan Publishers. England.

Ronald S. K. and S. Ronald. 1991. **Pearson ' s Composition and Analysis of Foods.**

Longman Scientific & Technical, England. 602p.

Whistler, R.L., and Daniel, J.R. 1990. **Function of Polysaccharides in Foods.** Food

Additives. Marcel Dekker : Newyork. pp.395-423.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

ส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

ตารางภาคผนวกที่ 1 ส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

	Treatment	Treatment	Treatment	Treatment	Treatment
ส่วนผสม	1	2	3	4	5
(ร้อยละ)	Kontrol	Kontrol	Kontrol	Kontrol	Kontrol
	ร้อยละ 0	ร้อยละ 25	ร้อยละ 50	ร้อยละ 75	ร้อยละ 100
1. นํ้านมข้าวกล้อง	68	69.33	70.65	71.98	73.30
2. หางนมผง	11	11	11	11	11
3. มอลโทเดกซ์ตริน	10	10	10	10	10
4. CMC	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
5. นํ้าตาลทราย	10.6	7.95	5.3	2.65	0
6. Kontrol	0	1.33	2.65	3.98	5.3

ที่มา : ดัดแปลงจาก Marshall *et al.* (1996)

ภาคผนวก ข.

วิธีวิเคราะห์ทางเคมี กายภาพ จุลินทรีย์

ข1. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (ดัดแปลงวิธีของ Ronald and Ronald, 1991)

1.1 อุปกรณ์

1.1.1 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

1.1.2 โถดูดความชื้น (desiccator)

1.1.3 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance รุ่น AY220 Shimadzu, Japan)

1.1.4 ชุดอุปกรณ์การสกัดไขมันแบบใช้กรวยแยก

1.1.5 ถ้วยอลูมิเนียม (ที่อบจนน้ำหนักคงที่และทราบน้ำหนักแล้ว)

1.1.6 แผ่นให้ความร้อน (hot plate)

1.2 สารเคมี

1.2.1 ปีโตรเลียมอีเทอร์ (petroleum ether)

1.2.2 เอธิล อีเทอร์ (ethyl ether)

1.2.3 เอทานอล (ethanol)

1.2.4 แอมโมเนีย (ammonia)

1.3 การเตรียมตัวอย่าง

1.3.1 นำตัวอย่างไอศกรีมมาวางให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง

1.3.2 ชั่งตัวอย่างไอศกรีมประมาณ 5 กรัม ใส่ลงในปิកเกอร์และเติมน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้ได้ประมาณ 10 กรัม แล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณไขมันต่อไป

1.4 วิธีการวิเคราะห์

1.4.1 นำถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด อบในตู้อบลมร้อนนาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_1)

1.4.2 นำตัวอย่างไอศกรีมที่ปรับปริมาตรแล้วใส่ลงในปิกเกอร์ประมาณ 10 กรัม (W_2) แล้วใส่ลงในกรวยแยก

1.4.3 บีบอัดแอมโมเนีย 1.25 มิลลิลิตร ใส่ในปิกเกอร์ตัวอย่าง แล้วเทลงในกรวยแยก

1.4.4 เขย่า (ในขณะที่ทำการเขย่านั้นต้องค่อยๆ และต้องหมุนก๊อกที่ตัวกรวยแยกให้อากาศออกอยู่เสมอ)

1.4.5 ตวงเอทานอล 10 มิลลิลิตร เทใส่ในกรวยแยก (ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.4.4)

1.4.6 ตวงเอธิลอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร เทใส่ในกรวยแยก (ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.4.4)

1.4.7 ตวงปีโตรเลียมอีเทอร์ 25 มิลลิลิตร เทใส่ในกรวยแยก (ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.4.4)

1.4.8 ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างแยกชั้น ประมาณ 30 นาที

1.4.9 ไขก๊อกเอาส่วนล่างแยกไว้จนเหลือแต่ชั้นบนที่ใส นำส่วนที่ใสใส่ในถ้วย-อลูมิเนียม แล้วนำไปประเหยบนแผ่นให้ความร้อน (ที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก) จนแห้ง

