

การทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วยโปรตีนถั่วเหลืองสกัด ในไอศกรีมไขมันต่ำ

Substitution of Soy Protein Isolate for Non Fat Dry Milk in Low Fat Ice Cream

สิรินดา กุสุมภ์ ณิชฐา มณีศิลาสันต์ และวรสิทธิ์ หวังอนุตตร

ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ปทุมธานี 12121

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสกัด โปรตีนจากกากถั่วเหลืองที่สกัดน้ำมันออกแล้ว เพื่อนำไปทดแทนนมผงขาดมันเนยในไอศกรีมไขมันต่ำ และทดสอบรสที่สามารถลดกลิ่นรสของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (SPI) ในไอศกรีม จากการศึกษาจากถั่วเหลือง 2 ชนิดคือ กากถั่วเหลืองที่แยกเปลือกและไม่แยกเปลือก พบว่ากากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือกให้ร้อยละผลได้มากกว่ากากถั่วเหลืองที่แยกเปลือก ($p \leq 0.05$) แล้วทำการศึกษาผลของการล้างแอลกอฮอล์กากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือกก่อนนำมาผลิต SPI พบว่า การล้างแอลกอฮอล์ได้ร้อยละผลได้ของการผลิต SPI น้อยกว่าการไม่ล้างแอลกอฮอล์ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นการผลิต SPI สำหรับนำมาใช้ในไอศกรีมจึงผลิตจากกากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือกและไม่ผ่านการล้างแอลกอฮอล์ ซึ่งเมื่อศึกษาระดับการทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI ในไอศกรีมไขมันต่ำที่ปริมาณ 0, 3 และ 5% โดยน้ำหนักพบว่า การทดแทนนมผงด้วย SPI ทำให้ค่าความสว่าง (L) และค่าสีแดง (a) ของส่วนผสมไอศกรีมลดลง ($p \leq 0.05$) และการทดแทนนมผงด้วย SPI ที่ปริมาณ 5% ให้ค่าความหนืดสูงที่สุด และ overrun ต่ำที่สุด ไอศกรีมที่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI 3% ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคไม่แตกต่างจากไอศกรีมที่ไม่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI ($p > 0.05$) และรสกาแฟสามารถกลบกลิ่นของ SPI ได้ดีกว่ารสชอคโกแลต ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: กากถั่วเหลือง ไอศกรีม โปรตีนถั่วเหลืองสกัด การทดแทน

Abstract

This research was to extract soy protein from defatted soy meal, to substitute the soy protein isolate (SPI) for non fat dry milk in low fat ice cream and to investigate flavor that can mask SPI flavor in ice cream. Dehulled and non-dehulled soy meals were chosen to produce SPI. The higher yield was found in the

production of SPI from non-dehulled soymeal ($p \leq 0.05$). The effect of alcohol washing of soymeal prior to extraction of SPI on yield of SPI was investigated. Alcohol washing gave lesser SPI yield than did no alcohol washing ($p \leq 0.05$). Therefore, SPI was produced from non-dehulled soymeal without alcohol washing prior to extraction. Level of substitution of SPI (0, 3, and 5% w/w) was examined to produce low fat ice cream. The results showed that substitution of SPI for non fat dry milk reduced brightness (L) and redness (a) values of the ice cream mix ($p \leq 0.05$). Substitution of SPI at the level of 5% gave the highest viscosity ($p \leq 0.05$) and the lowest overrun ($p \leq 0.05$). Overall acceptance of the ice cream with 3% SPI substitution was insignificantly different from that of the ice cream without SPI substitution ($p > 0.05$). Coffee flavor could mask SPI flavor better than chocolate flavor ($p \leq 0.05$).

Keywords: soy meal, ice cream, soy protein isolate, substitution

1. บทนำ

กากถั่วเหลืองเป็นผลผลิตที่ได้จากการผลิตน้ำมันจากถั่วเหลือง ซึ่งโรงงานน้ำมันจะขายกากถั่วเหลืองให้แก่โรงงานผลิตอาหารสัตว์ในราคาถูก แต่เนื่องจากกากถั่วเหลืองมีปริมาณโปรตีนสูง และมีกรดอะมิโนจำเป็นสำหรับมนุษย์หลายชนิด [1] กากถั่วเหลืองจึงเป็นแหล่งอาหารโปรตีนคุณภาพสูงที่มีราคาต่ำกว่าจากนั้นสารไอโซฟลาโวนในโปรตีนกากถั่วเหลืองยังสามารถป้องกันโรคกระดูกพรุน [2] โรคมะเร็งต่อมลูกหมาก และมะเร็งเต้านม [3] ลดปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือด และลดอัตราเสี่ยงของการเกิดโรคหัวใจ [4] ปัจจุบันได้มีการศึกษาวิธีการสกัดโปรตีนจากถั่วเหลือง และการนำโปรตีนจากถั่วเหลืองไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เนื่องจากสมบัติเชิงหน้าที่ของโปรตีนถั่วเหลือง กล่าวคือ การละลายน้ำ การให้ความคงตัวกับอิมัลชัน และการเกิดโฟม [5] แต่เนื่องจากโปรตีนจากถั่วเหลืองมีกลิ่นเฉพาะของถั่วเหลือง ซึ่งไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค ทำให้การนำโปรตีนถั่วเหลืองไปใช้ในผลิตภัณฑ์ต้องมีการปรุงแต่งกลิ่นรสเพื่อกลบกลิ่นของถั่วเหลือง [6, 7]

โครงการงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสกัดโปรตีนจากกากถั่วเหลืองที่ผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันแล้ว มาทดแทนนมผงขาดมันเนยในไอศกรีมไขมันต่ำ เป็นการเพิ่มทางเลือกของผลิตภัณฑ์ที่อุดมด้วยคุณประโยชน์ให้แก่ผู้บริโภค รวมทั้งเพื่อศึกษาการใช้สารกลิ่นรสในการปรุงแต่งกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ผู้บริโภคยอมรับมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์และวิธีการทดลอง

2.1 วัตถุประสงค์

กากถั่วเหลืองแยกเปลือกและไม่แยกเปลือกที่ผ่านกระบวนการสกัดน้ำมันได้จากบริษัท ธนากรผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด นมผงขาดมันเนยได้จากบริษัท เนสท์เล่ ประเทศไทย จำกัด

2.2 การเตรียมกากถั่วเหลือง

นำกากถั่วเหลือง 2 ชนิด คือ กากถั่วเหลืองแยกเปลือกและไม่แยกเปลือกมาล้างแอลกอฮอล์ โดยนำกากถั่วเหลืองผสมกับเอทานอล 85% ในอัตราส่วน 5:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร กวนเป็นเวลา 30 นาที ที่

อุณหภูมิห้อง โดยใช้ความเร็วในการกวน 120 รอบต่อนาที กรองเอาเฉพาะกากถั่วเหลืองด้วยผ้าขาวบาง แล้วนำมาสิ่งลมให้แห้ง เก็บกากถั่วเหลืองที่ได้ในถุงสุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.3 ศึกษาองค์ประกอบโดยประมาณของกากถั่วเหลือง

วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ คือ ความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต [8] ของกากถั่วเหลืองแยกเปลือกและไม่แยกเปลือกที่ล้างแอลกอฮอล์เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองแยกเปลือกและไม่แยกเปลือกที่ไม่ได้ล้างแอลกอฮอล์ วางแผนการทดลองแบบ Factorial design ทดลอง 2 ชั้น

2.4 ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตโปรตีนถั่วเหลืองสกัด (Soy protein isolate ; SPI)

2.4.1 ผลของชนิดกากถั่วเหลือง

ทำการสกัดโปรตีนจากกากถั่วเหลืองที่แยกเปลือกและไม่แยกเปลือกที่ผ่านการล้างแอลกอฮอล์ตามวิธีในข้อ 2.2 โดยผสมกับน้ำในอัตราส่วน 10:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร แล้วปรับ pH ด้วยเครื่องวัด pH (WPA รุ่น CD500) ให้มีค่าเท่ากับ 8 นำไปหมุนเหวี่ยงด้วยเครื่อง Ultracentrifuge (Sorvall รุ่น RC 5C) ที่ 11,000 rpm นาน 15 นาที นำสารละลายที่ได้มาปรับ pH ให้ได้ 4.5 ซึ่งเป็น pH ที่จุดไอโซอิเล็กทริกของโปรตีนถั่วเหลืองก่อนนำไปหมุนเหวี่ยงอีกครั้ง นำตะกอนที่ได้มาละลายน้ำที่ pH 7 จากนั้นจึงทำแห้งโดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด (PKL รุ่น CD-1) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จะได้โปรตีนถั่วเหลืองสกัดหรือ SPI

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design ทดลอง 2 ชั้น

คัดเลือกชนิดของกากถั่วเหลืองจากร้อยละผลได้เพื่อใช้ในการทดลองชั้นต่อไป โดยร้อยละผลได้คำนวณได้ดังนี้

$$\text{ร้อยละผลได้} = \frac{\text{น้ำหนักของโปรตีนถั่วเหลืองสกัด} \times 100}{\text{น้ำหนักของกากถั่วเหลืองที่ใช้}}$$

2.4.2 ผลของการล้างกากถั่วเหลืองด้วยแอลกอฮอล์

นำกากถั่วเหลืองที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 2.4.1 มาล้างแอลกอฮอล์ตามวิธีในข้อ 2.2 ก่อนทำการสกัดโปรตีนตามวิธีในข้อ 2.4.1 เปรียบเทียบกับกากถั่วเหลืองที่ไม่ได้ล้างด้วยแอลกอฮอล์ คัดเลือกวิธีการสกัด SPI (วิธีล้างหรือไม่ล้างแอลกอฮอล์) จากร้อยละผลได้ สำหรับการผลิต SPI เพื่อใช้ทดแทนนมผงขาดมันเนยในไอศกรีมไขมันต่ำ

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design ทดลอง 2 ชั้น

วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณของ SPI ที่ผลิตได้จากการสกัดทั้ง 2 วิธี ทางด้านความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต [8]

2.5 ศึกษาปริมาณการทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI ในไอศกรีมไขมันต่ำ

2.5.1 การผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ

ผลิตไอศกรีมไขมันต่ำทดแทนนมผงขาดมันเนยบางส่วนด้วย SPI โดยใช้ปริมาณการทดแทนเป็น 0, 3 และ 5% โดยน้ำหนัก โดยมีสูตรการทำไอศกรีมไขมันต่ำดังแสดงในตารางที่ 1 การผลิตไอศกรีม เริ่มจากนำส่วนผสมที่ได้คำนวณแล้วมาผสมกันที่อุณหภูมิ 50-55 °C จากนั้นผสมต่อด้วยเครื่องปั่นผสม (Panasonic รุ่น MK-5080M) เมื่อส่วนผสมไอศกรีมเข้ากันดีแล้ว จึงนำมาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 69 °C เป็น

