ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)

ปริญญา

พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร — **สาขา**

พัฒนาผลิตภัณฑ์ — **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

Development of Khaomak Yogurt Ice Cream

นามผู้วิจัย นางสาวสุทธิดา สนธิเศวต

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วลัยรัตน์ จันทรปานนท์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

(อาจารย์เทพกัญญา หาลศีลวัต, ปร.ด.)

หัวหน้าภาควิชา .....

(รองศาสตราจารย์อนุวัตร แจ้งชัด, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

Development of Khaomak Yogurt Ice Cream

โดย

นางสาวสุทธิดา สนธิเศวต

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร)
พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุทธิดา สนธิเศวต 2557: การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (พัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร) สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วลัยรัตน์ จันทรปานนท์, Ph.D. 144 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก จากการสำรวจผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคต้องการไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์ต่ำ มีเนื้อสัมผัสเนียนละเอียด มีรสหวาน และไม่มีการเติมผลไม้ จากการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของไอศกรีมโยเกิร์ตพบว่า สูตรที่ 2 ซึ่งมีวิปปิ้งครีมร้อยละ 22.65 น้ำตาลร้อยละ 20.95 เจลาตินร้อยละ 0.5 โยเกิร์ต ร้อยละ 28.65 นมร้อยละ 27.25 ได้รับค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านสี กลิ่น ความหวาน กลิ่นรส ความเนียน และความชอบโดยรวมสูงสุด จากนั้นจึงทำการพัฒนาไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture design กำหนดส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลวที่ร้อยละ 60-80 น้ำร้อยละ 0-20 และข้าวหมากร้อยละ 5-15 ได้ 5 สิ่งทดลอง พบว่าเมื่อปริมาณของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลวเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมด ค่าความหนืด และร้อยละการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) แต่มีอัตราการละลายลดต่ำลง พบว่า เมื่อปริมาณข้าวหมากเพิ่มขึ้น ค่า L* ลดลง แต่มีค่า a* และ b* เพิ่มขึ้น ($p\leq0.05$) และพบว่า เมื่อปริมาณไอศกรีมโยเกิร์ตเหลวเพิ่มขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดจะเพิ่มขึ้น แต่ค่าความเป็นกรด-ด่าง ลดลง ($p\leq0.05$) เมื่อทดสอบทางประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9-point hedonic scale ร่วมกับ Just About Right พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่อัตราส่วนไอศกรีมโยเกิร์ตร้อยละ 80 น้ำร้อยละ 15 และข้าวหมากร้อยละ 5 (สูตรที่1) ได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (7.1) และมีร้อยละความพอดีอยู่ในระดับพอดี จากนั้นทำการศึกษาขนาดและปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากจากการเอ็นแคปซูเลชัน โดยผสมน้ำข้าวหมากและน้ำต้มสุกในอัตราส่วน 1 : 1 (v/v) เติมโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1 หยดลงสารละลาย 0.1 M $CaCl_2$ ศึกษาขนาดและปริมาณของเม็ดบีดที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 และ 3.2 มิลลิเมตร ปริมาณร้อยละ 1 และ 2 พบว่า เม็ดบีดน้ำข้าวหมากขนาด 3.2 มิลลิเมตร ปริมาณร้อยละ 2 ได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (7.1) แต่มีร้อยละความพอดีในด้านปริมาณอยู่ในระดับน้อย ศึกษาการเพิ่มปริมาณของเม็ดบีดเป็นที่ร้อยละ 3 และ 4 พบว่าที่ปริมาณร้อยละ 4 ได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด (7.4) และมีร้อยละความพอดีมากกว่าร้อยละ 80 เมื่อทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่พัฒนาได้พบว่า ผู้บริโภคให้คะแนนความชอบโดยรวมในระดับชอบปานกลาง (7.3) ให้การยอมรับร้อยละ 87 และมีความสนใจซื้อร้อยละ 79

_____ _____ __ / __ / __

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Suttida Sonthisawate 2014: Development of Khaomak Yogurt Ice Cream. Master of Science (Agro-Industrial Product Development), Major Field: Agro-Industrial Product Development, Department of Product Development. Thesis Advisor: Assistant Professor Walairut Chantarapanont, Ph.D. 144 pages.

The objective of this research was to develop Khaomak yogurt ice cream. According to the survey, the consumer preferred Khaomak yogurt ice cream which had less in alcohol's odor with smooth texture, sweet taste without fruit addition. From basic formular screening, Trt2 which consisted of 22.65% whipping cream, 20.95% sugar, 0.5% gelatin, 28.65% yogurt and 27.25% milk, had the highest liking score in color, odor, sweetness, flavor, smoothness and overall liking. Mixture design was used in Khaomak yogurt ice cream development with yogurt ice cream mix (60-80%), water (0-20%) and blended Khaomak (5-15%). There were 5 treatments of Khaomak yogurt ice cream. The results showed that the increasing of yogurt ice cream mix would increase the total soluble solid, the viscosity and %overrun ($p \leq 0.05$) but decrease melting rate. Treatments with high amount of blended Khaomak caused decreasing in L* and increasing in a* and b* ($p \leq 0.05$). The increasing of yogurt ice cream affected the increasing of total acid and decreasing in pH ($p \leq 0.05$). For sensory evaluation by using 9-point hedonic scale with Just About Right test, the ratio of yogurt ice cream mix, water and blended Khaomak at ratio of 80:15:5 (trt1) obtained the highest liking score in all attributes including overall liking (7.1) with %just right were just right. After that, sizes and amount of Khaomak sap encapsulation bead, which produced from mixing Khaomak sap and water in 1:1 (v/v) with 1% of sodium alginate and dropped into 0.1M $CaCl_2$ solution, were studied at diameter 2.6 and 3.2 mm with amount of 1% and 2 %, consecutively. Results found that diameter 3.2 mm of bead with 2% amount received the highest score of overall liking (7.4) but the quantity of Khaomak encapsulation bead were less in JAR test, then the beads amount at 3% and 4% were then studied. It was found that the amount of bead with 4% had the highest score of overall liking (7.4) and % just right was higher than 80%. The consumer acceptance test of developed Khaomak yogurt ice cream obtained liking score at moderately like (7.3) and consumers rated with 87% acceptance and intention to buy 79%.

_____ _____ __ / __ / __

Student's signature Thesis Advisor's signature

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์วลัยรัตน์ จันทรปานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และอาจารย์เทพกัญญา หาญศีลวัต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่กรุณาให้คำแนะนำในระหว่างการวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบและแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิที่ช่วยแนะนำและแก้ไขเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ผู้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ทุกท่านที่กรุณาให้ความรู้และอบรมสั่งสอนในเรื่องต่างๆ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่คอยอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ และความช่วยเหลือต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนเพื่อน พี่ และน้อง นิสิตปริญญาตรี นิสิตปริญญาโท และนิสิตปริญญาเอกทุกท่านที่ช่วยเหลือเป็นกำลังใจในการดำเนินงานวิจัยจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่ให้การสนับสนุน ความห่วงใย ความช่วยเหลือตลอดจนเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมาจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอมอบประโยชน์อันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แก่ครูอาจารย์และผู้มีพระคุณทุกท่าน หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยและขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

สุทธิดา สนธิเศวต

สิงหาคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
อุปกรณ์และวิธีการ	45
อุปกรณ์	45
วิธีการ	48
ผลและวิจารณ์	64
สรุปและข้อเสนอแนะ	101
สรุป	101
ข้อเสนอแนะ	103
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	104
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	117
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	119
ภาคผนวก ค วิธีการวิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์	123
ภาคผนวก ง แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส	127
ภาคผนวก จ แบบทดสอบการสำรวจผู้บริโภคและแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค	130
ภาคผนวก ฉ การคำนวณต้นทุนการผลิต	141
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	144

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำนมหลังผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	8
2	เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมในการเตรียมโยเกิร์ต	11
3	คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตและน้ำนม	14
4	ประเภทของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามร้อยละของการขึ้นฟู	25
5	ประเภทของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามปริมาณไขมัน	25
6	วัตถุดิบที่ใช้เป็นสารเคลือบในอุตสาหกรรมอาหาร	40
7	สูตรพื้นฐานในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต	53
8	อัตราส่วนผสมของไอศรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก	58
9	แนวความคิดและความต้องการของผู้ร่วมอภิปรายกลุ่ม	64
10	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการสำรวจของผู้บริโภค	67
11	ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต และข้าวหมาก	69
12	ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก	72
13	คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของโยเกิร์ต	75
14	คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ต	77
15	คุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ต	78
16	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไอศกรีมโยเกิร์ต	79
17	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ต	80
18	ร้อยละระดับความพอดี ของไอศกรีมโยเกิร์ต	81
19	คุณภาพทางกายภาพ เคมี ของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งที่แตกต่างกัน 3 ชนิด	82
20	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งที่แตกต่างกัน 3 ชนิด	83
21	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งที่แตกต่างกัน 3 ชนิด	83

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
22	ร้อยละระดับความพอดีของข้าวหมาก	84
23	คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน	85
24	ค่าอัตราการละลายของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก	87
25	คุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตน้ำและข้าวหมากเหลวที่แตกต่างกัน	88
26	คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ต น้ำและข้าวหมากเหลวที่แตกต่างกัน	89
27	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน	90
28	ร้อยละระดับความพอดี ของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน	91
29	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่เติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	93
30	ร้อยละดับความพอดี ของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่เติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	94
31	คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ปริมาณร้อยละ 3 และ 4	95
32	ร้อยละความพอดีเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ปริมาณร้อยละ 3 และ 4	95
33	ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค	96
34	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก	98
35	การยอมรับ ความสนใจซื้อของผู้บริโภคและราคาของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก	99
36	ต้นทุนวัตถุดิบของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก	99
37	ต้นทุนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากต่อ 1 ถ้วย (75 กรัม)	100

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่ **หน้า**

ข1	เปอร์เซนต์แอลกอฮอล์ เทียบกับความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส	122
ฉ1	ต้นทุนการผลิตข้าวหมาก	142
ฉ2	ต้นทุนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว	143
ฉ3	ต้นทุนการผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	143

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบอยู่ตัวและแบบบรรจุทีหลัง	4
2	กระบวนการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ	6
3	โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีม	17
4	การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลโดยกลุ่มเอนไซม์จากรา	31
5	กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์จากการหมักโดยยีสต์	33
6	การผลิต amyl alcohol จากกรดอะมิโน isoleucine โดยยีสต์	34
7	กระบวนการผลิตโยเกิร์ต	51
8	กระบวนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต	54
9	กระบวนการผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	61
10	การผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	62
11	กระบวนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	62
12	อัตราการเจริญของเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus*	74
13	ปริมาณการละลายของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากเป็นระยะเวลา 60 นาที	87
14	ลักษณะของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ผลิตได้	92

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

Development of Khaomak Yogurt Ice Cream

คำนำ

ไอศกรีมโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีไขมันต่ำ เนื่องจากมีส่วนผสมของโยเกิร์ตและไอศกรีมเหลวเป็นส่วนผสมหลัก (Tamime and Robinson, 1999) โดยทั่วไปจุลินทรีย์ ที่นิยมใช้ในการผลิตโยเกิร์ต จะเป็นเชื้อผสมระหว่าง *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbruekii* subsp. bulgaricus (Elizabeth *et al.,* 2011) ซึ่งโยเกิร์ตจัดเป็นผลิตภัณฑ์นมที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง มีกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายหลายชนิด มีคาร์โบไฮเดรตซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในรูปของน้ำตาลแลคโตส มีวิตามิน เช่น วิตามินเอ วิตามินบี 1 (thiamin) วิตามินบี 2 (riboflavin) และมีแร่ธาตุที่สำคัญหลายชนิด เช่น แคลเซียม โพแทสเซียม โซเดียม และฟอสฟอรัส (Tamime and Robinson, 1999) อีกทั้งโยเกิร์ตยังมีจุลินทรีย์กรดแลคติคที่มีชีวิต ซึ่งมีประโยชน์ต่อร่างกาย เช่น ควบคุมการเจริญของจุลินทรีย์ประจำถิ่นที่อยู่ในลำไส้ ที่ช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพของระบบทางเดินอาหารของผู้ที่ได้รับ (Lankaputhra and Shah, 1998; Shah, 1999)

ข้าวหมาก เป็นผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านของไทยที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ทำมาจากการหมักข้าวเหนียวนึ่งด้วยลูกแป้งข้าวหมาก จนได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเป็นเมล็ดข้าวนุ่มและยุบตัว มีกลิ่นหอมและมีรสหวาน มีกลิ่นรสแอลกอฮอล์เล็กน้อย และมีปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำ (<3%) มีประโยชน์โดยช่วยในเรื่องของการสูบฉีดโลหิตสำหรับผู้ที่มีความดันโลหิตต่ำ มีน้ำตาลกลูโคสที่ได้จากการย่อยข้าวเป็นน้ำตาลโมเลกุลขนาดเล็ก โดยในปัจจุบันแม้ข้าวหมากสามารถผลิตกันได้โดยทั่วไปแต่ยังไม่ได้รับความนิยมมากนัก ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมผสมข้าวหมาก เพื่อเพิ่มความแปลกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์ไอศกรีม และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ข้าวหมากให้ได้รับการยอมรับเพิ่มขึ้นและสามารถรับประทานได้ง่ายขึ้นอีกด้วย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาพฤติกรรมและความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวหมาก

2. เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

3. เพื่อทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การตรวจเอกสาร

1. โยเกิร์ต

โยเกิร์ต (Yogurt) เป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่เกิดจากการนำน้ำนมมาหมักด้วยแบคทีเรียกรดแลคติก โดยแบคทีเรียที่นิยมใช้ในการผลิตมีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii* ssp. bulgaricus โยเกิร์ตจัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมบริโภคกันในแถบยุโรปตะวันออกเฉียงใต้ และเอเชียกลางเนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์และสามารถรับประทานได้ง่าย (พิศักดิ์, 2522) ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ทำการผลิตและจัดจำหน่ายมีหลากหลายประเภทเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคที่หลากหลาย เช่น โยเกิร์ตชนิดเข้มข้น (Concentrated yoghurt) โยเกิร์ตชนิดเหลว (Drinking yogurt) โยเกิร์ตนมถั่วเหลือง (Soya yoghurt) โยเกิร์ตแช่แข็ง (Frozen yoghurt) โยเกิร์ตชนิดมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbonated yoghurt) โยเกิร์ตชนิดฆ่าเชื้อที่เก็บได้ชั่วคราวและเก็บได้นาน(Pasteurized/UHT/Long-life yoghurt) โยเกิร์ตชนิดที่ทำการย่อยสลายแลคโตสแล้ว (Lactose hydrolyzed yoghurt-LHY) โยเกิร์ตเพื่อการบำบัดโรค (Bio yoghurt) โยเกิร์ตชนิดผงชงดื่มได้ทันที (Dried or Instant yoghurt) โยเกิร์ตชนิดที่ทำเป็นเครื่องดื่ม (Yoghurt beverages) ไอศกรีมโยเกิร์ต (Ice-cream yoghurt) โยเกิร์ตสำหรับผู้ที่ควบคุมอาหาร (Dietetic or Therapeutic yoghurt) โยเกิร์ตที่ทำจากไขมันทดแทน (Fat substitutes yoghurt) และโยเกิร์ตชนิดเติมกรดอินทรีย์ (Chemically acidified yoghurt) (Tamime and Robinson, 1985) เป็นต้น

