บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์การทดลอง

4.1 การวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีและกายภาพของแป้งธัญพืชและเมล็ดพืช

ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมที่ใช้เป็นส่วนผสมหลักในการผลิตไอศกรีมในงานวิจัยนี้ ได้จากการดัดแปลงสูตรของอรพิน เกิดชูชื่นและคณะ (2544) ซึ่งประกอบด้วยแป้งธัญพืชและเมล็ดพืช 5 ชนิด คือ ข้าวกล้องข้าวเจ้า ข้าวกล้องข้าวเหนียว ข้าวฟ่าง ลูกเดือย และเมล็ดบัว โดยเตรียมแป้งจากการโม่แห้ง ร่อนผ่านตะแกรง 100 เมช และอบที่อุณหภูมิ 60 °C เพื่อลดความชื้นลงเหลือประมาณร้อยละ 7 นำแป้งที่ได้มาใช้ในงานวิจัยตลอดการทดลอง โดยบรรจุในถุงซิปและใส่ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ลามิเนตอีกชั้น และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -15 °C

เมื่อนำแป้งที่เตรียมไว้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และเส้นใยอาหาร ตามวิธีของ A.O.A.C. (1995) ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีเป็นร้อยละของแป้งธัญพืชและเมล็ดพืชที่เป็นวัตถุดิบในการทดลอง

องค์ประกอบ[1]	ข้าวกล้องข้าวเจ้า	ข้าวกล้องข้าวเหนียว	ข้าวฟ่าง	ลูกเดือย	เมล็ดบัว
ความชื้น	8.79 ± 0.07	8.53 ± 0.16	7.04 ± 0.34	6.53 ± 0.04	8.29 ± 0.14
ไขมัน	2.52 ± 0.34	4.09 ± 0.19	1.14 ± 0.04	9.00 ± 0.55	1.63 ± 0.46
โปรตีน	8.74 ± 0.07	8.71 ± 0.11	10.01 ± 0.05	13.45 ± 0.07	21.85 ± 0.01
เถ้า	1.10 ± 0.01	1.00 ± 0.01	1.90 ± 0.01	2.17 ± 0.01	4.95 ± 0.11
เส้นใยอาหาร (crude fiber)	0.87 ± 0.05	0.69 ± 0.02	1.31 ± 0.09	0.83 ± 0.13	2.16 ± 0.03
คาร์โบไฮเดรต[2]	77.98	76.98	78.56	68.02	61.12

[1] หน่วยเป็น % dry basis ยกเว้น ความชื้น

[2] คาร์โบไฮเดรต = 100 - (ความชื้น - ไขมัน - โปรตีน - เถ้า - เส้นใยอาหาร)

จากตารางที่ 4.1 พบว่าแป้งธัญพืชและเมล็ดพืช 5 ชนิด มีความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 6.53 – 8.79 แป้งลูกเดือยมีปริมาณไขมันสูงที่สุดคือร้อยละ 9.00 ส่วนแป้งชนิดอื่นมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วง 1.14 – 4.09 แป้งเมล็ดบัวมีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดคือร้อยละ 21.85 ส่วนแป้งชนิดอื่นมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 8.71 – 13.45 มีเถ้าอยู่ในช่วงร้อยละ 1.00 – 4.95 และมีเส้นใยอาหารอยู่ในช่วงร้อยละ 0.69 – 2.16 เนื่องจากแป้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากการโม่แห้ง และไม่มีการสกัดโปรตีนออก และยังใช้ข้าวกล้อง ซึ่งเป็นข้าวที่ไม่ได้ขัดสีเอาส่วนของรำ ซึ่งเป็นส่วนที่มีไขมันและโปรตีนเป็นส่วนประกอบสำคัญออกไป จึงทำให้ยังคงมีคุณค่าทางโภชนาการอยู่สูง

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งธัญพืชและเมล็ดพืชทั้ง 5 ชนิด ด้วยเครื่อง rheometer เพื่อหาอุณหภูมิที่แป้งแต่ละชนิดเริ่มเกิดเจลาทิไนซ์ โดยเตรียมสารละลายน้ำแป้งเข้มข้นร้อยละ 10 ปริมาตรทั้งหมด 2 ml ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที เพื่อให้แป้งดูดน้ำบางส่วน ก่อนนำมาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งด้วยเครื่อง rheometer เพิ่มอุณหภูมิจาก 25 °C เป็น 90°C ภายในเวลา 1040 วินาที (Chaisawang และ Suphantharika, 2005) อุณหภูมิที่แป้งเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงความหนืด จะเป็นอุณหภูมิที่แป้งเริ่มเกิดเจลาทิไนซ์ ซึ่งเมื่อตรวจวัดด้วยเครื่องมือวัดความหนืด จะเรียกจุดนี้ว่า pasting temperature (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546) ได้ผลตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่า pasting temperature ของแป้งธัญพืชและเมล็ดพืช

แป้งธัญพืชและเมล็ดพืช	Pasting temperature(°C)
ข้าวกล้องข้าวเจ้า	64.25 ± 1.55
ข้าวกล้องข้าวเหนียว	63.50 ± 1.32
ข้าวฟ่าง	69.00 ± 1.00
ลูกเดือย	68.33 ± 0.58
เมล็ดบัว	73.33 ± 1.26

* แสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงความหนืดของแป้งชนิดต่างๆ ในภาคผนวก ค

โดยปกติแล้วแป้งดิบจะไม่ละลายน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาทิไนเซชั่น เนื่องจากมีพันธะไฮโดรเจน ซึ่งเกิดจากหมู่ไฮดรอกซิลของโมเลกุลแป้งที่อยู่ใกล้ๆ กัน เชื่อมต่อกันเป็นร่างแห แต่เมื่ออุณหภูมิของน้ำแป้งสูงกว่าช่วงอุณหภูมิการเกิดเจลาทิไนซ์ พันธะไฮโดรเจนจะถูกทำลาย โมเลกุลของน้ำจะเข้ามาจับหมู่ไฮดรอกซิลที่เป็นอิสระ ส่งผลให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัว ทำให้

เกิดการละลาย มีความหนืดและความใสขึ้น จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าแป้งต่างชนิดกัน มีค่า pasting temperature ต่างกัน โดย pasting temperature จะแตกต่างกันไปตามชนิดของพืช เช่นในแป้งจากพืชหัว เช่นแป้งมัน จะมีค่า pasting temperature ต่ำกว่าในแป้งจากธัญพืช สัดส่วนของแอมิโลสและแอมิโลเพกทิน การจัดเรียงตัวและขนาดของเม็ดแป้ง เนื่องจากการจัดเรียงตัวของแอมิโลสและแอมิโลเพกทินภายในเม็ดแป้งมีความหนาแน่นไม่สม่ำเสมอกัน ทำให้แป้งต่างชนิดกันมีลักษณะการเกิดเจลต่างกัน (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546) และองค์ประกอบของแป้ง เช่นปริมาณไขมัน โปรตีน โดย Chandrashekar และ Kirleis (1988) กล่าวว่าแป้งที่มีปริมาณโปรตีนสูง จะมี pasting temperature สูงกว่าแป้งที่มีปริมาณโปรตีนต่ำกว่า เนื่องจากโปรตีนจะไปยับยั้งการพองตัวของเม็ดแป้ง ทำให้แป้งเมล็ดบัวซึ่งมีปริมาณโปรตีนสูง มีค่า pasting temperature สูงกว่าแป้งชนิดอื่น โดยมี pasting temperature เท่ากับ 73.33 °C นอกจากนี้วิธีการโม่แป้งก็มีผลต่อค่า pasting temperature ดังจะเห็นได้จากค่า pasting temperature ของแป้งข้าวกล้องข้าวเจ้าที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่า pasting temperature เท่ากับ 64.25 °C ซึ่งแป้งข้าวเจ้าทั่วไปจะมีค่า pasting temperature อยู่ในช่วง 61-78 °C (กล้าณรงค์ ศรีรอต และเกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2546) เนื่องจากแป้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้จากการโม่แห้งทำให้มีค่า pasting temperature ต่ำกว่าแป้งที่ผ่านการโม่เปียก เพราะแป้งที่ผ่านการโม่แห้งจะมีปริมาณ damaged starch สูง ทำให้แป้งพองตัวได้ง่ายกว่าแป้งที่มีปริมาณ damaged starch ต่ำ (Ellis และคณะ, 1998)

4.2 การศึกษาหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์จากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม

ใช้แป้งข้าวกล้องข้าวเจ้า แป้งข้าวกล้องข้าวเหนียว แป้งข้าวฟ่าง แป้งลูกเดือย และแป้งเมล็ดบัว ในอัตราส่วน 11:7:2:8:7 โดยน้ำหนัก ชั่งน้ำหนักรวมร้อยละ 6 ซึ่งได้จากการดัดแปลงสูตรเครื่องดื่มเลียนแบบนมของ อรพิน เกิดชูชื่น และคณะ (2544) เพื่อผลิตเป็นไอศกรีม และสูตรไอศกรีมนี้ ได้จากการดัดแปลงจากสูตรของ Marshall และ Arbuckle (1996) เนื่องจากในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจะมีแป้งธัญพืชและเมล็ดพืชร้อยละ 6 แทนการใช้ MSNF ทำให้ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีปริมาณของแข็งในสูตรต่ำ จึงมีการเพิ่มปริมาณของกลูโคสซีรัป (DE 38.0 – 43.0) ในสูตร โดยกลูโคสซีรัปจะช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งในสูตร โดยไม่ทำให้ความหวานเพิ่มขึ้นมาก ดังแสดงสูตรในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ส่วนผสมของไอศกรีมที่ใช้เป็นสูตรมาตรฐานกับไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (% โดยน้ำหนัก)	
	ไอศกรีม (Marshall และ Arbuckle,1996)	ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม
MSNF	11	-
แป้งธัญพืช	-	6
ไขมัน	10	10
น้ำตาล	10	10
กลูโคสซีรัป [1]	5	10
Cremodan® [2]	0.5	0.5
น้ำ	63.5	63.5

[1] ปริมาณกลูโคสซีรัป คิดจากปริมาณของแข็ง

[2] Cremodan® คือ สารให้ความคงตัวผสมอิมัลซิฟายเออร์

ผสมส่วนผสมให้เข้ากัน ให้ความร้อนเบื้องต้นที่อุณหภูมิ 65 °C เป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ส่วนผสมทั้งหมดละลาย โฮโมจิไนซ์ด้วย homogenizer แบบ 2 stage ที่ความดัน 2,500 และ 500 ปอนด์/ตารางนิ้ว ตามลำดับ เพื่อให้ส่วนผสมรวมกันเป็นเนื้อเดียวกัน ให้ความสม่ำเสมอแก่เนื้อไอศกรีม แล้วแปรอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ 3 ระดับ คือ 65 69 และ 72 ° C เป็นเวลา 30 นาที เพื่อทำลายจุลินทรีย์ ทำให้เย็นทันที และบ่มไอศกรีมมิกซ์นาน 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4 °C นำไปวัดความหนืด และตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ ปั่นเป็นไอศกรีมด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม บรรจุใส่ถ้วยขนาด 1 ออนซ์ และ 4 ออนซ์ สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัสและศึกษาการละลายตามลำดับ hardening ที่อุณหภูมิ -15 °C 24 ชั่วโมง ก่อนนำไปวิเคราะห์ทางกายภาพและประสาทสัมผัส

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่างกันคือ 65 69 และ 72 ° C เป็นเวลา 30 นาที พบว่าอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์มีผลต่อความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ และค่าโอเวอร์รันของไอศกรีม แต่ไม่มีผลกับปริมาณของแข็งทั้งหมด และร้อยละการละลายของไอศกรีม ดังแสดงผลในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่างกัน

ลักษณะทางกายภาพ	อุณหภูมิ (° C)		
	65	69	72
ไอศกรีมมิกซ์			
ความหนืด (cps)	565.20 ^{c} ± 18.97	709.14 ^{b} ± 13.15	749.60 ^{a} ± 25.27
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	35.56 ^{ns} ± 0.56	35.28 ^{ns} ± 0.52	35.78 ^{ns} ± 0.63
ไอศกรีม			
ค่าโอเวอร์รัน (%)	34.91 ^{a} ± 0.92	31.81 ^{b} ± 1.90	30.13 ^{b} ± 1.16
ร้อยละการละลายที่เวลา 30 นาที (%)	31.71 ^{ns} ± 1.81	28.93 ^{ns} ± 2.02	28.42 ^{ns} ± 2.29