เวลา 30 นาที แล้วทำให้เย็นจนมีอุณหภูมิต่ำกว่า 5°C และบ่มที่ 4°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงทำให้เป็นไอศกรีมด้วยเครื่องปั่นไอศกรีม (Katomo รุ่น HA 3505) นำไปแช่แข็งในตู้แช่แข็งอุณหภูมิ -18°C จากนั้นทำการวัดสมบัติทางเคมีและกายภาพ และประเมินผลทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำที่ผลิตได้

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design ทดลอง 2 ซ้ำ

ตารางที่ 1 สูตรการทำไอศกรีม

ส่วนผสม	ร้อยละ	ร้อยละ	ร้อยละ
Milk fat	5	5	5
Milk Solid Non Fat	15.5	12.5	10.5
Sucrose	8	8	8
Corn syrup solid	5.5	5.5	5.5
Stabilizer	0.35	0.35	0.35
Emulsifier	0.10	0.10	0.10
Flavor	0.7	0.7	0.7
Soy Protein Isolate	0	3	5

2.5.2 วัดสมบัติทางกายภาพและค่าความเป็นกรดต่าง

วัดความหนืดของส่วนผสมไอศกรีม โดยใช้เครื่อง Brookfield viscometer ที่ 100 rpm จับเวลา 30 วินาที บันทึกค่า (cP) วัดสีของส่วนผสมไอศกรีมด้วยเครื่องวัดสี (Hunter Lab รุ่น DP 9000™) และวัดค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน (% overrun) ของไอศกรีมโดยคำนวณจากน้ำหนัก เมื่อปริมาตรไอศกรีมคงที่

วัดค่า pH ของส่วนผสมไอศกรีมด้วยเครื่องวัด pH (WPA รุ่น CD500)

2.5.4 ประเมินผลทางประสาทสัมผัสของไอศกรีม

ประเมินสมบัติทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความหวาน เนื้อสัมผัส ความเนียน และความชอบโดยรวมของไอศกรีม และใช้แบบทดสอบแบบ Hedonic Scale 9 ระดับ โดยใช้ผู้ทดสอบที่เป็นผู้บริโภค 30 คน ทำการทดลอง 2 ซ้ำ คัดเลือกสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2.6 ศึกษาการแต่งกลิ่นรสของไอศกรีมไขมันต่ำ

เตรียมไอศกรีมด้วยสูตรที่คัดเลือกได้ โดยใช้ 2 กลิ่นรส คือ กาแฟและชอคโกแลต วัดสีของส่วนผสมไอศกรีม และเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน ตามข้อ 2.5.2

วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design ทดลอง 2 ซ้ำ

ประเมินผลทางประสาทสัมผัสทางด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่นรส รสชาติ ความหวาน เนื้อสัมผัส ความเนียน และความชอบโดยรวมของไอศกรีมตามข้อ 2.5.4 คัดเลือกไอศกรีมสูตรที่ผู้ทดสอบให้การยอมรับในด้านประสาทสัมผัส เพื่อศึกษาในขั้นตอนต่อไป

2.7 ศึกษาองค์ประกอบโดยประมาณและจุลชีววิทยาของไอศกรีมสูตรที่คัดเลือกได้

2.7.1 วิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ

นำไอศกรีมไขมันต่ำสูตรที่ได้รับการคัดเลือกมาวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณทางด้านความชื้น ไขมัน โปรตีน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต [8]

2.7.2 การตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์

ตรวจปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (TPC; AOAC, 2000) ตรวจปริมาณยีสต์และรา *Escherichia coli* และ Coliform โดยใช้ 3M Petrifilm 2 ชนิด คือ YM (Yeast and Mold) Count Plate และ *E. coli* Count Plate

2.8 วิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วย Duncan's New Multiple Range Test โดยใช้โปรแกรมประมวลผลสำเร็จรูป

3. ผลการทดลองและอภิปรายผล

3.1 องค์ประกอบโดยประมาณของกากถั่วเหลืองที่ได้จากการเตรียมโดยวิธีต่าง ๆ

ชนิดและวิธีการเตรียมกากถั่วเหลือง มีผลต่อปริมาณความชื้นและโปรตีน (ตารางที่ 2) โดยกากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือกและผ่านการล้างแอลกอฮอล์มีปริมาณความชื้นสูงสุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการล้างกากถั่วเหลืองมีความเข้มข้น 85% มีน้ำถึง 15% อีกทั้งการทำแห้งกากถั่วเหลืองหลังการล้างด้วยแอลกอฮอล์ ด้วยวิธี air dried สามารถระเหยน้ำได้เพียงบางส่วน ส่วนกากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือกนั้นไม่ผ่านขั้นตอนการแยกเปลือก

ตารางที่ 2 ผลของการเตรียมและชนิดของกากถั่วเหลืองต่อปริมาณความชื้นและโปรตีน (% โดยน้ำหนัก) ในกากถั่วเหลือง

