หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

2.1 ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม

ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม มีความหมายโดยย่อดังนี้ (Winkelmann, 1974 อ้างถึงใน สมฤดี วิบูลพัฒนะวงศ์ ,2540)

1. นมแปลงไขมัน และผลิตภัณฑ์นมแปลงไขมัน (filled milk and filled products) คือ ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม ที่ไขมันบางส่วนหรือทั้งหมด ถูกแทนที่ด้วยไขมันจากพืช

2. ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม (non-dairy imitation milk and non-dairy imitation milk products) คือ ผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกับนม หรือผลิตภัณฑ์นม แต่ไม่มีองค์ประกอบของนม ยกเว้น เคซีเนต

ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม นิยมใช้วัตถุดิบจากพืช ซึ่งอาจใช้ในรูปของเมล็ดพืช เช่นการใช้เมล็ดพืชน้ำมัน และธัญพืชมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเลียนแบบนมโดยตรง หรืออาจใช้ในรูปโปรตีนสกัดจากเมล็ดพืช การพัฒนาผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นมนั้น ต้องการได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกับนมและผลิตภัณฑ์นม เหมาะสำหรับผู้ที่มีอาการแพ้นม (lactose intolerant) อีกทั้งยังมีราคาต้นทุนถูกกว่านมและผลิตภัณฑ์นม (สมชาย ประภาวัต, 2523)

งานวิจัยเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและผลิตภัณฑ์เลียนแบบผลิตภัณฑ์นม

Chan และคณะ (1992) ได้ศึกษาการใช้ pea protein isolate และน้ำมันคาโนลาที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจนในผลิตภัณฑ์ non-dairy frozen dessert โดยมีส่วนประกอบของน้ำตาลร้อยละ 11 กลูโคสซีรัปร้อยละ 11 ไขมันร้อยละ 10.5 pea protein isolate ซึ่งมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 85.0 โดยน้ำหนัก ร้อยละ 5 และอิมัลซิฟายเออร์และสารให้ความคงตัวร้อยละ 0.3 แปรปริมาณของ pea protein isolate ร้อยละ 3.5 5 6.5 และ 8 พบว่าเมื่อใช้ pea protein isolate ร้อยละ 6.5 และ 8 จะได้ไอศกรีมที่มีอัตราการละลายช้า ค่าโอเวอร์รันต่ำ ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์สูง และมีความคงตัวมากเกินไป (overstabilization)

เนื่องจาก pea protein isolate มีโปรตีนและองค์ประกอบอื่นๆ เช่น เส้นใยอาหาร และโอลิโกแซ็กคาไรด์ ซึ่งสามารถจับกับน้ำได้ เมื่อทำงานร่วมกับสารให้ความคงตัวที่มีในสูตร ทำให้ความคงตัวมากเกินไป ถ้าใช้ pea protein isolate ร้อยละ 3.5 – 5 จะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด

สมฤดี วิบูลพัฒนะวงค์ (2540) ได้ศึกษาพัฒนาสูตรและกระบวนการผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนมจากปลายข้าว โดยใช้ปลายข้าวเจ้าที่มีระดับแอมิโลสต่างกัน 3 พันธุ์ คือ ข้าวขาวดอกมะลิ 105 ข้าวขาวตาแห้ง และข้าว กข. 25 พบว่าเครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ผลิตโดยใช้ปลายข้าวขาวดอกมะลิ 105 อัตราส่วนแป้ง: น้ำ 1:14 อุณหภูมิในการให้ความร้อนเบื้องต้น 65 °C นาน 3 นาที ปริมาณน้ำตาลทรายร้อยละ 2.5 และน้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 3.0 เป็นสูตรที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงสุดในด้านเนื้อสัมผัส กลิ่นรส และการยอมรับรวมแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) การโฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 4 bar 1 รอบ และ 1 bar อีก 1 รอบ สามารถทำให้เครื่องดื่มมีความเป็นเนื้อเดียวกัน และมีความคงตัวดี และการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 °C นาน 15 นาที เพียงพอทำให้เครื่องดื่มมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของนมพาสเจอร์ไรซ์ และเนื่องจากข้าวเจ้ามีปริมาณโปรตีนต่ำ จึงต้องมีการเสริมโปรตีนจากแหล่งอื่นเพื่อให้มีคุณค่าทางโภชนาการดีขึ้น และสารที่เลือกใช้คือ โซเดียมเคซีเนต พบว่าเครื่องดื่มที่ใส่โซเดียมเคซีเนตร้อยละ 3.0 เป็นสูตรที่ได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดในทุกลักษณะ และมีปริมาณโปรตีนอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะกับผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงลักษณะปรากฏด้านความคงตัวของผลิตภัณฑ์พบว่าการใช้ REODAN-RS VEG® ซึ่งประกอบด้วย mono-diglyceride, sodium alginate, carrageenan และ guar gum ในปริมาณร้อยละ 0.18 ทำให้เครื่องดื่มมีความคงตัวดี ไม่เกิดการแยกชั้นและตกตะกอนเมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิตู้เย็นเป็นเวลา 7 วัน โดยผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มจากปลายข้าวเจ้าที่พัฒนาขึ้น มีค่า pH เท่ากับ 6.97 ± 0.01 ปริมาณกรดทั้งหมดร้อยละ 0.018 ความหนืด เท่ากับ 15.01 ± 0.03 cps และปริมาณของแข็งทั้งหมด เท่ากับ 9.00 ซึ่งเป็นลักษณะที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ และมีองค์ประกอบทางเคมีเป็น โปรตีนร้อยละ 2.79 ไขมันร้อยละ 2.28 และคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 6.84 ซึ่งเป็นปริมาณที่ใกล้เคียงกับน้ำนม

Wongkhalaung และ Boonyaratanakornkit (2000) ได้ศึกษาพัฒนาโยเกิร์ตจากข้าวพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ ที่ผ่านการย่อย (saccharified) โดยแช่ข้าวในน้ำอัตราส่วน ข้าว: น้ำ เท่ากับ 1 : 2.5 w/w นาน 30 นาที ปรับ pH ให้ได้ 6.5 และให้ความร้อนถึง 90 - 95 °C และเติม

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Termamyl® 0.2 % (Heat stable alpha amylase from *Bacillus licheniformis*) ทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง (คนตลอดเวลา) จากนั้นเติม enzyme amyloglucosidase ที่ 55 °C ปรับ pH เท่ากับ 5.5 บ่มในภาชนะปิด เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กรองตะกอนผ่านตะแกรง 350 mesh และให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 °C นาน 30 นาทีเพื่อเป็นการฆ่าเชื้อโรค และ ยับยั้งเอนไซม์

ข้าวที่ผ่านการย่อยแล้วเมื่อปรับปริมาณของแข็งให้เป็น 18 °Brix ด้วยน้ำตาล และเสริมคุณค่าทางอาหารด้วยเคซีนร้อยละ 3 น้ำมันถั่วเหลืองร้อยละ 3 และ แคลเซียมแลคเตท แล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน จะได้น้ำนมข้าว(rice milk) ซึ่งมีสีของน้ำนมข้าวเหมือนกับน้ำนมที่ได้จากวัว หลังจากนั้นนำไปหมักด้วยเชื้อ *Lactobacillus acidophilus* ร้อยละ 1 และ *L. casei subsp. Rhamnosus* ร้อยละ 1 เติม beta glycerophosphate ร้อยละ 0.5 เพื่อเป็น substrate หมักที่ 37 °C นาน 24 ชั่วโมง เติมเพคตินร้อยละ 1 และสตรอว์เบอร์รี่เชื่อมร้อยละ 20 แต่งสีและกลิ่น ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมี โปรตีนร้อยละ 3.05 ไขมันร้อยละ 2.68 กลูโคสร้อยละ 24.4 น้ำตาลร้อยละ 1.5 แคลเซียม 47 mg/100 g กรดแลคติกร้อยละ 0.86 pH 3.58 และมี lactic bacteria count 7.6×10^7 CFU/g ความหนืด 3,900 cps สามารถเก็บที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 20 วัน โดยไม่เกิดการเสื่อมเสียและแยกชั้น และจากการผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคโดยการเปรียบเทียบกับโยเกิร์ตที่วางขายในท้องตลาดพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p>0.05$)