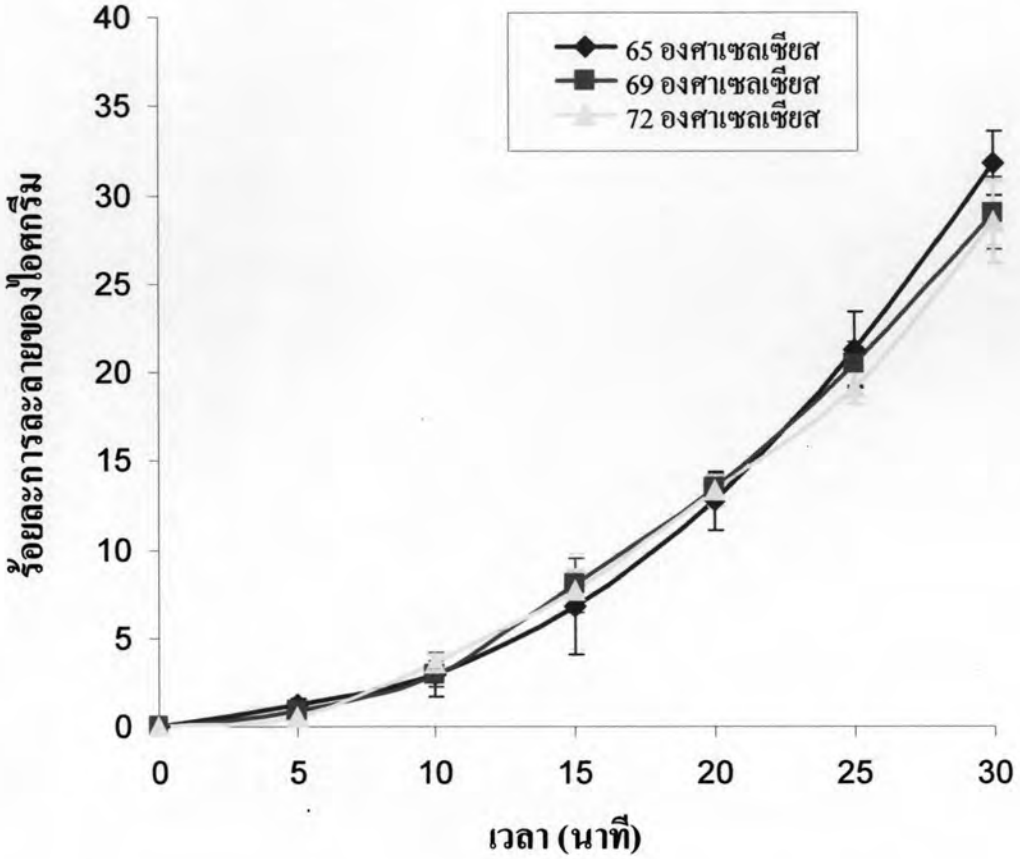
ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b,c ต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ns ในแถวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.4 พบว่าไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 72 ° C มีความหนืดสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 749.60 cps และแตกต่างจากไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ที่อุณหภูมิ 65 และ 69 ° C อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 565.20 และ 709.14 cps ตามลำดับ เนื่องจากที่อุณหภูมิ 65 ° C แป้งส่วนใหญ่จะยังไม่เกิดเจลาทิไนซ์ ซึ่งดูได้จากค่า pasting temperature ที่แสดงในตารางที่ 4.2 เห็นได้ว่าที่อุณหภูมิ 65 ° C มีเพียงแป้งข้าวกล้องข้าวเจ้า และแป้งข้าวกล้องข้าวเหนียวเท่านั้นที่เริ่มเกิดเจลาทิไนซ์ เนื่องจากแป้งทั้ง 2 มี pasting temperature ต่ำกว่าอุณหภูมิ 65 ° C โดยมีค่า 64.25 และ 63.50 ° C ตามลำดับ และที่อุณหภูมิ 69 ° C แป้งลูกเดือยและแป้งข้าวฟ่างจะเริ่มเกิดเจลาทิไนซ์ โดยมี pasting temperature เท่ากับ 68.33 และ 69 ° C ตามลำดับ ส่วนที่อุณหภูมิ 72 ° C มีเพียงแป้งเมล็ดบัวเท่านั้นที่ยังไม่เริ่มเกิดเจลาทิไนซ์ เนื่องจากมี pasting temperature เท่ากับ 73.33 ° C ทำให้ไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 ° C มีความหนืดสูงที่สุด

ปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่างๆ มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 35.28 – 35.78 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากส่วนผสมของไอศกรีมมิกซ์มีองค์ประกอบของวัตถุดิบต่างๆ ในปริมาณเท่ากัน

ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างกัน มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30.13 – 34.91 ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 20 – 150 (Arbuckle, 1989) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเครื่องปั่นไอศกรีมที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องที่ใช้ทำไอศกรีมแบบ soft-serve ซึ่งจะมีค่าโอเวอร์รันอยู่ในช่วงร้อยละ 30 - 50 (Dervisoglu และคณะ, 2005) ไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 65 ° C มีค่าโอเวอร์รันของเท่ากับร้อยละ 34.91 และมีความแตกต่างจากไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 69 และ 72 ° C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีค่าเท่ากับร้อยละ 31.81 และ 30.13 ตามลำดับ ทั้งนี้ค่าโอเวอร์รันจะขึ้นกับความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ โดยความหนืดสูงจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของใบพัดในขณะตีอากาศ จึงมีผลทำให้ความสามารถในการตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมลดลง ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันลดลง (Kailasapathy และ Songvanich, 1998) ซึ่งผลการทดลองด้านค่าโอเวอร์รันและความหนืดในงานวิจัยนี้สอดคล้องและเป็นเหตุเป็นผลซึ่งกันและกัน

ค่าร้อยละการละลายของไอศกรีมที่ได้จากการผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างกัน อยู่ในช่วงร้อยละ 28.42 – 31.71 โดยมีค่าลดลง เมื่อใช้อุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์สูงขึ้น ซึ่งมีผลมาจากความหนืด โดยความหนืดที่สูงขึ้นนี้จะทำให้ความต้านทานการละลายเพิ่มขึ้น (Arbuckle, 1989) แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยในรูปที่ 4.1 แสดงอัตราการละลายของไอศกรีมที่มาจากไอศกรีมมิกซ์ที่มีอุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์ต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้ว่าการละลายของไอศกรีมจะเพิ่มขึ้นแบบ exponential เช่นเดียวกับกราฟที่ได้จากงานวิจัยของ Pelan และคณะ (1997) ที่ศึกษาอัตราการละลายของไอศกรีมที่มีอิมัลซิฟายเออร์ต่างชนิดกัน โดยในช่วงแรกอัตราการละลายจะต่ำ ซึ่งเห็นได้จากความชันของกราฟ แล้วอัตราการละลายจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเวลาผ่านไปนานขึ้น (หลังจาก 10 – 15 นาที) เนื่องจากในช่วงแรกอุณหภูมิของไอศกรีมยังต่ำอยู่ ทำให้อัตราการละลายต่ำ เมื่อเวลาผ่านไป อุณหภูมิของไอศกรีมสูงขึ้น เนื่องจากเกิดการถ่ายเทความร้อนจากสิ่งแวดล้อมเข้าไปในไอศกรีมทำให้ผลึกน้ำแข็งละลาย อัตราการละลายช่วงหลังมีค่าสูงขึ้น (Muse และ Hartel, 2004)



รูปที่ 4.1 การละลายของไอศกรีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างกัน

นำไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่างกัน มาตรวจสอบคุณภาพทางจุลินทรีย์ พบว่าเมื่อพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิสูงขึ้น จะสามารถลดปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ได้ มากขึ้น ดังแสดงผลในตารางที่ 4.5 พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ของไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 69 และ 72 ° C มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดอยู่ในช่วง 7.5×10^3 ถึง 1.4×10^3 CFU/ml มีปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ไม่เกิน 3 MPN/ml และไม่พบยีสต์ รา เนื่องจากต้องการทราบว่าการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์นี้ เพียงพอต่อการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์หรือไม่ อย่างไรก็ตามสำหรับไอศกรีมนั้นไม่มีมาตรฐานกำหนดไว้ จะกำหนดแค่ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์สุดท้ายเท่านั้น ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในไอศกรีมมิกซ์กับมาตรฐานของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรซ์ ที่กำหนดว่ามีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^4 CFU/ml ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม ไม่เกิน 10 MPN/ml (สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2530) แสดงว่าการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 ° C นาน 30 นาที ก็เพียงพอในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่อาจก่อโรคได้แล้ว และที่อุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์ที่สูงขึ้น สามารถลดปริมาณของจุลิทรีย์ได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ของไอศกรีมมิกซ์ที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิต่างกัน

ชนิดของจุลินทรีย์	อุณหภูมิที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ (° C)		
	65	69	72
ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด (CFU/ml)	7.5×10^3	2.1×10^3	1.4×10^3
ปริมาณยีสต์ รา (CFU/ml)	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
ปริมาณแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์ม (MPN/ml)*	< 3	< 3	< 3

* คำนวณจำนวน coliform bacteria จากตาราง MPN (ตารางที่ ก.1)

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าที่อุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ทั้ง 3 อุณหภูมิ ทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เกินที่มาตรฐานกำหนด ดังนั้นจึงนำไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างๆ มาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธีทดสอบเชิงพรรณนาแบบสเกลบอกระดับความเข้ม โดยใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ข.3 ใช้ผู้ทดสอบกึ่งฝึกฝน จำนวน 15 คน ทดลอง 2 ซ้ำ ได้ผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างกัน ด้วยวิธีทดสอบเชิงพรรณนาแบบสเกล(ระดับคะแนน 1 - 10)

ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบ	คะแนนเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	อุณหภูมิ 65 ° C	อุณหภูมิ 69 ° C	อุณหภูมิ 72 ° C
ลักษณะปรากฏ	$7.63^{a} \pm 0.78$	$7.17^{ab} \pm 0.86$	$6.95^{b} \pm 0.96$
กลิ่นรส	$6.48^{ns} \pm 0.98$	$6.47^{ns} \pm 0.84$	$6.51^{ns} \pm 0.86$
ความเรียบเนียน	$5.75^{ns} \pm 0.77$	$5.89^{ns} \pm 0.81$	$5.98^{ns} \pm 0.91$
การเคลือบปาก	$5.30^{ns} \pm 0.78$	$5.29^{ns} \pm 0.84$	$5.17^{ns} \pm 0.84$
ความชอบรวม	$5.74^{b} \pm 0.94$	$6.04^{ab} \pm 0.82$	$6.28^{a} \pm 0.89$

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ns ในแถวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าด้านลักษณะปรากฏของไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 65 ° C มีคะแนนสูงที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 7.63 แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างจากการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 69 ° C อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แต่มีความแตกต่างจากการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 ° C อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) มีคะแนนเท่ากับ 7.17 และ 6.95 ตามลำดับ โดยไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 65 ° C มีค่าโอเวอร์รันมากกว่าทำให้ไอศกรีมดูมีความฟูตัวและมีสีขาวมากกว่าไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 72 ° C ด้านกลิ่นรสไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) แสดงว่าที่อุณหภูมิการพาสเจอร์ไรซ์ต่างกันทั้งสามค่าไม่มีผลต่อกลิ่นรสของไอศกรีม โดยมีคะแนนอยู่ในช่วง 6.47 – 6.51 ซึ่งในแบบทดสอบจะกำหนดว่ามีกลิ่นรสแปลกปลอมคะแนนเท่ากับ 0 และ 10 คือไม่มีกลิ่นรสแปลกปลอม แสดงว่าในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีกลิ่นรสแปลกปลอมบ้างเล็กน้อย ซึ่งน่าจะมาจากกลิ่นของธัญพืช โดยผู้ทดสอบส่วนใหญ่จะบอกว่ากลิ่นรสที่แปลกปลอมนี้ เป็นกลิ่นของแป้ง เนื่องจากเป็นกลิ่นที่ผู้ทดสอบไม่คุ้นเคย และคิดว่าไม่ควรจะมีในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ด้านความเรียบเนียนมีค่าอยู่ในช่วง 5.75 – 5.98 และไอศกรีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 72 ° C มีคะแนนสูงที่สุด แม้จะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ที่สูง ช่วยขัดขวางการเคลื่อนที่ของ crystal nuclei ได้ ทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก (Kailasapathy และ Songvanich, 1998) ด้านการเคลือบปากพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยการเคลือบปากในที่นี้ จะหมายถึงความรู้สึกว่ามีอะไรตกค้างหลังกลืนตัวอย่าง โดยให้คะแนนเท่ากับ 0 หมายถึงมีความรู้สึกว่ามีอะไรตกค้างหลังกลืนตัวอย่าง และ 10 หมายถึงความรู้สึกว่าไม่มีอะไรตกค้างหลังกลืนตัวอย่าง จากการทดสอบทางประสาทสัมผัสพบว่าได้คะแนนกลางๆ คืออยู่ในช่วง 5.17 – 5.30 แสดงว่าผู้ทดสอบรู้สึกว่ามีอะไรตกค้างอยู่ในปาก แค่ระยะหนึ่งแล้วหายไป ไม่ได้มีการตกค้างอยู่ในปากเป็นเวลานาน

การพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 72 ° C ทำให้ไอศกรีมที่ได้มีคะแนนความชอบรวมมากที่สุด ได้คะแนนเท่ากับ 6.28 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ามีความแตกต่างจากการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 ° C ซึ่งได้คะแนนเท่ากับ 5.74 เนื่องจากที่อุณหภูมิ 72 ° C แป้งที่ใช้ส่วนใหญ่เกิดเจลแล้ว ผู้ทดสอบจึงไม่ค่อยรู้สึกถึงลักษณะเม็ดแป้งมากนัก ทำให้เป็นที่ยอมรับมากกว่าไอศกรีมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 65 และ 69 ° C ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อรพิน เกิดชูชื่น และคณะ (2544) ที่พบว่าเมื่อให้ความร้อนแก่เครื่องดื่มเลียนแบบนมที่อุณหภูมิต่ำกว่า pasting temperature จะทำให้เครื่องดื่มเลียนแบบนมมีลักษณะหยาบและไม่

เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ แต่ถ้าพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิสูงกว่า 72 °C และสูงกว่า pasting temperature ของแป้งที่ใช้ ก็น่าจะทำให้ไอศกรีมมีความเรียบเนียนมากขึ้น แต่ก็จะทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดเพิ่มขึ้นเช่นกัน ค่าโอเวอร์รันลดลง และทำให้เสียพลังงานในการผลิตเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 72 °C เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากทำให้ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกินมาตรฐานของผลิตภัณฑ์นมพาสเจอร์ไรซ์ แม้ว่าอุณหภูมิ 65 °C ก็เพียงพอสำหรับการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์แล้ว แต่ผลจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ได้จากการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 72 °C มีคะแนนความชอบรวมสูงสุด ดังนั้นจึงเลือกอุณหภูมิ 72 °C เป็นอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ต่อไป

4.3 การศึกษาหาปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัปที่เหมาะสมต่อการผลิตและคุณภาพของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม

เนื่องจากสูตรไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมที่ใช้ ไม่มีส่วนผสมจากนมและผลิตภัณฑ์นม ทำให้มีปริมาณของแข็งในสูตรต่ำ ดังนั้นงานวิจัยขั้นถัดมาจะใช้กลูโคสซีรัปร่วมกับน้ำตาลเป็นสารให้ความหวาน โดยกลูโคสซีรัปจะช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งในสูตรโดยไม่ทำให้ความหวานเพิ่มขึ้น และยังช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ให้มีเนื้อสัมผัสดีขึ้น ป้องกันไม่ให้จุดเยือกแข็งลดต่ำเกินไป แต่หากใช้กลูโคสซีรัปมากเกินไป จะทำให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเหนียวและมีกลิ่นรสผิดปกติ ดังนั้นจึงศึกษาปริมาณของกลูโคสซีรัปที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม โดยแปรปริมาณของกลูโคสซีรัปเป็น 3 ระดับ คือ ร้อยละ 10 5. และ 0 โดยในสูตรที่ไม่ใส่กลูโคสซีรัปจะมีปริมาณน้ำตาลมากกว่าสูตรอื่น เพื่อให้ไอศกรีมมีความหวานใกล้เคียงกัน แล้วเติมโพลีดีกซ์โทรสเพื่อปรับให้ปริมาณของแข็งในแต่ละสูตรเท่ากัน โดยเปรียบเทียบ 3 สูตรดังแสดงในตารางที่ 4.7

พระสมุดวชิราวุธ ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ส่วนผสมของไอศกรีมที่ศึกษาหาปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัปที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไอศกรีม

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (% โดยน้ำหนัก)		
	S10/G10	S10/G5/P5	S15/P5
แป้งธัญพืช	6	6	6
ไขมัน	10	10	10
น้ำตาล (S)	10	10	15
กลูโคสซีรัป(G) [1]	10	5	-
โพลีเด็กซ์โทรส (P)	-	5	5
Cremodan® [2]	0.5	0.5	0.5
น้ำ	63.5	63.5	63.5

[1] ปริมาณกลูโคสซีรัป คิดจากปริมาณของแข็ง

[2] Cremodan® คือ สารให้ความคงตัวผสมอิมัลซิฟายเออร์

สูตรที่ 1 (S10/G10) น้ำตาลร้อยละ 10 และกลูโคสซีรัปร้อยละ 10

สูตรที่ 2 (S10/G5/P5) น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5

สูตรที่ 3 (S15/P5) น้ำตาลร้อยละ 15 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5

ผลิตไอศกรีมตามวิธีในรูปที่ 3.1 และพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 72 °C นาน 30 นาที เนื่องจากการศึกษาอุณหภูมิในการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์จากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม (ข้อ 4.2) พบว่าเพียงพอต่อการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ และทำให้ได้ไอศกรีมที่มีสมบัติทางประสาทสัมผัสด้านต่างๆ ดีที่สุด

ศึกษาลักษณะทางกายภาพ ด้านความหนืด ปริมาณของแข็งทั้งหมด จุดเยือกแข็งของไอศกรีมมิกซ์ และค่าโอเวอร์รัน ร้อยละการละลายของไอศกรีม พบว่าสมบัติด้านต่างๆ ของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมทั้ง 3 สูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมที่ศึกษาหาปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัปที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไอศกรีม

ลักษณะทางกายภาพ	สูตรไอศกรีม		
	S10/G10	S10/G5/P5	S15/P5
ไอศกรีมมิกซ์			
ความหนืด (cps)	748.33 ^{ns} ± 6.99	787.33 ^{ns} ± 31.63	754.00 ^{ns} ± 25.14
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	34.86 ^{ns} ± 0.72	35.15 ^{ns} ± 0.73	35.03 ^{ns} ± 0.51
จุดเยือกแข็ง (° C)	- 2.60 ^{ns} ± 0.22	- 2.55 ^{ns} ± 0.13	- 2.70 ^{ns} ± 0.22
ไอศกรีม			
ค่าโอเวอร์รัน (%)	30.46 ^{ns} ± 2.21	29.66 ^{ns} ± 1.16	30.18 ^{ns} ± 0.73
ร้อยละการละลายที่เวลา 30 นาที (%)	27.44 ^{ns} ± 1.75	26.47 ^{ns} ± 0.76	28.68 ^{ns} ± 1.69

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ns ในแถวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

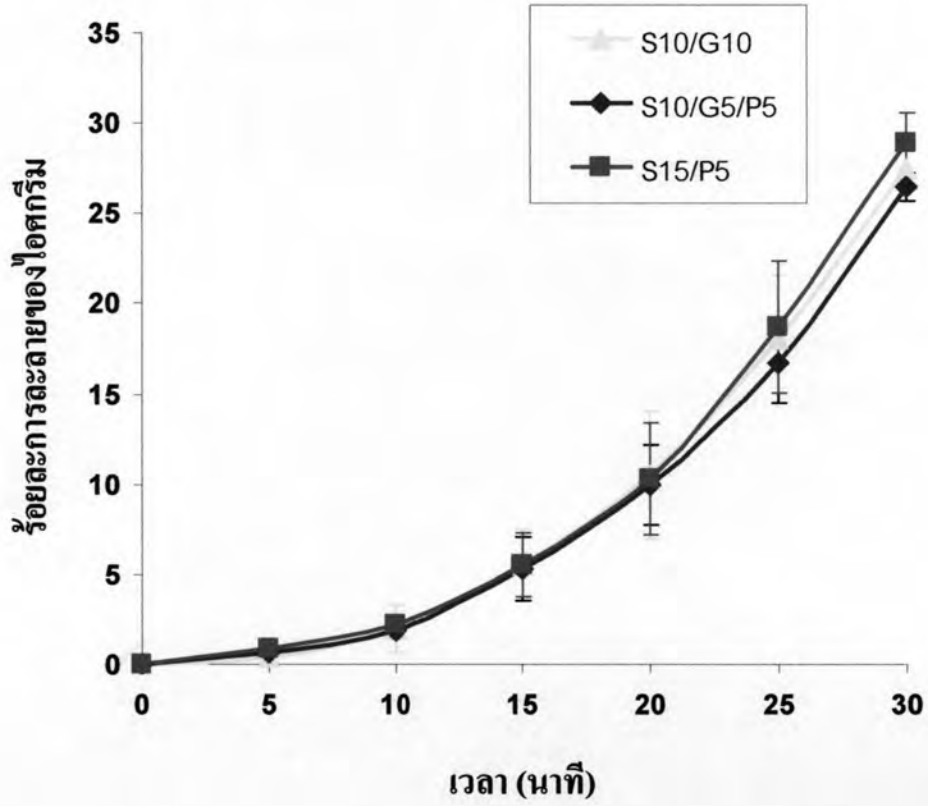
จากตารางที่ 4.8 พบว่า ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ มีความแตกต่างกันเล็กน้อย เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เมื่อพิจารณาจากสูตรที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) กับสูตรที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 15 โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) มีความหนืดเท่ากับ 787.33 และ 754 cps ตามลำดับ พบว่าการเติมกลูโคสซีรัปมีผลทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดสูงขึ้น เป็นเพราะกลูโคสซีรัปประกอบด้วยองค์ประกอบของน้ำตาลหลายชนิด ทั้งน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว และโอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งสามารถจับน้ำได้มากกว่าน้ำตาลไดแซคคาไรด์ (Goff และคณะ, 1990) ดังนั้นไอศกรีมที่เติมกลูโคสซีรัปจะมีความหนืดมากกว่าไอศกรีมที่ไม่เติมกลูโคสซีรัป นอกจากนี้โพลีเด็กซ์โทรสก็มีผลทำให้ความหนืดสูงขึ้น โดยอรพิน ประยงค์รัตน์ (2537) ได้ศึกษาผลของการใช้แอสปาร์เทมร่วมกับโพลีเด็กซ์โทรสและกัมต่างชนิด ที่มีต่อสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และทางประสาทสัมผัสของโยเกิร์ตแช่แข็ง พบว่าการเพิ่มปริมาณของโพลีเด็กซ์โทรสจะมีความสัมพันธ์แบบ exponential กับความหนืดของโยเกิร์ตแช่แข็ง โดยเมื่อเพิ่มโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 7 ความหนืดจะเพิ่มขึ้นจาก 95 cps เป็น 150 cps และถ้าเพิ่มโพลีเด็กซ์โทรสเป็นร้อยละ 15.4 ความหนืดจะเป็น 475 cps แต่ในการทดลองนี้มีการเติมโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 ทำให้มีผลต่อการเพิ่มความเข้มข้นของไอศกรีมมิกซ์ไม่มากนัก ทำให้ไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 10 (S10/G10) มีความหนืดไม่ต่างกับไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ

15 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) โดยมีค่าเท่ากับ 748.33 และ 754 cps ตามลำดับ

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในแต่ละสูตรไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากมีการเติมโพลีเด็กซ์โทรสลงไปในสูตรเพื่อปรับให้ปริมาณของแข็งในแต่ละสูตรเท่ากัน โดยโพลีเด็กซ์โทรสทำหน้าที่เป็นสารให้ปริมาณ มีสมบัติแทนที่น้ำตาล หรือไขมัน และจะปรับปรุงลักษณะด้านเนื้อสัมผัสในปาก ให้ลักษณะเนื้อ ไม่ทำให้ความหวานเพิ่มขึ้น และให้พลังงานเพียง 1 kcal/g (Goff และ Jordan ,1984 ;Specter และ Setser,1994) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการลดลงของจุดเยือกแข็ง โดยสามารถลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม เช่นเดียวกับน้ำตาล และกลูโคสซีรัป ซึ่งการลดจุดเยือกแข็งนี้ขึ้นกับจำนวนโมลของตัวถูกละลายที่อยู่ในตัวทำละลาย (Smith และ Bradley, 1983) โดยน้ำตาลซูโครส (MW = 342) สามารถลดจุดเยือกแข็งได้มากกว่ากลูโคสซีรัป (MW = 428) เนื่องจากมีน้ำหนักโมเลกุลน้อยกว่าทำให้มีจำนวนโมลในสารละลายมากกว่า ทำให้ไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 15 โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) มีจุดเยือกแข็งต่ำสุด โดยมีค่าเท่ากับ - 2.70 ° C รองลงมาเป็นไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 10 (S10/G10) โดยมีค่าเท่ากับ -2.60 ° C สอดคล้องกับงานวิจัยของ Muse และ Hartel (2004) ที่พบว่าไอศกรีมที่ใช้ใช้กลูโคสซีรัป (DE 20) ทำให้ไอศกรีมมีความหนืดสูงกว่าไอศกรีมที่ใช้น้ำตาลและไฮฟรุกโทสซีรัป (high fructose syrup) ตามลำดับ เนื่องจากกลูโคสซีรัปมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่า ส่วนโพลีเด็กซ์โทรสมีผลต่อการลดจุดเยือกแข็งน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำตาล (Sibel และ Jones,1996) ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 2.2 เป็นเพราะโพลีเด็กซ์โทรสมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยสูงกว่าน้ำตาลมาก จึงทำให้ไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 15 และโพลี-เด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) มีจุดเยือกแข็งต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ -2.70 ° C แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าจุดเยือกแข็งของไอศกรีมทั้งสามสูตรไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีค่าอยู่ในช่วง -2.55 ถึง -2.70 ° C

ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 29.66 – 30.46 ซึ่งจะเป็นผลมาจากความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ ทำให้ความสามารถในการตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีมลดลง (Arbuckle, 1989) ซึ่งเห็นได้จากไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) มีความหนืดสูงที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 787.33 cps ทำให้มีค่าโอเวอร์รันต่ำที่สุด โดยมีค่าเท่ากับร้อยละ 29.66 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ($p > 0.05$) จากค่าร้อยละการละลาย พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยไอศกรีมที่ใส่