1.1 การแบ่งชนิดของโยเกิร์ต

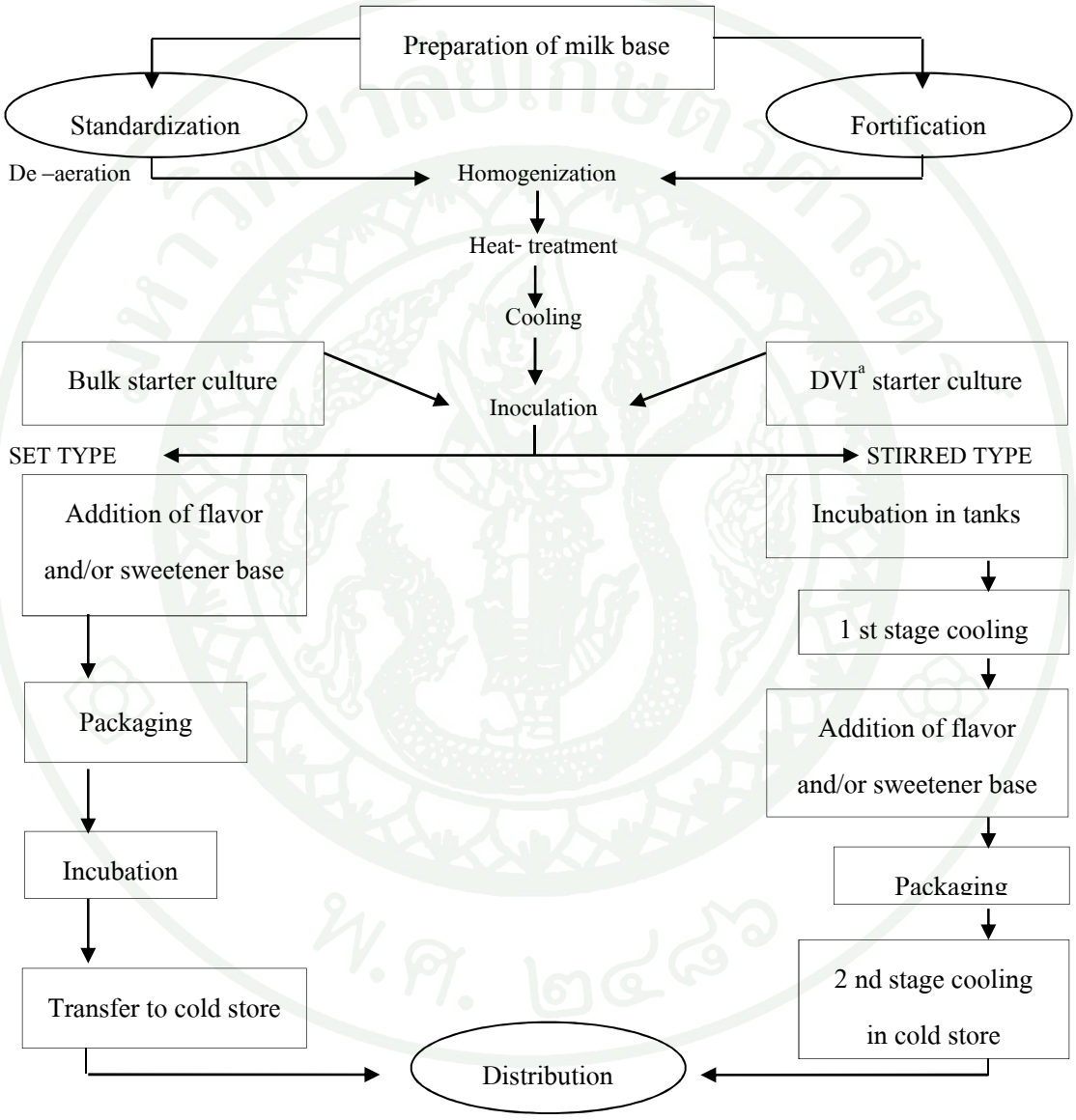
ในการแบ่งชนิดและประเภทของโยเกิร์ตจะสามารถแบ่งได้จากกระบวนการผลิต รสชาติหรือองค์ประกอบทางเคมี ได้เป็นโยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1.1 กรรมวิธีการผลิต

กระบวนการผลิตโยเกิร์ตในอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ขึ้นอยู่กับระบบการผลิตและโครงสร้างทางกายภาพของมวลที่ตกตะกอน (coagulum) โดยโยเกิร์ตชนิดแรกจะเรียกว่า โยเกิร์ตที่เกิดเจลในภาชนะบรรจุ (set yogurt) หรือที่เรียกว่าแบบอยู่ตัว เป็นผลิตภัณฑ์ที่กระบวนการหมักเกิดขึ้นในภาชนะบรรจุ ทำให้ coagulum มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวเป็นเนื้อเดียวกัน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนอีกชนิดจะเรียกว่าโยเกิร์ตชนิดคน (stirred yogurt) หรือที่เรียกว่าแบบบรรจุทีหลัง ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังจากเกิดกระบวนการหมักในถังหมักเรียบร้อยแล้ว ทำให้ coagulum มีลักษณะแตกหรือแยกออกจากกันก่อนการบรรจุหรือการให้ความเย็น เช่น นมเปรี้ยว หรือ fluid yoghurt ซึ่งมีปริมาณของแข็งเพียงร้อยละ 11 หรือน้อยกว่า (วราวุฒิ และรุ่งนภา, 2532) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตแบบอยู่ตัวและแบบบรรจุทีหลัง

หมายเหตุ DVIa (Direct-to-vat inoculation) คือ เชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ตที่เติมในถังหมักโดยตรง

ที่มา: Tamime and Marshall (1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.1.2 กลิ่นรสและการปรุงแต่ง

เมื่อแบ่งชนิดของโยเกิร์ตตามลักษณะของกลิ่นและกลิ่นรสของโยเกิร์ต จะสามารถแบ่งชนิดของโยเกิร์ตได้เป็น 4 ชนิดดังนี้

- โยเกิร์ตแบบธรรมดา (plain หรือ natural yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผลิตได้ตามกรรมวิธีดั้งเดิม มีรสชาติเปรี้ยว ไม่มีการเติมกลิ่นรสหรือผลไม้ลงไป

- โยเกิร์ตรสผลไม้ (fruit หรือ flavored yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีการเติมผลไม้ สารให้ความหวาน หรือมีการเติมกลิ่นรสและสีแทนส่วนของผลไม้ แบ่งได้ 2 แบบ คือ แบบสวิส (swiss style) ซึ่งเป็นโยเกิร์ตที่มีเนื้อผลไม้ผสมกระจายอยู่ในเนื้อโยเกิร์ต และแบบซันเด (sundae style) ซึ่งมีเนื้อผลไม้อยู่บริเวณก้นภาชนะ เช่น ส้ม สับปะรด สตรอเบอร์รี เป็นต้น การเติมผลไม้ชนิดต่าง ๆ นอกจากจะเป็นการเพิ่มทางเลือกให้แก่ผู้บริโภคแล้ว ยังทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีปริมาณของแร่ธาตุแตกต่างกันไป โดยทั่วไปพบทองแดง เหล็ก และแมงกานีส (Segarra *et al*., 2000)

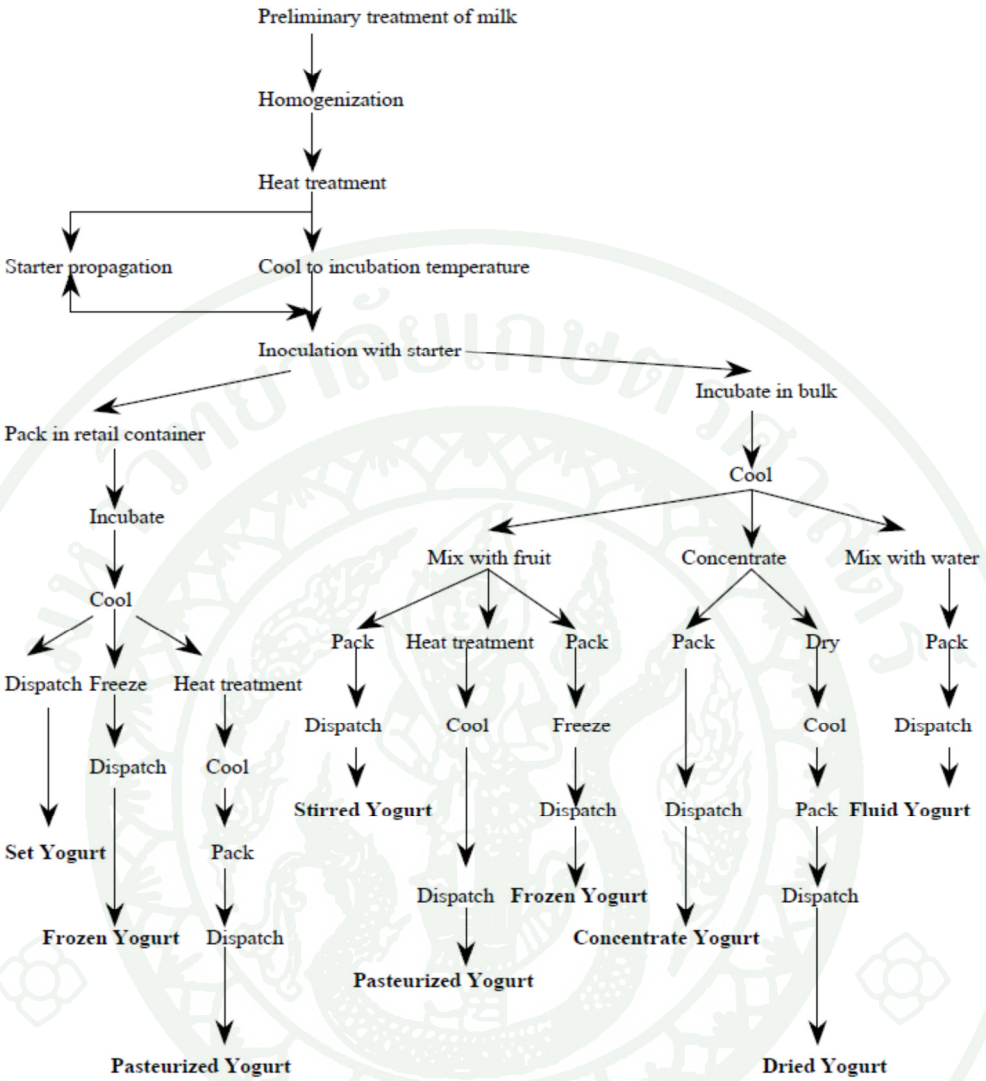
- โยเกิร์ตที่ผสมน้ำตาล (sweetened yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่มีน้ำตาลผสมอยู่ด้วย เพื่อให้เกิดรสหวานชวนรับประทาน

- โยเกิร์ตพร้อมดื่ม (drinking yoghurt) เป็นโยเกิร์ตที่ผสมกับน้ำผลไม้ในอัตราส่วน 1:1 แล้วนำมาผ่านการฆ่าเชื้อ โยเกิร์ตชนิดนี้จะมีลักษณะเป็นน้ำ สะดวกต่อการดื่มมีรสเปรี้ยวตามธรรมชาติ ส่วนสีและกลิ่นจะเป็นไปตามน้ำผลไม้ที่ผสมอยู่

1.1.3 กระบวนการหลังการหมัก

ในการผลิตโยเกิร์ตเมื่อกระบวนการหมักเสร็จสิ้นแล้ว อาจนำโยเกิร์ตที่ได้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ เช่น การให้ความร้อน การแช่แข็ง การทำให้แห้ง เป็นต้น ทำให้ลักษณะของโยเกิร์ตที่ได้มีความแตกต่างกัน อีกทั้งยังสามารถเติมสี สารให้กลิ่นรส สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว ลงในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตได้เป็นโยเกิร์ตหลากหลายชนิด ดังแสดงในภาพที่ 2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 2 กระบวนการผลิตโยเกิร์ตชนิดต่าง ๆ

ที่มา: Tamime and Mashall (1997)

1.1.4 องค์ประกอบทางเคมี

การแบ่งชนิดของโยเกิร์ตอาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีภายในผลิตภัณฑ์ เช่น ปริมาณไขมัน เป็นต้น เช่น โยเกิร์ตไขมันเต็ม (full fat yogurt) หมายถึง โยเกิร์ตที่มีปริมาณของไขมันสูงกว่าร้อยละ 5.0 โยเกิร์ตชนิดไขมันปานกลาง (medium fat yogurt) มีปริมาณไขมันร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.0-5.0 และโยเกิร์ตชนิดไขมันต่ำ (low fat yogurt) ซึ่งมีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 0.5 เป็นต้น (FAO/WHO, 1984)

1.2 การผลิตโยเกิร์ต

กระบวนการผลิตโยเกิร์ต จะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.2.1 การเตรียมส่วนผสม (preparation)

การเตรียมส่วนผสมของการผลิตโยเกิร์ต จะต้องคำนึงถึงลักษณะของโยเกิร์ตที่ต้องการ เพื่อกำหนดปริมาณของส่วนผสมและน้ำนมชนิดต่าง ๆ ที่นำมาใช้ในการผลิต ซึ่งอาจมีองค์ประกอบทางเคมีที่ทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น เมื่อน้ำนมที่นำมาใช้ในการผลิตมีปริมาณไขมันในน้ำนมสูงจะทำให้โยเกิร์ตที่ได้มีความเป็นครีมสูงด้วยเช่นกัน ปริมาณโปรตีนที่มีอยู่ในน้ำนมจะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการตกตะกอนกลายเป็นเคิร์ด ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อค่าความหนืดและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ (Varnan and Sutherland, 1994) ดังนั้นเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีคุณภาพตามที่ต้องการจึงต้องมีการปรับปริมาณขององค์ประกอบต่าง ๆ ก่อนดังนี้

ก. การปรับปริมาณไขมัน ปริมาณไขมันในโยเกิร์ตโดยทั่วไปจะมีปริมาณในช่วงร้อยละ 0-3.5 ขึ้นอยู่กับชนิดของโยเกิร์ต ซึ่งมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ต ในด้านความรู้สึกภายในปาก การปรับปริมาณปริมาณไขมันจะใช้หลักการของเพียสันสแควร์ (Pearsons square)

ข. การปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในน้ำนม ซึ่งได้แก่ น้ำตาลแลคโตส โปรตีน และเกลือแร่ ซึ่งจะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และกลิ่นรสของโยเกิร์ต โดยเฉพาะความหนืด และความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตคือร้อยละ 15-16 นอกจากการปรับปริมาณของแข็งที่ไม่ใช่ไขมันในน้ำนมแล้ว อาจเติมสารให้ความคงตัว (stabilizer) เช่น แป้ง เจลาติน และเพคติน เป็นต้น เพื่อเพิ่มความสามารถในการอุ้มน้ำ (water-holding capacity) ทำให้โยเกิร์ตมีความแน่นเนื้อมากขึ้น (Gilliland, 1998) ช่วยในการปรับปรุงลักษณะของเนื้อสัมผัส ความหนืด และช่วยป้องกันการแยกส่วนของของเหลวในโยเกิร์ต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.2 การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (homogenization)

การทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน คือ การทำให้เกิดเป็นอิมัลชันของน้ำนม โดยน้ำนมนั้นจะผ่านการปรับส่วนผสมเพื่อให้ได้โยเกิร์ตมีคุณภาพตามที่ต้องการ จากนั้นจึงทำการนำเข้าเครื่องโฮโมจิไนเซอร์ โดยทั่วไปกำหนดสภาวะที่ความดัน 2,000-2,500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (20-25 เมกกะปาสคาล) อุณหภูมิ 60-75 องศาเซลเซียส (Tamime and Robinson, 1985) โยเกิร์ตที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียนและเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้น เป็นการช่วยลดขนาดของเม็ดไขมัน ลดการเกาะกันของเม็ดไขมัน และเพิ่มพื้นที่ผิวของเม็ดไขมัน จึงสามารถจับกับองค์ประกอบอื่น ๆ ได้มากขึ้น โยเกิร์ตที่ผ่านขั้นตอนนี้จะมีลักษณะของเนื้อสัมผัสที่ดี การเกิดการแยกส่วนของของเหลวจะลดต่ำลง (Vernan and Sutherland, 1994) การเปลี่ยนทางกายภาพและเคมีในน้ำนมภายหลังผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันจะ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีในน้ำนมหลังผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน

ผลจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโยเกิร์ต
ในกรณีของค่าต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้น มีดังต่อไปนี้	
1. ความหนืดเพิ่มขึ้น	เกิดการลดขนาดลงของเม็ดไขมัน (fat globule size) และเพิ่มการดูดซับกับอนุภาคของโปรตีนเคซีนซึ่งจะเป็นการเพิ่มปริมาณอนุภาคแขวนลอย (suspened matter)
2. ปริมาณของเอนไซม์แซนทินออกซิเดส (xanthin oxidase enzyme) เพิ่มขึ้น	เนื่องจากเกิดการทำลายของเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันซึ่งภายในประกอบไปด้วยเอนไซม์ชนิดนี้อยู่ประมาณครึ่งหนึ่งในน้ำนม
3. สี (ขาวขึ้น)	ปริมาณของเม็ดไขมันที่เพิ่มขึ้นจะมีผลต่อการสะท้อนและกระจายของแสง
4. การเกิดลิโปไลซิส (lipolysis) เพิ่มขึ้น	พื้นที่ผิวของไขมันที่สามารถเกิดปฏิกิริยากับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผลจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโยเกิร์ต
	เอนไซม์ไลเปสเพิ่มขึ้น โดยเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันที่ถูกทำลายส่งผลให้เกิดการแตกสลายของไขมันโดยหัวเชื้อมากขึ้น
5. การจับรวมตัวกันเพิ่มขึ้น	โดยเฉพาะถ้ามีนมผงเป็นส่วนผสมในน้ำนม
6. ปริมาณของฟอสโฟลิปิดในนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้น	ปริมาณของฟอสโฟลิปิดที่มีอยู่บริเวณเยื่อหุ้มเม็ดไขมันจะกระจายตัวอยู่ในนมผงขาดมันเนย
7. มีการเกิดฟองมากขึ้น	เนื่องจากแรงกระทำที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันเกิดจากปริมาณของฟอสโฟ-ลิปิดในนมผงขาดมันเนยเพิ่มขึ้น การปั่นนมจะทำก่อนนำโยเกิร์ตมาบ่มในถังบ่มจึงก่อให้เกิดฟองง่ายขึ้น
ในกรณีที่ค่าต่างๆ ลดต่ำลง มีดังต่อไปนี้	
1. ขนาดของเม็ดไขมันลดลง	ช่วยป้องกันการเกิดชั้นครีมในโยเกิร์ตระหว่างการบ่ม
2. Oxidized flavour ลดลง	เนื่องจากปริมาณฟอสโฟลิปิดเพิ่มขึ้นในนมผงขาดมันเนย ประกอบกับการเกิดสารประกอบจำพวกซัลไฟด์ดิล (sulphydryl) ซึ่งเป็นสารต้านอนุมูลอิสระโดยสารประกอบซัลไฟด์ดิลนี้อาจเกิดมาจากการเสื่อมสภาพของโปรตีนในนมผงขาดมันเนย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ผลจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน	การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับโยเกิร์ต
3. เสถียรภาพของโปรตีนลดลง	การเปลี่ยนแปลงแรงระหว่างโปรตีนกับโปรตีนมีผลจากการเสื่อมสภาพของโปรตีนและสมดุลของเกลือ
4. การรวมตัวและผลต่อการลอยตัวลดลง	เนื่องจากการดูดซับเม็ดไขมันด้วยโปรตีนเคซีนส่งผลให้การรวมตัวของไขมันลดลง
5. เคซีนในชั้นนมผงขาดมันเนยลดลง	เกิดจากการเคลื่อนย้ายของโปรตีนเคซีนบางส่วนจากนมผงขาดมันเนย มาจับตัวกับเยื่อหุ้มของเม็ดไขมันเล็ก ๆ ที่เกิดขึ้นจากการทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน
6. การเกิด syneresis ลดลง	การเพิ่มความสามารถในการสร้างพันธะกับน้ำด้วยแรงปฏิกิริยาของโปรตีนเคซีนที่เยื่อหุ้มของเม็ดไขมันและการเกิดอันตรกิริยา (interaction) ระหว่างโปรตีนกับโปรตีน

ที่มา: Tamime and Robinson (1985)

1.2.3 การให้ความร้อน (heat treatment)

การให้ความร้อนเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการทำโยเกิร์ต เป็นการทำลายจุลินทรีย์ปนเปื้อนที่ทำให้เกิดโรค (Tamime and Robinson, 1985) และยังช่วยกำจัดอากาศที่มีอยู่ในน้ำนม ซึ่งจะส่งผลให้เป็นสภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของแบคทีเรียกรดแลคติก เนื่องจากแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นแบคทีเรียที่ต้องการอากาศในการเจริญเพียงเล็กน้อย และยังเป็นการเพิ่มความเข้มข้นให้กับน้ำนม โดยอุณหภูมิที่ใช้ปกติกำหนดให้อยู่ในช่วง 85- 95 องศาเซลเซียส (Law, 1997; Gilliland, 1998) อีกทั้งยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพของน้ำนม ทำให้โปรตีน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อัลบูมินและโกลบูลินเกิดการเสียสภาพ (denature) และตกตะกอน โดยเวลาและอุณหภูมิที่ใช้จะส่งผลกระทบต่อน้ำนมที่ใช้ในการเตรียมโยเกิร์ตแต่งต่างกันไป ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในการให้ความร้อนแก่น้ำนมในการเตรียมโยเกิร์ต

เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	กระบวนการ	ผลที่ได้
20-30 นาที	<65	Thermisation	ทำลายแบคทีเรียที่ชอบอุณหภูมิต่ำ (psychrotropic bacteria) ได้
30 นาที	65	Batch pasteurization	ทำลายจุลินทรีย์ก่อโรคที่มีอยู่ในน้ำนมได้เกือบทั้งหมดและเซลล์บางส่วน
15 นาที	72	Pasteurization	
4-20 วินาที	85	High pasteurization	ทำลายเซลล์ทั้งหมดไม่รวมสปอร์
30 วินาที*	85		
5 วินาที*	90-95		
20-40 วินาที	110-120	In-container sterilization and autoclaving	ทำลายจุลินทรีย์และสปอร์ได้ทั้งหมด
2-20 วินาที	135-150	UHT	

หมายเหตุ * เป็นกระบวนการให้ความร้อนที่นิยมใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตโยเกิร์ต
ที่มา: Tamime and Robinson (1999)

1.2.4 กระบวนการหมัก

หลังจากผ่านการให้ความร้อนมาแล้ว จะทิ้งนมไว้ให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของกล้าเชื้อโยเกิร์ต จากนั้นจึงทำการเติมกล้าเชื้อ ซึ่งโดยปกติจะใช้เชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ *Lactobacillus delbrueckii ssp.* bulgaricus ในอัตราส่วน 1:1 โดยทั่วไปจะใช้หัวเชื้อร้อยละ 0.5-2 จากนั้นจึงนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42±2 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิดเป็นเวลา 4-6 ชั่วโมง (Beal and Corrieu, 1991; Beal *et al*., 1994) หรือจนกว่าค่าความเป็นกรด-

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ด่างของโยเกิร์ต จะมีค่าประมาณ 4.5 เมื่อผ่านกระบวนการหมักแล้วเนื้อสัมผัสของโยเกิร์ตที่ได้ควรมีลักษณะเรียบเนียน ไม่เกาะกันเป็นก้อนเล็ก ๆ ภายในโยเกิร์ต ไม่เกิดฟองและมีกลิ่นรสที่ดี

1.2.5 การทำให้เย็น (cooling)

การทำให้เย็นเป็นการควบคุมกิจกรรมการทำงานของกล้าเชื้อโยเกิร์ตและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง ทำให้โยเกิร์ตมีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมตามที่ต้องการคือประมาณ 4.5 อุณหภูมิโดยปกติจะอยู่ที่ 5 องศาเซลเซียส (Tamime and Robinson, 1985) ซึ่งการลดอุณหภูมิทันทีนี้จะเป็นการยับยั้งกิจกรรมต่าง ๆ ของจุลินทรีย์โยเกิร์ตเพื่อควบคุมการสร้างกรดและปริมาณกรดที่เกิดขึ้นในผลิตภัณฑ์สุดท้าย

1.2.6 การเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ (storage)

การเก็บรักษาโยเกิร์ตโดยทั่วไปจะเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิดที่ปลอดเชื้อ เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากภาชนะลงสู่ผลิตภัณฑ์ โดยโยเกิร์ตจะสามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 1-2 สัปดาห์ หลังจากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์จะไม่คงที่ และลดต่ำลงเรื่อย ๆ จนไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อีกทั้งกล้าเชื้อภายในผลิตภัณฑ์จะถูกทำลาย เนื่องจากสภาวะที่เปลี่ยนแปลงที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์โยเกิร์ต อีกทั้งอาจเกิดการเจริญของเชื้อยีสต์และเชื้อราได้อีกด้วย (Tamime and Robinson, 1985)

1.3 จุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต

จุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตโยเกิร์ต จะสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ

กลุ่มที่ 1 เป็นการใช้เชื้อ *Streptococcus thermophilus* ร่วมกับเชื้อ *Lactobacillus delbruekii* subsp. bulgaricus โดยลักษณะของเซลล์เชื้อ *S. thermophillus* จะเป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม (cocci) และ *L. bulgaricus* เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างแท่ง (rods) โดยทั่วไปอัตราส่วนที่นิยมใช้ของเชื้อ *S. thermophillus* ต่อ *L. bulgaricus* จะเท่ากับ 2:1 หรือ 2:3 ขึ้นอยู่กับลักษณะของโยเกิร์ตที่ต้องการ เช่น ถ้าต้องการให้โยเกิร์ตมีกลิ่นรสมากขึ้นควรเติม *L. bulgaricus* ในสัดส่วนที่มากกว่า แต่หากเติมในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้เกิดกลิ่นรสรุนแรง และไม่เป็นที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้องการของผู้บริโภค (Gilliland, 1998) การเกิดกิจกรรมของแบคทีเรียทั้ง 2 ชนิดจะเกิดขึ้นในลักษณะส่งเสริมการทำงานซึ่งกันและกัน โดย *S. thermophillus* จะเจริญในระยะแรกของการหมักแล้วทำการสร้างกรดแลคติก (lactic acid) กรดอะซิติก (acetic acid) ไดอะซีติล (diacetyl) อะซีตัล-ดีไฮด์ (acetaldehyde) และกรดฟอร์มิก (formic acid) ทำให้ศักย์ออกซิเดชั่นรีดักชั่น (Oxidation-reduction potential) เปลี่ยนไป ซึ่งจะเป็นการกระตุ้นการเจริญของเชื้อ *L. bulgaricus* ที่ทำหน้าที่ย่อยสลายโปรตีนในโยเกิร์ตให้กลายเป็นกรดอะมิโนจำนวนมากและกรดอะมิโนที่เกิดขึ้นยังช่วยกระตุ้นการเจริญของ *S. thermophillus* ได้อีกด้วย (Wood, 1998)

กลุ่มที่ 2 จะเป็นจุลินทรีย์กลุ่ม *Bifidobacteria* และ *Lactobacilli* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งที่ปัจจุบันนิยมใช้เป็นกล้าเชื้อโยเกิร์ต เนื่องจากให้กลิ่นรสที่ดีและมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค จัดเป็นจุลินทรีย์ในกลุ่มโพรไบโอติก โดย *Bifidobacteria* เป็นแบคทีเรียรูปร่างแบบแท่งโค้ง (curved rod) หรือแท่งมีการแบ่งครึ่ง (bifid rod) เป็นแบคทีเรียแกรมบวก ไม่สร้างสปอร์ ไม่เคลื่อนที่ ไม่ต้องการอากาศในการเจริญเติบโต ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส (catalase) และมีความสามารถในการเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสให้กลายเป็นกรดอะซิติกและกรดแลคติกในอัตราส่วน 3:2 อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญคือ 35-45 องศาเซลเซียส (Rasic and Kurmann,1983) และค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 5.5-5.6 ซึ่งเป็นค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำสุดที่สามารถอยู่รอดได้ (Prescott *et al*., 2002) ส่วนแบคทีเรียอีกชนิดคือ Lactobacilli ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างเป็นท่อนกลม รูปทรงกระบอก (rod) ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส ไม่สร้างสปอร์ สามารถผลิตกรดแลคติกจากการย่อยสลายแลคโตส อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญคือ 30-40 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่างที่สามารถเจริญได้ คือที่ 4.5-6.4 (Dale, 2001; Prescott *et al*., 2002)

1.4 ประโยชน์ของโยเกิร์ต

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ ที่มีจุลินทรีย์มีชีวิตภายในผลิตภัณฑ์ที่เมื่อผ่านกระบวนผลิตไปแล้วยังสามารถดำเนินกิจกรรมต่อไปได้ (FAO/WHO, 1984) โดยจุลินทรีย์ดังกล่าวจะเป็นแบคทีเรียประเภทแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งในสภาวะที่เหมาะสมจะสามารถก่อประโยชน์ต่อร่างกายของผู้ที่ได้รับ เช่น ช่วยปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้ โดยการลดจำนวนแบคทีเรียที่เป็นพิษจากการผลิตสารยับยั้งและสารเมทาบอไลซ์ของจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต อีกทั้งยังช่วยลดระดับของคอเรสเตอรอลในเลือดเพื่อเพิ่มภูมิคุ้มกัน แบคทีเรียกรดแลคติกโดยส่วนใหญ่จะสามารถย่อยสลายแลคโตสกลายเป็นกรดแลคติก ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะสามารถลดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ที่ก่อให้เกิดโรคบางชนิดได้ (Fuller, 1989) ซึ่งกรดแลคติกที่เกิดขึ้นจะไปทำลายแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ที่ไม่สามารถทนต่อสภาวะแวดล้อมที่เป็นกรด รวมไปถึงแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรค เช่น *Escherichai coli, Samonella spp.* ที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาวะที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลาง อีกทั้งเมื่อเกิดการย่อยสลายแลคโตสต่อไป จะได้น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวหรือกลูโคสและกาแลคโตส ซึ่งเป็นน้ำตาลโมเลกุลขนาดเล็ก ที่สามารถถูกดูดซึมภายในลำไส้ของผู้บริโภคได้โดยตรง (Deeth and Tamime, 1981) ทำให้ผู้บริโภคที่มีภาวะการขาดเอ็นไซม์ที่ใช้ในการย่อยสลายแลคเตสจะสามารถรับประทานโยเกิร์ตได้ ในด้านองค์ประกอบทางเคมีของโยเกิร์ตนั้น จะเป็นตัวบ่งชี้คุณค่าทางโภชนาการของผลิตภัณฑ์ ซึ่งโยเกิร์ตจัดเป็นเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่ให้พลังงานและไขมันต่ำ อุดมไปด้วยแคลเซียมและโปรตีนนม คือ เคซีน และโปรตีนเวย์ ที่ประกอบไปด้วยกรดอะมิโนอิสระและกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำนมแล้ว พบว่า โยเกิร์ตมีปริมาณโปรตีนสูงกว่าน้ำนม ซึ่งโปรตีนที่ได้ มาจากส่วนผสมที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ตและที่เกิดจากกระบวนการหมักโดยจุลินทรีย์ในโยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ตและน้ำนม

องค์ประกอบ	น้ำนม		โยเกิร์ต		
(หน่วย/100 กรัม)	ธรรมดา	พร่องไขมัน	ไขมันเต็ม	ไขมันต่ำ	รสผลไม้
พลังงาน(กิโลแคลลอรี่)	66.0	33.0	79.0	56.0	90.0
โปรตีน (กรัม)	3.2	3.3	5.7	5.1	4.1
ไขมัน (กรัม)	3.9	0.1	3.0	0.8	0.7
คาร์โบไฮเดรต (กรัม)	4.8	5.0	7.8	7.5	17.9
แคลเซียม (กรัม)	115.0	120.0	200.0	190.0	150.0
ฟอสฟอรัส (มิลลิกรัม)	92.0	95.0	170.0	160.0	120.0
โซเดียม (มิลลิกรัม)	55.0	55.0	80.0	83.0	64.0
โพแทสเซียม(มิลลิกรัม)	140.0	150.0	280.0	250.0	210.0
สังกะสี (มิลลิกรัม)	0.4	0.4	0.7	0.6	0.5