ศยามล เนตรประภา (2544) ได้พัฒนาเครื่องดื่มจากปลายข้าวหอมมะลิ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มมูลค่าแก่ปลายข้าวหอมมะลิ วัตถุดิบพื้นฐานที่ใช้ในการผลิตเครื่องดื่มจากปลายข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตยคือ แป้งข้าวหอมมะลิ พบว่าสูตรที่เหมาะสมประกอบด้วยแป้งปลายข้าวหอมมะลิ 100 ส่วน ซึ่งเตรียมโดยใช้อัตราส่วน น้ำใบเตยเข้มข้น : แป้ง เท่ากับ 23 : 1 น้ำตาลทรายร้อยละ 8 น้ำมันดอกทานตะวันร้อยละ 2 อิมัลซิฟายเออร์ร้อยละ 0.2 และแคลเซียมแลคเตทร้อยละ 0.92 ของน้ำแป้ง และกรรมวิธีที่เหมาะสมคือ ละลายน้ำแป้งในน้ำใบเตย ต้มในอ่างน้ำเดือดจนน้ำแป้งมีอุณหภูมิ 85 °C คงไว้นาน 6 นาที เติมแคลเซียมแลคเตท น้ำมัน และอิมัลซิฟายเออร์ แล้วปั่นด้วย blender นาน 3 นาที โฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 2500 psi นาน 15 นาที บรรจุใส่ขวดแก้ว ฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 15 วินาที ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตย มีค่าความหนืด 53.8 cps มีค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ 13° Brix pH เท่ากับ 6.57 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดร้อยละ 13.92 และมีโปรตีน ไขมัน เถ้าและแคลเซียมเท่ากับร้อยละ 2.43 2.55 0.34 และ 13 - 64.8 mg/ml ตามลำดับ ผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มมี

จุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์และรา น้อยกว่า 10 CFU/g โคลิฟอร์ม น้อยกว่า 3 MPN/g และไม่ตรวจพบ *S. aureus* และ *E. coli*

จากการศึกษาอายุการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตยที่บรรจุในขวดแก้วที่อุณหภูมิตู้เย็น (4 °C) พบว่าสามารถเก็บได้นาน 6 วัน เพราะผลิตภัณฑ์เริ่มมีการเปลี่ยนแปลงทางด้านลักษณะปรากฏ คือเริ่มมีการแยกชั้นเกิดขึ้น ถึงแม้จะยังตรวจไม่พบเชื้อจุลินทรีย์ในปริมาณที่ทำให้เกิดโรคก็ตาม ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมาย คือ ผู้หญิงอายุตั้งแต่ 30 ปีขึ้นไป ที่อาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 200 คน โดยทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตยเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์น้ำนมข้าวในท้องตลาด พบว่าผู้บริโภคชอบผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำนมข้าวหอมมะลิกลิ่นใบเตยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และชอบผลิตภัณฑ์นมข้าวในท้องตลาดอยู่ในระดับไม่ชอบถึงไม่ชอบเล็กน้อย

อรพิน เกิดชูชื่นและคณะ (2544) ได้ศึกษาการใช้แป้งธัญพืช 5 ชนิด เพื่อผลิตเครื่องดื่มเลียนแบบนม โดยในงานวิจัยนี้ได้เล็งเห็นความสำคัญของธัญพืชที่มีปริมาณมากในประเทศไทย และล้วนแต่มีคุณค่าทางอาหาร เช่น ข้าวเจ้า ข้าวเหนียว เมล็ดบัว ลูกเดือย และข้าวฟ่าง ถ้าสามารถนำมาผสมกันและพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเลียนแบบนมที่ทรงคุณค่าได้ จะมีปริมาณกรดอะมิโนเพียงพอต่อร่างกายทดแทนโปรตีนจากสัตว์ ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อประเทศชาติและประชาชนอย่างยิ่ง จากการวิเคราะห์ทางเคมีของแป้งทั้ง 5 ชนิดพบว่า มีสารอาหารหลายชนิดเช่น โปรตีน แคลเซียม เหล็ก ไขมัน และคาร์โบไฮเดรต อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำมาผลิตเป็นเครื่องดื่มเลียนแบบนมได้ หากนำแป้งธัญพืชและเมล็ดพืชทั้ง 5 ชนิด นำมาผสมกันในอัตราส่วน 11:7:8:7:2 ตามลำดับ ปริมาณร้อยละ 6 ผสมน้ำมันพืชร้อยละ 6 และน้ำตาลทรายร้อยละ 6 ให้ความร้อนเบื้องต้น 5 นาที ตีให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยใช้ความเร็ว 12,000 รอบต่อนาที นาน 15 นาที พาสเจอร์ไรซ์ที่ 65°C นาน 15 นาที ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด โดยแป้งผสมร้อยละ 6 นี้จะมีปริมาณโปรตีนร้อยละ 0.74 ไขมันร้อยละ 0.18 เถ้าร้อยละ 0.1 เส้นใยอาหารร้อยละ 0.08 คาร์โบไฮเดรตร้อยละ 4.49 แคลเซียมร้อยละ 2.24 และเหล็กร้อยละ 0.22 แม้ว่าปริมาณโปรตีนจะต่ำกว่ามาตรฐานของผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมแต่ก็ยังมีปริมาณสารอาหารอื่นเช่น แคลเซียม และเหล็กในปริมาณที่สูง สามารถผลิตเป็นเครื่องดื่มเลียนแบบนมได้

2.2 ไอศกรีม

ไอศกรีมคือ ผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่แข็งชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยผลิตภัณฑ์จากนม น้ำตาล กลูโคสซีรัป สารปรุงแต่งกลิ่นรส และน้ำ อาจมีการเติมไข่ ผลิตภัณฑ์จากไข่ และสารให้ความคงตัว โดยผสมให้เข้ากัน นำส่วนผสมที่ได้ไปโฮโมจิไนซ์ เพื่อให้ส่วนผสมรวมเป็นเนื้อเดียวกัน เรียกว่าไอศกรีมมิกซ์ (ice cream mix) ผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค แล้วต้องทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว นำส่วนผสมที่ได้ไปบ่ม (aging) ที่อุณหภูมิ 3-4°C เป็นเวลาประมาณ 12 ชั่วโมง เพื่อเพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมมิกซ์ ปรับปรุงลักษณะเนื้อของไอศกรีม และทำให้ไขมันเกาะตัวกันดีขึ้น ส่งผลให้ไอศกรีมฟูตัวดีขณะปั่น โดยการฟูตัวของไอศกรีมจะวัดเป็นค่าโอเวอร์รัน นำส่วนผสมไปปั่นจนแข็ง ซึ่งต้องปั่นกวนไอศกรีมตลอดเวลา เพื่อเป็นการให้อากาศพร้อมกับการให้ความเย็น ทำให้ไอศกรีมเกิดการฟูตัว แล้วนำไอศกรีมที่ได้ไปบรรจุ และแช่จนแข็งตัว (hardening) ที่อุณหภูมิ –15 ถึง –22°C ประมาณ 12 ชั่วโมง (นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

ส่วนผสมหลักของไอศกรีม ประกอบด้วย

ไขมัน

ไขมันจะช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้เรียบเนียน เนื่องจากในสภาพอิมัลชั่นของไอศกรีม ไขมันจะกระจายตัวอยู่ในส่วนประกอบอื่น โดยจะหุ้มอยู่รอบฟองอากาศ ทำให้เกิดลักษณะเนื้อสัมผัสที่ดี นอกจากนี้ไขมันยังเป็นตัวเสริมกลิ่นรสให้แก่กลิ่นที่เติมลงไปด้วย เพราะไขมันเป็นตัวพากลิ่นรส (flavour carrier) และปริมาณของไขมันยังมีผลต่อระยะเวลาการปลดปล่อยกลิ่นรสและความแรงของกลิ่นรสที่ได้รับ (De Roos, 1997) แต่จะทำให้ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมลดลง โดยไขมันจะช่วยเป็นสารหล่อลื่นภายใน freezer barrel ในระหว่างการปั่นไอศกรีม (Marshall และ Arbuckle, 1996) และไม่มีผลในการทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลง เนื่องจากไขมันเป็นส่วนผสมที่ไม่ละลายน้ำ (Norman,1977) ในไอศกรีมจะมีปริมาณไขมันแตกต่างกันไปตามชนิดของไอศกรีม (Marshall และ Arbuckle, 1996) โดยไขมันที่ใช้อาจอยู่ในรูปของน้ำนม ครีม มันเนยหรือน้ำมันเนย (butter oil) หรืออาจจะใช้ไขมันพืชบางชนิดเช่น น้ำมันเมล็ดฝ้าย น้ำมันมะพร้าว น้ำมันเมล็ดปาล์ม แทนไขมันนมได้ ซึ่งอาจจะมีผลต่อสี และกลิ่นบ้าง ถ้าเปรียบเทียบกับมันเนย แต่ถ้ามีการแต่งสีและกลิ่นเข้าไปในส่วนผสมก็จะไม่มีความแตกต่าง (นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