องค์ประกอบเคมี	ล้างแอลกอฮอล์		ไม่ล้างแอลกอฮอล์	
	แยกเปลือก	ไม่แยกเปลือก	แยกเปลือก	ไม่แยกเปลือก
ความชื้น	17.19 ± 0.09 ^b	20.32 ± 0.01 ^a	10.73 ± 0.01 ^d	11.15 ± 0.04 ^c
โปรตีน	47.02 ± 0.15 ^c	43.19 ± 0.32 ^d	48.79 ± 0.14 ^a	48.16 ± 0.02 ^b

หมายเหตุ ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ออก (Dehulling) ซึ่งขั้นตอนนี้ถั่วเหลืองจะผ่านความร้อน เพื่อไล่ความชื้นออกจากผิว [9]

กากถั่วเหลืองที่แยกเปลือกและไม่ล้างแอลกอฮอล์มีปริมาณโปรตีนสูงที่สุดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากส่วนของเปลือกประกอบด้วยส่วนที่ไม่ใช่โปรตีน 91% (น้ำหนักแห้ง) [10] การแยกเปลือกจึงเป็นการช่วยกำจัดส่วนที่ไม่ใช่โปรตีนออก อีกทั้งการล้างแอลกอฮอล์และกวนส่วนผสม จะทำให้มีโปรตีนบางส่วนละลายออกมากับแอลกอฮอล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ทิ้งไป

วิธีการเตรียมกากถั่วเหลืองมีผลต่อปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตของถั่วเหลืองที่เตรียมได้ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 3) โดยกากถั่วเหลืองที่ผ่านการล้างแอลกอฮอล์มีปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรตน้อยกว่ากากถั่วเหลืองที่ไม่ผ่านการล้างแอลกอฮอล์ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากแอลกอฮอล์ละลายไขมัน คาร์โบไฮเดรต และวิตามินบางส่วนออกจากกากถั่วเหลือง

ชนิดของวัตถุดิบมีผลต่อปริมาณเถ้าและคาร์โบไฮเดรต ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 4) โดยปริมาณเถ้าของกากถั่วเหลืองแยกเปลือก สูงกว่ากากถั่วเหลืองไม่แยกเปลือก ($p \leq 0.05$) ในทางกลับกันกากถั่วเหลืองไม่แยกเปลือกมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตมากกว่ากากถั่วเหลืองแยกเปลือก ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 3 ผลของการเตรียมกากถั่วเหลืองต่อปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (% โดยน้ำหนัก) ในกากถั่วเหลือง

องค์ประกอบเคมี	ล้างแอลกอฮอล์	ไม่ล้างแอลกอฮอล์
ไขมัน	0.30 ± 0.04^b	0.48 ± 0.05^a
เถ้า	5.37 ± 0.13^b	6.22 ± 0.24^a
คาร์โบไฮเดรต	30.48 ± 0.59^b	33.89 ± 0.37^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 4 ผลของชนิดกากถั่วเหลืองต่อปริมาณไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต (% โดยน้ำหนัก) ในกากถั่วเหลือง

องค์ประกอบเคมี	กากถั่วเหลืองที่แยกเปลือก	กากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือก
ไขมัน	0.40 ± 0.09	0.39 ± 0.13
เถ้า	5.95 ± 0.55^a	5.64 ± 0.43^b
คาร์โบไฮเดรต	31.80 ± 2.08^b	32.57 ± 1.87^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.2 ผลของชนิดกากถั่วเหลืองต่อการผลิต SPI

จากตารางที่ 5 พบว่ากากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือกได้ร้อยละผลได้ของการผลิต SPI มากกว่ากากถั่วเหลืองที่แยกเปลือก ($p \leq 0.05$) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะว่าโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบในเปลือกถั่วเหลือง [10] ถูกสกัดออกมารวมกับโปรตีนที่มีอยู่ในเมล็ดถั่วเหลือง ทำให้การใช้กากถั่วเหลืองที่มีส่วนของเปลือกติดอยู่ช่วยในการสกัดโปรตีนได้ร้อยละผลได้ของการผลิต SPI มากกว่าการใช้กากถั่วเหลืองที่ไม่มีเปลือก อย่างไรก็ตามร้อยละผลได้ของการผลิต SPI ในงานวิจัยนี้มีค่าต่ำกว่าร้อยละผลผลิตที่ได้ทางการค้ามาก

3.3 ผลของการล้างแอลกอฮอล์ต่อการผลิต SPI

3.3.1 ร้อยละผลได้ของการผลิต SPI

จากตารางที่ 6 พบว่า การนำกากถั่วเหลืองมาล้างแอลกอฮอล์ก่อนสกัดโปรตีนให้ร้อยละผลได้

ของการผลิต SPI น้อยกว่าการไม่นำกากถั่วเหลืองมาล้างแอลกอฮอล์ก่อน ($p \leq 0.05$) เนื่องจากตัวทำละลายแอลกอฮอล์นี้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและขนาดโมเลกุล โดยขนาดโมเลกุลของโปรตีนที่ผ่านการล้างแอลกอฮอล์จะใหญ่กว่าโปรตีนที่ไม่ผ่านการล้างแอลกอฮอล์ [11] ซึ่งลักษณะดังกล่าวทำให้สภาพโครงสร้างของโปรตีนละลายได้น้อยลง ร้อยละผลได้ในการผลิต SPI จากกากถั่วเหลืองที่ล้างแอลกอฮอล์จึงน้อยกว่าไม่ล้างแอลกอฮอล์