น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) มีค่าร้อยละการละลายน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 26.47 รองมาคือ ที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 10 (S10/G10) และไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 15 โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) ซึ่งมีค่าร้อยละ 27.44 และ 28.68 ตามลำดับ โดย Guinard และคณะ (1997) พบว่าอัตราการละลายของไอศกรีมจะขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำตาลในสูตร ถ้าปริมาณน้ำตาลน้อย อัตราการละลายของไอศกรีมก็จะต่ำ และถ้ามีปริมาณน้ำตาลมาก อัตราการละลายก็จะสูง ที่เป็นอย่างนี้เพราะปริมาณน้ำตาลจะส่งผลต่อการลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมนั่นเอง นอกจากจุดเยือกแข็งของไอศกรีมแล้ว ความหนืดของไอศกรีมก็มีผลต่ออัตราการละลายของไอศกรีมเช่นกัน โดยความหนืดสูงจะต้านการละลายของไอศกรีม (Arbuckle, 1989) โดยอัตราการละลายของไอศกรีมทั้ง 3 สูตร ได้แสดงในรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 การละลายของไอศกรีมที่ศึกษาหาปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัปที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไอศกรีม

จากรูปที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าในช่วงแรกกราฟจะมีความชันใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไป 20 นาที จะเห็นความแตกต่างของความชันของกราฟเล็กน้อย โดยไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ

15 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) มีอัตราการละลายสูงที่สุด ซึ่งจะเห็นได้จากความชันของกราฟ รองมาคือไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 10 (S10/G10) และไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) มีอัตราการละลายต่ำที่สุด เนื่องจาก ไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) มีความหนืดสูงสุด และเมื่อไอศกรีมละลายจะกลายเป็นของเหลวที่มีความข้นหนืด ทำให้โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ได้ยาก (Muse และ Hartel, 2003) ทำให้ไอศกรีมที่มีความหนืดของไอศกรีมมิกซ์สูง มีอัตราการละลายต่ำกว่าไอศกรีมที่มีความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Schmidt และคณะ (1993) ที่ศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตและโปรตีนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม พบว่าเมื่อใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตจะทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดสูงกว่าการใช้สารทดแทนไขมันประเภทโปรตีน และส่งผลให้ไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรตมีอัตราการละลายต่ำกว่า

นำไอศกรีมทั้ง 3 สูตรไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9) โดยใช้ผู้ทดสอบทั่วไป 25 คน ทดสอบ 2 ซ้ำ ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ข.4 ได้ผลดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ศึกษาหาปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัป ที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไอศกรีม ด้วยวิธี hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9)

สูตรไอศกรีม	คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความหวาน	ความเรียบเนียน	การเคลือบปาก
S10/G10	$5.31^{b} \pm 0.99$	$6.28^{a} \pm 0.86$	$5.31^{a} \pm 0.99$
S10/G5/P5	$6.06^{a} \pm 0.99$	$6.37^{a} \pm 0.80$	$5.31^{a} \pm 0.90$
S15/P5	$5.22^{b} \pm 0.84$	$5.47^{b} \pm 0.99$	$5.00^{a} \pm 0.94$

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.9 พบว่าไอศกรีมสูตรที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) ได้รับคะแนนความชอบด้านต่างๆ สูงที่สุด และมีความแตกต่างจากไอศกรีมสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ด้านความหวานของไอศกรีมสูตรนี้

(S10/G5/P5) ได้คะแนนเท่ากับ 6.06 และไอศกรีมที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 10 (S10/G10) และไอศกรีมที่มีน้ำตาลร้อยละ 15 และโพลีเด็กซ์โทรส ร้อยละ 5 (S15/P5) มีคะแนนเท่ากับ 5.31 และ 5.22 ตามลำดับ อาจเนื่องมาจากการแปรปริมาณของน้ำตาลและกลูโคสซีรัปมีผลกับความหวานของไอศกรีม โดยกลูโคสซีรัป (DE 42) มีความหวานเป็น 0.48 เท่าเมื่อเทียบกับน้ำตาลซึ่งมีค่าเป็น 1 (Marshall และ Arbuckle, 1996) ทำให้มีการนำกลูโคสซีรัปมาใช้ในสูตรไอศกรีมเพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งในสูตร และไม่ทำให้ความหวานเพิ่มมากนัก อีกทั้งยังสามารถหาซื้อได้ง่าย ส่วนโพลีเด็กซ์โทรสไม่มีรสหวาน จึงไม่ทำให้ความหวานเพิ่มขึ้น (Specter และ Setser,1994) ดังนั้นไอศกรีมที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 จึงมีความหวานพอดี ไม่หวานมากเกินไป

ด้านความเรียบเนียนพบว่าไอศกรีมที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) มีคะแนนมากที่สุด โดยมีค่าเท่ากับ 6.37 โดยมีคะแนนใกล้เคียงกับสูตรที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 10 (S10/G10) ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 6.28 และแตกต่างจากสูตรที่มีน้ำตาลร้อยละ 15 และโพลีเด็กซ์โทรส ร้อยละ 5 (S15/P5) ซึ่งมีคะแนนเท่ากับ 5.47 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เป็นเพราะกลูโคสซีรัปไม่ทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมลดต่ำเกินไป โดยจุดเยือกแข็งที่ต่ำเกินไปจะมีผลทำให้เกิด heat shock ได้ง่าย และยังส่งผลให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสไม่เรียบเนียน (Smith และ Bradley, 1983) ดังนั้นกลูโคสซีรัปจึงมีส่วนช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้ดีขึ้น และยังป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งที่หยาบ Harper และ Shoemaker (1983) พบว่าการใช้กลูโคสซีรัปในไอศกรีม มีผลทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก เนื่องจากกลูโคสซีรัปส่งผลให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น ช่วยลดการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำที่จะมารวมตัวกันเป็นผลึกน้ำแข็ง ทำให้น้ำไม่สามารถมารวมตัวกับผลึกน้ำแข็งที่มีอยู่แล้ว และกลายเป็นผลึกน้ำแข็งใหม่ๆ ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เช่นเดียวกับโพลีเด็กซ์โทรส โดย Specter และ Setser (1994) กล่าวว่าโพลีเด็กซ์โทรสมีคุณสมบัติที่เหมือนกับน้ำตาล คือ อุ้มน้ำ รักษาความชื้น (moisture retention) ทำให้การถ่ายเทความชื้นในระบบช้าลง และยังยับยั้งการก่อตัวของผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ เนื่องจากจะช่วยเพิ่มความหนืดใน continuous phase จึงขัดขวางการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่และช่วยลดขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้น (Moor และ Shoemaker, 1981) ซึ่งจะทำให้รู้สึกหยาบ และมีเนื้อสัมผัสลักษณะเป็นน้ำ (watery texture) ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม แต่ไอศกรีมที่มีน้ำตาลร้อยละ 15 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) มีคะแนนด้านความเรียบเนียนต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.47 น่าจะเป็นเพราะมีจุดเยือกแข็งต่ำ (-2.70 ° C) ซึ่งจุดเยือกแข็งที่ต่ำนี้ จะทำให้ไอศกรีมเกิด heat shock ได้ง่าย และส่งผลให้ไอศกรีมมีลักษณะที่ไม่เรียบเนียน

เนื่องจากไอศกรีมทั้ง 3 สูตรมีลักษณะที่ใกล้เคียงกันมาก ทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบใกล้เคียงกัน เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติจะไม่พบความแตกต่าง ดังนั้นจึงทดสอบความชอบด้วยวิธี ranking test เสริม โดยผู้ทดสอบทั่วไป 25 คน ทดสอบ 2 ซ้ำ ใช้แบบทดสอบในภาคผนวก ข.4 และในการวิเคราะห์ผลทางสถิตินั้น การจัดลำดับจะถูกเปลี่ยนเป็นคะแนน โดยในการทดลองนี้ ตัวอย่างที่ให้ลำดับแรกจะเปลี่ยนเป็นคะแนนเท่ากับ 0.85 ลำดับที่สองเป็นคะแนนเท่ากับ 0 และลำดับที่สามเป็นเท่ากับ - 0.85 (แปลงคะแนนตามตารางที่ ข.1) ก่อนวิเคราะห์ผลทางสถิติ (ปราณี อ่านเปรื่อง ,2547) ได้ผลดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของไอศกรีมที่ศึกษาหาปริมาณน้ำตาลและกลูโคสซีรัป ที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไอศกรีมด้วยวิธี ranking test

สูตรไอศกรีม	ผลรวมคะแนน*	ลำดับ
S10/G10	0.02 [b]	2
S10/G5/P5	0.32 [a]	1
S15/P5	-0.34 [c]	3

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับหนึ่ง = 0.85
คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับสอง = 0
คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับสาม = - 0.85

จากตารางที่ 4.10 เป็นผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโดยวิธี ranking test โดยไอศกรีมที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) ผู้ทดสอบชอบเป็นลำดับ 1 ได้คะแนน 0.32 รองลงมาเป็นไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 10 (S10/G10) ได้คะแนน 0.02 ส่วนไอศกรีมที่ใส่น้ำตาลร้อยละ 15 โพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S15/P5) ผู้ทดสอบชอบเป็นลำดับสุดท้าย ได้คะแนน -0.34 ซึ่งสอดคล้องกับผลของการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scale (ตารางที่ 4.9) จะเห็นว่าไอศกรีมที่มีน้ำตาลร้อยละ 10 กลูโคสซีรัปร้อยละ 5 และโพลีเด็กซ์โทรสร้อยละ 5 (S10/G5/P5) มีคะแนนความชอบด้านต่างๆ สูงที่สุด ดังนั้นจึงเลือกสูตรนี้มาพัฒนาต่อไป

4.4 การศึกษาผลของการใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

เนื่องจากไขมันที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นน้ำมันปาล์มและน้ำมันมะพร้าว มีกรดไขมันอิ่มตัวสูง ซึ่งอาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคหัวใจ โรคความดันโลหิตสูง และในปัจจุบันผู้บริโภคก็หันมาดูแลสุขภาพกันมากขึ้น เลือกรับประทานอาหารที่มีไขมันต่ำเพื่อควบคุมน้ำหนักและป้องกันโรคต่างๆ อันมีสาเหตุมาจากโรคอ้วน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงจะศึกษาการใช้สารทดแทนไขมันเพื่อลดปริมาณไขมันบางส่วนในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม ซึ่งจากการศึกษาเบื้องต้น พบว่าการใช้มอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่า DE 10 ที่มีราคาถูกและ corn syrup solids DE 42 ผสมกันในอัตราส่วน 50:50 ดีกว่าการใช้มอลโทเด็กซ์ทรินที่มีค่า DE 10 เพียงอย่างเดียวมาผลิตไอศกรีม เนื่องจากเมื่อใช้ปริมาณสูงตั้งแต่ร้อยละ 5 เป็นต้นไป ผู้ทดสอบจะเริ่มรับรู้ได้ว่ามี off-flavor เกิดขึ้นและไอศกรีมจะมีความเหนียวหนืดสูง ไม่สามารถผลิตไอศกรีมได้ และถ้าใช้ corn syrup solids ที่มีค่า DE 42 เพียงอย่างเดียว ไอศกรีมที่ได้ก็จะมีลักษณะที่แฉะ และละลายเร็วมาก ดังนั้นจึงเลือกใช้มอลโทเด็กซ์ทรินผสมกับ corn syrup solids เป็นสารทดแทนไขมัน โดยแปรสัดส่วนของไขมัน : สารทดแทนไขมัน 4 ระดับ คือ 10 : 0 7 : 3 5 : 5 และ 3 : 7 มีส่วนประกอบดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ส่วนผสมโดยน้ำหนักของไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ส่วนผสมที่ใช้	สัดส่วนของไขมัน : สารทดแทนไขมัน			
	10 : 0	7 : 3	5 : 5	3 : 7
แป้งธัญพืช	6	6	6	6
ไขมัน	10	7	5	3
มอลโทเด็กซ์ทริน	-	3	5	7
น้ำตาล	10	10	10	10
กลูโคสซีรัป [1]	5	5	5	5
โพลีเด็กซ์โทรส	5	5	5	5
Cremodan® [2]	0.5	0.5	0.5	0.5
น้ำ	63.5	63.5	63.5	63.5

[1] ปริมาณกลูโคสซีรัป คิดจากปริมาณของแข็ง

[2] Cremodan® คือ สารให้ความคงตัวผสมอิมัลซิฟายเออร์

ผลิตไอศกรีม ตามสูตรที่ได้จากการศึกษาหาปริมาณน้ำตาลและกลูโคสที่เหมาะสมต่อคุณภาพของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และนำไอศกรีมมิกซ์ที่ได้มาทดสอบลักษณะทางกายภาพ ได้ผลดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์ที่ใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

สัดส่วนของไขมัน : สารทดแทนไขมัน	ความหนืด (cps)	ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	จุดเยือกแข็ง (° C)
10 : 0	784.50 ^{ns} ± 39.91	35.55 ^{ns} ± 0.54	-2.70 ^{a} ± 0.71
7 : 3	776.75 ^{ns} ± 73.72	35.45 ^{ns} ± 0.27	-2.77 ^{a} ± 0.15
5 : 5	761.50 ^{ns} ± 21.06	35.37 ^{ns} ± 1.29	-2.97 ^{ab} ± 0.17
3 : 7	730.75 ^{ns} ± 38.17	35.99 ^{ns} ± 0.34	-3.25 ^{b} ± 0.17