Rosnani และ Aini (2001) กล่าวว่าไขมันที่ใช้ในการผลิตไอศกรีมที่ดีควรมีปริมาณไขมันในรูปของแข็งต่ำ เพื่อให้ได้ไอศกรีมที่นุ่ม และหลอมหมดที่อุณหภูมิร่างกาย โดยมีงานวิจัยที่ศึกษาการใช้ไขมันจากพืชแทนการใช้ไขมันจากสัตว์ในไอศกรีม ดังนี้

Prindiville และคณะ (2000) ศึกษาการใช้เนยโกโก้ (cocoa butter) กับไขมันนมในไอศกรีมช็อกโกแลตไขมันต่ำ มีส่วนประกอบของ milk solids not fat (MSNF) ร้อยละ 11 น้ำตาลร้อยละ 15.5 ผงโกโก้ร้อยละ 2.5 อิมัลซิฟายเออร์ร้อยละ 0.5 เปรียบเทียบการใช้เนยโกโก้ร้อยละ 2.5 กับไขมันนมร้อยละ 2.5 ผลิตเป็นไอศกรีมโดยพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 81.5 °C นาน 25 วินาที โฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 13.8 และ 3.5 MPa ตามลำดับ บ่มไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 4 °C นาน 24 – 48 ชั่วโมง ก่อนนำไปปั่นเป็นไอศกรีม บรรจุและเก็บที่อุณหภูมิ -30°C นาน 5 วัน ก่อนนำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพ พบว่าไอศกรีมที่ใช้เนยโกโก้จะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันนม เนื่องจากไขมันนมมีจุดหลอมเหลวที่ 40°C ซึ่งสูงกว่าเนยโกโก้ (m.p. = 27.3°C) ทำให้ไอศกรีมที่ใช้ไขมันนมรักษาสภาพเริ่มต้นของมันได้นานกว่าไอศกรีมที่ใช้เนยโกโก้ นอกจากนี้ไขมันนมยังทำให้อิมัลชั่นคงตัวกว่า เพราะเกิดการรวมตัวของไขมันที่ผิวฟองอากาศ (air cell walls) ส่วนด้านความหนืดและค่า hardness พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และเมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 12 คน พบว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันนมให้ลักษณะการเคลือบปาก (mouthcoating) ซึ่งหมายถึงความรู้สึกว่ามีอะไรตกค้าง หลังกลืนตัวอย่าง มากกว่าไอศกรีมที่ใช้เนยโกโก้ ส่วนด้านความเป็นครีม (creaminess) ซึ่งจะหมายถึงความเรียบเนียน และมีลักษณะเนื้อคล้ายไขมัน พบว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันนมมีค่ามากกว่าไอศกรีมที่ใช้เนยโกโก้ แต่ไอศกรีมที่ใช้เนยโกโก้จะให้กลิ่นของโกโก้แรงกว่า

Rosnani และ Aini (2001) ได้เปรียบเทียบการใช้ไขมันปาล์ม ไขมันจากเนื้อปาล์มและไขมันจากนมในการผลิตไอศกรีมในสูตรซึ่ง ประกอบด้วย ไขมันร้อยละ 10 MSNF ร้อยละ 11 น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และ Cremodan® ร้อยละ 0.35 เมื่อผสมส่วนผสมต่างๆ ให้เข้ากันแล้ว นำไปให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 72°C ก่อนโฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 75 $kgcm^{-2}$ และพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72°C นาน 30 นาที ทำให้เย็นและบ่มไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 4°C นาน 24 ชั่วโมง เติมกลิ่นวานิลาก่อนปั่นเป็นไอศกรีม บรรจุและเก็บที่อุณหภูมิ -35°C ตรวจสอบลักษณะทางกายภาพ พบว่าไอศกรีมที่ใช้ ไขมันปาล์มและไขมันจากเนื้อปาล์ม จะมีค่าโอเวอร์รันและมีความแข็งของเนื้อไอศกรีมใกล้เคียงกับไอศกรีมที่ใช้

ไขมันนม แต่ไอศกรีมที่ใช้ไขมันจากเนื้อปาล์มจะละลายเร็วกว่า และมีความหนืดของไอศกรีมมิกซ์น้อยกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากจุดหลอมเหลวของไขมันที่ใช้ โดยไขมันปาล์มมีจุดหลอมเหลวที่ 36.4°C ไขมันจากเนื้อปาล์มมีจุดหลอมเหลวที่ 27.7°C และไขมันจากนมมีจุดหลอมเหลวที่ 34.2°C (Rosnani และ Aini, 2001) เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิ 35°C ไขมันนมและไขมันปาล์มจะหลอมละลายไม่หมด ยังคงมีไขมันอยู่ในรูปของแข็ง (solid fat content) เหลืออยู่ประมาณร้อยละ 4 แต่ไขมันจากเนื้อปาล์มจะไม่มีของแข็งเหลืออยู่เลย เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบชาวมาเลเซียพบว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันปาล์มและไขมันจากเนื้อปาล์มจะมีเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันนม ด้านกลิ่นรสพบว่าผู้ทดสอบชอบไอศกรีมที่ใช้ไขมันปาล์มมากกว่าไอศกรีมที่ใช้ไขมันนม เนื่องจากผู้ทดสอบบางคนจะไม่ชอบกลิ่นเนยของไอศกรีมที่ใช้ไขมันนม

ของแข็งจากนมไม่รวมมันเนย (milk solids not fat ; MSNF)

ของแข็งจากนมไม่รวมมันเนยเป็นของแข็งที่มีอยู่ในน้ำนม หลังการปั่นแยกเอามันเนยออกไปแล้ว ประกอบด้วยโปรตีน น้ำตาลแลคโทส และแร่ธาตุ ส่วนมากนิยมใช้ในรูปของนมผงและหางนมข้น ของแข็งจากนมไม่รวมมันเนยนี้เป็นส่วนที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ทำให้เนื้อของไอศกรีมดีขึ้น และยังช่วยให้มีการกระจายของอากาศดีขึ้นในขณะทำให้ไอศกรีมแข็งตัวอีกด้วย (นรินทร์ ทองศิริ, 2528) การเติมของแข็งจากนมไม่รวมมันเนยมากเกินไป อาจทำให้เกิดรสเค็มได้ เนื่องจากในของแข็งจากนมไม่รวมมันเนยมีเกลือแร่เป็นส่วนประกอบด้วย และยังทำให้ความเข้มข้นของแลคโทสเพิ่ม จนเกิดผลึกแลคโทสได้ เนื่องจากแลคโทสละลายได้น้อย มีผลทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสหยาบคล้ายทราย (sandy) และแลคโทสยังช่วยลดจุดเยือกแข็ง การเติม MSNF มากไปอาจทำให้จุดเยือกแข็งลดต่ำเกินไป ส่งผลให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ (Arbuckle, 1989 ;Marshall และ Arbuckle, 1996)

สารให้ความหวาน

สารให้ความหวาน เป็นส่วนประกอบที่ช่วยปรับส่วนผสมที่เป็นของแข็งให้มีปริมาณเป็นไปตามที่ต้องการ และเป็นส่วนที่ทำให้ไอศกรีมหวานมากหรือน้อยตามความต้องการของผู้บริโภค สารให้ความหวานที่ใช้มีหลายรูปแบบเช่น น้ำตาลจากอ้อยหรือบีทรูท บางแห่งใช้กลูโคส แลคโทส หรือน้ำตาลอินเวอร์ท (invert sugar) ซึ่งเป็นส่วนผสมของกลูโคสกับฟรุกโทส สำหรับคนที่เป็นโรคอ้วนจะใช้ซอร์บิทอล และแอสปาร์เทม เป็นต้น (นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