ตารางที่ 5 ผลของชนิดกากถั่วเหลืองต่อร้อยละผลได้ของ SPI

ชนิดกากถั่วเหลือง	ร้อยละผลได้
กากถั่วเหลืองที่แยกเปลือกออก	0.70 ± 0.17^b
กากถั่วเหลืองที่ไม่ได้แยกเปลือก	2.81 ± 0.15^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแถวเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 6 ผลของการล้างกากถั่วเหลืองที่ไม่แยกเปลือกด้วยแอลกอฮอล์ต่อร้อยละผลได้ของ SPI

การเตรียมกากถั่วเหลือง	ร้อยละผลได้
ล้างกากถั่วเหลืองด้วยแอลกอฮอล์	2.81 ± 0.15^b
ไม่ล้างกากถั่วเหลืองด้วยแอลกอฮอล์	3.77 ± 0.23^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

3.3.2 องค์ประกอบโดยประมาณของ SPI

วิธีการสกัด SPI ทั้ง 2 วิธีจะผลิตได้ SPI ที่มีปริมาณโปรตีนไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) (ตารางที่ 7) แต่วิธีที่นำกากถั่วเหลืองมาล้างแอลกอฮอล์ก่อนผลิต SPI จะทำให้ปริมาณไขมันของ SPI ที่ได้มีน้อยกว่าการไม่ล้างกากถั่วเหลืองด้วยแอลกอฮอล์อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเกิดจากความสามารถในการละลายของไขมันที่แตกต่างกันระหว่างในน้ำและแอลกอฮอล์ ไขมันสามารถละลายในแอลกอฮอล์ได้ดีกว่าในน้ำ เนื่องจากโมเลกุลของแอลกอฮอล์มีขั้วต่ำจึงละลายไขมันออกมาได้มากกว่าน้ำ

3.4 สมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของ ไอศกรีมไขมันต่ำทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI

จากการวัดสมบัติทางกายภาพ เคมี และประสาทสัมผัสของ ไอศกรีมไขมันต่ำกลิ่นรสกาแฟที่เตรียมได้ทั้ง 3 สูตร (ตารางที่ 8-9) พบว่าการใช้ SPI ทดแทนนมผงขาดมันเนยในปริมาณที่มากขึ้นคือปริมาณ 3 และ 5 % ตามลำดับจะส่งผลให้ความสว่างของสีส่วนผสมไอศกรีมมีแนวโน้มลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก SPI มีสีเหลืองอมน้ำตาลเข้มกว่านมผงขาดมันเนย การทดแทน SPI ลงไปในส่วนผสมไอศกรีมจึงทำให้ส่วนผสมไอศกรีมมีสีเข้มขึ้น ในทำนองเดียวกันการทดแทน SPI ลงไปในส่วนผสมไอศกรีมยังทำให้มีสีเขียวยิ่งขึ้นอีกด้วย ($p \leq 0.05$) แต่ไม่มีผล

ต่อค่าสีเหลือง เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนผสมไอศกรีมที่ไม่มีการทดแทนด้วย SPI ($p > 0.05$)

ตารางที่ 7 ปริมาณโปรตีนและไขมัน (% โดยน้ำหนักแห้ง) ของ SPI ที่ได้จากวิธีการสกัด 2 วิธี

องค์ประกอบ	การเตรียมกากถั่วเหลือง	
	ล้างแอลกอฮอล์	ไม่ล้างแอลกอฮอล์
โปรตีน	91.19 ± 0.52	91.52 ± 0.47
ไขมัน	0.11 ± 0.03^b	0.39 ± 0.02^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

สำหรับการวัดค่าความหนืดของส่วนผสมไอศกรีมไขมันต่ำทั้ง 3 สูตร (ตารางที่ 8) พบว่าการใช้ SPI ทดแทนนมผงในปริมาณ 3 % ส่วนผสมไอศกรีมยังคงมีความหนืดไม่แตกต่างจากส่วนผสมไอศกรีมที่ไม่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI ($p > 0.05$) แต่การใช้ SPI ทดแทนนมผงที่ปริมาณ 5 % จะทำให้ส่วนผสมไอศกรีมมีความหนืดเพิ่มมากขึ้น ($p \leq 0.05$) เนื่องจาก SPI มีโครงสร้างที่สามารถกักเก็บน้ำไว้ในโมเลกุลได้ดีกว่าโซเดียมเคซิเนตซึ่งเป็นตัวแทนของโปรตีนนม [12] ทำให้เมื่อมีการทดแทนนมผงด้วย SPI ลงไปในส่วนผสมไอศกรีม จึงส่งผลให้ปริมาณน้ำอิสระเข้าไปอยู่ภายในโครงสร้างของ SPI ได้มากกว่าโปรตีนนมซึ่งอยู่ในนมผงขาดมันเนย ด้วยเหตุนี้ปริมาณน้ำอิสระจึงมีน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ทดแทนนมผงด้วย SPI เป็นผลให้ส่วนผสมไอศกรีมที่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI มีความหนืดเพิ่มมากขึ้น จากการวัดเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รัน พบว่า การทดแทนนมผงด้วย SPI ที่ปริมาณ 3 % ไอศกรีมยังคงมี % overrun ไม่แตกต่างจากไอศกรีมที่ไม่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI แต่การใช้ SPI ทดแทนที่ปริมาณ 5% จะทำให้ไอศกรีมมีค่า % overrun ลดลง