ที่มา: Tamime and Robinson (1999)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นอกจากนี้น้ำนมที่ใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตโยเกิร์ต จะมีแคลเซียมเป็นองค์ประกอบสูงจึงเหมาะสำหรับผู้หญิงวัยกลางคน ผู้หญิงวัยหมดประจำเดือน และผู้สูงอายุ โดยช่วยป้องกันการเกิดโรคกระดูกเปราะและโรคกระดูกพรุน (Deeth and Tamime, 1981) และช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กระดูกและฟัน อีกทั้งแคลเซียมในโยเกิร์ตจะถูกดูดซึมได้ดีกว่าปกติหรือได้ดีกว่าแคลเซียมในผลิตภัณฑ์อื่นๆ เนื่องจากการรับประทานโยเกิร์ตจะเป็นการเพิ่มปริมาณของกรดในกระเพาะอาหาร ทำให้เกิดการย่อยได้ดียิ่งขึ้นช่วยให้ร่างกายสามารถดูดซึมแคลเซียมได้สูงขึ้น

คาร์โบไฮเดรตชนิดที่สำคัญในโยเกิร์ตคือ น้ำตาลแลคโตส ซึ่งผู้บริโภคที่เอนไซม์ภายในกระเพาะไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมได้หรือที่เรียกว่า โรคแพ้น้ำตาลแลคโตส (Lactose intolerance) จะสามารถบริโภคโยเกิร์ตได้ เนื่องจากจุลินทรีย์ที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต เช่น *Lactobacillus acidophilus*, *L. lactis* และ *Streptococcus thermophilus* จะทำหน้าที่ย่อยสลายน้ำตาลแลคโตสในน้ำนม โดยกิจกรรมของเอนไซม์ β-galactosidase จะสามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสได้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ทำให้ปริมาณแลคโตสในน้ำนมลดลง ซึ่งจะทำให้การกระจายตัวของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวเข้าสู่ผนังลำไส้ได้ดียิ่งขึ้น จึงไม่ส่งผลกระทบต่อร่างกายของผู้บริโภคที่ไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสได้ หรืออาจส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Suarez and Savaiano, 1997) และการย่อยน้ำตาลแลคโตสในน้ำนมของแบคทีเรียกรดแลคติกนั้น กรดที่เกิดขึ้นยังไปทดแทนกรดในกระเพาะอาหารที่ขาดหายไป ทำให้การทำงานของระบบการย่อยอาหารดียิ่งขึ้น (Deeth and Tamime, 1981)

ส่วนประโยชน์ในด้านอื่น ๆ ของโยเกิร์ต เช่น ช่วยในการลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด โดย O'Sullivan *et al*. (1992) รายงานว่า *Lactobacillus* ซึ่งใช้ในการผลิตโยเกิร์ตสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด และลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจที่เกิดจากระดับคอเลสเตอรอลสูง ซึ่งเป็นผลจากสารไฮดรอกซีเมทิลกลูทาเรต (hydroxy methylglutarate) ที่จุลินทรีย์สร้างขึ้นมีคุณสมบัติในการยับยั้งการสังเคราะห์คอเลสเตอรอลในร่างกาย

นอกจากนี้โยเกิร์ตยังช่วยในการป้องกันการเกิดโรคมะเร็ง เช่น มะเร็งในลำไส้ใหญ่ (Tamime and Robinson, 1999) โดยสารต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิตหรือในระหว่างกระบวนการเก็บรักษาโยเกิร์ต นอกเหนือจากกรดแลคติกแล้ว ยังมีสารต่อต้านการเกิดมะเร็งในระยะแรก โดย Reddy *et al*. (1983) พบว่า ส่วนของของแข็งที่แยกได้จากการเหวี่ยงแยกโยเกิร์ต มี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คุณสมบัติเป็นสารต่อต้านการเกิดมะเร็งได้ แต่ส่วนที่เป็นสารละลายใสของโยเกิร์ตจะไม่มีคุณสมบัติด้านนี้

2. ไอศกรีม

ไอศกรีม หมายถึง ของผสมแช่เยือกแข็งที่ประกอบไปด้วย นม เนื้อนมไม่รวมมันเนย สารให้ความคงตัว (stabilizer) และอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) นอกจากนี้อาจมีการเติมสารให้กลิ่นรส สี และผลิตภัณฑ์จากไข่ โดยของผสมที่ได้นี้จะเรียกว่า ไอศกรีมเหลว (ice cream mix) ซึ่งจะนำมาผ่านการพาสเจอไรซ์และโฮโมจิไนซ์ก่อนการนำไปแช่เยือกแข็ง เพื่อนำเอาความร้อนออกอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นไอศกรีมที่มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน และมีความสม่ำเสมอ (Marshall and Arbuckle, 1996) ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับความนิยมอย่างมากในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก เนื่องจากเป็นมีรสชาติกลิ่นหอม และสีสันดึงดูดผู้บริโภค อีกทั้งยังมีรูปแบบและรสชาติที่หลากหลาย โดยทั่วไปไอศกรีมควรมีปริมาณไขมันอยู่ในช่วงร้อยละ 8-20 เนื้อนมไม่รวมมันเนย (Milk solid non fat; MSNF, Nonfat kilk solid; NMS) ร้อยละ 8-15 น้ำตาลร้อยละ 13-20 สารให้ความคงตัวและอิมัลซิไฟเออร์ร้อยละ 0-0.7 (สมจิต, 2544)

2.1 การแบ่งชนิดของไอศกรีม (Classification of ice cream)

โดยทั่วไปสามารถแบ่งชนิดของไอศกรีมตามลักษณะทางกายภาพได้ 2 กลุ่มใหญ่ คือ

2.1.1 ชนิดแช่แข็ง (Hardened products) เป็นการบรรจุไอศกรีมลงในภาชนะบรรจุขณะกึ่งแข็งจากเครื่องปั่นไอศกรีมแล้วนำไปแช่แข็งในห้องแช่แข็งจนถึงเวลาจำหน่าย (สมจิต, 2544)

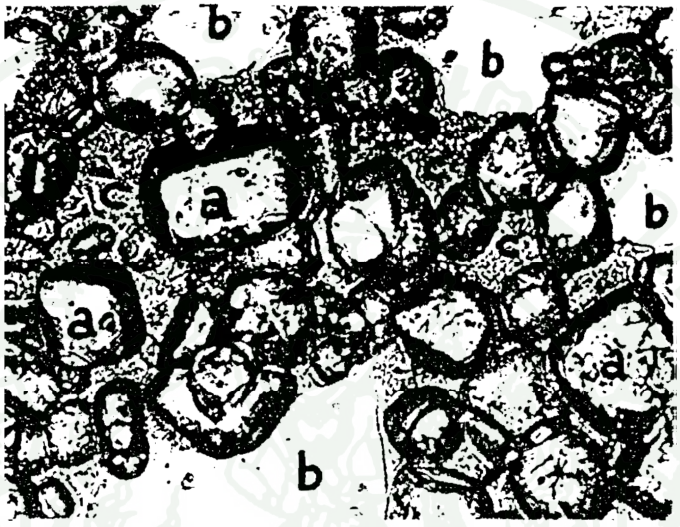
2.1.2 ชนิดนุ่ม หรือซอฟเสิร์ฟ (Soft-serve products) เป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งที่เสิร์ฟโดยตรงจากเครื่องปั่นไอศกรีมมีลักษณะกึ่งแข็ง (สมจิต, 2544)

2.2 โครงสร้างของไอศกรีม

โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีมมีลักษณะค่อนข้างซับซ้อน ประกอบไปด้วยเซลล์อากาศ และผลึกน้ำแข็งกระจายอยู่ทั่วของเหลว ในส่วนของของเหลวจะมีสารหลายชนิดแขวนลอย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และละลายอยู่ในผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เม็ดไขมันที่แข็งตัว โปรตีนนม เกลือที่ไม่ละลาย ผลึกแลคโตส และสารคงตัวในรูปสารแขวนลอย สำหรับส่วนที่เป็นสารละลายของเหลว ประกอบด้วยน้ำตาลและเกลือที่ละลายได้ ดังนั้นไอศรีมจึงประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นอากาศ ของเหลว และของแข็ง อยู่รวมกันเป็นระบบ 3 เฟส (สมจิต, 2544) ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีม
a) ผลึกน้ำแข็ง b) ฟองอากาศ c) ส่วนของของเหลวที่ไม่แข็งตัว

ที่มา: Berger *et al.* (1972)

2.3 คุณค่าทางโภชนาการของไอศกรีม

คุณค่าทางโภชนาการและสารอาหารที่ได้รับจากไอศกรีม จะขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของส่วนผสมที่ใช้เป็นองค์ประกอบในไอศกรีมแต่ละชนิด ไอศกรีมบางประเภท เช่น ไอศกรีมที่มีการเติมผลไม้เป็นส่วนผสมจะมีวิตามินและแร่ธาตุเพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น (Marshall and Arbuckle, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.3.1 โปรตีน

ปริมาณโปรตีนในไอศกรีมจะมาจากเนื้อนมไม่รวมมันเนยที่เป็นส่วนผสม ควรมีปริมาณร้อยละ 34-36 โปรตีนในนมจะมีกรดอะมิโนจำเป็นสูง เช่น ทริปโตเฟน และไลซีนเป็นต้น ซึ่งโปรตีนจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของโปรโทพลาสซึมในเซลล์แต่ละเซลล์ในสิ่งมีชีวิต และโปรตีนในนมยังถูกดูดซึมได้ดีกว่าโปรตีนทั่วไปถึงร้อยละ 5-6 (Marshall and Arbuckle, 1996)

2.3.2 ไขมันนม

ไขมันนมจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญและเป็นดัชนีที่บ่งบอกถึงคุณภาพของไอศกรีม ประกอบไปด้วยไตรกลีเซอไรด์ของกรดไขมันในปริมาณร้อยละ 95.8 โดยน้ำหนัก ในการหาปริมาณไขมันนมจะใช้การสกัดไขมันและนำมาชั่งน้ำหนัก ไขมันในนมถือเป็นศูนย์กลางของสารอาหารและคุณค่าทางโภชนาการ เป็นแหล่งพลังงานที่อุดมไปด้วยกรดไขมันที่จำเป็นต่อร่างกาย มีวิตามินที่ละลายในไขมัน มีกรดไขมันอิ่มตัวและไม่อิ่มตัว ซึ่งไขมันนมยังช่วยให้ไอศกรีมมีรสชาติที่ดี และเป็นส่วนสำคัญของโครงสร้างภายในไอศกรีม รวมทั้งลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความรู้สึกภายในปาก (Marshall and Arbuckle, 1996)

2.3.3 คาร์โบไฮเดรต

คาร์โบไฮเดรตเป็นแหล่งพลังงานที่จำเป็นต่อร่างกาย คาร์โบไฮเดรตในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น สตาร์ช เดกซ์ตริน เซลลูโลส น้ำตาล เพคติน และกัม เป็นต้น คาร์โบไฮเดรตในไอศกรีมอาจได้มาจากองค์ประกอบในส่วนผสม เช่น ในน้ำนมที่เป็นส่วนผสมหลักจะมีน้ำตาลแลคโตสเป็นองค์ประกอบ ถือเป็นสัดส่วนของคาร์โบไฮเดรตในไอศกรีมประมาณร้อยละ 20 ของคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด หรือเกิดจากส่วนผสมที่เติมลงไปในไอศกรีม เช่น น้ำตาลซูโครส เป็นต้น (Marshall and Arbuckle, 1996)

2.3.4 แร่ธาตุและวิตามิน

แร่ธาตุเป็นสารอาหารที่จำเป็นต่อร่างกาย แต่ต้องการในปริมาณที่น้อย แร่ธาตุที่สำคัญและพบมากในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม คือ แคลเซียมและฟอสฟอรัส ซึ่งมีอยู่ในน้ำนมที่ใช้ส่วน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผสมหลักของไอศกรีม โดยจัดเป็นแร่ธาตุที่สำคัญในการเสริมสร้างกระดูกและฟัน และฟอสฟอรัสกว่าร้อยละ 85 ในร่างกายจะอยู่ร่วมกับแคลเซียมในกระดูกและฟัน ส่วนแร่ธาตุอื่นๆ ที่สามารถพบในไอศกรีมคือ ธาตุเหล็กและทองแดง ในด้านวิตามินที่พบในไอศกรีมโดยส่วนใหญ่จะเป็นวิตามินที่ละลายในไขมันนม คือ วิตามิน A D E และ K ในส่วนของวิตามินที่ละลายในน้ำจะมีปริมาณขึ้นอยู่กับสัดส่วนความเข้มข้นของเนื้อนมไม่รวมมันเนยในไอศกรีม ดังนั้นชนิดและปริมาณของวิตามินในไอศกรีมจะขึ้นอยู่กับปริมาณไขมันที่เป็นองค์ประกอบของไอศกรีม เช่น ในไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันสูง (high-fat) จะมีวิตามินที่ละลายในน้ำต่ำ ส่วนในไอศกรีมที่มีไขมันต่ำ (low fat) จะมีวิตามินที่ละลายในน้ำสูง เป็นต้น

2.4 บทบาทขององค์ประกอบที่สำคัญในไอศกรีม

องค์ประกอบหลักของไอศกรีมเหลวจะประกอบไปด้วย ไขมัน เนื้อนมไม่รวมมันเนย (Milk solid-not-fat) สารให้ความหวาน (Sweeteners) สารให้ความคงตัว (Stabilizer) อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers) และสารอื่น ๆ เช่น สารให้กลิ่นรส หรือสารสี เป็นต้น

2.4.1 ไขมัน

ไขมันจัดเป็นส่วนผสมที่สำคัญของไอศกรีม อาจอยู่ในรูปไขมันนมในน้ำนมครีมสด หรือครีมแช่แข็ง (frozen cream) และมันเนย (butter oil) หรืออาจเป็นน้ำมันพืช (oil) (ในไอศกรีมดัดแปลงไขมัน) ไขมันจัดเป็นส่วนประกอบที่ให้โครงสร้างและเนื้อสัมผัสที่ดีในไอศกรีม ช่วยเพิ่มรสชาติ ปรับปรุงเนื้อสัมผัส ทำให้มีรสมัน ทำให้ไอศกรีมเนื้อนุ่ม ไขมันสามารถกักเก็บและปลดปล่อยกลิ่นรส ทำให้ไอศกรีมมีรสชาติที่ดีและยังให้ความหนืดแก่ไอศกรีม นอกจากนี้ปริมาณไขมันเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในไอศกรีม โดยปริมาณไขมันที่มากขึ้นจะทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กลง ไอศกรีมจึงมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน แต่เนื่องจากไขมันไม่ละลายในอุณหภูมิที่ต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง จึงอาจไปขัดขวางการเติมอากาศลงในไอศกรีม ทำให้อัตราการขึ้นฟูลดต่ำลง ไอศกรีมที่มีไขมันมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมที่ได้มีความเลี่ยน และให้พลังงานที่สูงเกินไป ไอศกรีมโดยทั่วไปควรมีปริมาณไขมันร้อยละ 10-12 ซึ่งจะผันแปรตามชนิดและตามลักษณะของไอศกรีมในแต่ละท้องถิ่น แต่ถ้ามีปริมาณไขมันน้อยกว่าร้อยละ 10 กฎหมายระบุไว้ว่าจะต้องมีการระบุบนฉลากว่าเป็นผลิตภัณฑ์พร่องไขมัน ไขมันต่ำ หรือปราศจากไขมัน (Marshall and Arbuckle, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4.2 เนื้อนมไม่รวมมันเนย (Milk solid-not-fat)