นอกจากนี้สารให้ความหวานยังมีผลต่อคุณสมบัติต่างๆ ของไอศกรีม คือช่วยเพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมมิกซ์ ทำให้ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมลดลง เนื่องจากความหนืดที่สูงจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของใบพัดขณะปั่นไอศกรีม ทำให้ความสามารถในการตีอากาศลงในเนื้อไอศกรีมลดลง (Kailasapathy และ Songvanich, 1998) ช่วยปรับปรุงลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้ดีขึ้น ให้กลิ่นรสที่ดี และทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมต่ำลง โดยการลดลงของจุดเยือกแข็งจะขึ้นกับน้ำหนักโมเลกุลของสารให้ความหวาน กล่าวคือ สารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ จะทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดลงได้มากกว่าสารให้ความหวานที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง (Smith และ Bradley, 1983) การเพิ่มปริมาณสารให้ความหวานในส่วนผสมมากขึ้น จะได้ไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนขึ้น เพราะสารให้ความหวานจะไปจับกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้การเกิดผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมลดลง แต่ถ้ามีปริมาณสูงเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อแฉะ เนื่องจากจุดเยือกแข็งของไอศกรีมจะต่ำเกินไปจึงแข็งตัวช้า และทำให้มีส่วนที่ไม่แข็งตัวอยู่มาก ไอศกรีมจะละลายเร็ว ถ้าไอศกรีมขาดน้ำตาลจะทำให้ไอศกรีมมีเนื้อร่วน หยาบและเป็นแผ่น (Arbuckle, 1989)

โดยปกติมักจะใช้น้ำตาลหรือซูโครสเป็นสารให้ความหวานในไอศกรีมปริมาณร้อยละ 14-16 แต่การใช้น้ำตาลเพียงอย่างเดียวในปริมาณขนาดนี้ มักจะทำให้ไอศกรีมที่ได้มีเนื้อสัมผัสแข็ง เนื่องจากจุดเยือกแข็งของไอศกรีมไม่ต่ำมาก ทำให้ส่วนผสมของไอศกรีมเกิดการแข็งตัวหมด ถ้าต้องการให้ไอศกรีมเนื้อนิ่มลง จะต้องเพิ่มปริมาณของน้ำตาล เพื่อช่วยลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมลง แต่ก็จะทำให้ไอศกรีมมีรสชาติหวานมากเกินไป ดังนั้น จึงควรเลือกใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นร่วมกับการใช้น้ำตาลทราย เช่น กลูโคสซีรัป ซึ่งมีความหวานหลายระดับ และความสามารถในการลดจุดเยือกแข็งก็จะต่างกันไปขึ้นอยู่กับค่า DE โดยทั่วไปใช้กลูโคสซีรัปที่มี DE ระหว่าง 28-42 (Goff และคณะ, 1990; Marshall และ Arbuckle, 1996) กลูโคสซีรัปจะช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรโดยไม่เพิ่มความหวานมากนัก และยังช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น ให้ลักษณะเนื้อ (body) ควบคุมการตกผลึก ป้องกันไม่ให้จุดเยือกแข็งลดต่ำเกินไป แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มาก จะทำให้เกิดลักษณะเหนียว (gummy texture) ให้กลิ่นรสผิดปกติ (Smith และ Bradley, 1983 ;Arbuckle, 1989) มีการใช้กลูโคสซีรัปในงานวิจัยที่เกี่ยวกับไอศกรีม ดังนี้

Pearson และ Ennis (1979) ได้ศึกษาการใช้ high fructose corn syrup (HFCS) ร่วมกับกลูโคสซีรัป DE ต่างๆ ในไอศกรีม โดยแปรปริมาณของ HFCS และกลูโคสซีรัปที่มีช่วง DE ต่างๆ ดังนี้ HFCS ร้อยละ 70.7 กับกลูโคสซีรัป DE 9-12 ร้อยละ 29.3 HFCS ร้อยละ 69.3 กับกลูโคสซีรัป DE 13-17 ร้อยละ 30.7 HFCS ร้อยละ 68.0 กับกลูโคสซีรัป DE 19-23 ร้อยละ 32 HFCS ร้อยละ 66.7 กับกลูโคสซีรัป DE 28-31 ร้อยละ 33.3 และ HFCS

ร้อยละ 59.4 กับกลูโคสซีรัป DE 41-44 ร้อยละ 40.6 เปรียบเทียบกับไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลเพียงอย่างเดียว (สูตรควบคุม) จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบจำนวน 160 คน พบว่าไอศกรีมที่ใช้กลูโคสซีรัป DE สูงขึ้น ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านความชอบสูงขึ้น และไอศกรีมสูตรที่มี HFCS ร้อยละ 66.7 กับกลูโคสซีรัป DE 28-31 ร้อยละ 33.3 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบสูงที่สุด เนื่องจากช่วยปรับปรุงความรู้สึกในปาก (mouthfeel) ให้ดีขึ้น แต่ตัวอย่างที่ใช้กลูโคสซีรัป DE 41-44 ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบต่ำสุด เนื่องจากไอศกรีมมีลักษณะเหนียว

Goff และคณะ (1983) ศึกษาการใช้แอสปาร์เทมร่วมกับกลูโคสซีรัปเป็นสารให้ความหวานแทนการใช้น้ำตาลในไอศกรีม ซึ่งประกอบด้วยไขมันนมร้อยละ 10 MSNF ร้อยละ 11.5 น้ำตาลร้อยละ 15 อิมัลซิฟายเออร์และสารให้ความคงตัวร้อยละ 0.3 เมื่อแทนน้ำตาลร้อยละ 30 ด้วยกลูโคสซีรัปที่มีค่า DE 10 15 28 36 และ 42 ร่วมกับแอสปาร์เทมร้อยละ 0.103 0.088 0.073 0.059 และ 0.044 ตามลำดับ พบว่าการใช้กลูโคสซีรัปที่มีค่า DE สูงขึ้นมีผลทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ลดลง การใช้กลูโคสซีรัปที่มีค่า DE 28 จะให้ลักษณะการหลอมละลายดีกว่าการใช้กลูโคสซีรัปที่มีค่า DE 15 เนื่องจากกลูโคสซีรัปที่มีค่า DE 15 จะทำให้ไอศกรีมหลอมละลายเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืด นอกจากนี้การใช้กูลโคสซีรัปที่มีค่า DE ต่ำ จะช่วยลดการเปลี่ยนแปลงขนาด และรูปร่างของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีมระหว่างการเก็บรักษาโดยเฉพาะในสภาวะที่อุณหภูมิในการเก็บรักษาไม่คงที่ (heat shock) ได้ดีกว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลเพียงอย่างเดียว

สุคนธ์ชื่น ศรีงาม (2536) ศึกษาการใช้กลูโคสซีรัปในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยเปรียบเทียบการใช้กลูโคสซีรัปที่มีค่า DE 20 30 และ 40 แทนที่น้ำตาลร้อยละ 30 ในไอศกรีมวานิลา พบว่ากลูโคสซีรัปที่มีค่า DE ต่ำจะทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดสูงขึ้น เวลาในการปั่นไอศกรีมลดลง ไอศกรีมมีความแน่นเนื้อมากขึ้น และไม่มีผลต่อค่าโอเวอร์รันของไอศกรีม การใช้กลูโคสซีรัปทำให้การหลอมละลายของไอศกรีมช้าลงกว่าการใช้น้ำตาลเพียงอย่างเดียวโดยไม่มีความแตกต่างในแต่ละ DE ด้านการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าผู้ทดสอบไม่สามารถแยกความแตกต่างด้านความแน่นเนื้อและความเรียบเนียนระหว่างไอศกรีมที่ใช้กลูโคสซีรัปที่มีค่า DE ต่างๆ กับไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลเพียงอย่างเดียวได้

อิมัลซิฟายเออร์ (emulsifier)

อิมัลซิฟายเออร์มีสมบัติที่ทำให้ส่วนผสมต่างๆ ผสมเข้ากันได้ดีขึ้น เนื่องจากส่วนผสมของไอศกรีมมีทั้งไขมัน น้ำตาล โปรตีน และน้ำ ซึ่งตามปกติจะไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยในระหว่างการแช่แข็ง เม็ดไขมันบางส่วนถูกทำลาย และเริ่มไม่คงตัว เกิดการ flocculate แล้วเชื่อมตัวกันได้ยาก เนื่องจากโปรตีนที่ถูกดูดซับที่ผิวเม็ดไขมันขัดขวางการเชื่อมตัวของเม็ดไขมัน แต่อิมัลซิฟายเออร์ซึ่งมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าโปรตีนจะถูกดูดซับที่ผิวของไขมันได้ดีกว่า จึงสามารถลดแรงตึงผิวได้ นอกจากนี้อิมัลซิฟายเออร์ยังช่วยให้ไอศกรีมมีลักษณะเนื้อสัมผัสที่แห้ง ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็กลง ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียนขึ้น และช่วยลดอัตราการละลายของไอศกรีม (นรินทร์ ทองศิริ, 2528 ;Marshall และ Arbuckle, 1996) เนื่องจากอิมัลซิฟายเออร์จะช่วยให้ไขมันสามารถเชื่อมต่อกันเกิดเป็นร่างแห ล้อมรอบฟองอากาศ (fat destabilization) ได้ดี ทำให้ไอศกรีมมีความคงตัว และช่วยเพิ่มความต้านทานการละลาย (Goff, 1997)