1.4.10 นำส่วนล่างที่แยกไว้เทใส่ลงในกรวยแยก

- 1.4.11 ตวงเอทานอล 1 มิลลิลิตร เทใส่ในกรวยแยก (ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.4.4)
- 1.4.12 ตวงเอทิลอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร เทใส่ในกรวยแยก (ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.4.4)
- 1.4.13 ตวงปิโตรเลียมอีเทอร์ 15 มิลลิลิตร เทใส่ในกรวยแยก (ทำเช่นเดียวกับข้อ 1.4.4)
- 1.4.14 ตั้งทิ้งไว้ให้ตัวอย่างแยกชั้น ประมาณ 30 นาที
- 1.4.15 ไขก๊อกเอาส่วนล่างแยกไว้จนเหลือแต่ชั้นบนที่ใส นำส่วนที่ใสใส่ในถ้วยอลูมิเนียม (ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมข้อ 1.4.9) แล้วนำไปประเหยบนแผ่นให้ความร้อน (ที่อุณหภูมิไม่สูงมากนัก) จนแห้ง
- 1.4.16 นำถ้วยอลูมิเนียมที่ระเหยจนแห้งแล้ว (จากข้อ 1.4.15) ออบในตู้อบลมร้อนนาน 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น และชั่งน้ำหนักที่แน่นอน (W_3)

1.5 วิธีคำนวณร้อยละของไขมัน

$$\text{ปริมาณไขมันคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{(W_3 - W_1) \times 100}{W_2}$$

เมื่อ W_1 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียม (กรัม)

W_2 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

W_3 คือ น้ำหนักถ้วยอลูมิเนียมหลังนำไปอบ (กรัม)

ข2. การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน (AOAC., 2000)

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 อุปกรณ์ย่อยโปรตีนประกอบด้วยเตาย่อย (VELP DK 6) (Gerhardt, Germany) และเครื่องดักจับไออกรด (TUR/K, Germany)

2.1.2 อุปกรณ์กลั่นโปรตีน (kjeldahl distillation apparatus) (รุ่น Vapodest 30, Germany)

2.1.3 ขวดรูปชมพู่ (erlenmeyer flask) ขนาด 250 มิลลิลิตร

2.1.4 โถดูดความชื้น (desiccators)

2.1.5 กระบอกตวง (graduated cylinder) ขนาด 100 มิลลิลิตร

2.1.6 บิวเรต (burette) ขนาด 50 มิลลิลิตร

2.1.7 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance รุ่น AY220 Shimadzu, Japan)

2.2 สารเคมี

2.2.1 สารผสมระหว่างคอปเปอร์ซัลเฟต ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 0.5 กรัม และโพแทสเซียมซัลเฟต (K_2SO_4) 6.5 กรัม

2.2.2 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น ($\text{conc. H}_2\text{SO}_4$)

2.2.3 โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 40 (NaOH)

2.2.4 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N (HCl)

2.2.5 กรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 (H_3BO_3)

2.2.6 อินดิเคเตอร์ผสมระหว่างสารเมทิลเรด เมทิลีนบลูและโบรโมคลีซอลกรีน 2.3
การเตรียมอินดิเคเตอร์ผสม

2.3.1 ชั่งเมทิลเรด 0.152 กรัม และเมทิลีนบลู 0.082 กรัม ละลายในเอทิลแอลกอฮอล์
เข้มข้นร้อยละ 95 ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.3.2 ชั่งโบรโมคลีซอลกรีน 0.1 กรัม ละลายในน้ำกลั่น ปริมาตรเป็น 100
มิลลิลิตร

2.3.3 ผสมสารละลายจากข้อ 2.3.1 และ 2.3.2 ในอัตราส่วนข้อ 2.3.1 ต่อข้อ 2.3.2
ปริมาตรเท่ากับ 5 : 2

2.4 การเตรียมสารละลาย 0.1 N HCl

เลือกขวดปรับปริมาตรขนาด 1 ลิตร ที่สะอาดบรรจุน้ำกลั่นครึ่งขวด ใช้ปิเปตไซกรด
ไฮโดรคลอริก (AR-grade) เข้มข้น จำนวน 8.2 มิลลิลิตร ลงในขวดที่มีน้ำกลั่นอยู่ผสมโดยหมุนขวด
ซ้ำๆ ปรับปริมาตรให้ถึงปริมาตรด้วยน้ำกลั่น ผสมให้เข้ากันโดยปิดจุกให้แน่นคว่ำขวดไปมา
สารละลายนี้มีความเข้มข้นโดยประมาณ 0.1 N