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)
ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ns ในแถวตั้งเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.12 พบว่าค่าความหนืดมีค่าแตกต่างกันเล็กน้อย โดยความหนืดลดลงเมื่อปริมาณไขมันลดลง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 730.75 – 784.50 cps ซึ่งน่าจะเป็นผลจากไขมัน ดังผลจากการทดลองของ Goff และคณะ (1994) พบว่าเมื่อลดปริมาณไขมันในไอศกรีมลงโดยไม่มีการใช้สารทดแทนไขมัน ไอศกรีมมิกซ์จะมีความหนืดลดลง แสดงว่าไขมันมีผลต่อความหนืด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Specter และ Setser (1994) ที่ศึกษาลักษณะทางประสาทสัมผัสและทางกายภาพของไอศกรีมลดพลังงานด้วยสารทดแทนไขมันและน้ำตาล พบว่าไอศกรีมสูตรควบคุมที่มีไขมันร้อยละ 12 มีความหนืดมากกว่าไอศกรีมลดไขมันที่มีไขมันร้อยละ 8 4 และไอศกรีมไร้ไขมัน

ปริมาณของแข็งทั้งหมดในไอศกรีมมิกซ์มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 35.37 – 35.99 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจากมีการใส่สารทดแทนไขมันลงไปแทนปริมาณไขมันที่ลดลง ทำให้ปริมาณของแข็งในสูตรไม่เปลี่ยนแปลง

ส่วนจุดเยือกแข็งของไอศกรีม พบว่าไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 7 และ 5 มีจุดเยือกแข็งเท่ากับ -2.77 และ -2.97 ° C ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกับไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 (-2.70 ° C) และไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 3 มีจุดเยือกแข็งต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ -3.25 ° C

โดยปริมาณไขมันไม่มีผลต่อการลดลงของจุดเยือกแข็ง (Ohmes และคณะ, 1998) แต่การลดลงของจุดเยือกแข็งเป็นผลมาจาก corn syrup solids (DE 42) กล่าวคือเมื่อลดปริมาณไขมันลงจะมีการแทนที่ไขมันด้วยมอลโทเด็กซ์ทริน DE 10 และ corn syrup solids โดย corn syrup solids น่าจะมีคุณสมบัติต่างๆ คล้ายกับกลูโคสซีรัป ซึ่งมีผลต่อการลดลงของจุดเยือกแข็งของไอศกรีมมิกซ์ ส่วนมอลโทเด็กซ์ทรินที่มี DE 10 (MW = 1800) (Marshall และ Arbuckle, 1996) ไม่มีผลต่อการลดจุดเยือกแข็งมากนัก เพราะมีน้ำหนักโมเลกุลเฉลี่ยค่อนข้างสูง

นอกจากนี้เมื่อนำไอศกรีมสูตรต่างๆ ที่ได้มาศึกษาลักษณะทางกายภาพ โดยวัดค่าโอเวอร์รัน และร้อยละการละลาย ได้ผลดังตารางที่ 4.13

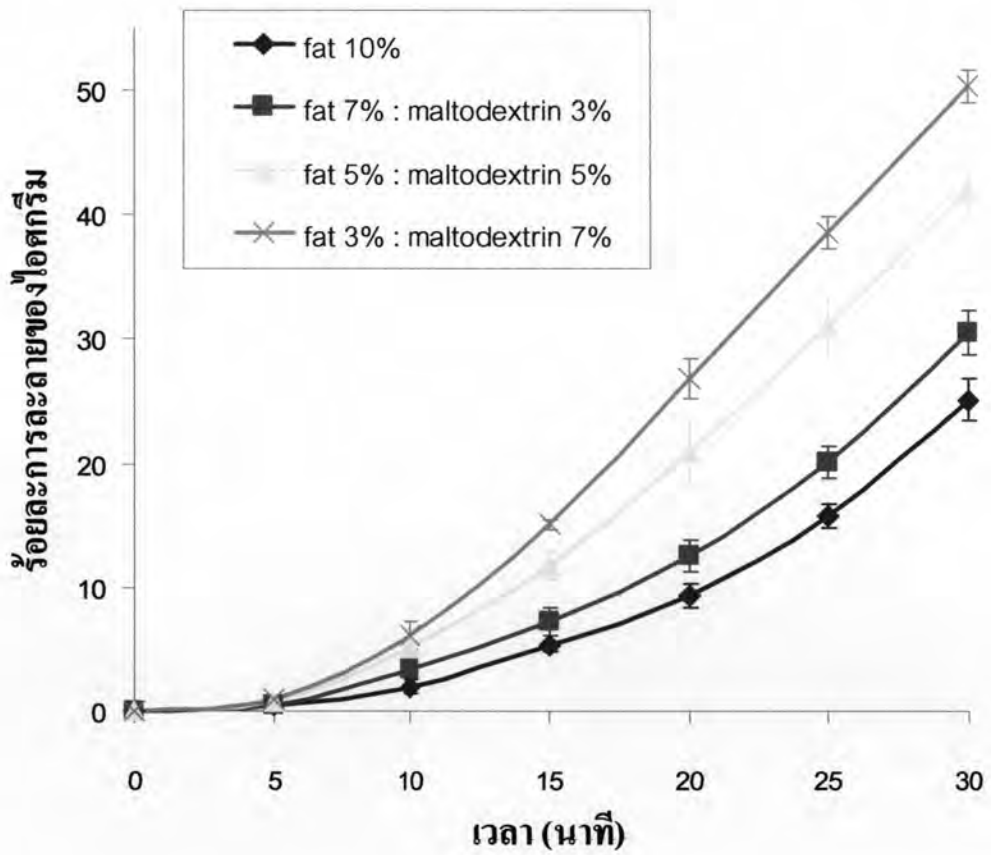
ตารางที่ 4.13 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

สัดส่วนของไขมัน : สารทดแทนไขมัน	ค่าโอเวอร์รัน (%)	ร้อยละการละลายที่เวลา 30 นาที (%)
10 : 0	30.85 ^{b} ± 0.65	25.14 ^{d} ± 1.71
7 : 3	31.95 ^{ab} ± 0.52	30.57 ^{c} ± 1.82
5 : 5	32.47 ^{a} ± 0.63	41.96 ^{b} ± 1.93
3 : 7	32.89 ^{a} ± 1.06	50.33 ^{a} ± 1.23

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b,c,d ต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.13 พบว่าเมื่อไอศกรีมมีปริมาณไขมันลดลง ค่าโอเวอร์รันจะเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 30.85 – 32.89 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tharp และ Gottemoller (1990) ที่พบว่าไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 16 10 และ 2 มีค่าโอเวอร์รันเป็นร้อยละ 50 90 และ 100 ตามลำดับ เนื่องจากไขมันมีบทบาทในการขัดขวางการตีอากาศเข้าเนื้อไอศกรีม เพราะไขมันจะทำหน้าที่เป็นสารหล่อลื่นภายใน freezer barrel ในระหว่างกระบวนการปั่นไอศกรีม จึงมีผลทำให้ความสามารถในการฟูตัวของไอศกรีมลดลง (Marshall และ Arbuckle, 1996) นอกจากนี้ความหนืด (ในตารางที่ 4.12) ก็มีผลต่อค่าโอเวอร์รันเช่นกัน ดังเห็นได้จากไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 ซึ่งมีค่าความหนืดสูงที่สุด (784.50 cps) จะมีค่าโอเวอร์รันต่ำที่สุด (ร้อยละ 30.85) ส่วนไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 3 มีค่าความหนืดต่ำที่สุด คือ 730.75 cps มีค่าโอเวอร์รันสูงที่สุด (ร้อยละ 32.89) เนื่องจากความหนืดสูงจะขัดขวางการเคลื่อนที่ของใบพัดในขณะตีอากาศ จึงมีผลทำให้ความสามารถในการตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมลดลง

ร้อยละการละลายมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 25.14 – 50.33 โดยมีค่าสูงขึ้นเมื่อมีปริมาณไขมันลดลง อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) สอดคล้องกับการทดลองของ Ohmes และคณะ (1998) พบว่าไอศกรีมสูตรควบคุมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 4.8 มีอัตราการละลายต่ำกว่าไอศกรีมไม่มีไขมัน เนื่องจากไขมันสามารถเชื่อมต่อกันเกิดเป็นร่างแห ล้อมรอบฟองอากาศ (fat destabilized) ทำให้ไอศกรีมมีความคงตัว และช่วยเพิ่มความต้านทานการละลาย โดยการเกิดร่างแหของไขมันในโครงสร้างไอศกรีม ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ปริมาณไขมัน ขนาดของเม็ดไขมัน องค์ประกอบบนพื้นผิวของเม็ดไขมัน (Alvarez และคณะ, 2005) ดังนั้นในการผลิตไอศกรีมจึงจำเป็นต้องเลือกวัตถุดิบให้เหมาะสม เพื่อให้โครงร่างแหของไขมันที่เกิดขึ้นมีลักษณะที่ดี และส่งผลให้ไอศกรีมมีลักษณะที่ดีตามต้องการด้วย นอกจากนี้การละลายยังขึ้นกับปริมาณของ corn syrup solids (DE 42) ที่ใส่ไปทดแทนไขมัน มีผลต่อการลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันต่ำ มีอัตราการละลายสูง โดยจะเห็นได้จากความชันของกราฟซึ่งแสดงถึงอัตราการละลายของไอศกรีม พบว่ากราฟของไอศกรีมที่มีปริมาณของไขมันต่ำจะมีความชันมากกว่า กราฟของไอศกรีมที่มีปริมาณของไขมันสูงกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การละลายของไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

นำไอศกรีมทั้ง 3 สูตรไปทดสอบทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธี hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9) โดยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 25 คน ทดสอบ 2 ซ้ำ ใช้แบบทดสอบแบบเดียวกับในภาคผนวก ข.4 แต่เปลี่ยนลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบเป็นความหวาน ความเรียบเนียน และความเป็นครีม ได้ผลดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมด้วยวิธี hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9)

สัดส่วนของไขมัน : สารทดแทนไขมัน	คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	ความหวาน	ความเรียบเนียน	ความเป็นครีม
10 : 0	$6.18^{a} \pm 1.24$	$6.98^{ab} \pm 0.65$	$6.20^{ab} \pm 1.09$
7 : 3	$5.95^{a} \pm 1.40$	$6.78^{b} \pm 1.26$	$6.00^{ab} \pm 1.13$
5 : 5	$5.74^{a} \pm 1.23$	$7.19^{a} \pm 0.79$	$6.41^{a} \pm 1.13$
3 : 7	$5.11^{b} \pm 1.32$	$6.76^{b} \pm 1.05$	$5.89^{b} \pm 0.97$

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.14 พบว่าไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันระดับต่างกัน มีคะแนนด้านความหวานแตกต่างกันเล็กน้อย โดยไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 3 จะมีคะแนนน้อยกว่าไอศกรีมตัวอย่างอื่นๆ มีค่าเท่ากับ 5.11 และเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และไอศกรีมทีมีปริมาณไขมันร้อยละ 10 มีคะแนนความชอบด้านความหวานสูงที่สุด ได้คะแนนเท่ากับ 6.18 คงเป็นเพราะ corn syrup solids (DE 42) ที่ใส่ลงไปเพื่อทดแทนปริมาณไขมัน มีรสหวาน ซึ่งน่าจะมีความหวานใกล้เคียงกับกลูโคสซีรัป (DE 42) โดยกลูโคสซีรัปมีความหวานเท่ากับ 0.48 เท่า เมื่อเทียบกับน้ำตาลซึ่งมีค่าเป็น 1 (Marshall และ Arbuckle, 1996) ทำให้ไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ มีความหวานสูงขึ้น อาจทำให้ไอศกรีมมีความหวานมากเกินไปจึงทำให้ผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบด้านความหวานต่ำลง

ด้านความเรียบเนียนพบว่า ไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 5 และ 10 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยมีคะแนนเท่ากับ 7.19 และ 6.98 ตามลำดับ เนื่องจากมอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ที่อยู่ในรูปของไฮโดรฟิลิกคอลลอยด์ (hydrophilic colloids) สามารถจับโมเลกุลของน้ำได้บางส่วน ส่งผลให้น้ำเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งได้น้อยลง (Kailasapathy และ Songvanich, 1998) ส่วนไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 3 มีคะแนนด้านความเรียบเนียนต่ำที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 6.76 แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ

พบว่าไม่มีความแตกต่างจากไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คงเป็นเพราะเป็นส่วนผสมที่มีจุดเยือกแข็งต่ำที่สุด (-3.25 °C) (ตารางที่ 4.12) ทำให้น้ำที่ยังไม่แข็งตัวสามารถเคลื่อนที่มารวมกัน และเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งในระหว่างการทำให้แข็ง (hardening) ได้ (Specter และ Setser, 1994) ทำให้ผู้ทดสอบสามารถสัมผัสถึงความหยาบได้มากกว่าตัวอย่างอื่นๆ จึงให้คะแนนด้านนี้ต่ำที่สุด