สารให้ความคงตัว (stabilizer)

สารให้ความคงตัวเป็นสารจำพวกไฮโดรคอลลอยด์ ได้แก่ เจลาติน โซเดียมอัลจิเนต คาราจีแนน กัวร์กัม โลคัสท์บีนกัม และคาร์บอกซีเมทธิลเซลลูโลส สารเหล่านี้เมื่อละลายในของเหลว จะสร้างพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำซึ่งเรียกว่า ไฮเดรชั่น (hydration) ทำให้น้ำไม่แยกออกจากส่วนผสม นอกจากนี้สารให้ความคงตัวยังช่วยป้องกันการเกิด heat shock เนื่องจากสารให้ความคงตัวมีผลทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น ทำให้การถ่ายเทความชื้นเกิดได้ยากขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ไม่มีผลต่อการลดลงของจุดเยือกแข็ง แต่การใช้สารให้ความคงตัวมากเกินไป ทำให้ไอศกรีมมีสมบัติการละลายไม่ดี ละลายช้าหรือไม่ละลาย ไอศกรีมแฉะและมีลักษณะเหนียวหนืดมากเกินไป (นรินทร์ ทองศิริ, 2528 ;Marshall และ Arbuckle, 1996)

สารที่ให้กลิ่นรสและสี (flavouring and coloring agents)

สารที่ให้กลิ่นรสมีความสำคัญมากในการผลิตไอศกรีมที่จะให้เป็นที่ชื่นชอบของผู้บริโภค กลิ่นรสที่แพร่หลายและที่นิยมกันมากได้แก่ วานิลา ช็อกโกแลต สตรอว์เบอร์รี่และกลิ่นถั่ว ปริมาณที่ใช้ประมาณร้อยละ 0.1 – 0.2

สีที่ใส่ในไอศกรีมเพื่อให้ไอศกรีมมีสีสวยงามน่ารับประทาน สีที่ใส่มักใส่ในรูปผง หรือ

เป็นสารละลายเข้มข้น การใส่กลิ่นรสและสี มักจะใส่หลังจากการบ่มไอศกรีมมิกซ์ ก่อนที่จะปั่นเป็นไอศกรีม แต่สิ่งที่ให้กลิ่นรสที่มีขนาดใหญ่ เช่น ผลไม้ แยม ถั่ว จะใส่หลังจากปั่นเป็นไอศกรีมแล้ว (นรินทร์ ทองศิริ, 2528)

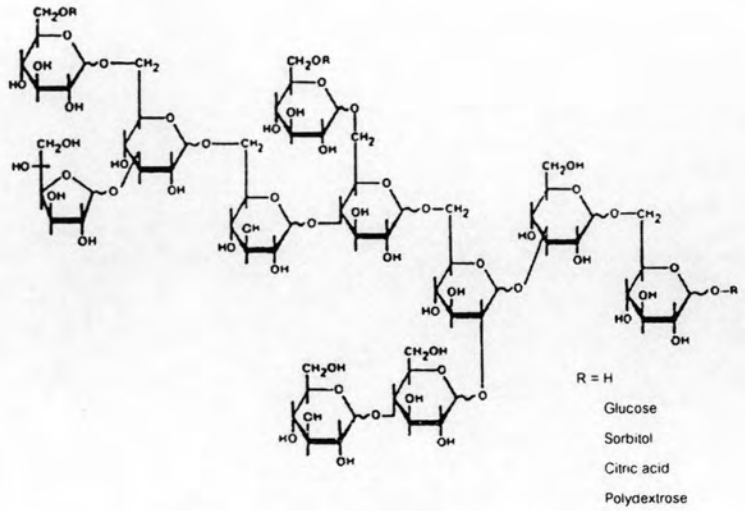
2.3 การใช้ bulking agents ในไอศกรีม

ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดพลังงานที่ลดปริมาณไขมันหรือน้ำตาล จำเป็นต้องใช้ bulking agents เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งให้กับผลิตภัณฑ์ เพื่อทำหน้าที่ให้ลักษณะเนื้อ และปรับปรุงเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ bulking agents ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้แก่ โพลีเด็กซ์โทรสและมอลโทเด็กซ์ทริน

2.3.1 โพลีเด็กซ์โทรส

โพลีเด็กซ์โทรสเป็น bulking agents ชนิดหนึ่ง ใช้แทนที่น้ำตาลและไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ไม่ให้ความหวาน หรือกลิ่นแก่ผลิตภัณฑ์ และให้พลังงานเพียง 1 kcal /g (Specter และ Setser, 1994) ให้เนื้อสัมผัส (texture) ที่เหมาะสม ให้ความรู้สึกในปากเหมือนกับการใช้น้ำตาลและไขมันปกติ (Sibel และ Jones, 1996) โดยโพลีเด็กซ์โทรสสามารถจับกับโมเลกุลของน้ำได้บางส่วน ทำให้น้ำเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งได้น้อยลง ส่งผลให้ไอศกรีมมีความเรียบเนียนและยังให้ fattyness และความเป็นครีม (creaminess) อีกด้วย (Hyvonen และคณะ, 2003)

โครงสร้างของโพลีเด็กซ์โทรส ประกอบด้วยโพลีเมอร์ของกลูโคสที่มีพันธะ glycosidic ทุกชนิด แต่มีพันธะ 1-6 glycosidic เป็นส่วนใหญ่ และมีหน่วยเล็กๆ ของซอร์บิทอล และกรดซิตริก (Brich และ Lindley, 1988) โดยมีโครงสร้างดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของโพลีเด็กซ์โทรส

ที่มา : Brich และ Lindley (1988)

จากรูปที่ 2.1 R สามารถแทนที่ด้วยหมู่ H กลูโคส ซอร์บิทอล กรดซิตริก หรือโพลีเด็กซ์โทรส เป็นผลให้โมเลกุลของโพลีเด็กซ์โทรสมีขนาดแตกต่างกัน โดยมีช่วงของมวลโมเลกุล แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 มวลโมเลกุลโดยประมาณของโพลีเด็กซ์โทรส

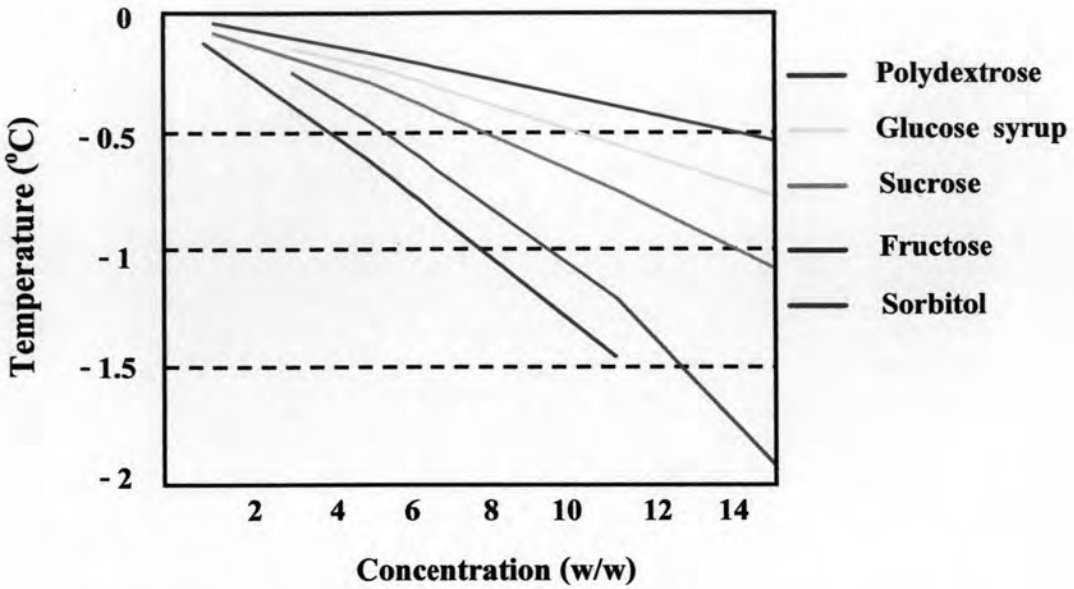
ช่วงของมวลโมเลกุล	ร้อยละ
162 - 5000	88.7
5000 - 10000	10.0
10000 - 16000	1.2
16000 - 18000	0.1

ที่มา : Brich และ Lindley (1988)