2.5 Standardization สารละลายกรด HCl โดยใช้โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

เลือกปิเปตสะอาดและแห้ง กลั้วด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่เตรียมได้ ไซกรด
ออกจากปิเปต บรรจุปิเปตด้วยกรดจนถึงขีดที่สามารถอ่านตัวเลขได้ง่ายนำโซเดียมคาร์บอเนตไปอบ
ในตู้อบลมร้อนที่ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้น ชั่งโซเดียม-
คาร์บอเนตประมาณ 0.13 กรัม ด้วยเครื่องชั่งละเอียด เติมน้ำกลั่นประมาณ 20 มิลลิลิตร เขย่าให้
ละลายโดยระวังไม่ให้กระเด็น หยดอินดิเคเตอร์ที่เตรียมไว้สามหยด อินดิเคเตอร์นี้มีสีเขียวใน
สารละลายต่าง และเปลี่ยนไปเป็นสีม่วงอมชมพูในสารละลายกรด นำไปไตเตรตกับกรดโดยในช่วงแรก
เมื่อเปลี่ยนสีเป็นสีม่วงอมชมพู ให้นำไปตั้งบนแผ่นให้ความร้อนจนสารละลายกลับมาเป็นสีเขียว
เหมือนเดิม ทิ้งไว้ให้เย็นนำไปไตเตรตต่อจนกระทั่งเปลี่ยนสีเป็นสีม่วงอมชมพู จดบันทึกปริมาตรของ
กรดที่ใช้ทั้งหมด ทำการทดลองซ้ำ

2.6 การคำนวณความเข้มข้นกรด HCl

มวลโมเลกุลของโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) เท่ากับ 106 แต่มีน้ำหนักสมมูลย์เท่ากับ
53.0 นั่นคือ สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้น 1 N จำนวน 1000 มิลลิลิตร มีปริมาณสาร 53.0
กรัม

ให้	y	=	กรัมของโซเดียมคาร์บอเนต
	x	=	มิลลิลิตร ของไฮโดรคลอริกที่ต้องใช้ทำปฏิกิริยากับ โซเดียมคาร์บอเนต y กรัม
	z	=	ค่าเป็นนอร์มัลของกรดไฮโดรคลอริกที่เตรียมได้จริง

จากการไตเตรท y กรัม โซเดียมคาร์บอเนตถูกทำให้สะเทินด้วย x มิลลิลิตร ของ z N HCl จำเป็นต้องคำนวณปริมาณกรดที่ถูกทำให้สะเทินด้วยโซเดียมคาร์บอเนต 53.0 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{x \cdot 53.0}{y}$ มิลลิลิตร ของ z N HCl

เนื่องจาก 1000 มิลลิลิตร ของ 1 N โซเดียมคาร์บอเนตประกอบด้วยสาร 53.0 กรัม ดังนั้น 1000 มิลลิลิตร ของ 1 N โซเดียมคาร์บอเนตถูกทำให้สะเทินด้วย $\frac{x \cdot 53.0}{y}$ มิลลิลิตร

จะได้สมการดังนี้

$$\frac{x \cdot 53.0}{y} \text{ มิลลิลิตร ของ } z \text{ N HCl} = 1000 \text{ มิลลิลิตร ของ } 1 \text{ N HCl}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น HCl (M)} = \frac{18.868 \times W_1}{(A_1 + A_2)}$$

A_1 = ปริมาตรของ HCl ไตเตรทครั้งแรก

A_2 = ปริมาตรของ HCl ไตเตรทครั้งสอง

W_1 = น้ำหนักของ Na_2CO_3

2.7 การเตรียมตัวอย่าง

2.7.1 นำตัวอย่างไอศกรีมมาวางให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง

2.7.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไอศกรีม ประมาณ 1 - 2 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับย่อยโปรตีน แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนต่อไป

2.8 วิธีการวิเคราะห์

2.8.1 ขั้นตอนการย่อย

2.8.1.1 ชั่งตัวอย่างไอศกรีมให้ได้น้ำหนักแน่นอนประมาณ 1-2 กรัม ใส่ลงในหลอดย่อยโปรตีน

2.8.1.2 เติม catalyst ซึ่งเป็นส่วนผสมของ โพแทสเซียมซัลเฟต 6.5 กรัม กับ คอปเปอร์ซัลเฟต 0.5 กรัม ในลักษณะเม็ด