ส่วนความเป็นครีม พบว่าไอศกรีมสูตรลดไขมัน มีคะแนนด้านความเป็นครีมสูงไม่แตกต่างจากไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 อย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) มีคะแนนอยู่ในช่วง 5.89 – 6.41 เนื่องจากมอลโทเด็กซ์ทรินเป็นสารทดแทนไขมันประเภทคาร์โบไฮเดรต เมื่อโดนน้ำจะพองตัวขึ้น ทำให้ผู้ทดสอบรู้สึกคล้ายครีมได้ (Kailasapathy และ Songvanich, 1998)

เมื่อนำไอศกรีมทั้ง 3 สูตรไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบด้วยวิธี ranking test โดยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 25 คน ทดสอบ 2 ซ้ำ โดยก่อนวิเคราะห์ผลทางสถิติ ให้แปลงลำดับเป็นคะแนนก่อน (แปลงคะแนนตามตารางที่ ข.1) ได้ผลดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของไอศกรีมที่ใช้สารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ด้วยวิธี ranking test

สัดส่วนของไขมัน : สารทดแทนไขมัน	ผลรวมคะแนน*	ลำดับ
10 : 0	- 0.20 [b]	2
7 : 3	0.00 [b]	2
5 : 5	0.40 [a]	1
3 : 7	-0.21 [b]	2

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับหนึ่ง = 1.03
คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับสอง = 0.3
คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับสาม = - 0.3
คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับสี่ = - 1.03

จากตารางที่ 4.15 เป็นผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของไอศกรีมโดยวิธี ranking test ซึ่งพบว่าผู้ทดสอบชอบไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 5 และปริมาณมอลโทเด็กซ์ทรินร้อยละ 5 เป็นลำดับ 1 มีผลรวมของคะแนนเท่ากับ 0.40 หากดูจากผลการ

ทดสอบทางประสาทสัมผัส (ตารางที่ 4.14) จะเห็นได้ว่าไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันร้อยละ 5 มีคะแนนด้านความเรียบเนียน และความเป็นครีมมากกว่าสูตรอื่น ส่วนไอศกรีมที่มีไขมันร้อยละ 10 7 และ 3 ได้ผลรวมคะแนนเท่ากับ -0.20 0 และ -0.21 ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) และผู้ทดสอบชอบเป็นลำดับ 2 ดังนั้นจึงเลือกไอศกรีมสูตรที่มีไขมันร้อยละ 5 และสารทดแทนไขมันร้อยละ 5 ไปศึกษาในขั้นต่อไป

4.5 การศึกษาการเสริม soy protein isolate ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม

ผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมส่วนใหญ่จะมีปริมาณของโปรตีนต่ำ จึงต้องมีการเสริมโปรตีนจากแหล่งอื่น โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ soy protein isolate (SPI) นอกจากจะเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการแล้ว โปรตีนยังมีส่วนช่วยในการจับอากาศทำให้ไอศกรีมมีค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้น และยังทำหน้าที่เป็นอิมัลซิฟายเออร์อีกด้วย (Dervisoglu และคณะ, 2005) โดย Friedeck และคณะ (2003) ได้ศึกษาการเสริม soy protein isolate ในไอศกรีมไขมันต่ำ โดยแปรปริมาณของ soy protein isolate เป็นร้อยละ 0 2 และ 4 พบว่าไอศกรีมที่เสริม soy protein isolate ร้อยละ 4 ผู้ทดสอบเริ่มไม่ยอมรับ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงลดปริมาณของ soy protein isolate ให้ต่ำลง โดยแปรปริมาณ soy protein isolate ร้อยละ 0 1.5 และ 3 โดยมีส่วนผสมดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ส่วนผสมของไอศกรีมเสริมโปรตีนถั่วเหลือง

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (% โดยน้ำหนัก)		
	Soy 0	Soy 1.5	Soy 3
แป้งธัญพืช	6	6	6
ไขมัน	5	5	5
มอลโทเด็กซ์ทริน	5	5	5
น้ำตาล	10	10	10
กลูโคสซีรัป	5	5	5
โพลีเด็กซ์โทรส	5	5	5
Cremodan® [1]	0.5	0.5	0.5
โปรตีนถั่วเหลือง	-	1.5	3
น้ำ	63.5	62	60.5

[1] Cremodan® คือ สารให้ความคงตัวผสมอิมัลซิฟายเออร์

นำไอศกรีมมิกซ์ที่ได้มาทดสอบลักษณะทางกายภาพ ซึ่งจะพบว่าปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองที่เสริมในไอศกรีมมีผลต่อลักษณะด้านความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ ปริมาณของแข็งทั้งหมด จุดเยือกแข็ง ค่าโอเวอร์รัน และการละลาย ดังแสดงในตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมที่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง

ลักษณะทางกายภาพ	ปริมาณของ soy protein isolate (%)		
	0	1.5	3
ไอศกรีมมิกซ์			
ความหนืด (cps)	$715.25^{c} \pm 31.27$	$1283.00^{b} \pm 61.59$	$1977.25^{a} \pm 32.82$
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	$35.73^{c} \pm 0.76$	$37.45^{b} \pm 0.97$	$38.84^{a} \pm 0.78$
จุดเยือกแข็ง ($^{\circ}$C)	$-2.90^{a} \pm 0.08$	$-3.35^{b} \pm 0.13$	$-3.85^{c} \pm 0.29$
ไอศกรีม			
ค่าโอเวอร์รัน (%)	$32.89^{a} \pm 1.10$	$29.88^{b} \pm 1.08$	$25.41^{c} \pm 0.66$
ร้อยละการละลายที่เวลา 30 นาที (%)	$42.54^{a} \pm 1.80$	$30.40^{b} \pm 2.33$	$21.85^{c} \pm 1.55$

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b,c ต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 4.17 พบว่าปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองมีผลต่อความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ โดยความหนืดจะสูงขึ้นตามปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้น (Dervisoglu และคณะ, 2005) โดยมีค่าอยู่ในช่วง 715.25 – 1977.25 cps สอดคล้องกับงานวิจัยของ Friedeck และคณะ (2003) ที่ศึกษาการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองในไอศกรีมไขมันต่ำ โดยใช้โปรตีนถั่วเหลืองแทนการใช้ MSNF พบว่าไอศกรีมมิกซ์ที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 2 จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น และความหนืดยิ่งมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณถั่วเหลืองเพิ่มเป็นร้อยละ 4 ทั้งนี้ เพราะโปรตีนมีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) โดยโปรตีนสามารถเกิดพันธะกับน้ำ และจะดูดซับน้ำไว้ได้ ส่งผลให้ความหนืดเพิ่มขึ้น โดย Wong และ Kitts (2003) ได้เปรียบเทียบคุณสมบัติของโปรตีนชนิดต่างๆ พบว่าโปรตีนถั่วเหลือง (soy protein isolate) มีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่า buttermilk solids และ นมผงพร่องมันเนย (non fat dried milk) โดยมีค่าเท่ากับ 4.6 0.85 และ 0.55 g H_2O/g protein ตามลำดับ ดังนั้นการเสริมโปรตีนถั่วเพียงเล็กน้อย ก็ส่งผลให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์มีค่าเพิ่มขึ้นมากได้ นอกจากนี้การการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองยังทำให้ปริมาณของแข็งในสูตรเพิ่มขึ้น โดยโปรตีนจะไปจับกับโมเลกุลของน้ำ ทำให้ปริมาณของน้ำอิสระลดลง มีผลทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้นเช่นกัน

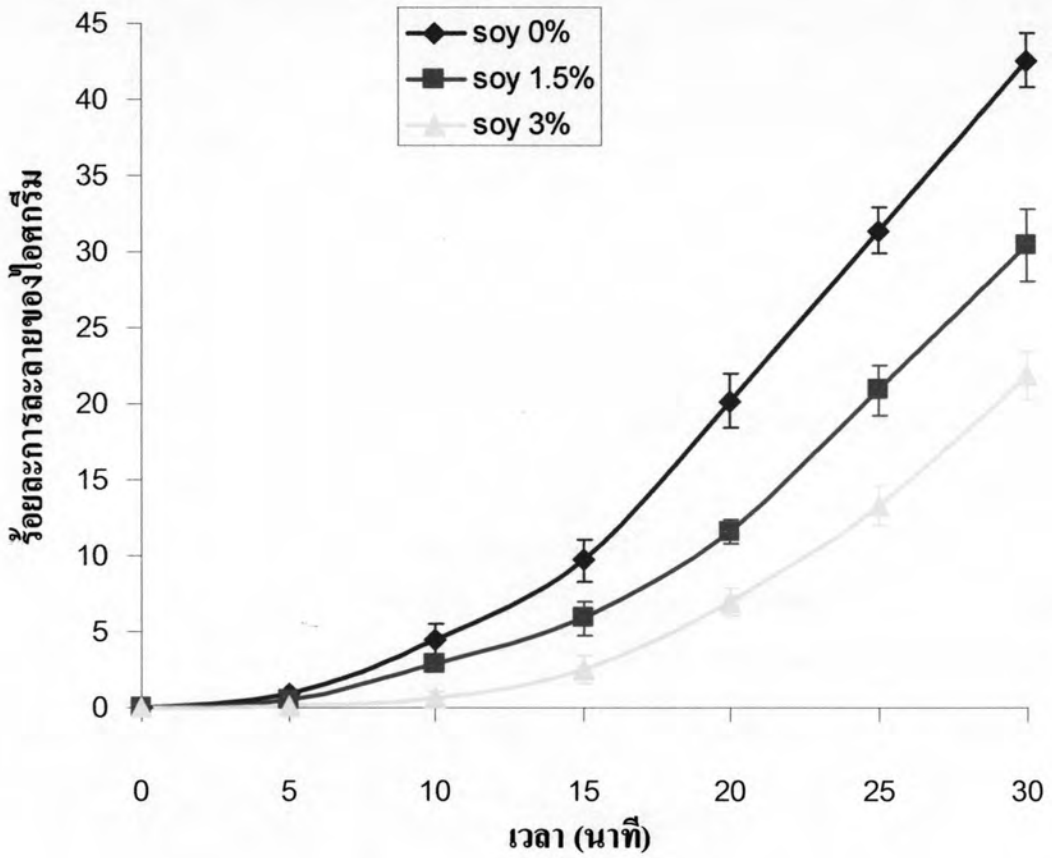
ปริมาณของแข็งทั้งหมดมีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 35.73 – 38.84 มีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองที่ใส่เข้าไป เนื่องจากเป็นการใส่โปรตีนถั่วเหลืองเสริมลงไปในสูตรไอศกรีม และไม่มีการลดส่วนผสมอื่นๆ จึงทำให้มีปริมาณของแข็งในสูตรเพิ่มขึ้น

จุดเยือกแข็งของไอศกรีม มีค่าลดลงเมื่อปริมาณโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้นมีค่าอยู่ในช่วง -2.9 ถึง -3.85 °C โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เป็นผลมาจากปริมาณของแข็งในสูตรที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง กล่าวคือ เมื่อความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้น จุดเยือกแข็งก็จะมีค่าลดลง เนื่องจากจุดเยือกแข็งจะลดลงตามปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Rahman และคณะ, 2002) ถึงแม้ว่าโปรตีนถั่วเหลืองจะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบหลักที่ช่วยเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดได้อยู่แล้ว แต่ก็ยังประกอบไปด้วยเกลือแร่ต่างๆ ที่สามารถจุดเยือกแข็ง (เกิด freezing point depression) ของไอศกรีมได้

ค่าโอเวอร์รันมีค่าลดลง มีค่าอยู่ในช่วงร้อยละ 25.41 – 32.89 เมื่อปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น แม้ว่าโปรตีนจะมีส่วนช่วยในการจับอากาศ และน่าจะทำให้ค่าโอเวอร์รันเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากการเติมโปรตีนถั่วเหลือง มีผลทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์สูงขึ้น ทำให้ความสามารถในการตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมลดลง โดยได้ผลเช่นเดียวกับงานวิจัยของ Chan และคณะ (1992) ที่ได้ศึกษาการใช้โปรตีนถั่ว (pea protein isolate) และน้ำมันคาโนลาที่ผ่านกระบวนการเติมไฮโดรเจน ในขนมหวานแช่แข็ง โดย แปรปริมาณของโปรตีนถั่วเป็น 4 ระดับ คือ ร้อยละ 3.5 5 6.5 และ 8 พบว่าเมื่อปริมาณโปรตีนเพิ่ม ค่าโอเวอร์รันจะลดลง โดยลดลงจากร้อยละ 65.3 เป็น 56.4 45.0 และ 37.4 ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจากความหนืดที่เพิ่มขึ้น ซึ่งจะไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของใบพัดในขณะตีอากาศ จึงมีผลทำให้ความสามารถในการตีอากาศเข้าไปลดลง ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันลดลง (Kailasapathy และ Songvanich, 1998)