2.3.1.1 สมบัติของโพลีเด็กซ์โทรส

การลดจุดเยือกแข็ง

โพลีเด็กซ์โทรสมีผลต่อการลดจุดเยือกแข็งของน้ำน้อยมากเมื่อเทียบกับกลูโคส-ซีรัป ซูโครส ฟรุกโทส และซอร์บิทอล ที่ความเข้มข้นเดียวกันดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 จุดเยือกแข็งของสารให้ความหวานที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน
ที่มา : Sibel และ Jones (1996)

ความหวาน

โพลีเด็กซ์โทรสเป็นสารที่ไม่มีความหวาน ดังนั้นเมื่อเติมในอาหาร จะไม่ทำให้ความหวานเพิ่มขึ้น (Specter และ Setser, 1994)

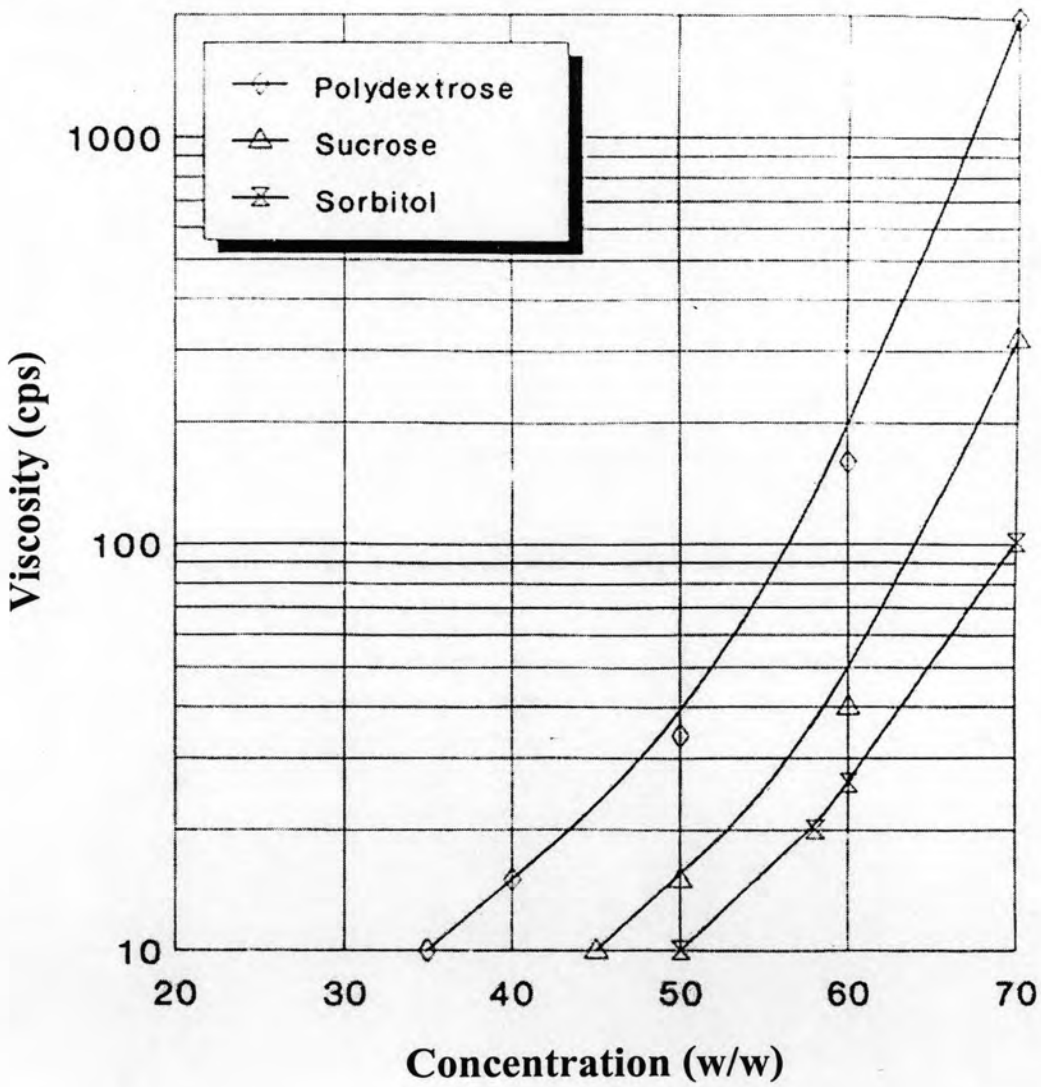
Metabolism

โพลีเด็กซ์โทรสที่ย่อยแล้วเพียงร้อยละ 1 ที่สามารถดูดซึมผ่านเยื่อบุผนังลำไส้ประมาณร้อยละ 50 ถูกกำจัดเป็นของเสีย ร้อยละ 30 จะถูกย่อยและเปลี่ยนรูปเป็น volatile fatty acid (VFA) ซึ่งสามารถดูดซึมกลับมาย่อยใหม่เพื่อให้ได้พลังงาน ที่เหลือจะถูกกำจัดทิ้งในรูปของคาร์บอนไดออกไซด์ ดังนั้นโพลีเด็กซ์โทรสจึงให้พลังงานเพียง 1 กิโลแคลอรี / กรัม (Specter และ Setser, 1994) ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 25 ของพลังงานที่ได้จากน้ำตาล หรือเพียงร้อยละ 11 ของพลังงานที่ได้จากไขมัน แต่หากได้รับโพลีเด็กซ์โทรสปริมาณ 50 กรัม / วัน จะทำให้เกิดอาการท้องอืด และถ้าได้รับปริมาณ 90 กรัม / วัน มีผลให้เกิด laxative effect ในประเทศอังกฤษ สหรัฐอเมริกา และประเทศในแถบยุโรป อนุญาตให้ใช้โพลีเด็กซ์โทรสในอาหารได้ (GRAS) โดยไม่จำกัดปริมาณที่บริโภคในแต่ละวัน เนื่องจากใช้โพลีเด็กซ์โทรสเพียงเล็กน้อยในผลิตภัณฑ์ก็ทำให้ได้ลักษณะที่ต้องการแล้ว เช่นในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะใช้โพลีเด็กซ์โทรส

ประมาณร้อยละ 2 – 5 เพื่อเป็น bulking agents หรืออาจมีการใช้ร่วมกับ bulking agents ชนิดอื่นๆ (Freeman, 1982 ;Sibel และ Jones, 1996)

ความหนืด

สารละลายโพลีเด็กซ์โทรสมีลักษณะเป็น Newtonian fluid ที่ความเข้มข้นเท่ากับซูโครส และซอร์บิทอล พบว่าโพลีเด็กซ์โทรสจะมีความหนืดสูงกว่า (Freeman, 1982) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ความหนืดของสารละลายโพลีเด็กซ์โทรส น้ำตาล และซอร์บิทอล ที่ระดับความเข้มข้นต่างกัน

ที่มา : Brich และ Lindley, 1988

2.3.1.2 การใช้โพลีเด็กซ์โทรสในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

โพลีเด็กซ์โทรสใช้เป็น bulking agents หรือใช้เป็นสารทดแทนไขมันในอาหารที่ต้องการลดพลังงานได้หลายประเภท เช่น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ ลูกกวาด ขนมหวานแช่แข็ง (frozen desserts) โดยสามารถแทนหน้าที่บางอย่างของน้ำตาลและไขมันในผลิตภัณฑ์อาหารได้ ช่วยอุ้มน้ำ ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในไอศกรีม ไม่ให้ความหวาน หรือกลิ่นแก่ผลิตภัณฑ์ ให้เนื้อสัมผัส (texture) ที่เหมาะสม ให้ความรู้สึกในปากเหมือนกับการใช้น้ำตาลและไขมันปกติ

Goff และ Jordan (1984) ได้ศึกษาการใช้แอสปาร์เทมร่วมกับโพลีเด็กซ์โทรสในผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่แข็งลดพลังงาน โดยโพลีเด็กซ์โทรสจะทำหน้าที่เป็น bulking agents ส่วนผสมของไอศกรีมประกอบด้วยไขมันจากนมร้อยละ 4 MSNF ร้อยละ 11 แอสปาร์เทม ร้อยละ 0.075 และอิมัลซิฟายเออร์ผสมสารให้ความคงตัวร้อยละ 0.5 เปรียบเทียบการใช้โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 13.9 กับโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 10 ร่วมกับกลูโคสซีรัปร้อยละ 3.9 เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัส โดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 42 คน พบว่าไอศกรีมที่ใส่โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 13.9 จะมีกลิ่นรสผิดปกติ มี aftertaste หลังรับประทาน แต่เมื่อใส่โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 10 พบว่าไม่มี aftertaste และเมื่อใช้ร่วมกับกลูโคสซีรัปร้อยละ 3.9 พบว่าความหวานและความเรียบเนียนเพิ่มขึ้น การยอมรับอยู่ในระดับสูงขึ้น