เนื้อนมไม่รวมมันเนย หมายถึง องค์ประกอบต่าง ๆ ในน้ำนม ซึ่งไม่รวมไขมันและความชื้น โดยส่วนมากจะใช้ในรูปของนมผงขาดมันเนย (skim milk powder) ในปริมาณร้อยละ 8-15 เนื้อนมไม่รวมมันเนยจะประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 37 แลคโตสร้อยละ 55 และเกลือแร่ร้อยละ 8 โดยโปรตีนช่วยทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมแน่นและเรียบเนียน เนื่องจากเคซีนไมเซลล์ (casein micell) ในโปรตีนจะไปเคลือบที่บริเวณผิวของเม็ดไขมันในระหว่างการโฮโมจิไนซ์ ทำให้การเกิดอิมัลชันที่มีความเสถียร ช่วยส่งเสริมการทำงานของอิมัลซิไฟเออร์และสารให้ความคงตัว ในส่วนของน้ำตาลแลคโตสซึ่งเป็นน้ำตาลที่มีความหวานเล็กน้อย มีความสามารถในการละลายต่ำ ถ้ามีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นจะเกิดการตกผลึก เป็นสาเหตุทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเป็นเม็ดทราย ในด้านของเกลือแร่ จะทำให้เกิดรสเค็มเล็กน้อย นอกจากนี้ถ้ามีปริมาณเนื้อนมไม่รวมมันเนยมากเกินไป อาจทำให้จุดเยือกแข็งลดต่ำลงมากเกินไป เกิดรสเค็ม มีกลิ่นไหม้ (overcooked) และมีกลิ่นนมระเหย (condensed- milk flavor) ไม่เป็นยอมรับของผู้บริโภค เนื้อนมไม่รวมมันเนยที่นิยมใช้ในการผลิต ได้แก่ นมปราศจากไขมัน นมปราศจากไขมันเข้มข้น และหางนมผง (Marshall and Arbuckle, 1996)

2.4.3 สารให้ความหวาน (Sweeteners)

สารให้ความหวานจะทำหน้าที่ให้รสหวาน ช่วยเพิ่มกลิ่นรสครีม (creamy flavor) และกลิ่นรสผลไม้ (fruit flavor) เพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมด และลดจุดเยือกแข็งทำให้เกิดการแข็งตัวช้า มีส่วนช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสของไอศกรีมเมื่อปริมาณของแข็งทั้งหมดไม่เกินร้อยละ 42 หรือปริมาณน้ำตาลไม่เกินร้อยละ 16 ทั้งยังช่วยปรับปริมาณเนื้อนมในไอศกรีม มักใส่ในรูปผงแห้งหรือของเหลว สารให้ความหวานในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส เป็นต้น แต่ที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ ซูโครส ซึ่งอาจจะใช้ซูโครสเพียงอย่างเดียวหรือใช้ร่วมกับสารให้ความหวานชนิดอื่นๆ ก็ได้ ปริมาณการเติมสารให้ความหวานโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วงร้อยละ 12-20 การเติมสารให้ความหวานในไอศกรีมเหลวจะทำให้ค่าความหนืด (viscosity) เพิ่มขึ้น ไอศกรีมที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน แต่ถ้ามีปริมาณมีมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีรสหวานมาก (Marshall and Arbuckle, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.4.4 สารให้ความคงตัว (Stabilizer)

สารให้ความคงตัวที่ใช้ในไอศกรีมจะเป็นไฮโดรคอลลอยด์ ที่สามารถทำการอุ้มน้ำได้ดี ช่วยเพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับไอศกรีมเหลว เพิ่มเนื้อและลดอัตราการละลายให้กับไอศกรีม ช่วยป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ในไอศกรีมที่ทำให้เนื้อไอศกรีมมีความหยาบ และช่วยลดการเกิดผลึกแลคโตสขณะเก็บรักษาในสภาวะที่มีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ โดยเมื่อเติมสารให้ความคงตัวแล้วไอศกรีมจะมีความนุ่มหนืด และเนื้อเนียนละเอียดมากยิ่งขึ้น แต่ควรเติมในปริมาณน้อย เพื่อไม่ให้เกิดผลต่อคุณค่าทางอาหารและกลิ่นรส โดยทั่วไปจะใส่ในปริมาณร้อยละ 0-0.5 ซึ่งปริมาณที่นิยมมากที่สุดคือ 0.2-0.3 (สมจิต, 2544)

สารให้ความคงตัวและชนิด จะมีลักษณะเด่นและด้อยแตกต่างกันออกไป ซึ่งในปัจจุบันในทางการค้าจะนิยมนำสารให้ความคงตัวแต่ละชนิดมาผสมเข้าด้วยกัน เพื่อเพิ่มคุณภาพและทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ สารให้ความคงตัวสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท (Marshall and Arbuckle, 1996) ดังนี้

ก. กลุ่มเจลาติน (Gelatin stabilizer) เป็นสารให้ความคงตัวที่ทำมาจากสัตว์ เช่น หนังวัว หมู หรือกระดูก

ข. กลุ่มที่ผลิตจากพืช (vegetable stabilizer) เช่น คาราจีแนน (carrageenan) วุ้น (agar) โซเดียมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส (sodium methyl carboxy cellulose: CMC) และเพคติน (pectin)

ค. กลุ่มประเภทกัม (Gum) เช่น กัวร์กัม (Guar gum) และโลคัสบีนกัม (Locust bean gum)

Soukoulis *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาการทำงานของไฮโดรคอลลอยด์และการคัดเลือกไฮโดรคอลลอยด์โดยผสมเข้ากับ K-carrageenan ต่อคุณภาพการเก็บรักษาของไอศกรีม วนิลลาทำการเติม คาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส กัวร์กัม โซเดียมอัลจิเนตและแซนแทนกัม พบว่า โซเดียมอัลจิ-เนตและแซนแทนกัมมีความคงตัวได้ดีกว่า และสามารถเพิ่มคุณภาพของเนื้อสัมผัสและการยอมรับของไอศกรีมหลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 16 สัปดาห์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นรัมภา (2549) ศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากข้าวคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีม พบว่า เมื่อนำแป้งข้าวเจ้าทดแทนหางนมผงในปริมาณร้อยละ 20, 40 และ 60 ไอศกรีมจะมีสมบัติทางกายภาพต่างจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และไอศกรีมที่ทดแทนหางนมผงด้วยแป้งข้าวเจ้าร้อยละ 40 จะได้รับการยอมรับจากผู้บริโภคมากที่สุด และเมื่อพิจารณาชนิดและปริมาณของสารให้ความคงตัว คาราจีแนนจะให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์และความแน่นแข็งของไอศกรีมสูงสุด รองลงมาคือ กัวร์กัมและคาร์บอกเมทิลเซลลูโลสตามลำดับ

2.4.5 อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifiers)

อิมัลซิไฟเออร์มีส่วนช่วยในการส่งเสริมการเกิดอิมัลชัน ทำหน้าที่ลดแรงตึงผิวระหว่างเม็ดไขมันและน้ำ เนื่องจากโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำและส่วนที่ชอบไขมัน จึงสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างเฟสของของเหลวทั้ง 2 ชนิดได้ (Olsen, 1993) นอกจากนี้ยังช่วยลดความคงตัวของเม็ดไขมัน ที่จับตัวกันเป็นฟิล์มรอบอนุภาคไขมัน ทำให้อนุภาคไขมันสามารถรวมตัวกันเกิดเป็นโครงสร้างหุ้มฟองอากาศได้ ช่วยให้เนื้อไอศกรีมมีความเรียบเนียน องค์ประกอบของอิมัลซิไฟเออร์จะประกอบไปด้วยกลีเซอรอลและกรดไขมันบางชนิด โดยทั่วไปอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้จะเป็นชนิดโมโนกลีเซอไรด์หรือไดกลีเซอไรด์อย่างใดอย่างหนึ่งหรือนำมาผสมรวมกันในปริมาณไม่เกินร้อยละ 0.2 แต่ถ้าเติมในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมเกิดการละลายช้า และมีเนื้อสัมผัสที่ไม่ดี อิมัลซิไฟเออร์สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม คือ กลีเซอรีนเอสเตอร์ (Glycerin esters) ซอร์บิตอลเอสเตอร์ (Sorbitol esters) เอสเตอร์ของน้ำตาล (Sugar esters) เอสเตอร์อื่น ๆ (Ester of other origin) (สมจิต, 2544)

2.5 กระบวนการผลิตไอศกรีม

2.5.1 การให้ความร้อนส่วนผสมของไอศกรีม

นำส่วนผสมที่เป็นของเหลว เช่น นม น้ำ ครีมมาให้ความร้อน จนอุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียส จากนั้นจึงเติมส่วนผสมที่เป็นของแห้ง เช่น น้ำตาล สารให้ความคงตัว เนื้อนมไม่รวมมันเนย และอื่นๆ ซึ่งการแก้ปัญหาการจับตัวกันเป็นก้อนของวัตถุดิบแห้งมักทำโดยการผสมส่วนผสมที่เป็นของแห้งคนให้เข้ากัน ก่อนเติมลงในส่วนผสมที่เป็นของเหลวที่มีการให้ความร้อนอย่างช้าๆพร้อมทั้งคนไปด้วย ส่วนผสมที่ได้จะเรียกว่า ไอศกรีมมิกซ์ (Marshall and Arbuckle, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5.2 พาสเจอร์ไรซ์เซชัน (Pasturization)

การพาสเจอร์ไรซ์ไอศกรีมมิกซ์มีวัตถุประสงค์ เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค และเอนไซม์ที่ทำให้เกิดความผิดปรกติทางด้านกลิ่นรสและเนื้อสัมผัส ความร้อนที่ใช้ในการพาสเจอร์ไรซ์ยังสามารถช่วยในการผสมและละลายส่วนผสมที่เป็นของแห้ง นอกจากนี้ยังช่วยให้ไอศกรีมมีความสม่ำเสมอ มีกลิ่นรสที่ดี เพิ่มระยะเวลาในการเก็บรักษาไอศกรีม การพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมควรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนด และคงไว้ ณ อุณหภูมินั้นตามเวลาที่กำหนด แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส (Arbuckle 1986; Marshall and Arbuckle 1996)

2.5.3 โฮโมจิไนซ์เซชัน (Homoginization)

การโฮโมจิไนซ์ไอศกรีมมิกซ์ เป็นการช่วยให้อิมัลชันมีความคงตัว และทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพสม่ำเสมอ ทำให้ครีมไม่เกิดการแยกชั้น ไอศกรีมที่ได้จะมีเนื้อสัมผัสที่เรียบเนียน และเป็นการปรับปรุงคุณสมบัติการขึ้นฟู ลดระยะเวลาในการบ่ม ลดการเกิด churning ของไขมันขณะปั่นแช่แข็งไอศกรีม และลดปริมาณการใช้สารให้ความคงตัว (Arbuckle, 1986) การโฮโมจิไนซ์มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมมิกซ์สูงขึ้นจนถึงประมาณ 80 องศาเซลเซียส (Marshall and Arbuckle, 1996)

2.5.4 การบ่ม (Aging)

การบ่มเป็นกรรมวิธีการเก็บรักษาอิมัลชันเป็นระยะเวลาหนึ่ง ควรทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 4.4 องศาเซลเซียส ส่วนเวลาของการบ่มโดยทั่วไปคือประมาณ 24 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงของไอศกรีมมิกซ์ที่เกิดขึ้นในระหว่างการบ่มคือ ไขมันเกิดการแข็งตัวและตกผลึก โปรตีนและอิมัลซิไฟเออร์เกิดการ Hydration และถูกดูดซับที่ผิวอนุภาคไขมัน ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน และมีคุณภาพดีที่ขึ้น การบ่มไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิ 0-2 องศาเซลเซียส จะเป็นการเพิ่มอัตราการตกผลึกของไขมันและประสิทธิภาพของการแช่แข็ง (Freezing) รวมถึงจำกัดการเจริญของจุลินทรีย์ในไอศกรีมมิกซ์ได้เกือบสมบูรณ์ (Goff 1994; Marshall and Arbuckle 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.5.5 การปั่นแข็ง (Freezing)

การแช่แข็งเป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตไอศกรีม โดยเติมไอศกรีมมิกซ์ที่ใส่ลงในถังปั่นไอศกรีมแล้วทำให้อุณหภูมิของไอศกรีมมิกซ์ลดลง ทำให้น้ำในไอศกรีมมิกซ์แข็งตัวและเกิดเป็นผลึกน้ำแข็งอย่างรวดเร็ว โดยใบพัดของเครื่องปั่นไอศกรีมจะทำหน้าที่กวาดผลึกน้ำแข็งที่ผิวของถังปั่นไอศกรีม ทำให้ไอศกรีมมีผลึกน้ำแข็งขนาดเล็ก มีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ฟองอากาศที่ถูกเติมเข้าไปในไอศกรีมจะถูกผลึกของอนุภาคไขมันที่เกิดการ patial coalescence ห่อหุ้ม ทำให้สามารถเก็บกักฟองอากาศไว้ในระบบได้ (Arbuckle 1986; Marshall and Arbuckle 1996)

2.5.6 การทำให้แข็ง (Hardening)

การทำให้ไอศกรีมแข็งตัวเป็นกระบวนการที่ไม่มีการตีปั่นอากาศเข้าไป ซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิของไอศกรีมที่นำออกมาจากถังปั่นไอศกรีมลงอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก เนื่องจากไอศกรีมที่ออกจากถังปั่นจะมีลักษณะเป็นกึ่งเหลวกึ่งแข็ง ไม่คงรูปร่าง การทำให้แข็งตัวเป็นกระบวนการเพิ่มขนาดของผลึกน้ำแข็ง ทำให้ไอศกรีมที่ผลิตออกมาแข็งตัว แต่การทำให้แข็งตัวไม่สามารถทำให้น้ำในไอศกรีมแข็งตัวได้หมด โดยทั่วไปอุณหภูมิของการแช่แข็งในขั้นนี้คือประมาณ -25 องศาเซลเซียส ถึง -30 องศาเซลเซียส (Marshall and Arbuckle, 1996)

3. ไอศกรีมโยเกิร์ต

ไอศกรีมโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหวานที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง และมีไขมันต่ำ เนื่องจากมีส่วนผสมของโยเกิร์ตและไอศกรีมเหลวเป็นส่วนผสมหลัก ประกอบไปด้วย นม ไขมันนม เนื้อนมไม่รวมมันเนย โยเกิร์ต กลิ่นรส และสี และอาจมีการเติมสารให้ความคงตัว เพื่อช่วยในการรักษาโครงสร้างของฟองอากาศในไอศกรีมได้แก่ สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว (stabilizer) และอิมัลซิไฟเออร์(emulsifier) (Tamime and Robinson, 1999) แล้วนำไปผ่านกระบวนการแช่แข็ง ไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้จะมีลักษณะทางกายภาพและอุณหภูมิความเย็นเท่ากับไอศกรีม มีรสหวานของไอศกรีมแต่มีรสเปรี้ยวของโยเกิร์ตที่เกิดจากปริมาณกรดแลคติกที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3-0.5 โดยทั่วไปไอศกรีมมีค่าการขึ้นฟูที่ร้อยละ 40-100 และค่าการขึ้นฟูคำนวณได้จากร้อยละของปริมาตรไอศกรีมที่เพิ่มขึ้น หรือร้อยละของน้ำหนักไอศกรีมที่หายไป (Marshall and Arbuckle, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.1 ประเภทของไอศกรีมโยเกิร์ต

ไอศกรีมโยเกิร์ตสามารถแบ่งตามร้อยละการขึ้นฟู (overrun) ได้ 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ประเภทของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามร้อยละของการขึ้นฟู

ส่วนผสม	Soft Frozen Yogurt	Hard Frozen Yogurt	Mousse Frozen Yogurt
ไขมัน	2-6	2-6	3
เนื้อนมไม่รวมมันเนย	5-10	5-14	12
น้ำตาล	8-20	8-16	8
สารให้ความคงตัว/อิมัลซิไฟเออร์	0.2-1.0	0.2-1.0	2.4
ร้อยละการขึ้นฟู	50-60	70-80	90

ที่มา: Tamime and Robinson (1999)

และสามารถแบ่งไอศกรีมโยเกิร์ตตามปริมาณไขมันได้ 3 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ประเภทของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามปริมาณไขมัน

ส่วนผสม	Nonfat Frozen Yogurt	Low Fat Frozen Yogurt	Frozen Yogurt
ไขมันนม	<0.5	0.5-2.0	3.25-6.0
เนื้อนมไม่รวมมันเนย	8.25-14.0	8.25-13.0	8.25-13.0
สารให้ความหวาน	15.0-17.0	15.0-17.0	15.0-17.0
สารให้ความคงตัว/อิมัลซิไฟเออร์	0.6	0.6	0.5
ปริมาณเนื้อนมทั้งหมด	28.0-31.0	29.0-32.0	30.0-33.0