ด้านร้อยละการละลายก็มีผลเช่นเดียวกับค่าโอเวอร์รันคือ ไอศกรีมที่ไม่ใส่โปรตีนถั่วเหลืองมีค่าร้อยละการละลายที่เวลา 30 นาที สูงที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 42.54 และมีค่าลดลงเมื่อปริมาณของโปรตีนถั่วเหลืองเพิ่มขึ้น โดยไอศกรีมที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 และ 3 มีค่าเท่ากับร้อยละ 30.40 และ 21.85 ตามลำดับ รูปที่ 4.4 แสดงอัตราการละลายของไอศกรีมเสริมโปรตีนถั่วเหลือง จะเห็นได้ว่ากราฟมีความชันต่างกันอย่างเห็นได้ชัด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Chan และคณะ (1992) ที่พบว่าการใส่โปรตีนถั่ว เพิ่มขึ้นจะทำให้ไอศกรีมละลายช้าลง โดยเฉพาะไอศกรีมที่ใส่โปรตีนถั่วร้อยละ 6.5 และ 8 มีอัตราการละลาย

ช้า เนื่องจากไอศกรีมมีความคงตัวมากเกินไป (overstabilization) เพราะโปรตีนถั่วมีโปรตีนและองค์ประกอบอื่นๆ เช่น เส้นใยอาหาร และ โอลิโกแซคคาไรด์ ซึ่งสามารถจับกับน้ำได้ เมื่อทำงานร่วมกับสารให้ความคงตัวที่มีในสูตร ทำให้ความคงตัวมากเกินไป จึงส่งผลให้อัตราการละลายต่ำลง นอกจากนี้ไอศกรีมที่ใส่โปรตีนถั่วเหลือง จะมีความหนืดเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ไอศกรีมมีอัตราการละลายต่ำลง (Dervisoglu และคณะ, 2005)



รูปที่ 4.4 การละลายของไอศกรีมที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองระดับต่างกัน

นำไอศกรีมทั้ง 3 สูตรไปทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9) โดยผู้ทดสอบทั่วไปจำนวน 25 คน ทดลอง 2 ซ้ำ ได้ผลดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมที่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง ด้วยวิธี hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9)

ปริมาณของ soy protein isolate (%)	คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
	กลิ่นรส	ความเรียบเนียน	การเคลือบปาก
0	$5.30^{b} \pm 1.60$	$6.70^{b} \pm 1.03$	$5.54^{b} \pm 1.72$
1.5	$6.22^{a} \pm 1.45$	$7.10^{a} \pm 0.86$	$6.68^{a} \pm 1.19$
3	$5.92^{a} \pm 1.37$	$7.30^{a} \pm 0.93$	$5.78^{a} \pm 1.27$

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คะแนนความชอบด้านกลิ่นรสพบว่าไอศกรีมที่มีโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 จะมีคะแนนสูงที่สุด ได้คะแนนเท่ากับ 6.22 รองมาคือไอศกรีมที่มีโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 และไอศกรีมที่ไม่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง มีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรสต่ำที่สุด มีค่าเท่ากับ 5.92 และ 5.30 ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะว่าไอศกรีมที่ไม่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง จะมีแต่กลิ่นรสของธัญพืช เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ไม่มีการแต่งกลิ่นรสให้กับไอศกรีม และกลิ่นรสของธัญพืชบางชนิดอาจจะมีกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ เช่นลูกเดือย ซึ่งมีปริมาณไขมันสูงง่ายต่อการเกิดกลิ่นหืน จึงทำให้ไม่เป็นที่ชื่นชอบของผู้ทดสอบ ส่วนไอศกรีมที่มีการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองนั้น จะมีกลิ่นรสของถั่วเหลืองบ้าง ซึ่งจะกลบกลิ่นรสของธัญพืช และอาจทำให้ผู้ทดสอบยอมรับมากกว่า นอกจากนี้ผู้ทดสอบบางคนรู้สึกเหมือนกลิ่นรสของนมถั่วเหลือง หรือน้ำเต้าหู้ ซึ่งผู้ทดสอบมีความคุ้นเคยอยู่แล้วจึงทำให้รู้สึกยอมรับด้านกลิ่นรสมากกว่ากลิ่นรสของธัญพืช และกลิ่นรสของถั่วเหลืองจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อปริมาณของถั่วเหลืองมากขึ้น หากมีปริมาณถั่วเหลืองมากเกินไป ก็จะทำให้ผู้บริโภคไม่ยอมรับ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Simmons และคณะ (1980) ที่ศึกษาการใช้โปรตีนจากถั่วในรูปต่างๆ ได้แก่แป้งถั่วเหลือง soy protein isolate และ soy protein concentrate เป็นส่วนผสมในไอศกรีม soft-serve ทดแทนการใช้ MSNF ร้อยละ 0 5 40 และ 80 พบว่าการทดแทนโปรตีนจากถั่วในรูปต่างๆ ในปริมาณสูงทำให้การยอมรับด้านกลิ่นรสลดลง

ด้านความเรียบเนียนพบว่ามีคะแนนสูงขึ้นตามปริมาณโปรตีนที่เพิ่มขึ้น โดยไอศกรีมที่ไม่เติมโปรตีนถั่วเหลือง มีคะแนนด้านความเรียบเนียนต่ำที่สุด ได้คะแนนเท่ากับ 6.70 แตกต่างจากไอศกรีมที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 กับ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งได้คะแนนเท่ากับเท่ากับ 7.10 และ 7.30 ตามลำดับ น่าจะเป็นผลมาจากความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ที่เพิ่มขึ้น ไอศกรีมที่ไม่เติมโปรตีนถั่วเหลืองมีค่าความหนืดเท่ากับ 715.25 cps และ

ไอศกรีมที่มีการเติมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 กับ 3 มีค่าความหนืดเท่ากับ 1283 และ 1977.25 cps ตามลำดับ โดยความหนืดที่เพิ่มขึ้นนี้ จะช่วยขัดขวางการเคลื่อนที่ของ crystal nuclei ได้ ทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็ก (Kailasapathy และ Songvanich, 1998) นอกจากนี้ยังช่วยควบคุมอัตราการเกิดผลึกน้ำแข็งใหม่ (recrystallization) ระหว่างการเก็บรักษาไอศกรีม (Muhr และ Blanshard, 1986)

ส่วนการเคลือบปากพบว่าไอศกรีมที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 มีคะแนนสูงที่สุด มีค่าเท่ากับ 6.68 รองมาเป็นไอศกรีมที่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 มีคะแนนเท่ากับ 5.78 แต่เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนไอศกรีมที่ไม่เสริมโปรตีนถั่วเหลืองมีคะแนนต่ำที่สุด มีคะแนนเท่ากับ 5.54 และมีความแตกต่างจากสูตรอื่นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

โดยในตารางที่ 4.19 จะแสดงผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี ranking test ซึ่งจะบอกคะแนนความชอบของไอศกรีม และก่อนวิเคราะห์ผลทางสถิติ ให้แปลงลำดับเป็นคะแนนก่อน (แปลงคะแนนตามตารางที่ ข.1) ทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสด้านความชอบของไอศกรีมที่เสริมโปรตีนถั่วเหลือง ด้วยวิธี ranking test

ปริมาณของ soy protein isolate (%)	ผลรวมคะแนน*	ลำดับ
0	- 0.17 [b]	2
1.5	0.25 [a]	1
3	- 0.08 [b]	2

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

* คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับหนึ่ง = 0.85
คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับสอง = 0
คะแนนของตัวอย่างที่ได้ลำดับสาม = - 0.85

จากตารางที่ 4.19 พบว่าผู้ทดสอบชอบไอศกรีมที่มีโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 เป็นลำดับ 1 มีผลรวมคะแนนเท่ากับ 0.25 เนื่องจากมีคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส และด้านการเคลือบปากสูงที่สุด (ตารางที่ 4.18) รองมาเป็นไอศกรีมที่มีโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 3 และ

ไอศกรีมที่ไม่ใส่โปรตีนถั่วเหลือง มีผลรวมคะแนนเท่ากับ -0.08 และ -0.17 ตามลำดับ โดยผู้ทดสอบชอบเป็นลำดับ 2 เนื่องจากเมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นจึงเลือกเสริมโปรตีนถั่วเหลืองในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมร้อยละ 1.5 และนำไอศกรีมที่ได้ไปเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ กับไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมในขั้นต่อไป

4.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมที่พัฒนาได้และเปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆกับไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม

ผลิตไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม ตามสูตรของ Marshall และ Arbuckle (1996) ซึ่งมีสูตรดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 ส่วนผสมของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม

ส่วนผสม	ปริมาณที่ใช้ (% โดยน้ำหนัก)	
	ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม	ไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม
แป้งธัญพืช	6	-
MSNF	-	11
ไขมัน[1]	5	10
มอลโทเด็กซ์ทริน	5	-
น้ำตาล	10	10
กลูโคสซีรัป[2]	5	5
โพลีเด็กซ์โทรส	5	-
Cremodan®[3]	0.5	0.5
โปรตีนถั่วเหลือง	1.5	-
น้ำ	62	63.5

[1] ไขมัน คือ น้ำมันปาล์มผสมน้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี

[2] ปริมาณกลูโคสซีรัป คิดจากปริมาณของแข็ง

[3] Cremodan® คือ สารให้ความคงตัวผสมอิมัลซิฟายเออร์

จะเห็นว่าไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมเป็นสูตรลดไขมัน จึงทำให้มีปริมาณไขมันต่ำกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม โดยไขมันที่ใช้ในไอศกรีมทั้ง 2 สูตร เป็นน้ำมันปาล์มผสมน้ำมันมะพร้าวผ่านกรรมวิธี และเนื่องจากไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีปริมาณของแข็งต่ำ จึงจำเป็นต้องใส่ bulking agent โดยที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ โพลีเด็กซ์โทรส และมอลโทเด็กซ์ทริน นอกจากนี้ในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมยังมีการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 จากสูตรที่เลือกในขั้นตอนที่ผ่านมา เพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้แก่ผลิตภัณฑ์

จากที่กล่าวมาข้างต้นนั้น แสดงให้เห็นว่าไอศกรีมทั้งสองชนิดมีส่วนผสมแตกต่างกัน ซึ่งอาจส่งผลให้ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมมีความแตกต่างกัน โดยในตารางที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมทั้งสองชนิด พบว่าความหนืด ปริมาณของแข็งทั้งหมด จุดเยือกแข็ง ค่าโอเวอร์รัน และร้อยละการละลาย มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4.21 ลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม

ลักษณะทางกายภาพ	ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม	ไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม
ไอศกรีมมิกซ์		
ความหนืด (cps)	1279.33 ^{a} ± 48.54	148.50 ^{b} ± 15.68
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (%)	37.46 ^{a} ± 0.82	36.23 ^{b} ± 0.31
จุดเยือกแข็ง ($^{\circ}$C)	-3.27 ^{b} ± 0.21	-2.95 ^{a} ± 0.27
ไอศกรีม		
ค่าโอเวอร์รัน (%)	29.67 ^{b} ± 0.98	45.33 ^{a} ± 2.17
ร้อยละการละลาย (%) (ที่ 30 นาที)	29.07 ^{a} ± 2.74	0.84 ^{b} ± 0.27

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์จากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีค่าสูงกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม เนื่องจากองค์ประกอบของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม ได้แก่ แป้งธัญพืชและ

เมล็ดพืช โดยในขั้นตอนการพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์ แป้งธัญพืชและเมล็ดพืชเกิดการเจลาทิ-ไนซ์ ทำให้เม็ดแป้งเกิดการพองตัวและอุ้มน้ำไว้ ส่งผลให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดสูงขึ้น นอกจากนี้โปรตีนถั่วเหลืองก็มีผลทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์มีค่าสูงเช่นกัน เพราะโปรตีนมีความสามารถในการอุ้มน้ำ และเมื่อเปรียบเทียบความสามารถในการอุ้มน้ำของโปรตีนถั่วเหลืองกับ MSNF พบว่าโปรตีนถั่วเหลืองมีความสามารถในการอุ้มน้ำมากกว่า โดยมีค่าเท่ากับ 4.6 g H_2O/g protein ส่วน MSNF มีค่าเท่ากับ 0.55 g H_2O/g protein (Wong และ Kitts, 2003) จึงทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์จากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีค่ามากกว่าไอศกรีมมิกซ์ที่มีส่วนผสมจากนม โดยมีค่าเท่ากับ 1279.33 และ 148.50 cps ตามลำดับ แม้ว่าไอศกรีมนมจะมีปริมาณโปรตีนมากกว่าก็ตาม