Specter และ Setser (1994) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดพลังงาน โดยใช้แอสปาร์เทมร่วมกับโพลีเด็กซ์โทรส ซึ่งทำหน้าที่เป็นทั้ง bulking agents และเป็นสารให้ความหวานทดแทนการใช้น้ำตาล เพื่อลดพลังงานในผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยไขมันร้อยละ 12 MSNF ร้อยละ 10 น้ำตาลร้อยละ 16 และแปรปริมาณน้ำตาล 3 สูตร คือน้ำตาลร้อยละ 16 และแทนที่น้ำตาลด้วยโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 8 ร่วมกับแอสปาร์เทมร้อยละ 0.05 และแทนน้ำตาลด้วยโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 16 ร่วมกับแอสปาร์เทมร้อยละ 0.1 ผสมส่วนผสมทั้งหมดให้เข้ากัน ผ่านการโฮโมจิไนซ์ที่ความดัน 10.3 และ 3.4 MPa ตามลำดับ พาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 71 °C นาน 30 นาที บ่มที่อุณหภูมิ 4 °C เป็นเวลา 16 –20 ชั่วโมง ปั่นเป็นไอศกรีม แช่ไอศกรีมที่ได้จนแข็งตัวที่อุณหภูมิ –30 °C นำไอศกรีมที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน พบว่าลักษณะด้านประสาทสัมผัสเช่นความนุ่ม (softness) ความหยาบ (coarseness) ความเป็นน้ำ (wateriness) มีค่าลดลงเมื่อใส่โพลีเด็กซ์โทรสเพิ่มขึ้น แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มี

ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และความเป็นครีม ความเป็นแป้ง (chalkiness) และการเคลือบในปาก ของไอศกรีมทุกสูตรพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

2.3.2 มอลโทเด็กซ์ทริน

มอลโทเด็กซ์ทรินมีสูตรโมเลกุลเป็น $(C_6H_{10}O_5)_nH_2O$ ได้จากการย่อยสตาร์ชบางส่วนด้วยกรดหรือเอนไซม์ นิยมผลิตมอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่า DE อยู่ในช่วง 5 -20 โดยทำในรูปผง หรือสารละลายเข้มข้น สามารถละลายในน้ำร้อน และเกิดเจลชนิดผันกลับได้ด้วยความร้อน เจลมีกลิ่นรสอ่อน ให้ความรู้สึกเรียบเนียนในปาก สามารถใช้แทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้ ให้พลังงาน 4 kcal/g (Giese,1996; Sibel และ Jones, 1996) และเป็นสารให้ปริมาณ ให้เนื้อสัมผัสและลักษณะเนื้อ คล้ายกับกลูโคสซีรัป (Specter และ Setser, 1994) ไม่มีกลิ่น ไม่มีรสหวาน หรืออาจมีรสหวานเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับค่า DE จัดเป็นสารไม่มีความอันตราย (GRAS) โดย U.S. FDA อนุญาตให้ใช้ในอาหารได้ โดยไม่จำกัดปริมาณที่บริโภคในแต่ละวัน (Inglett และ Grisamore, 1991)

2.3.2.1 สมบัติของมอลโทเด็กซ์ทริน

ความสามารถในการละลาย

มอลโทเด็กซ์ทรินละลายได้ทั้งในน้ำร้อนและน้ำเย็น และมอลโทเด็กซ์ทรินที่ยิ่งมีค่า DE สูง จะละลายน้ำได้ดีกว่าชนิดที่มี DE ต่ำ เช่น ที่อุณหภูมิ 20 °C มอลโทเด็กซ์ทรินที่มี DE อยู่ในช่วง 9 – 12 13 – 17 และ 18 – 20 จะละลายน้ำได้ร้อยละ 40 60 และ 70 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากมอลโทเด็กซ์ทรินที่มี DE สูงขึ้น จะมีปริมาณแซ็กคาไรด์ขนาดเล็กสูงและปริมาณแซ็กคาไรด์ขนาดใหญ่ น้อยลง ซึ่งแซ็กคาไรด์ขนาดใหญ่เหล่านี้จะละลายน้ำได้ยากและเป็นสาเหตุให้มอลโทเด็กซ์ทรินมีความสามารถในการละลายลดลง (Kenyon และ Anderson, 1988)

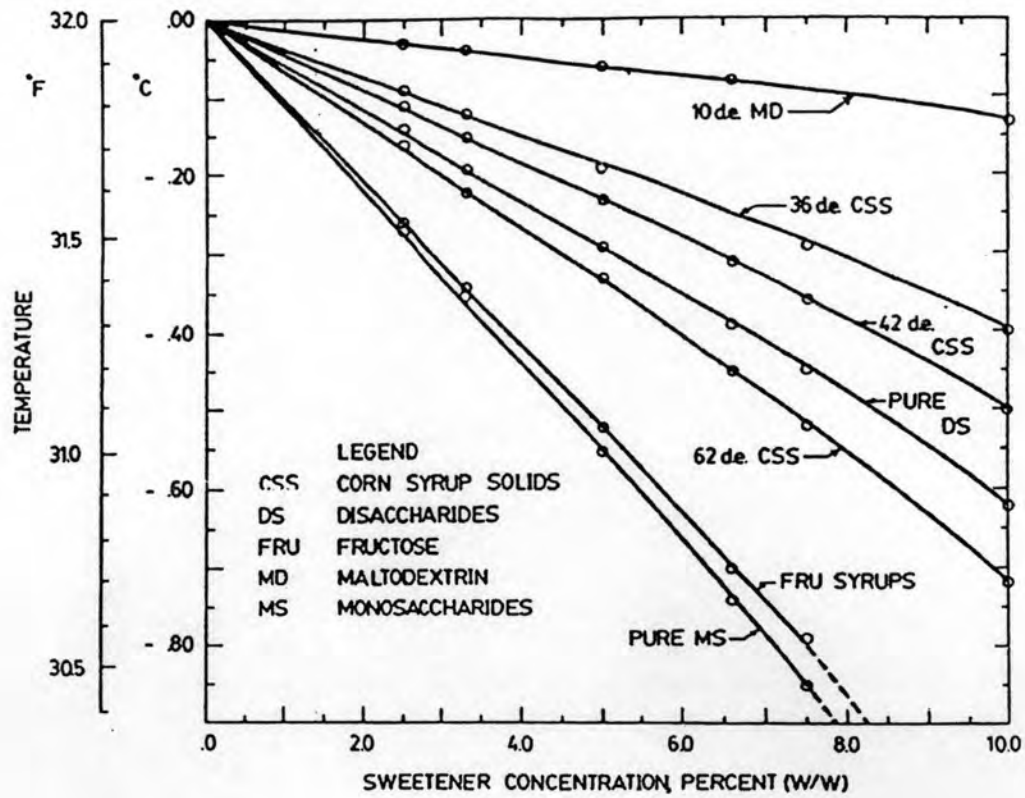
ความหนืด

ความหนืดของสารละลายมอลโทเด็กซ์ทริจะมีค่าต่ำเมื่อเทียบกับสารละลายแป้งที่ความเข้มข้นเดียวกัน และแสดงลักษณะความหนืดเป็นแบบ Newtonian กล่าวคือเมื่อ

สารละลายได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น จะมีผลให้ความหนืดมีค่าลดลง โดยค่า DE และความเข้มข้นมีผลต่อความหนืด กล่าวคือสารละลายมอลโทเด็กซ์ทรินที่มี DE ต่ำจะมีความหนืดสูงและความหนืดจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายมอลโทเด็กซ์ทรินที่เพิ่มขึ้น (Kenyon และ Anderson,1988)

การลดจุดเยือกแข็ง

มอลโทเด็กซ์ทรินมีผลต่อการลดค่าจุดเยือกแข็งเล็กน้อย เมื่อเทียบกับการลดจุดเยือกแข็งของสารให้ความหวานต่างๆ ที่ความเข้มข้นของสารละลายเท่ากันมอลโทเด็กซ์ทริน DE 10 มีจุดเยือกแข็งสูงกว่าสารละลายอื่นๆ เช่น กลูโคสซีรัป DE 36 42 และ 62 ดังแสดงในรูปที่ 2.4 เนื่องจากมอลโทเด็กซ์ทรินมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยมากกว่าสารให้ความหวานอื่นๆ (Smith และ Bradley, 1983)