2.8.1.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาณ 20 มิลลิลิตร

2.8.1.4 วางหลอดย่อยโปรตีนในเตาย่อยแล้วประกอบสายยางระหว่างสายครอบเครื่องดักจับไอกรดให้เรียบร้อย

2.8.1.5 เปิดสวิตช์เครื่องดักจับไอกรดและเตาย่อยตั้งอุณหภูมิและเวลาย่อยจนสารละลายใส

2.8.1.6 ปลอยทิ้งให้เย็น

2.8.1.7 เติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร เก็บไว้กลั่นต่อไป

2.8.1.8 ทำ blank ด้วย (ขั้นตอนที่ 2 - 7 ไม่ต้องเติมตัวอย่าง)

2.8.2 ขั้นตอนการกลั่นและการไตเตรท

2.8.2.1 นำสารละลายตัวอย่างที่ย่อยได้ใส่ลงในช่องใส่ตัวอย่างแล้วเติมโซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป จนกระทั่งเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลให้ได้ประมาณ 150 มิลลิลิตร

2.8.2.2 นำขูดรูปชมพูขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุกรดบอริกเข้มข้นร้อยละ 4 ปริมาณ 20 มิลลิลิตร และเติมอินดิเคเตอร์ 2 - 3 หยด แล้วนำไปกรองรับของเหลวที่กลั่นได้ให้ส่วนปลายของอุปกรณ์ควบแน่นจุ่มลงในสารละลายกรดนี้

2.8.2.3 เปิดสวิตช์ให้ความร้อนและเปิดน้ำหล่อเย็นควบแน่น

2.8.2.4 นำไปกลั่น โดยเก็บของเหลวที่กลั่นได้ประมาณ 150 มิลลิลิตร

2.8.2.5 ไตเตรตสารละลายที่กลั่นได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 N จนสารละลายเปลี่ยนเป็นสีม่วง

2.9 วิธีคำนวณหาปริมาณโปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{(A - B) \times N \times 14.007 \times F}{W \times 10}$$

เมื่อ A = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
 B = ปริมาณกรดที่ใช้ไตเตรทกับ blank (มิลลิลิตร)
 N = ความเข้มข้นของกรด (N)
 F = แฟกเตอร์ของตัวอย่างใช้ 6.2
 W = น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น

ตารางภาคผนวกที่ 2 แฟกเตอร์ที่ใช้คำนวณหาปริมาณโปรตีนสำหรับอาหารชนิดต่าง ๆ

อาหาร	แฟกเตอร์
ธัญพืช	
แป้งสาลีจากข้าวทั้งเมล็ด	5.83
มักกะโรนีและสปาเก็ตตี้	5.70
ข้าวเจ้าและผลิตภัณฑ์	5.95
ข้าวไรท์และผลิตภัณฑ์	5.83
นมและพืชเมล็ด	
ถั่วเหลืองและผลิตภัณฑ์	5.71
แอลมอนด์	5.18
บราซิลินัท	5.46
มะพร้าว	5.30
เมล็ดงา ทานตะวัน คำฝอย และอื่นๆ	5.30
นมและผลิตภัณฑ์	6.38
อาหารอื่นๆ	6.25

ข3. การวิเคราะห์หาปริมาณของเยื่อใย (AOAC., 2000)

3.1 อุปกรณ์

3.1.1 ชุดสกัดเยื่อใย (VELP)

3.1.2 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Electronic analytical balance รุ่น AY220 Shimadzu, Japan)

3.1.3 แผ่นให้ความร้อน (hot plate)

3.2 สารเคมี

3.2.1 กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) เข้มข้นร้อยละ 1.25

3.2.2 โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) เข้มข้นร้อยละ 1.25

3.3 การเตรียมตัวอย่าง

3.3.1 นำตัวอย่างไอศกรีมมาวางให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง

3.3.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไอศกรีม ประมาณ 2 - 5 กรัม ใส่ในถ้วยเยื่อใยที่อบและทราบน้ำหนักแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณเยื่อใยต่อไป

3.4 วิธีวิเคราะห์

3.4.1 ชั่งตัวอย่างน้ำหนักไอศกรีมประมาณ 2 - 5 กรัม ใส่ในถ้วยแก้ว โดยหักน้ำหนักถ้วยแก้วออกแล้ว (F_0)

3.4.2 ใส่ถ้วยแก้วลงในหลุมทุกหลุม โดยปรับคานด้านซ้ายของเครื่องขึ้นข้างบนก่อนเมื่อวางถ้วยแก้วเรียบร้อยแล้ว กดคานลงจนสุด