ที่มา: Marshall and Arbuckle (1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วรรณพร (2547) ศึกษาผลของการใช้คัพภะข้าวโพดทดแทนหางนมผงในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติก พบว่า โยเกิร์ตที่มีการทดแทนหางนมผงด้วยคัพภะข้าวโพดในปริมาณที่สูงขึ้น จะมีการแยกส่วนของของเหลว ความแน่นเนื้อ และความสว่างลดต่ำลง แต่มีปริมาณของแข็ง ค่าสีแดงและค่าสีเหลืองสูงขึ้น ส่วนจุลินทรีย์กล้าเชื้อ *S. thermophilus* (ST), *L. acidophilus* (LA), *B. bifidobacterium* (BB) และโพรไบโอติกทั้งหมด (TP) มีจำนวนใกล้เคียงกัน และการทดแทนหางนมผงด้วยคัพภะข้าวโพดในส่วนของโยเกิร์ตร้อยละ 20 จะเป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต เนื่องจากไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้จะมีสมบัติทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และปริมาณจุลินทรีย์กล้าเชื้อใกล้เคียงกับไอศกรีมที่ไม่มีการทดแทนหางนมผงด้วยคัพภะข้าวโพดมากที่สุด

Hekmat and McMahon (1992) ศึกษาการอยู่รอดของ *L. acidophilus* และ *B. bifidum* ในไอศกรีม ที่อุณหภูมิ -29 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 สัปดาห์ โดยทำการไอศกรีมโพรไบโอติกที่มีค่า pH เท่ากับ 5.0, 5.5 และ 6.0 เพื่อเปรียบเทียบค่าความชอบของผู้บริโภคเมื่อเทียบกับไอศกรีมโพรไบโอติกที่มีการบ่มปกติ พบว่า ไอศกรีมโพรไบโอติกที่ pH 5.0 จะได้รับการยอมรับสูงสุด และเมื่อศึกษาปริมาณการรอดชีวิตของเชื้อในระหว่างการเก็บรักษา พบว่า *L. acidophilus* และ *B. bifidum* สามารถเจริญได้ดีในไอศกรีมเหลวและสามารถอยู่รอดได้ระหว่างการแช่แข็ง โดย *L. acidophilus* ลดลงจาก $1.5x10^8$ เป็น $4x10^6$ cfu/ml ส่วน *B. bifidum* ลดลงจาก $2.5x10^8$ เป็น $1x10^7$ cfu/ml และเมื่อเปรียบเทียบการทำงานของเอนไซม์ β-galactosidase ของไอศกรีมโยเกิร์ตที่เก็บรักษาด้วยอุณภูมิตู้เย็นกับที่การเก็บรักษาด้วยอุณหภูมิแช่แข็ง พบว่า เอนไซม์ β-galactosidase จะสูญเสียการทำงานอย่างรวดเร็วเมื่อทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็น

Shah and Ravula (2000) ศึกษาความสามารถในการเจริญของจุลินทรีย์โยเกิร์ตและจุลินทรีย์โพรไบโอติกในโยเกิร์ต โดยทำการเติมหางนมผงและซูโครสที่ร้อยละ 0, 4, 8, 12 และ 16 พบว่า *L. acidophilus* และ *B. bifidum* จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่อเวลาผ่านไป 30 วัน และเมื่อปริมาณของน้ำตาลเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ค่า water activity ลดลง ซึ่งจะทำให้เวลาที่ใช้ในการบ่มโยเกิร์ตเพื่อให้ได้ค่า pH เท่ากับ 4.5 นั้นเพิ่มสูงขึ้น และที่การเติมซูโครสร้อยละ 12 และ 16 จะทำให้ปริมาณเชื้อ *L. acidophilus* และ *B. bifidum* ลดลงในระหว่างการเก็บรักษา โดยเฉพาะการเติมซูโครสร้อยละ 16 จะทำให้ปริมาณเชื้อที่รอดชีวิตมีปริมาณลดต่ำลงมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. ข้าวหมาก

ข้าวหมากเป็นอาหารหมักพื้นบ้านชนิดหนึ่งของประเทศไทย ทำมาจากข้าวเหนียวนึ่งคลุกเคล้าด้วยลูกแป้งข้าวหมาก เพื่อทำให้เกิดการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในลูกแป้ง จนได้ผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่ข้าวมีความอ่อนนุ่ม ยุบตัวเกาะกันเป็นก้อน มีกลิ่นหอม มีรสหวานกลมกล่อม และมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์เล็กน้อย (เปมิกา, 2547) ข้าวหมากจัดเป็นอาหารหวานพื้นบ้านหรืออาหารว่างที่มีน้ำตาลหรือน้ำหวานที่ได้จากการย่อยข้าวเหนียว โดยมีความหวานประมาณ 30-40 องศาบริกซ์ (ปริมาณน้ำตาลคิดเป็นกรัมของซูโครสต่อน้ำ 100 มิลลิลิตร) ถ้าหมักไว้นานถึงหนึ่งสัปดาห์จะมีกลิ่นเหล้าอ่อนๆ เนื่องจากมียีสต์บางชนิด เช่น ยีสต์ในสกุล Saccharomyces ทำหน้าที่หมักน้ำตาลในข้าวหมากให้เปลี่ยนเป็นแอลกอฮอล์ กระบวนการหมักในข้าวหมากเป็นกระบวนการหมักที่เกิดจากการหมักของเชื้อผสม โดยเชื้อราในลูกแป้งจะทำหน้าที่ย่อยสลายแป้งให้เป็นน้ำตาล เชื้อราที่พบในลูกแป้ง ได้แก่ *Amylomyces rouxii* และ *Rhizopus oryzae* มีความสามารถผลิตเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส และกลูโคอะไมเลส จากนั้นยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จะทำหน้าที่หมักน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ชัยวัฒน์, 2520; พิไลพรรณ, 2523; นภา, 2535) และยังพบยีสต์ชนิดอื่น เช่น *Saccharomycopsis fibuligera* ซึ่งมีความสามารถในการย่อยแป้งให้เป็นน้ำตาล และมีความสามารถในการหมักที่แตกต่างไป อาจพบแบคทีเรียกรดแลคติกซึ่งส่วนใหญ่ ได้แก่ *Pediococcus pentosaceus* โดยปริมาณจะขึ้นอยู่กับที่มาของลูกแป้ง นอกจากนี้ยังตรวจพบ *Lactobacillus* spp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่มีรายงานว่าพบในลูกแป้งบ่อยครั้ง

ข้าวหมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการศึกษาและพบว่าข้าวหมากช่วยเพิ่มการพัฒนาในเด็ก และข้าวหมากยังสามารถกระตุ้นการเพิ่มจำนวนหรือเสริมสร้างการทำงานของแบคทีเรีย และจัดเป็นแหล่งอาหารที่สำคัญของจุลินทรีย์ในลำไส้ของผู้บริโภค อีกทั้งผลิตภัณฑ์ข้าวหมากเองยังจัดเป็นผลิตภัณฑ์โพรไบโอติก เนื่องจากตรวจพบเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae* ซึ่งจัดเป็นแบคทีเรียที่มีคุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกอีกด้วย (Aranya *et al*., 2011)

4.1 วิธีการทำข้าวหมาก

วิธีการทำข้าวหมากโดยทั่วไปจะเริ่มต้นจากการแช่ข้าวเหนียวทิ้งไว้ประมาณ 5-6 ชั่วโมง แล้วนำไปนึ่งด้วยไอน้ำจนสุก จากนั้นจึงนำไปล้างด้วยน้ำสะอาดประมาณ 2-3 ครั้ง เพื่อล้างยางข้าวเหนียวออกและไม่ให้เมล็ดข้าวเกาะติดกัน สะเด็ดน้ำ แล้วทำการโรยลูกแป้งบดละเอียดลง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บนข้าวเหนียวนึ่งให้ทั่วแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากัน โดยทั่วไปจะใช้อัตราส่วนลูกแป้งร้อยละ 0.5-1.0 ต่อข้าวเหนียวนึ่ง 1 ลิตร นำไปแบ่งใส่ภาชนะหรือใบตอง แล้วหมักทิ้งไว้เป็นเวลา 3 วัน ข้าวหมากที่ได้จะมีลักษณะนุ่ม มีกลิ่นหอมและมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์ (จิราภรณ์, 2554)

4.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักข้าวหมาก

กระบวนการการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในกระบวนการหมักข้าวหมากสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 จะเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดในเมล็ดข้าวในระหว่างการล้างน้ำและการแช่ข้าว โดยเมื่อเมล็ดข้าวถูกนำไปล้าง ที่บริเวณพื้นผิวของเมล็ดข้าวบางส่วนหลุดออกไปพร้อมๆ กับการล้างในปริมาณประมาณร้อยละ 1-3 ของน้ำหนักเมล็ดข้าว จากนั้นเมล็ดข้าวจะดูดซับน้ำไว้จนมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 9-17 จากน้ำหนักเริ่มต้น การเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ดข้าว คือ เม็ดแป้ง (starch) จะดูดซับน้ำเกิดการพองตัวและละลาย (swelling and solubility)

ขั้นที่ 2 จะเป็นการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในระหว่างการนึ่งข้าว โดยจะเกิดปฏิกิริยาเจลาติไนเซชัน (gelatinization) และโปรตีนเสียสภาพ (denature) ในเมล็ดข้าว การเสียสภาพดังกล่าวจะทำให้เอนไซม์จากเชื้อจุลินทรีย์ในลูกแป้งสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบภายในเมล็ดข้าวได้ง่ายขึ้น โดยเริ่มแรกจากการแช่เมล็ดข้าวในน้ำเย็น จะเกิดการดูดซึมน้ำเย็นและพองตัวขึ้นอย่างจำกัด เม็ดแป้งจะยังคงสภาพได้ แต่เมื่อผ่านการนึ่งพันธะไฮโดรเจนจะคลายตัวลง ทำให้เม็ดแป้งดูดซึมน้ำและพองตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้น้ำที่บริเวณรอบเม็ดแป้งมีปริมาณลดน้อยลง เม็ดแป้งจะเคลื่อน ไหวได้ยากขึ้นจึงเกิดความหนืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แป้งที่ละลายได้จะเริ่มละลายออกมา จากนั้นพบว่าเม็ดแป้งจะมีรูปร่างไม่แน่นอน พันธะภายในเม็ดแป้งเกิดการแตกออกอย่างสมบูรณ์ (Olkuku and Rha, 1978) การนึ่งข้าวจะทำให้เมล็ดข้าวดูดซับน้ำไว้เพิ่มขึ้นร้อยละ 7-12 จากน้ำหนักเริ่มต้น ดังนั้นจะทำให้มีน้ำในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 35-40 จากน้ำหนักเริ่มต้น

ขั้นที่ 3 จะเป็นกระบวนการหมักของเชื้อจุลินทรีย์ในลูกแป้ง ภายหลังการเติมส่วนผสมของลูกแป้งลงในข้าวเหนียวนึ่ง โดยเชื้อราภายในลูกแป้งจะผลิตเอนไซม์ α-amylase และ glucoamylase ทำหน้าที่ย่อยแป้งให้กลายเป็นกลูโคส และยีสต์ภายในลูกแป้งจะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสที่ได้ให้กลายเป็นแอลกอฮอล์ นอกจากนี้จะเกิดปฏิกิริยา Liquefaction ซึ่งจะเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขั้นตอนการลดความหนืดของแป้งภายหลังการเกิดเจลาติไนเซชัน (gelatinization) โดยเมื่อแป้งถูกย่อยขนาดโมเลกุลจะมีขนาดเล็กลง ทำให้ความหนืดของแป้งลดต่ำลงด้วยเช่นกัน

4.3 ลูกแป้งข้าวหมาก

ลูกแป้งข้าวหมาก (Lookpang-Khaomak) เป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ที่เก็บในรูปเชื้อแห้ง เพื่อใช้ในการหมักข้าวเหนียวนึ่ง ให้มีความอ่อนนุ่ม มีรสหวาน และมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์ ลักษณะทั่วไปของลูกแป้งที่ดีควรมีน้ำหนักเบา มีสีขาวนวล ไม่แตกร้าว ก้อนแป้งโปร่งมีรูพรุนที่เกิดจากการพรุนของแป้งขณะบ่ม เมื่อทำการบดหรือขยี้จะยุ่ยเป็นผง ไม่มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว รูปร่างและขนาดแตกต่างกัน ส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นครึ่งวงกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3-4 เซนติเมตร โดยสีของลูกแป้งจะขึ้นอยู่กับอายุการเก็บของลูกแป้ง ชนิดของเครื่องเทศ และปริมาณของเครื่องเทศแต่ละชนิดที่ใช้ในการผลิต ลูกแป้งที่ทำเสร็จใหม่จะมีสีขาวปนน้ำตาลเล็กน้อย ลูกแป้งที่เก็บไว้นานอาจมีสีเข้มขึ้น และลูกแป้งที่มาจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกันจะให้ข้าวหมากที่มีคุณภาพแตกต่างกัน (นภา, 2534)

ลูกแป้งข้าวหมากจัดเป็นกล้าเชื้อผสม (mixed culture) ซึ่งในกระบวนการผลิตลูกแป้ง เมื่อทำการปั้นแป้งเป็นลูกแป้งแล้วทำการบ่ม จุลินทรีย์จากแป้งเชื้อเดิมจะค่อย ๆ เจริญและมีกิจกรรมขึ้น โดยจะใช้แป้ง ความชื้นจากน้ำ และออกซิเจนในก้อนแป้งเป็นอาหาร ซึ่งเมื่อเกิดสภาวะที่เหมาะสมจะทำให้จุลินทรีย์เจริญขึ้นในก้อนแป้ง หลังจากนั้นความชื้นจะค่อย ๆ ลดต่ำลงจนทำให้ก้อนแป้งเกิดสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญ เชื้อจุลินทรีย์จึงทำการสร้างสปอร์และเซลล์ที่ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมดังกล่าว เพื่อปรับสภาพให้เข้ากับสภาวะแวดล้อมนั้น ๆ ทำให้เชื้อจุลินทรีย์สามารถมีชีวิตอยู่ได้ และเมื่อมีอาหารหรือสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมอีกครั้ง จุลินทรีย์จะสามาถเจริญและมีกิจกรรมขึ้นมาใหม่อีกครั้งได้ (เปมิกา, 2547)

จุลินทรีย์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากจะมีทั้งเชื้อยีสต์ รา และแบคทีเรีย พบมากโดยเฉพาะรา ได้แก่ *Amylomycses* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., *Absidia* sp., *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. และ *Hyalodendron* sp. (สิรินเทพ, 2523) ยีสต์ที่พบในลูกแป้งข้าวหมากส่วนใหญ่ได้แก่ *Endomycopsis* sp., *Hansenula* sp. และ *Sacharomyces* sp. ในส่วนของแบคทีเรียนั้นจะพบเป็นแบคทีเรียกรดแลคติก ซึ่งส่วนใหญ่จะได้แก่ *Pediococcus pentosaceuse* และนอกจากนี้ยังพบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Lactobacillus spp. ซึ่งเป็นแบคทีเรียอีกกลุ่มหนึ่งที่มีรายงานว่าตรวจพบในลูกแป้งบ่อยครั้ง (Pichyangkura and Kulpreeha, 1977)