ตารางที่ 8 สมบัติทางกายภาพของไอศกรีมไขมันต่ำกลิ่นรสกาแฟที่มีการทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI

ปริมาณ SPI ที่ใช้ทดแทน (%)	ค่าสี			ความหนืด (cP)	% overrun
	L	a	b		
0	54.96 ± 3.46 ^a	-4.36 ± 1.61 ^a	15.21 ± 0.04	84.25 ± 13.22 ^b	32.09 ± 2.87 ^a
3	44.89 ± 1.12 ^b	-13.34 ± 1.96 ^b	13.52 ± 0.54	138.90 ± 39.46 ^b	28.75 ± 0.45 ^a
5	39.14 ± 2.50 ^b	-18.59 ± 1.56 ^b	12.67 ± 1.20	505.00 ± 149.91 ^a	22.54 ± 0.95 ^b

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$)

เนื่องจาก สารบางอย่าง เช่น โปรตีนจากนม อิมัลซิไฟเออร์บางตัว และสารให้ความคงตัวจะช่วยปรับปรุงความสามารถในการจับอากาศ และลดขนาดของฟองอากาศ [13] ซึ่งการทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI ในไอศกรีม เป็นการลดปริมาณโปรตีนจากนมและเพิ่มโปรตีนถั่วเหลืองจาก SPI เข้าไปทดแทน โดย Ahmedna และคณะ (1999) [12] รายงานว่า SPI มีค่า Foaming capacity ต่ำกว่าโซเดียมเคซีนเนตซึ่งเป็นตัวแทนของโปรตีนในนม จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ % overrun ของไอศกรีมที่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI 5% มีค่าต่ำที่สุด นอกจากนี้ส่วนผสมไอศกรีมที่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI 5% อาจมีความหนืดมากเกินไป จึงมีอัตราในการจับอากาศน้อย มีผลต่อค่า % overrun ที่ต่ำตามไปด้วย

จากตารางที่ 9 จะเห็นว่าส่วนผสมไอศกรีมทั้ง 3 สูตรมีค่า pH ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$) เนื่องจาก SPI ที่ผลิตนั้นมีค่า pH ประมาณ 7 ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกับค่า pH ของส่วนผสมไอศกรีมที่ไม่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI

ตารางที่ 9 ค่า pH ของส่วนผสมไอศกรีมไขมันต่ำที่มีการทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI

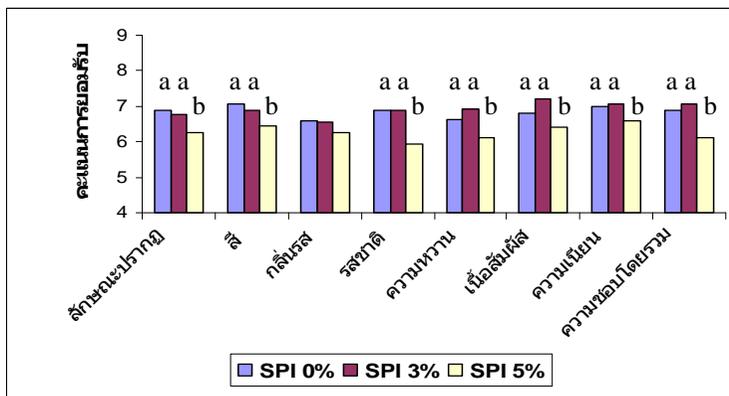
ปริมาณ SPI ที่ใช้ทดแทน (%)	pH
0	6.37 ± 0.05
3	6.50 ± 0.05
5	6.54 ± 0.04

จากรูปที่ 1 พบว่าเมื่อทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI ในไอศกรีมไขมันต่ำในปริมาณ 3 % การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความหวาน เนื้อสัมผัส ความเนียนและความชอบโดยรวม ไม่แตกต่างจากไอศกรีมที่ไม่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI ($p > 0.05$) แต่เมื่อทดแทนนมผงด้วย SPI ในปริมาณ 5 % การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ สี รสชาติ ความหวาน เนื้อสัมผัส ความเนียนและความชอบโดยรวมลดลง ($p \leq 0.05$) เนื่องจากไอศกรีมมีสีเข้มขึ้น ความหวานลดลงอย่างมาก มีกลิ่นของ SPI เล็กน้อย เนื้อสัมผัสเหมือนหมากฝรั่ง ทำให้คะแนนความชอบด้านที่กล่าวมาต่ำลง

ดังนั้นจึงคัดเลือกไอศกรีมสูตรที่มีการทดแทนนมผงด้วย SPI ในปริมาณ 3 % มาปรับปรุงกลิ่นรสของ SPI ในไอศกรีม

Federal Register (1998) [14] ได้กล่าวหาว่าอาหารที่มีโปรตีนถั่วเหลือง (Soy protein) เพียง 6.25 กรัมต่อ 1 มื้อเรียกได้ว่าเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับโปรตีนถั่วเหลือง โดยโปรตีนถั่วเหลืองนั้นสามารถลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคหัวใจ ซึ่งถ้าผู้บริโภครับประทานไอศกรีมที่ผลิตจากงานวิจัยนี้เพียง 230 กรัมก็เพียงพอที่จะเรียกไอศกรีมนั้นว่าเป็นแหล่งอาหารที่ดีสำหรับโปรตีนถั่วเหลือง