3.4.3 เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้นร้อยละ 1.25 ประมาณ 150 มิลลิลิตร ที่ทำให้ร้อนไว้แล้วลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์

3.4.4 เปิดน้ำหล่อเย็นให้มีอัตราการไหลประมาณ 2 ลิตรต่อนาที เปิดสวิตช์และเปิดปั๊มให้ความร้อนตามเข็มนาฬิกาไปที่เลข 9

3.4.5 ต้มจนเดือดจึงลดไฟลงไปที่เลข 4 แล้วต้มต่อไปอีก 30 นาที ตั้งเวลาโดยหมุนปุ่มตั้งเวลาตามเข็มนาฬิกาไปที่เลข 30

3.4.6 กรองเอาสารละลายออก โดยเปิดสวิตช์ vacuum แล้วเปิดลิ้นไปที่ vacuum กรองเสร็จแล้วปิดลิ้นและปิดสวิตช์กลับไปตำแหน่งเดิม

3.4.7 ล้างด้วยน้ำกลั่นร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 30 มิลลิลิตร โดยเปิดสวิตช์ pressure และเปิดลิ้นไปที่ pressure เสร็จแล้วปิดลิ้นและปิดสวิตช์กลับมาที่ตำแหน่งเดิม

3.4.8 เติมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1.25 ประมาณ 150 มิลลิลิตรที่ ทำให้ร้อนไว้แล้วลงในท่อแก้วคอนเดนเซอร์

3.4.9 ทำตามขั้นตอนที่ 3.4.5 - 3.4.7 ซ้ำ

3.4.10 ล้างด้วยน้ำกลั่นเย็น 1 ครั้ง ประมาณ 30 มิลลิลิตร

3.4.11 เเผาในเตาเผาที่ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นใน โถดูดความชื้น

3.4.12 ชั่งน้ำหนัก (F_2) เป็นน้ำหนักของถ้ำ

3.5 วิธีคำนวณปริมาณเยื่อใย

$$\text{ปริมาณเยื่อใย (ร้อยละ)} = \frac{(F_1 - F_2)}{F_0} \times 100$$

เมื่อ F_0 คือ น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)

F_1 คือ น้ำหนักของถ้ำยแก้วและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

F_2 คือ น้ำหนักของถ้ำยแก้วและตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

ข4. การวิเคราะห์ปริมาณถ้ำ (AOAC., 2000)

4.1 อุปกรณ์

4.1.1 เตาเผา (muffle furnace)

4.1.2 ถ้ำยกระเบื้องเคลือบ (porcelain crucible)

4.1.3 โถดูดความชื้น (desiccators)

4.1.4 แผ่นให้ความร้อน (hot plate)

4.1.5 เครื่องชั่งละเอียดชนิด 4 ตำแหน่ง (Electronic analytical balance รุ่น AY220 Shimadzu, Japan)

4.2 การเตรียมตัวอย่าง

4.2.1 นำตัวอย่างไอศกรีมมาวางให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง

4.2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไอศกรีมประมาณ 1 - 2 กรัม ใส่ในถ้ำยกระเบื้องเคลือบที่ ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณถ้ำต่อไป

4.3 วิธีวิเคราะห์

4.3.1 เเผาถ้ำยกระเบื้องเคลือบในเตาที่เผาที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลา ประมาณ 3 ชั่วโมง ปิดสวิทช์เตาเผาแล้วรอประมาณ 30-40 นาที เพื่อให้อุณหภูมิภายในเตาเย็น ลดลงก่อน แล้วนำออกจากเตาเผาใส่ในโถดูดความชื้น ปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วชั่งน้ำหนัก

4.3.2 เเผาซ้ำอีกครั้งประมาณ 1 ชั่วโมง และกระทำเช่นข้อ 1 จนได้ผลต่างน้ำหนัก ทั้ง สองไม่เกิน 3 มิลลิกรัม

4.3.3 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไอศกรีมให้ได้น้ำหนักที่แน่นอนประมาณ 1 กรัม ใส่ใน ถ้ำย กระเบื้องเคลือบซึ่งทราบน้ำหนักแล้ว นำไปเผาในบนแผ่นให้ความร้อนจนหมดควันจึงนำเข้าเตาเผา ตั้งอุณหภูมิเตาเผาไว้ที่ 550 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง และกระทำเช่นเดียวกับข้อ 4.3.1 และ 4.3.2

4.4. วิธีการคำนวณหาปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้าคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก} = \frac{\text{น้ำหนักตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

ข5. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมด (AOAC., 2000)

5.1 อุปกรณ์

5.1.1 เครื่องชั่งละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (electronic analytical balance รุ่น AY220 Shimadzu, Japan)

5.1.2 ถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด (moisture can)

5.1.3 โถดูดความชื้น (desiccators)

5.1.4 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)

5.1.5 เครื่องอ่างไอน้ำ (water bath)

5.2 การเตรียมตัวอย่าง

5.2.2 นำตัวอย่างไอศกรีมมาวางให้ละลายที่อุณหภูมิห้อง

5.2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างไอศกรีม ประมาณ 2-5 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดต่อไป

5.3 วิธีวิเคราะห์

5.3.1 นำถ้วยอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่ในโถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนักที่แน่นอน

5.3.2 ชั่งตัวอย่างไอศกรีมประมาณ 2-5 กรัม ใส่ลงในถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอนแล้ว

5.3.3 อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำออกมาใส่โถดูดความชื้น ชั่งน้ำหนัก

5.3.4 ทำซ้ำอีกครั้งละ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งผลต่างของน้ำหนักไม่เกิน 3 มิลลิกรัม

5.4 วิธีคำนวณหาปริมาณของแข็งทั้งหมด

$$\text{ของแข็งทั้งหมดร้อยละ} = \frac{(\text{น้ำหนักถ้วย} + \text{น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ}) - \text{น้ำหนักถ้วย}}{\text{น้ำหนักของตัวอย่างเริ่มต้น}} \times 100$$

ข6. การวัดค่าความหนืด (Goff *et al.*, 1990)

วัดความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 4 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 18 ชั่วโมง โดยเครื่องวัดความหนืด Rotational Viscometer ใช้หัวหมุนเบอร์ 3 (R3) ความเร็วรอบการหมุน 12 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้อ่านหลังมอเตอร์หมุน 20 วินาที โดยควบคุมอุณหภูมิไอศกรีมมิกซ์ขณะทดสอบที่ 4 ± 0.5 องศาเซลเซียส วัด Treatment ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

ข7. การวัดค่าสี L^* a^* b^* โดยใช้เครื่อง Minolta CR-10 japan

7.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างไอศกรีมหลังผ่านการแช่แข็ง 24 ชั่วโมง มาวัดค่าสีโดยนำหัววัดมากดลงบนผลิตภัณฑ์โดยผ่านถุงพลาสติก แล้วนำมาอ่านค่าสีที่อุณหภูมิห้อง 25 ± 1 องศาเซลเซียสโดยวัด Treatment ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

7.2 อุปกรณ์

เครื่องวัดค่าสี Minolta CR-10 japan

7.3 ขั้นตอนการใช้เครื่องวัดสี (คู่มือการใช้เครื่องวัดสี Minolta CR-10 japan)

7.3.1 เปิดเครื่องโดยการกดปุ่ม power หน้าจอจะปรากฏ “Target พร้อมแสดงระบบ Lab”

7.3.2 นำหัววัดของเครื่องวัดสีวางบนชิ้นงานตัวอย่างที่ต้องการวัด

7.3.3 กดปุ่ม Enter เพื่อทำการวัดและแสดงผลบนหน้าจอ

7.3.4 เครื่องจะทำการวัดและแสดงผลค่าสี Lab บนหน้าจอทันทีผล

ข8. การวัดค่าโอเวอร์รัน (Arbuckle, 1986)

ชั่งน้ำหนักไอศกรีมมิกซ์ในถ้วยที่ทราบน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักไอศกรีมเหลวและเมื่อปั่นให้แข็งตัวตักไอศกรีมที่ได้ในถ้วยพลาสติกใบเดิม ชั่งน้ำหนักอีกครั้ง นำข้อมูลไปคำนวณค่าโอเวอร์รันดังสมการต่อไปนี้ วัด Treatment ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

$$\text{โอเวอร์รัน (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมมิกซ์} - \text{น้ำหนักไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times 100$$

ข9. การวัดอัตราการละลาย (Garcia *et al.*, 1995)