4.4 จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญต่อการผลิตข้าวหมาก

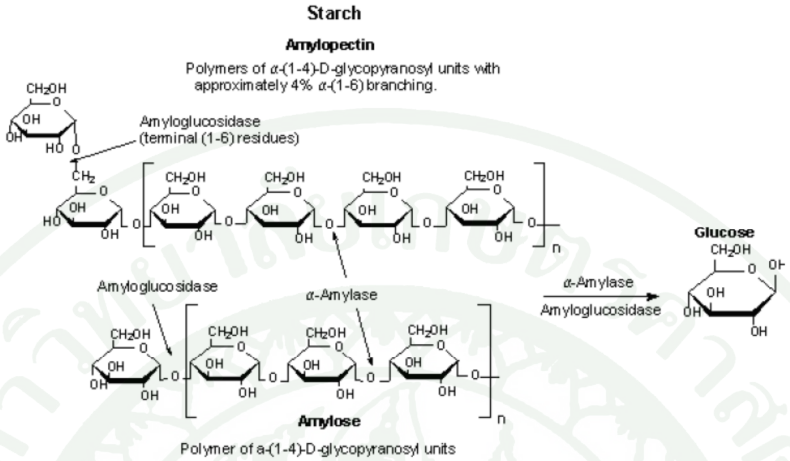
จุลินทรีย์ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการหมักข้าวหมากประกอบด้วยจุลินทรีย์ 2 ประเภท คือ ราและยีสต์ ซึ่งบทบาทของจุลินทรีย์ทั้งสองประเภทนี้ จะเกิดขึ้นต่อเนื่องกันตลอดระยะเวลาของการหมักข้าว โดยกระบวนการหมักข้าวหมากจัดเป็น Multiple Parallel Fermentation ซึ่งหมายถึง กระบวนการหมักที่มีหลายปฏิกิริยาและจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กันสามารถแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ตามหลักสภาวะของการหมักและประเภทของจุลินทรีย์ คือ กระบวนการเปลี่ยนแป้งในเมล็ดข้าวให้เป็นน้ำตาล และกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์และสารอื่นๆ (ยุพกนิษฐ์, 2543)

4.4.1 รา

เชื้อราที่สำคัญในกระบวนการผลิตข้าวหมากคือ เชื้อ *Amylomyces* ซึ่งเชื้อราชนิดนี้จะสามารถเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เส้นใยจะมีลักษณะเป็นสีขาวจนถึงสีเทา และเจริญเติบโตบนอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) และ malt extract agar ซึ่งสามารถสร้าง chlamydospore มากมายในเส้นใยบนผิวหน้าและอากาศ อาจเกิดขึ้นเดี่ยวๆ หรือเป็นหมู่ๆ ก็ได้ ลักษณะของ chlamydospore มีหลายรูปแบบแตกต่างกัน ตั้งแต่จากรูปร่างทรงกระบอกสั้นๆ รูปไข่ และลักษณะกลม มีขนาดมีตั้งแต่ 127 x 60 ไมโครเมตร จนถึง 60 x 30 ไมโครเมตร โดยเชื้อรา *Amylomyces* นี้ จะไม่เจริญที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส (วิลาวัณย์, 2539) บทบาทที่สำคัญของราในกระบวนการผลิตข้าวหมาก คือจะทำหน้าที่เปลี่ยนแป้งที่เป็นองค์ประกอบในเมล็ดข้าวให้กลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว เรียกปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงนี้ว่า แซคคาริฟิเคชั่น(Saccharification) โดยเชื้อราจะสร้างเอนไซม์กลุ่มอะไมเลส คือแอลฟาอะไมเลส เบต้าอะไมเลส และกลูโคอะไมเลส มาทำหน้าที่ย่อยสลายโครงสร้างของโมเลกุลแป้งให้เป็นน้ำตาล (ภาพที่ 4) เชื้อรากลุ่มที่มีความสำคัญและมีบทบาทในการสร้างเอนไซม์ปริมาณมาก ได้แก่ ราในกลุ่ม Zygomycetes ซึ่งจีนัสที่สำคัญคือ *Amylomyces*, *Rhizopus*, *Mucor* และราในกลุ่ม Deuteromycetes มีจีนัสที่สำคัญคือ *Aspergillus* สภาวะในการหมักของเชื้อราจะต้องการอากาศสำหรับการเจริญ โดยเชื้อราจะสร้างเส้นใยจำนวนมากแผ่ปกคลุมบนผิวเมล็ดข้าว และแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างระหว่างเมล็ดข้าว แทงทะลุเข้าไปใน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมล็ดข้าว สร้างสารต่างๆ ออกมา รวมทั้งวิตามินที่เป็นประโยชน์ต่อการเจริญของยีสต์ (ยุพกนิษฐ์, 2543)



ภาพที่ 4 การเปลี่ยนแป้งเป็นน้ำตาลโดยกลุ่มเอนไซม์จากรา

ที่มา: Sigma-Aldrich (2010)

4.4.2 ยีสต์

เชื้อยีสต์ที่สำคัญต่อกระบวนการผลิตข้าวหมากมี 2 ชนิดคือ เชื้อ *Endomycopsis* (*Saccharomycopsis*) และเชื้อ *Hansenula*

ก. *Endomycopsis* (*Saccharomycopsis*)

เชื้อ *Endomycopsis* (*Saccharomycopsis*) เป็นเชื้อที่ไม่สร้างไมซีเลียมจำนวนมาก โคโลนีเห็นเส้นใยได้อย่างชัดเจน การสืบพันธุ์จะเป็นแบบไม่อาศัยเพศและแตกหน่อ สามารถสร้างแอสโคสปอร์รูปหมวก รูปดาวเสาร์ รูปกลม หรือรูปไข่ ส่วนใหญ่มีจำนวน 4 สปอร์/แอสคัส ยีสต์ชนิดนี้จะไม่หมักน้ำตาลหรือหมักน้อยมาก เป็นพวกออกซิเดทีฟ การแยกชนิดของยีสต์สกุลนี้จะอาศัยความแตกต่างของรูปร่างแอสโคสปอร์ จำนวนแอสโคสปอร์/แอสคัส การใช้ไนเตรต การหมักและการใช้สารประกอบคาร์บอน เช่น *E. bispora* และ *E. platypodis* ใช้ไนเตรต, *E. fibuligera* เป็นพวกหมักแป้งได้ ดังนั้นจะแยกได้จากพวกผลิตภัณฑ์จำพวกแป้ง เช่น จากขนมปัง และราจิ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

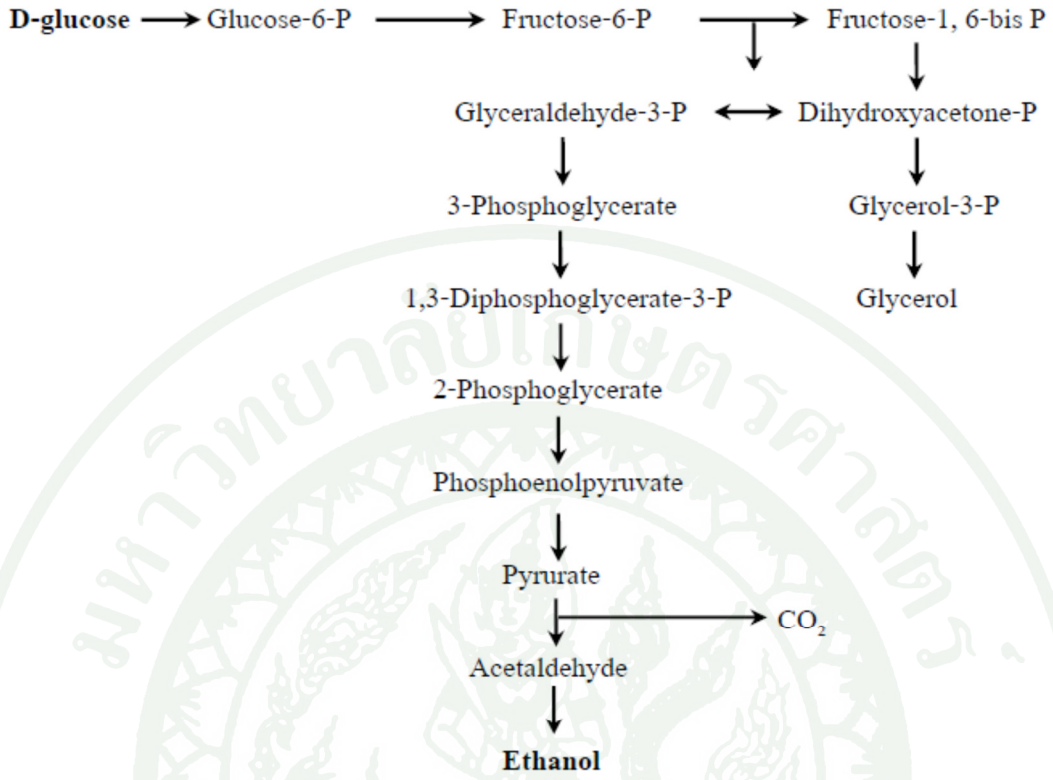
(ragi) หรือลูกแป้ง, *E. vini* สร้างแอสโคสปอร์รูปกลมถึงรูปไข่ แยกได้จาก ไวน์, *E. burtonii* เป็นชนิดเดียวของสกุลนี้ที่เป็นพวกเฮเทอโรทาลลิก และเป็นชนิดเดียวที่สร้างอาร์โทรสปอร์ เป็นต้น นอกจากนี้ *Saccharomycopsis* sp. ยังมีบทบาทสำคัญในการสร้างสารให้กลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ Tape ketan ซึ่งเป็นอาหารหมักชนิดหนึ่งของชาวอินโดนีเซีย โดยเมื่อผสมระหว่าง *Rhizopus* sp. กับ *Saccharomycopsis* sp. เพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อ พบว่าสามารถสังเคราะห์สารให้กลิ่นรสได้สูงกว่าการใช้เชื้อใดเชื้อหนึ่งเพียงอย่างเดียว (Suprianto *et al.*, 1989)

ข. *Hansenula*

เชื้อ *Hansenula* จะมีลักษณะของเซลล์เป็นรูปกลม ไข่ รี หรือยาว สืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ โดยการแตกหน่อหลายขั้ว สร้างไมซีเลียมได้ดีเท่ากับซูโดไมซีเลียม สร้างแอสโคสปอร์รูปกลม ครึ่งวงกลม รูปหมวก หรือรูปดาวเสาร์ มีผิวเรียบ มีจำนวน 1-4 สปอร์/แอสคัส เมื่อโตเต็มที่สามารถหลุดออกจากแอสคัสได้ง่าย ทั้งชนิดที่เป็นฮอมอทาลลิกและเฮเทอโรทาลลิก มีทั้งเฮพลอยด์เซลล์ ดิพลอยด์เซลล์ หรือเฮพลอยด์และดิพลอยด์เซลล์รวมกัน เป็นพวกใช้ไนเตรตและสามารถหมักน้ำตาลแตกต่างกันในแต่ละชนิด มีหลายพันธุ์ที่สร้างฟิล์มบนผิวหน้าของอาหารเหลว บางสายพันธุ์สลายเพคตินได้ บางสายพันธุ์เป็นพวกทนความแห้งได้ดี

บทบาทที่สำคัญของยีสต์ในกระบวนการผลิตข้าวหมาก คือจะทำหน้าที่เปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการย่อยแป้งโดยราให้เป็นแอลกอฮอล์ (ภาพที่ 5) โดยผ่านกระบวนการหมักที่เรียกว่า กระบวน การหมักแอลกอฮอล์ (Alcoholic fermentation) ซึ่งกระบวนการการเกิดปฏิกิริยานี้จะเกิดได้ดีในสภาวะไร้อากาศ (anaerobic condition) สำหรับในระยะแรกที่มีอากาศ จะยังไม่เกิดกระบวนการหมักแต่ยีสต์จะมีการแตกหน่อเพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์อย่างรวดเร็ว จนมีปริมาณที่มากพอประกอบกับสภาวะความเป็นกรดที่ราสร้างขึ้น ร่วมกับการเจริญของราที่ปกคลุมผิวหน้า ทำให้เกิดสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน ยีสต์จะเริ่มเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งยีสต์ที่มีความสำคัญคือ ยีสต์ในกลุ่ม Ascomycetes ซึ่งมีจีนัสสำคัญคือ *Saccharomyces* sp. *Endomycopsis* sp. และ *Hansenula* sp. เป็นต้น (ยุพกนิษฐ์, 2543; Limthong *et al*., 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



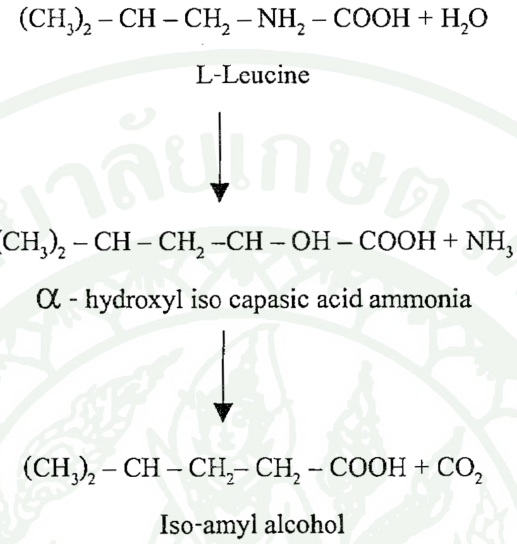
ภาพที่ 5 กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแอลกอฮอล์จากการหมักโดยยีสต์

ที่มา: ยุพกนิษฐ์ (2543)

ในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ของข้าวหมาก นอกเหนือจากการเกิดแอลกอฮอล์ กรดอะซิติก และกลีเซอรอลแล้ว ยังมีการเกิดสารชนิดอื่น ๆ ด้วย เช่น Higher alcohol หรือ Fusel alcohol จำพวก iso-amyl alcohol, propyl alcohol, butyl alcohol และ ester ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่ง Higher alcohol เหล่านี้จะส่งผลต่อคุณลักษณะของข้าวหมาก คือทำให้ผลิตภัณฑ์มีรสขมและเกิดกลิ่นรสที่รุนแรง นอกจากนี้ยังมีผลทำให้เกิดอาการปวดศีรษะ เวียนศีรษะ และเกิดอาการเมาค้าง (Hang over) เกิดสภาวะขาดน้ำ (Dehydration) เนื่องจากแอลกอฮอล์ที่ได้จะไปสลายน้ำตาลที่อยู่ในตับ ทำให้เกิดอาการขาดน้ำตาลและอ่อนเพลีย ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วระดับการเพิ่มของแอลกอฮอล์จะขึ้นอยู่กับสภาวะแวดล้อม โดยไฮเออร์แอลกอฮอล์จะเพิ่มขึ้นเมื่อระดับของค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งสายพันธุ์ของเชื้อยีสต์จะมีผลมากต่อระดับการเปลี่ยนแปลงของไฮเออร์แอลกอฮอล์ โดยยีสต์ *Saccharomyces cereviviae* จะผลิตเฉพาะ amyl alcoholc จากกรดอะมิโน isoleucine และจะผลิต amyl, iso-amyl และ n-propyl alcohol จาก threonine ดังแสดง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในภาพที่ 6 ซึ่งผลผลิตที่ได้ในแต่ละกระบวนการในกระบวนการหมักจะมี Biochemical pathway และเอนไซม์เฉพาะของกระบวนการนั้น ๆ (เปมิกา, 2547)



ภาพที่ 6 การผลิต amyl alcohol จากกรดอะมิโน isoleucine โดยยีสต์

ที่มา: เปมิกา (2547)

ในช่วงที่เกิดการหมักนอกเหนือจากการเกิดแอลกอฮอล์แล้ว ยีสต์ยังสร้างเอนไซม์อีกหลายชนิด เช่น โปรติเอส และไลเปส เป็นต้น สารประกอบที่เกิดขึ้นจะให้กลิ่นรสที่ซับซ้อนและมีความหอมเฉพาะตัว เช่น ลิวซีน (leucine) จะถูกเปลี่ยนเป็นไอโซเอมิลอะซิเตท (iso amylacetate) ทำให้ผลิตภัณฑ์มีกลิ่นที่ดียิ่งขึ้น ส่วนกรดลิวซีนิค (leucinic acid) จะเป็นสารตั้งต้นของเอสเทอร์ คือ เอทิลลิวซิเนต (ethyl leucinate) ที่เป็นสารให้กลิ่นหอมเฉพาะในสาเก เป็นต้น (Limthong *et al.*, 2002)