3.5 การแต่งกลิ่นรสของไอศกรีมไขมันต่ำ



หมายเหตุ: แท่งกราฟที่มีอักษรกำกับต่างกันในลักษณะทางประสาทสัมผัสเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 1 คะแนนทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำที่มีการทดแทนนมผงจากไขมันเนยด้วย SPI ปริมาณต่าง ๆ

ตารางที่ 10 ค่าสีของส่วนผสมไอศกรีมไขมันต่ำ กลิ่นรสกาแฟและชอคโกแลต

กลิ่นรส	L	a	b
กาแฟ	44.79 ± 0.88	-14.90 ± 0.25 ^a	13.13 ± 0.40 ^a
ชอคโกแลต	42.74 ± 0.31	-18.22 ± 0.28 ^b	10.13 ± 0.23 ^b

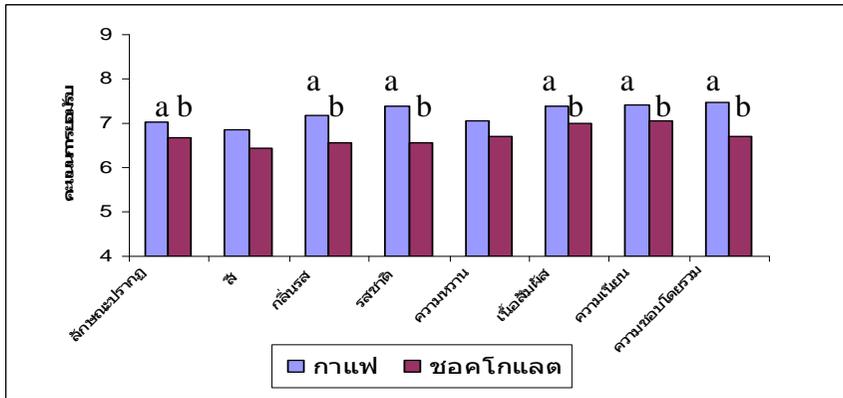
หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับต่างกันจากแถวตั้งเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

การใช้กลิ่นรสกาแฟ และชอคโกแลตในสูตรไอศกรีมไขมันต่ำที่มีการทดแทนนมผงจากไขมันเนยด้วย SPI 3 % และวัตค่าสี (ตารางที่ 10) พบว่าส่วนผสมไอศกรีมกลิ่นรสกาแฟและชอคโกแลตมีความสว่างไม่แตกต่างกัน แต่ไอศกรีมกลิ่นรสกาแฟจะมีสีแดงและสีเหลืองมากกว่ากลิ่นรสชอคโกแลต

จากตารางที่ 11 จะเห็นว่าไอศกรีมไขมันต่ำทั้งกลิ่นรสกาแฟและชอคโกแลตมีค่าเปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 11 เปอร์เซ็นต์โอเวอร์รันของไอศกรีมไขมันต่ำกลิ่นรสต่าง ๆ

ไอศกรีมไขมันต่ำ	% Overrun
รสกาแฟ	25.64 ± 3.11
รสชอคโกแลต	25.84 ± 1.63



หมายเหตุ: แท่งกราฟที่มีอักษรกำกับต่างกัน ในลักษณะทางประสาทสัมผัสเดียวกัน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

รูปที่ 2 คะแนนทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำกลิ่นรสกาแฟ และช็อคโกแลตที่มีการทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI 3%

จากการประเมินทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมไขมันต่ำที่มีการทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI 3% กลิ่นรสกาแฟ และช็อคโกแลต (รูปที่ 2) พบว่า ผู้ทดสอบให้คะแนนด้านลักษณะปรากฏ กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ความเนียน และความชอบโดยรวมของไอศกรีมกลิ่นรสกาแฟมากกว่ากลิ่นรสช็อคโกแลต ($p \leq 0.05$) ในขณะที่คะแนนด้านสีและความหวานไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) ดังนั้นกลิ่นรสกาแฟจึงสามารถลดกลิ่น SPI ได้ดีกว่ากลิ่นรสช็อคโกแลต

3.6 องค์ประกอบโดยประมาณและปริมาณจุลินทรีย์ของไอศกรีมไขมันต่ำที่ผ่านการปรับปรุง

จากการศึกษาองค์ประกอบโดยประมาณของไอศกรีมไขมันต่ำกลิ่นรสกาแฟที่ทดแทนนมผงขาดมันเนยด้วย SPI ปริมาณ 3% (ตารางที่ 12) พบว่ามีปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน เถ้า และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 62.15, 7.35, 6.35, 1.35 และ 22.80 ตามลำดับ

เมื่อตรวจจุลินทรีย์ในไอศกรีมไขมันต่ำกลิ่นรสช็อคโกแลตที่ผลิตได้ (ตารางที่ 13) พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2544 [15] แสดงว่าไอศกรีมที่ผลิตได้มีความปลอดภัยสำหรับบริโภค

ตารางที่ 12 องค์ประกอบโดยประมาณของไอศกรีมไขมันต่ำ

องค์ประกอบ	ปริมาณ (% โดยน้ำหนัก)
ความชื้น	62.15 ± 0.10
โปรตีน	7.35 ± 0.14
ไขมัน	6.35 ± 0.21
เถ้า	1.35 ± 0.06
คาร์โบไฮเดรต	22.80 ± 0.11