นำไอศกรีมที่ผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ -25 ± 1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และทราบน้ำหนักที่แน่นอน วางบนตะแกรงลวดที่อยู่บนกรวยซึ่งรองรับด้วยขวดรูปชมพู่เปลาเริ่มจับเวลาการละลายเมื่อตัวอย่างควบคุมเริ่มละลาย ควบคุมอุณหภูมิห้องให้อยู่ที่ 25 ± 1 องศาเซลเซียส ชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายทุก 5 นาที เป็นเวลา 50 นาที ข้อมูลที่ได้นำไปหาอัตราการละลายวัด Treatment ละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ตัวอย่าง

$$\text{อัตราการละลาย (กรัมต่อนาที)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย}}{\text{เวลาที่ละลาย}}$$

ข10. วิธีวิเคราะห์จุลินทรีย์ทั้งหมด (AOAC., 2000)

1. อาหารเลี้ยงเชื้อ

- 1.1 อาหารเลี้ยงเชื้อ plate count agar
- 1.2 น้ำกลั่น (distilled water)
- 1.3 แอลกอฮอล์ (alcohol)

2. อุปกรณ์

- 2.1 จานเพาะเชื้อ (plate)
- 2.2 ขวดรูปชมพู่ (erlenmayer flask)
- 2.2.3 ปิเปต (pipete)
- 2.4 ลูกยาง (rubber ball)
- 2.5 ตะเกียงแอลกอฮอล์ (alcohol burner)
- 2.6 กระบอกตวง (graduated cylinder)
- 2.7 สำลี (cotton wool)
- 2.8 ตู้อบลมร้อน (hot air oven)
- 2.9 หลอดทดลอง (test tube)
- 2.10 ถุงพลาสติก (plastic bag) หนึ่งยาง
- 2.11 ที่วางหลอดทดลอง (rack)
- 2.12 ตู้บ่มเชื้อ (incubator)
- 2.13 หม้อนึ่งความดัน (autoclave)
- 2.14 ปีกเกอร์ (beaker)

3 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

- 3.1 นำอาหารเลี้ยงเชื้อมาละลายในน้ำกลั่น
- 3.2 ต้มให้เดือด และให้ส่วนผสมละลายหมด
- 3.3 บรรจุขวดทำการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที

4 วิธีการตรวจ

4.1 สุ่มตัวอย่างที่ต้องการตรวจวิเคราะห์ 25 กรัม ที่มีน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว 225 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันจะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 10^{-1} แล้วนำไปทำการเจือจางจนได้สารละลายที่มีความเข้มข้นที่ต้องการคือ 10^{-2} , 10^{-3} และ 10^{-4}

4.2 นำ dilution ที่เตรียมได้คือ 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} และ 10^{-4} แล้วใส่ลงในจานเพาะเชื้อทุก dilution ๑ ละ 1 มิลลิลิตรต่อจานเพาะเชื้อ

4.3 เทอาหารเลี้ยงเชื้อ PCA ที่หลอมละลายแล้ว ที่มีอุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส แล้วนำมาเทลงในจานเพาะเชื้อ ให้ได้ประมาณ 10 - 15 มิลลิลิตร ต่อจานเพาะเชื้อผสมให้เข้ากัน

4.4 เมื่อ PCA แข็งตัวนำเข้าตู้บ่มเชื้อ (incubator) อุณหภูมิ 35 - 37 องศาเซลเซียส นาน 24 - 48 ชั่วโมง

4.5 การอ่านผลจะต้องเลือกนับปริมาณจุลินทรีย์ที่มีโคโลนีช่วง 30 - 300 โคโลนีต่อจานเพาะเชื้อ จาก dilution ที่เหมาะสม และคำนวณเป็นโคโลนีต่อกรัม

ภาคผนวก ค.
แบบทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส

การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ชื่อผู้ทดสอบชิม : วันที่

ชื่อผลิตภัณฑ์ : ไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

คำชี้แจง : กรุณาชิมตัวอย่างจากซ้ายไปขวาและให้ระดับความชอบต่อผลิตภัณฑ์แต่ละตัวอย่างให้สเกลที่เหมาะสมเพื่อแสดงให้เห็นว่าท่านมีความรู้สึกชอบและไม่ชอบต่อผลิตภัณฑ์ในระดับใด กรุณาแสดงความคิดเห็น

9 = ชอบมากที่สุด

8 = ชอบมาก

7 = ชอบปานกลาง

6 = ชอบเล็กน้อย

5 = เฉย ๆ

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย

3 = ไม่ชอบปานกลาง

2 = ไม่ชอบมาก

1 = ไม่ชอบมากที่สุด

รหัสตัวอย่าง คุณลักษณะ					
ลักษณะปรากฏ					
สี					
กลิ่นรส					
ความเรียบเนียน					
เนื้อสัมผัส					
ความชอบรวม					

ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ภาคผนวก ง.