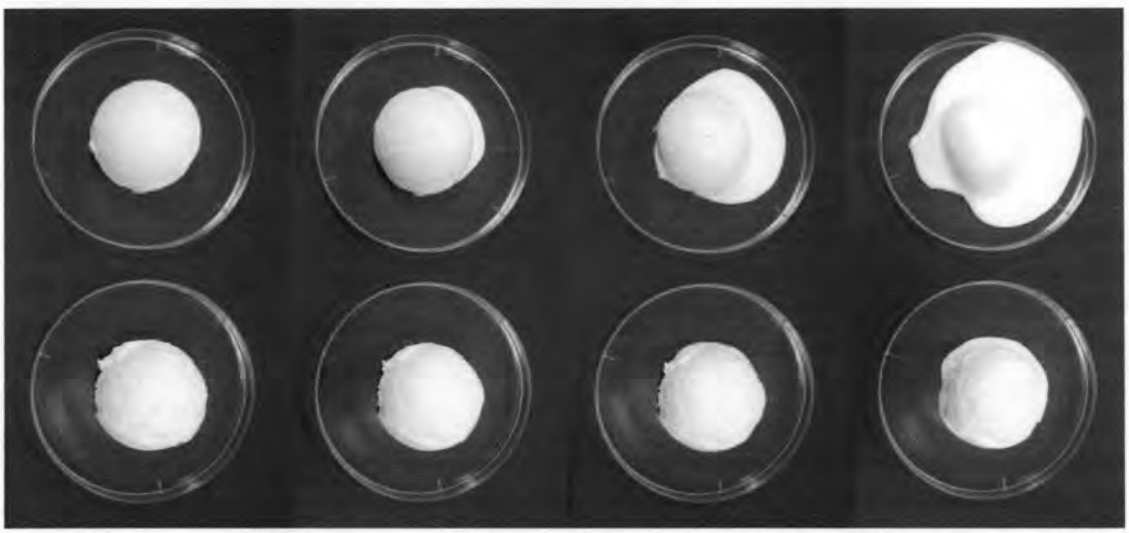
ปริมาณของแข็งทั้งหมดของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีค่าสูงกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม โดยมีค่าร้อยละ 37.46 และ 36.23 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (ตารางที่ 4.22) ที่พบว่ามีความชื้นร้อยละ 62.18 และ 63.56 ตามลำดับ

จุดเยือกแข็งของไอศกรีมทั้งสองชนิด พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีค่าเท่ากับ -3.27 °C และไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมมีค่าเท่ากับ -2.95 °C เนื่องจากสารที่มีผลต่อการลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมต้องมีสมบัติคอลลิเกทีฟ(colligative properties) ได้แก่ แลคโทส ซูโครส กลูโคสซีรัป โพลีเด็กซ์-โทรส และ มอลโทเด็กซ์ทริน จะเห็นได้ว่าไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีส่วนผสมที่มีผลต่อการลดจุดเยือกแข็งมากกว่าที่มีในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมคือ โพลีเด็กซ์โทรส และ corn syrup solids ที่มีค่า DE 42 แม้ว่าในไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมจะมีน้ำตาลแลคโทสที่อยู่ใน MSNF ที่มีผลต่อการลดลงของจุดเยือกแข็ง ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว MSNF จะมีปริมาณของน้ำตาลแลคโทส ประมาณร้อยละ 55 (Marshall และ Arbuckle, 1996) นอกจากนี้จุดเยือกแข็งยังขึ้นกับปริมาณของแข็งในสูตร กล่าวคือ ถ้าไอศกรีมมีปริมาณของแข็งมากก็จะมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าไอศกรีมที่มีปริมาณของแข็งต่ำกว่า

ค่าโอเวอร์รันของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีค่าต่ำกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม มีค่าเท่ากับร้อยละ 29.67 และ 45.33 ตามลำดับ เนื่องจากไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม มีความหนืดสูงมาก ทำให้ไปขัดขวางการเคลื่อนที่ของใบพัดในขณะตีอากาศ ซึ่งมีผลทำให้ความสามารถในการตีอากาศเข้าไปในไอศกรีมลดลง ส่งผลให้ค่าโอเวอร์รันลดลง

(Kailasapathy และ Songvanich, 1998) นอกจากนี้โปรตีนในไอศกรีมยังมีส่วนช่วยให้ฟองอากาศในไอศกรีมมีความคงตัวอีกด้วย โดยในไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม มีปริมาณโปรตีนมากกว่าในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม

ร้อยละการละลาย พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยที่เวลา 30 นาที พบว่าไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจะละลายร้อยละ 29.07 ส่วนไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมละลายเพียงร้อยละ 0.84 เท่านั้น หรือเพิ่งเริ่มมีการละลายเกิดขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณไขมันเนื่องจากไขมันสามารถเชื่อมต่อกันเกิดเป็นร่างแห ล้อมรอบฟองอากาศ (fat destabilized) ทำให้ไอศกรีมมีความคงตัว และช่วยเพิ่มความต้านทานการละลาย (Alvarez และคณะ, 2005) นอกจากนี้โปรตีนก็มีผลทำให้การละลายลดลงเช่นกัน เนื่องจากโปรตีนจะส่วนช่วยส่งเสริมให้เกิด fat destabilized โดยโปรตีนจะทำหน้าที่คล้ายกับอิมัลซิฟายเออร์ ทำให้ไอศกรีมมีความคงตัวมากยิ่งขึ้น โดยในรูปที่ 4.5 จะแสดงการละลายของไอศกรีมทั้งสองชนิด



0 นาที 10 นาที 20 นาที 30 นาที

รูปที่ 4.5 การละลายของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม
แถวบน : ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม แถวล่าง : ไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม

จากรูปที่ 4.5 พบว่าไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจะละลายเร็วกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมมาก และของเหลวที่ละลายออกมามีความเป็นเนื้อเดียวกัน ไม่แยกชั้น แต่จะเห็นว่าที่เวลา 10 นาที ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมยังคงรูปร่างเดิมอยู่ ซึ่งคาดว่านาน

พอที่ผู้บริโภคจะสามารถรับประทานไอศกรีมจนหมดได้ ส่วนไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมจะมีความคงตัวสูง จากรูปจะเห็นได้ว่าที่ 30 นาที มีการละลายเพียงเล็กน้อย

เมื่อนำไอศกรีมทั้งสองสูตรมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ส่วนเส้นใยอาหารพบว่ามีปริมาณน้อยมากจนไม่สามารถวิเคราะห์ได้ ได้ผลดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 องค์ประกอบทางเคมีของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมที่พัฒนาได้ และไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม

องค์ประกอบ	ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม	ไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม
ความชื้น	62.18	63.56
ไขมัน	5.23	10.๖9
โปรตีน	2.08	3.36
เถ้า	0.19	0.90
คาร์โบไฮเดรต *	30.32	21.49

* คาร์โบไฮเดรต = 100 - (ความชื้น - ไขมัน - โปรตีน - เถ้า - เส้นใยอาหาร)

จากตารางที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าค่าความชื้นของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีค่าต่ำกว่าไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 62.18 และ 63.56 ตามลำดับ ปริมาณไขมันของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีค่าต่ำกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม โดยมีปริมาณไขมันเท่ากับร้อยละ 5.23 และ 10.69 ตามลำดับ เพราะไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมเป็นสูตรที่ลดปริมาณไขมัน จึงทำให้มีปริมาณไขมันน้อยกว่าถึงครึ่งหนึ่งโดยประมาณ ปริมาณโปรตีนของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีปริมาณต่ำกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม (ร้อยละ 2.08 และ 3.36 ตามลำดับ) เนื่องจากในไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม มี MSNF เป็นแหล่งของโปรตีน โดยมีปริมาณของโปรตีนประมาณร้อยละ 37 (Marshall and Arbuckle, 1996) ส่วนปริมาณของโปรตีนในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจะได้จากแป้งธัญพืชและเมล็ดพืช ซึ่งมีปริมาณโปรตีนต่ำ แม้ว่าจะมีการเสริมโปรตีนถั่วเหลืองร้อยละ 1.5 ในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมแล้วก็ตาม แต่ปริมาณของโปรตีนก็ยังมีค่าน้อยกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม นอกจากนี้ปริมาณเถ้าของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมก็มี

ค่าน้อยกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม (ร้อยละ 0.19 และ 0.90 ตามลำดับ) ปริมาณเถ้าของไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมจะได้มาจากส่วนของ MSNF ซึ่งจะมีปริมาณของเถ้าประมาณร้อยละ 8 (Marshall และ Arbuckle, 1996) ส่วนไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจะได้เถ้าจากแป้งที่เป็นวัตถุดิบและโปรตีนถั่วเหลือง ซึ่งมีปริมาณของเถ้าต่ำ ส่วนคาร์โบไฮเดรตจะได้จากแป้งที่เป็นวัตถุดิบ โพลีเด็กซ์โทรส มอลโทเด็กซ์ทริน และสารให้ความหวานต่างๆ จึงทำให้ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม

จากผลการทดสอบลักษณะทางกายภาพของไอศกรีมมิกซ์และไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม พบว่าไอศกรีมทั้งสองชนิดมีความแตกต่างด้านความหนืด ปริมาณของแข็งทั้งหมด จุดเยือกแข็ง ค่าโอเวอร์รัน และการละลาย อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และเมื่อนำไอศกรีมทั้งสองชนิดมาทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี hedonic scale พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ รสชาติ ความเรียบเนียน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ส่วนด้านกลิ่นรส ไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมมีคะแนนความชอบมากกว่าไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม และส่งผลให้คะแนนความชอบรวมของไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมมีค่ามากกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.23 ผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมและไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมด้วยวิธี hedonic scale (ระดับคะแนน 1-9)

ลักษณะทางประสาทสัมผัสที่ทดสอบ	คะแนนความชอบเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	
	ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม	ไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม
ลักษณะปรากฏ	$7.12^{ns} \pm 1.21$	$7.46^{ns} \pm 1.05$
กลิ่นรส	$5.78^{b} \pm 1.58$	$7.04^{a} \pm 1.24$
รสชาติ	$6.44^{ns} \pm 1.05$	$6.76^{ns} \pm 1.48$
ความเรียบเนียน	$7.36^{ns} \pm 1.01$	$7.58^{ns} \pm 0.86$
ความชอบรวม	$6.44^{b} \pm 0.86$	$7.23^{a} \pm 0.85$

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ a,b ต่างกันในแถวนอนเดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตัวเลขที่มีอักษรกำกับ ns ในแถวนอนเดียวกัน ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

จากตารางที่ 4.23 พบว่าคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏของไอศกรีมทั้งสองชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) โดยไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม ได้คะแนนเท่ากับ 7.12 และไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมได้คะแนนเท่ากับ 7.46 น่าจะเป็นเพราะไอศกรีมทั้งสองมีสีใกล้เคียงกัน คือมีสีขาว อมเหลืองเล็กน้อย เนื่องจากไอศกรีมทั้งสองชนิดไม่มีการแต่งสี สีของไอศกรีมที่ได้จะเป็นสีธรรมชาติ โดยในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจะได้สีเหลืองมาจากโปรตีนถั่วเหลือง ส่วนไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมจะได้สีเหลืองมาจาก MSNF ซึ่งมีสีออกเหลือง นอกจาก MSNF จะให้สีแล้ว ยังให้กลิ่นรสแก่ผลิตภัณฑ์ ทำให้ไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมมีกลิ่นรสของนม ส่วนไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมจะมีกลิ่นรสของโปรตีนถั่วเหลือง จึงทำให้ผู้ทดสอบไม่ค่อยชอบ

ด้านรสชาติ ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมได้รับคะแนนเท่ากับ 6.44 และไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมได้คะแนนเท่ากับ 6.76 และความเรียบเนียน ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมได้รับคะแนนเท่ากับ 7.36 และไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมได้คะแนนเท่ากับ 7.58 เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) อาจเป็นเพราะไอศกรีมทั้งสองสูตรมีส่วนผสมของน้ำตาลเหมือนกัน และต่างกันที่ไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมไม่มี MSNF และมีไขมันต่ำกว่า แต่ในไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมก็ได้ทดแทนไขมันด้วยสารทดแทนไขมัน ซึ่งก็คือมอลโทเด็กซ์ทริน ที่สามารถจับโมเลกุลของน้ำได้บางส่วน จึงขัดขวางการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่และช่วยลดขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้น (Moor และ Shoemaker, 1981) และยังมีโพลีเด็กซ์โทรส ซึ่งมีคุณสมบัติอุ้มน้ำ รักษาความชื้น (moisture retention) ทำให้การถ่ายเทความชื้นในระบบช้าลง และยังยับยั้งการก่อตัวของผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ (Specter และ Setser, 1994) จึงทำให้ไอศกรีมมีความเรียบเนียนใกล้เคียงกัน

ด้านความชอบรวม พบว่าผู้ทดสอบชอบไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมมากกว่าไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนม โดยมีคะแนนเท่ากับ 7.23 และ 6.44 คงเป็นเพราะไอศกรีมจากผลิตภัณฑ์เลียนแบบนมยังไม่มีการแต่งกลิ่นรส อาจทำให้ผู้ทดสอบบางท่านไม่ชอบกลิ่นรสของมัน โดยเฉพาะกลิ่นรสของโปรตีนถั่วเหลือง ซึ่งจะเห็นได้จากคะแนนความชอบด้านกลิ่นรส ที่มีคะแนนต่ำกว่าไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม ส่วนลักษณะด้านอื่น จะเห็นได้ว่าไม่มีความแตกต่างจากไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนมอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) ดังนั้นหากมีการแต่งกลิ่นรส ก็น่าจะทำให้ผู้ทดสอบชื่นชอบพอๆ กับไอศกรีมที่มีส่วนผสมจากนม