รูปที่ 2.4 จุดเยือกแข็งของสารให้ความหวานที่ใช้ในอุตสาหกรรมไอศกรีม

ที่มา : Smith และ Bradley (1983)

การดูดความชื้น

มอลโทเด็กซ์ทรินมีความสามารถในการดูดความชื้นจากอากาศได้ต่ำ เนื่องจากมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวอยู่น้อยจึงมีลักษณะเป็นผงแห้งที่เทไหลได้ดี เหมาะสำหรับนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง แต่ความสามารถในการดูดความชื้นของมอลโทเด็กซ์ทรินจะสูงขึ้นเมื่อค่า DE สูงขึ้น (Kenyon และ Anderson, 1988)

การเกิดความขุ่น (haze)

สารละลายมอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่า DE ต่ำ ที่ความเข้มข้นสูง (70 % solid) เมื่อเก็บไว้ระยะหนึ่ง อาจเกิดความขุ่นเนื่องจากแซ็กคาไรด์ขนาดใหญ่ที่ละลายน้ำได้เกิดการรวมตัวกันเป็นแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ โดยอาจคืนตัวในลักษณะเกิดเป็นตะกอนขนาดใหญ่ตกแยกตัวออกจากสารละลายหรือเกิดเป็นตะกอนขนาดเล็กที่ยังสามารถแขวนลอยอยู่ในสารละลายได้ สารละลายมอลโทเด็กซ์ทรินที่ขุ่น จะไม่สามารถนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารที่ต้องการความใสได้ โดยทั่วไปสารละลายมอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่า DE ต่ำกว่า 15 จะมีแนวโน้มเกิดการขุ่นได้ง่าย (Kenyon และ Anderson, 1988)

การทำให้อิมัลชันคงตัว (emulsion stability)

มอลโทเด็กซ์ทรินไม่มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิฟายเออร์อย่างแท้จริง เนื่องจากขาดสมบัติของการเป็น hydrophilic/lipophilic แต่สามารถทำให้อิมัลชันคงตัวอยู่ได้ เนื่องจากส่วนที่เป็นโมเลกุลแซ็กคาไรด์สายยาว สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับโมเลกุลของน้ำได้ ทำให้เกิดความหนืดขึ้นซึ่งจะช่วยรักษาสภาพอิมัลชันไว้ได้ (Sibel และ Jones, 1996)

2.3.2.2 การใช้มอลโทเด็กซ์ทรินในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

มอลโทเด็กซ์ทริน เป็น bulking agents ให้เนื้อสัมผัสและลักษณะเนื้อคล้ายกับกลูโคสซีรัป (Specter และ Setser, 1994) และยังคล้ายคลึงกับน้ำมันที่มีการเติมไฮโดรเจน (hydrogenated oil) ภายใต้สภาวะที่เหมาะสม สามารถใช้แทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้ (Giese,1996)

Specter และ Setser (1994) ได้ศึกษาลักษณะทางกายภาพและด้านประสาท

หอสมุดกลาง ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมลดพลังงาน โดยสูตรควบคุมประกอบด้วยไขมันร้อยละ 12 MSNF ร้อยละ 10 น้ำตาลร้อยละ 16 ศึกษาการลดปริมาณไขมัน โดยใช้มอลโทเด็กซ์ทรินจากแป้งมันฝรั่งแทนที่ไขมันร้อยละ 100 66 และ 33 จากสูตรควบคุม เมื่อนำไอศกรีมที่ได้ไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 5 คน พบว่าไอศกรีมที่ลดไขมันมีคะแนนความหยาบและความเป็นน้ำสูงกว่าสูตรควบคุม แต่คะแนนความเป็นครีม ความเป็นแป้ง ต่ำกว่าสูตรควบคุม ส่วนลักษณะความเย็น (coldness) ลักษณะเหนียว การเคลือบปาก และอัตราการละลายของขนมหวานแช่แข็งทุกสูตรไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

Kailasapathy และ Songvanich (1998) ได้ศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยเปรียบเทียบสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตได้แก่ N-Lite D® (Tapioca dextrin) Slendid® (high methoxyl-ester pectin) และ Paselli SA2® (maltodextrin) กับสารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน คือ Simplesse® ซึ่งสูตรควบคุมจะมีไขมันร้อยละ 13 ส่วนสูตรลดไขมันจะมีไขมันร้อยละ 3 โดยมีการเพิ่มปริมาณของน้ำตาล และกลูโคสซีรัปในสูตรเพื่อให้มีปริมาณของแข็งทั้งหมดในสูตรใกล้เคียงกับสูตรควบคุม และเปรียบเทียบการใช้สารทดแทนไขมัน 4 ชนิด คือ N-Lite D® ร้อยละ 2 Slendid® ร้อยละ 0.4 Paselli SA2® ร้อยละ 0.2 และ Simplesse® ร้อยละ 2 พบว่าไอศกรีมมิกซ์ที่มี Paselli SA2® เป็นสารทดแทนไขมัน มีความหนืดของไอศกรีมมิกซ์น้อยกว่าไอศกรีมมิกซ์ที่ใช้สารทดแทนไขมันตัวอื่นๆ และไอศกรีมที่ใส่ Paselli SA2® มีค่าโอเวอร์รันสูงที่สุด แตกต่างจากการใช้ Slendid® และ Simplesse® แต่ด้านการละลายพบว่าไอศกรีมที่ใส่ Paselli SA2® มีอัตราการละลายสูงที่สุดแตกต่างจากไอศกรีมสูตรอื่นๆ การทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 25 คน พบว่า คะแนนด้านลักษณะปรากฏ ความเป็นครีม ความเรียบเนียน กลิ่น และความชอบโดยรวมของไอศกรีมสูตรลดไขมันทุกสูตร ไม่แตกต่างจากไอศกรีมสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.01$)

2.4 การใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองในไอศกรีม

เนื่องจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมส่วนใหญ่จะมีปริมาณโปรตีนต่ำ ในงานวิจัยนี้จึงมีการเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนที่มีราคาถูก สามารถใช้ทดแทนการใช้นมและผลิตภัณฑ์นมในการผลิตไอศกรีมได้ แต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้เพราะผู้บริโภคบางคนอาจไม่ยอมรับกลิ่นรสของมัน (Shurtleef และ Aoyagi, 1997) ทำให้ไม่สามารถใช้ในปริมาณมากได้

Simmons และคณะ (1980) ศึกษาการใช้โปรตีนจากถั่วเหลืองในรูปต่างๆ ได้แก่แป้งถั่วเหลือง soy protein isolate และ soy protein concentrate เป็นส่วนผสมในไอศกรีม soft serve ที่มีส่วนผสมของไขมันร้อยละ 12 MSNF ร้อยละ 11 น้ำตาลร้อยละ 13 สารให้ความคงตัวร้อยละ 0.45 และใช้โปรตีนถั่วเหลืองในรูปต่างๆ แทนการใช้ MSNF ร้อยละ 0 5 40 และ 80 พบว่าแป้งถั่วเหลือง และ soy protein isolate ไม่มีผลกับเนื้อสัมผัส แต่ soy protein concentrate ที่ทดแทนการใช้ MSNF ร้อยละ 40 หรือ 80 ทำให้การยอมรับด้านเนื้อสัมผัสลดลง และการทดแทนโปรตีนจากถั่วเหลืองในรูปต่างๆ ในปริมาณสูงทำให้การยอมรับด้านกลิ่นรสลดลง ดังนั้นสามารถใช้ ทดแทนการใช้ MSNF ได้ในระดับต่ำ (ต่ำกว่าร้อยละ 40) เนื่องจากเมื่อแทนที่ระดับสูง (มากกว่าร้อยละ 40) การยอมรับด้านสี กลิ่นรส กลิ่น และความชอบรวมจะลดลง

Friedeck และคณะ (2003) ศึกษาการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองในไอศกรีมไขมันต่ำ โดยใช้โปรตีนถั่วเหลือง (soy protein isolate) แทนการใช้ MSNF ในปริมาณร้อยละ 0 2 และ 4 พบว่าเมื่อเสริมโปรตีนจากถั่วเหลือง ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์จะเพิ่มขึ้น เนื่องจากปริมาณโปรตีนเพิ่ม และเมื่อทดสอบด้านประสาทสัมผัสโดยผู้ทดสอบที่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 9 คน พบว่าเมื่อเสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 2 และ 4 จะสามารถรับกลิ่น green/grassy และกลิ่น doughy/fatty ได้ ความหวาน ความเค็ม และกลิ่น cooked/sulfur จะลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น การเคลือบปาก และความเป็นแป้ง เพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น