ตารางที่ 13 ปริมาณจุลินทรีย์ในไอศกรีมไขมันต่ำ

ประเภทของ จุลินทรีย์	ปริมาณที่ ตรวจพบ	มาตรฐาน*
จุลินทรีย์ทั้งหมด	250 CFU/g	600,000 CFU/g
ยีสต์และรา	ไม่พบ	-
<i>Escherichia coli</i> และ <i>Coliform</i>	ไม่พบใน อาหาร 0.01 กรัม	ไม่พบในอาหาร 0.01 กรัม

- ไม่ได้กำหนด

* ประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 222 พ.ศ. 2544

4. สรุปผลการทดลอง

เมื่อนำกากถั่วเหลืองชนิดไม่แยกเปลือกมาผลิต SPI โดยวิธีที่ไม่ต้องล้างแอลกอฮอล์ สามารถผลิต SPI ที่มีปริมาณโปรตีน 91.52 % ซึ่ง SPI ดังกล่าวสามารถใช้ทดแทนนมผงขาดมันเนยในไอศกรีมไขมันต่ำได้ในปริมาณ 3 % หรือคิดเป็น 19.35 % ของนมผงขาดมันเนยทั้งหมด และการใช้กลิ่นรสกาแฟจะได้รับการยอมรับด้านต่างๆ ส่วนใหญ่สูงกว่ากลิ่นรสชอคโกแลต

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะวิจัยขอขอบพระคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2550 ที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และบริษัท ธนาคารผลิตภัณฑ์น้ำมันพืช จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์กากถั่วเหลือง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Van Kempem, T.A.T.G., Kim, I.B., Jansman, A.J.M., Verstegen, M.W.A., Hancock, J.D., Lee, D.J., Gabert, V.M., Albin, D.M., Fahey, G.C., Grieshop, C.M. and Mahan, D., Regional and Processor Variation in the Ileal Digestible Amino Acid Content of Soybean Meals Measured in Growing Swine, Am. Soc. Ani. Sci., Vol. 80, pp. 429-439, 2002.
- [2] Coward, L., Barnes, N.C., Setchell, K.D.R., and Barnes, S., Genistein, Daidzein, and Their β -Glycoside Conjugates: Antitumor Isoflavones in Soybean Foods from American and Asian diets, J. Agric. Food Chem., Vol. 41, pp. 1961-1967, 1993.
- [3] Messina, M. and Barnes, S., The Role of Soy Products in Reducing Risk of Cancer, J. National Cancer Inst., Vol. 83, pp. 514-546, 1991.
- [4] Jenkins, D.J.A., Kendall, C.W.C., Connelly, P.W., Jackson, C-J. C., Parker, T., and Fualkner, D., Effect of High- and Low-isoflavone (phytoestrogen) Soy Foods on Inflammatory Biomarkers and Proinflammatory Cytokines in Middle-aged Men and Women, Metabolism-Clinical and Experimental, Vol. 51, pp. 919-924, 2002
- [5] Chove, B.E., Grandison, A.S., and Lewis, M.J., Some Functional Properties of Fractionated Soy Protein Isolates Obtained by Microfiltration, Food Hydrocolloids, Vol. 21, pp. 1379-1388, 2007.

- [6] Webb, M.F., Naeem, H.A., and Schmidt, K.A., Food Protein Functionality in a Liquid System: a Comparison of Deamidated Wheat Protein with Dairy and Soy Proteins, *J. Food Sci.*, Vol. 67, pp. 2896-2902, 2002.
- [7] Dervisoglu, M., Yazici, F., and Aydemir, O., The Effect of Soy Protein Concentrate Addition on the Physical, Chemical, and Sensory Properties of Strawberry Flavored Ice Cream, *Eur. Food Res. Tech.*, Vol. 221, pp. 466-470, 2005.
- [8] AOAC. Official Methods of Analysis. 16 ed., The Association of Official of Analytical Chemists: Washington D.C., 1995.
- [9] Proctoc, A., Soybean Oil Extraction and Processing, In *Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization.*, Chapman and Hall, New York, 532 p., 1997.
- [10] Liu, K., Chemistry and Nutritional Value of Soy Bean Components. In *Soybeans: Chemistry, Technology and Utilization.*, Chapman and Hall, New York, 532 p., 1997.
- [11] Hua, Y., Huang, Y., Qiu, A., Liu, X., Properties of Soy Protein Isolate Prepared from Aqueous Alcohol Washed Soy Flakes, *Food Res. Int.*, Vol.38, pp. 273-279, 2005.
- [12] Ahmedna, M., Prinyawiwatkul, W., Rao, R.M., Solubilized Wheat Protein Isolate: Functional Properties and Potential Food Applications, *J. Agric. Food Chem.*, Vol. 47, pp. 1340-1345, 1999.
- [13] Marshall, R.T. and Arbuckle, W.S., *Ice cream.* Chapman and Hall, New York, 371 p., 1996.
- [14] Federal Register., Food Labeling: Health Claim; Soy Protein and Coronary Heart Disease, *Federal Register*, Vol. 63, pp. 10, 1998.
- [15] กระทรวงสาธารณสุข, ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 222) พ.ศ. 2544, เรื่อง กำหนดไอศกรีมเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ และกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐาน และวิธีการผลิต, ราชกิจจานุเบกษาฉบับประกาศทั่วไป 118, 2545.