ตารางทดสอบความแปรปรวนทางสถิติ

ตารางที่ ง1 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณไขมันของส่วนผสมไอศกรีม

Source of variance	SS	df	Mean Square	F-value	Sig.
REAT	5.639E-02	4	1.410E-02	7.538	.000
Error	4.675E-02	25	1.870E-03		
Total	2.529	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง2 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณโปรตีนของส่วนผสมไอศกรีม

Source	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	9.200E-04	4	2.300E-04	.296	.878
Error	1.942E-02	25	7.767E-04		
Total	6.249	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง3 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณเยื่อใยของส่วนผสมไอศกรีม

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	.210	4	5.239E-02	37.277	.000
Error	3.513E-02	25	1.405E-03		
Total	22.330	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง4 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณเถ้าของส่วนผสมไอศกรีม

Source	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	5.995E-02	4	1.499E-02	1.416	.258
Error	.265	25	1.058E-02		
Total	32.007	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง5 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณของแข็งทั้งหมดของส่วนผสมไอศกรีม

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	167.790	4	41.947	544.989	.000
Error	1.924	25	7.697E-02		
Total	26551.692	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง6 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านปริมาณความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	6027752.000	4	1506938.000	84.471	.000
Error	392472.067	22	17839.639		
Total	159780673.000	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง7 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าสี L* ของไอศกรีมหน้านมข้าวกลิ้ง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	2.595	4	.649	1.062	.398
Error	14.051	23	.611		
Total	169187.460	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง8 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าสี a* ของไอศกรีมหน้านมข้าวกลิ้ง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	8.867E-02	4	2.217E-02	.560	.694
Error	.910	23	3.958E-02		
Total	143.170	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง9 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าสี b* ของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้าง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	3.208	4	.802	1.432	.255
Error	12.879	23	.560		
Total	9677.861	30			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง10 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านโอเวอร์รันของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้าง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	259.423	4	64.856	22.321	.000
Error	23.245	8	2.906		
Total	17297.251	15			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง11 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติค่าอัตราการละลายของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้าง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	5.977E-02	4	1.494E-02	117.974	.000
Error	1.267E-03	10	1.267E-04		
Total	19.968	15			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง12 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ
ของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	2.864	4	.716	1.611	.173
BLOCK	69.024	49	1.409	3.169	.000
Error	87.136	196	.445		
Total	11208.000	250			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง13 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านคะแนนความชอบด้านสี
ของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	7.024	4	1.756	2.535	.042
BLOCK	37.124	49	.758	1.094	.328
Error	135.776	196	.693		
Total	10899.000	250			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง14 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส
ของไอศกรีมหน้านมข้าวกล้อง

Source	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	5.336	4	1.334	2.337	.057
BLOCK	125.776	49	2.567	4.497	.000
Error	111.864	196	.571		
Total	9436.000	250			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง15 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านคะแนนความชอบด้านความเรียบเนียน
ของไอศกรีมหน้านมข้าวกลิ้ง

Source of variance	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	43.000	4	10.750	18.914	.000
BLOCK	97.700	49	1.994	3.508	.000
Error	111.400	196	.568		
Total	10301.000	250			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง16 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านคะแนนความชอบด้านเนื้อสัมผัส
ของไอศกรีมหน้านมข้าวกลิ้ง

Source of variance	SSq	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	61.024	4	15.256	35.024	.000
BLOCK	69.264	49	1.414	3.245	.000
Error	85.376	196	.436		
Total	10176.000	250			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ ง17 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติด้านคะแนนความชอบด้านความชอบรวม
ของไอศกรีมหน้านมข้าวกลิ้ง

Source	SS	df	Mean Square	F	Sig.
TREAT	87.896	4	21.974	35.505	.000
BLOCK	89.696	49	1.831	2.958	.000
Error	121.304	196	.619		
Total	10234.000	250			

ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$)