Araya *et al*., 2011 ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการทางชีวภาพ (biological activities) เช่น antioxidative, tyrosinase inhibition, cell proliferation และ MMP-2 inhibition activities กับสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactive compound) เช่น unsaturated fatty acid, total phenolic compound และ total anthocyanin ของน้ำข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวหลายชนิดซึ่งประกอบไปด้วย ข้าวสารขาว, ข้าวก่ำ, ข้าวกล้องหอมมะลิ, ข้าวเหนียวขาว, ข้าวเหนียวดำ เพื่อนำไปใช้ในการผลิตเครื่องสำอางค์ พบว่า น้ำข้าวหมากที่ผลิตจากข้าวก่ำที่ผ่านการหมักเป็น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ระยะเวลา 6 วันจะมีกระบวนการยับยั้งในด้าน antioxidative, tyrosinase inhibition และ MMP-2 inhibition activities สูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำข้าวหมากจากข้าวชนิดอื่น ๆ และสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่ได้จากน้ำข้าวหมากข้าวก่ำจะมีความสัมพันธุ์ระหว่างกระบวนการทางชีวภาพและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเป็นเชิงบวก คือเมื่อมีปริมาณน้ำข้าวหมากข้าวก่ำเพิ่มขึ้นจะมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดกระบวนการ ทางชีวภาพต่าง ๆ เพิ่มขึ้น

5. สารเสริมชีวนะหรือโพรไบโอติก

สารเสริมชีวนะหรือโพรไบโอติก (Probiotics) คือ กลุ่มของจุลินทรีย์ที่มีชีวิต ที่สามารถส่งเสริม หรือสนับสนุน ความสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารให้เพิ่มมากขึ้น (Holzapfel and Wood, 1995) ซึ่งเมื่อเข้าไปอยู่ในระบบร่างกายของมนุษย์และสัตว์แล้ว จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสุขภาพร่างกายของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ ปัจจุบันผู้บริโภคพยายามมองหาอาหารที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ มากขึ้น ในแง่ของการมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปลอดภัย และส่งผลดีต่อสุขภาพ จึงเป็นที่มาของผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า อาหารฟังก์ชัน (functional food) ซึ่งหมายความถึงผลิตภัณฑ์อาหารหรือองค์ประกอบในอาหารที่เมื่อบริโภคเข้าสู่ร่างกายแล้ว จะสามารถทำหน้าที่อื่นให้กับร่างกายนอกเหนือ จากในเรื่องของรสสัมผัส (sensory function) การให้คุณค่าทางโภชนาการพื้นฐาน (nutritive function) นั่นคือ เป็นอาหารที่มีผลต่อการทำหน้าที่ต่าง ๆ (function) ในร่างกาย ส่งผลดีต่อสุขภาพโดยมีบทบาทในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่อวัยวะหรือระบบเป้าหมาย ซึ่งได้แก่ ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย ความดันโลหิต การเผาผลาญของไขมัน การต้านอนุมูลอิสระ และระบบการย่อยอาหาร

จุลินทรีย์โพรไบโอติกไม่จำเป็นว่าจะต้องเป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่นในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ แต่ควรเป็นจุลินทรีย์ที่ส่งผลให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์และสัตว์ (Fuller, 1989; Havenaar *et al.,* 1992) ดังนั้นจึงมีการศึกษาจุลินทรีย์สายพันธ์ต่าง ๆ ที่สามารถเสริมสุขภาพของมนุษย์และสัตว์ให้ดีขึ้น ซึ่งได้แก่ แบคทีเรียกรดแลคติก และไบไฟโดแบคทีเรีย (Park *et al.,* 1999) โดยแบคทีเรียกรดแลคติกเป็นแบคทีเรียที่มีสมบัติเป็นโพรไบโอติกมากที่สุด (Murry *et al.,* 2004)

จุลินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นโพรไบโอติกมีหลายชนิดประกอบด้วย *Bifidobacteria* (ไบฟิโดแบคทีเรีย) เช่น *B. bifidum, B. lactis, B. subtilis* และ *B. longum* ในส่วนของ *Lactobacilli* (แลคโตบาซิลไล) เช่น *L. acidophilus, L. casei, L. johnsonii, L. rhamnosus, L. bulgaricus* และ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

L. paracasei เป็นต้น และเชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น *Streptococcus thermophilus,* ยีสต์ *Saccharomyces boulardii* (Shah, 2001)

5.1 ประโยชน์ต่อสุขภาพของโพรไบโอติก

5.1.1 การลดภาวะไม่ทนต่อแลกโตส (lactose intolerance)

เป็นผลต่อสุขภาพที่สำคัญของโพรไบโอติก พบว่าประชากรโลกส่วนใหญ่มีปริมาณของเอนไซม์แลกเตส (lactase) ต่ำ จึงทำให้แลกโตส (lactose) ไม่สามารถถูกย่อยในระบบทางเดินอาหาร ดังนั้นหลายคนที่ดื่มนมแล้ว เกิดอาการท้องอืด เฟ้อ ท้องเดิน ปวดท้อง โพรไบโอติกในอาหารประเภทนมเปรี้ยวหรือโยเกิร์ตสามารถช่วยบรรเทาอาการนี้ได้ เนื่องจากโพรไบโอติกจะทำหน้าที่ย่อยแลกโตสในระหว่างการหมัก (fermentation) จึงทำให้มีแลกโตสเหลือน้อยกว่าหรือไม่มีเลย (สุญาณี, 2549)

5.1.2 การลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด

เนื่องจากคอเลสเตอรอลเป็นสารตั้งต้นในการการสังเคราะห์กรดน้ำดี ดังนั้นถ้าเพิ่มการขับออกของน้ำดี จะทำให้มีการกระตุ้นให้มีการนำเอาคอเลสเตอรอลมาใช้ในการสังเคราะห์น้ำดีเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งจุลินทรีย์โพรไบโอติกบางชนิดจะมีเอนไซม์ที่สามารถจับกับกรดน้ำดี และทำให้กรดน้ำดีถูกขับออกทางอุจจาระเพิ่มขึ้น จึงส่งผลให้สามารถลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือดได้ และพบว่ากลไกการลดระดับคอเลสเตอรอล เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายเกลือน้ำดี โดยเอนไซม์ bile salt hydrolase (BSH) ให้อยู่ในรูปอิสระและถูกขับออกจากร่างกายอย่างรวดเร็วมีผลทำให้ปริมาณคอเลสเตอรอลในเลือดลดต่ำลง ดังนั้นจุลินทรีย์โพรไบโอติกสายพันธุ์ที่มีกิจกรรมของเอนไซม์ BSH จึงมีส่วนช่วยลดระดับคอเลสเตอรอลในเลือด (Hozapfel, 1998)

5.1.3 การบรรเทาอาการท้องเสีย

เป็นบทบาทหลักของโพรไบโอติก คือ ช่วยลดความรุนแรงของอาการท้องเสีย โดยลดระยะเวลาของโรคและเพิ่มระบบภูมิคุ้มกัน โดยการทำให้ลำไส้ใหญ่มีความเป็นกรด จากการผลิตกรดแลกติก (Lactic acid) และกรดอะซิติก (Acetic acid) ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้ อีกกลไกหนึ่ง คือ ทำให้เกิดการตอบสนองต่อระบบภูมิคุ้มกันเพิ่มขึ้น (สุญาณี, 2549)

5.1.4 การยับยั้งการเกิดมะเร็ง

Goldin and Gorbatch (1984) อธิบายกลไกในการต้านการเกิดเนื้องอก (antitumor) ของ *L. acidophilus* และ *Bifidobacteria* ว่าการบริโภค *L. acidophilus* จะช่วยลดปริมาณเอนไซม์จากแบคทีเรีย เช่น เบต้า-กลูคิวโรนิเดส (β-glucuronidase) เอโซรีดักเตส (azoreductase) และไนโตรรีดักเทส (nitroreductase) ซึ่งเป็นตัวเร่งให้เกิดปฏิกิริยาการเปลี่ยนสารตั้งต้นก่อมะเร็ง (procarcinogen) ให้เป็นสารก่อมะเร็ง (carcinogen) นอกจากนี้ *L. acidophilus* และ *Bifidobacteria* ยังมีบทบาทในการกระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายอีกด้วย

5.2 คุณสมบัติโพรไบโอติก

จุลินทรีย์โพรไบโอติกมีคุณสมบัติดังนี้ (Salminen *et al.,* 1998)

5.2.1 จุลินทรีย์ที่ใช้เป็นโพรไบโอติกจะต้องผ่านการพิสูจน์แล้วว่า เป็นสายพันธุ์ที่ปลอดภัย (GRAS = General Recognized As Safe) คือ

ก. แหล่งที่มาในการแยกเชื้อต้องเป็นแหล่งที่มีความปลอดภัย

ข. เป็นจุลินทรีย์ที่ไม่สร้างสารพิษ

ค. มีการยึดติดของจุลินทรีย์ภายในระบบทางเดินอาหาร

ง. จุลินทรีย์สายพันธ์ที่จะเป็นโพรไบโอติกต้องมีความสัมพันธ์เกื้อกูลกันหรือสายพันธุ์ชนิดเดียวกันกับแบคทีเรียประจำถิ่นในผู้ที่ได้รับ (host)

5.2.2 สามารถทนต่อน้ำดีและความเป็นกรดภายในระบบทางเดินอาหารของผู้ที่ได้รับ (host) รวมทั้งสามารถดำรงชีวิตอยู่ในระบบทางเดินอาหารได้ นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อความเข้มข้นเกลือน้ำดีโซเดียมทอโรคอเลต (Sodium taurocholate) มาก *L. acidophilus* M92 จะผลิตเอนไซม์ย่อยน้ำดี (bile salt hydrolase, BSH) มาก จึงสามารถทนต่อน้ำดีที่มีความเข้มข้นสูงได้ (Suskovae *et al*., 2000)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.3 สามารถยึดติดกับผนังลำไส้ของสัตว์เจ้าบ้าน และแข่งขันการยึดติดกับจุลินทรีย์ก่อโรค

5.2.4 ความสามารถในการเพิ่มจำนวนในระบบทางเดินอาหารของสัตว์ได้มาก โดยมีจำนวนเซลล์เริ่มต้นน้อย

5.2.5 ผลิตสารต่อต้านจุลินทรีย์ก่อโรคที่เป็นจุลินทรีย์ภายในระบบทางเดินอาหาร

ก. กรดอินทรีย์ (Organic acid)
ข. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (Hydrogen peroxide)
ค. คาร์บอนไดออกไซด์ (Carbondioxide)
ง. ไดอะซิติล (Diacetyl)
จ. สารต่อต้านจุลชีพน้ำหนักโมเลกุลต่ำ
ฉ. อะซิตาลดีไฮด์ (Acetaldehyde)
ช. แบคเทอริโอซิน (Bacteriocin)

5.2.6 การป้องกันการรุกรานของจุลินทรีย์ก่อโรค และช่วยเพิ่มระบบของภูมิคุ้มกัน

5.2.7 มีความคงตัวสูง โดยเมื่อผ่านกระบวนการผลิตโพรไบโอติกแล้วต้องสามารถที่จะมีชีวิตอยู่และเก็บรักษาได้นาน

การบริโภคอาหารโพรไบโอติก เช่น โยเกิร์ต ไอศกรีมโยเกิร์ต เพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อสุขภาพจะต้องตระหนักถึงปริมาณโพรไบโอติกที่มีอยู่ในอาหาร โดยอาหารโพรไบโอติกควรมีปริมาณเชื้อโพรไบโอติกไม่ต่ำกว่า 10^6 โคโลนีต่อกรัม แต่ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตและไอศกรีมโยเกิร์ตในท้องตลาดส่วนมากมีปริมาณโพรไบโอติกในระดับต่ำกว่าที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น สายพันธุ์และชนิดของโพรไบโอติก กระบวนการผลิต ความเป็นกรดของอาหาร การสร้างกรดระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ (post-acidification) ความเข้มข้นของปริมาณน้ำตาล ปริมาณออกซิเจนในผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิและระยะเวลาในการหมัก การซึมผ่านของออกซิเจนเข้าสู่ภาชนะบรรจุ ความไวของเชื้อต่อสารปฏิชีวนะที่ผลิตโดยจุลินทรีย์โพรไบโอติกสารเสริมและสารยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ ปริมาณสารอาหารในนม และอุณหภูมิในการเก็บรักษา เป็นต้น (Dave and Shah, 1997; Shah and Lankaputhra, 1997)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Klaver and Meer (1993) อธิบายการทำงานของ *L. acidophilus* ต่อการลดคอเลสเตอรอลว่า *L. acidophilus* ไม่ได้ทำการยับยั้งการสร้างคอเลสเตอรอล แต่จะมีผลต่อการทำให้คอเลสเตอรอลไม่จับตัวกับน้ำดี จึงไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย เป็นผลทำให้ระดับคอเลสเตอรอลในเลือดลดลง

Shriffin *et al.* (1995) ศึกษาการบริโภคโพรไบโอติกต่อระบบภูมิคุ้มกันในร่างกาย พบว่า การบริโภค *L. acidophilus* (LA-1) และ *B. bifidum* (BB-12) วันละ 10^7 โคโลนีต่อมิลลิลิตร เป็นเวลาติดต่อกันนาน 3 สัปดาห์ จะทำให้เกิดกิจกรรมการทำลายเซลล์แบคทีเรียของเม็ดเลือดขาว (phagocyte activity) สูงขึ้นเป็นเท่าตัว

Devidson *et al.* (2000) พบว่า กระบวนการแช่แข็งมีผลทำให้เชื้อโพรไบโอติกมีจำนวนลดลงประมาน 0.5-1 log cycle เนื่องจากสภาวะการเก็บรักษามีการแปรผันของอุณหภูมิทำให้เกิดการตกผลึกของน้ำแข็ง ทำให้เซลล์ของเชื้อโพรไบโอติกเกิดการฉีกขาด จึงทำให้เชื้อโพรไบโอติกมีอัตราการรอดชีวิตลดลง

6. เอนแคปซูเลชัน (encapsulation)

เทคนิคการเอนแคปซูเลชันถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหารอย่างแพร่หลาย มีการใช้ในส่วนประกอบของอาหารทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลว เพื่อเป็นการปกป้องสารและปลดปล่อยสารที่ต้องการ (Desai and Park, 2005; Kuang *et al*., 2010) เช่น สารให้กลิ่นรส กรด-ด่าง บัฟเฟอร์ ไขมัน เชื้อจุลินทรีย์ สารให้ความหวาน วิตามิน เกลือแร่ วัตถุเจือปนอาหาร สารต้านอนุมูลอิสระ สารที่ทำให้เกิดการขึ้นฟู สี และสารอาหารต่าง ๆ เป็นต้น ซึ่งการเอนแคปซูเลชันคือกระบวนการกักเก็บสารหรือส่วนผสมของสารไว้ภายในระบบ โดยสารที่ถูกกักเก็บจะเรียกว่า active หรือ core material หรือ internal phase โดยส่วนใหญ่จะเป็นสารละลายหรือของเหลว แต่บางครั้งอาจเป็นอนุภาคของแข็งหรือก๊าซ ส่วนสารที่นำมาห่อหุ้มหรือสารเคลือบจะเรียกว่า wall material carrier, membrane, external phase, matrix, shell หรือ coating (Nicolass and Viktor, 2010) ซึ่งมีหลากหลายชนิดขึ้นอยู่กับกระบวนการที่ใช้ในการเอนแคปซูเลชัน (ตารางที่ 6) ในการประยุกต์ใช้เทคนิคการเอ็นแคปซูเลชันในอุตสาหกรรมอาหารนั้น เพื่อช่วยเพิ่มสเถียรภาพให้สารอาหาร ควบคุมการเกิดออกซิเดชัน ควบคุมการปลดปล่อยของสารกักเก็บ (สารต้านอนุมูลอิสระ, แร่ธาตุ, วิตามิน, Phytosterols, โพรไบโอติก) ลดการเกินกลิ่นและกลิ่นรสที่ไม่เป็นที่ต้องการ และช่วยป้องกันการสลายตัวของสารถูกกักเก็บ (Madene *et al*., 2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 6 วัตถุดิบที่ใช้เป็นสารเคลือบในอุตสาหกรรมอาหาร

ชนิด	ตัวอย่าง	เทคนิคเอนแคปซูเลชันที่นิยมใช้
คาร์โบไฮเดรต	คอร์นไซรัป เด็กซ์ตริน (มอลโตเด็กซ์ตริน ไซโคลเด็กซ์ตริน สตาร์ช และซูโครส	การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying), การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง(freeze drying), เอ็กซ์ทรูชัน (extrusion), โคอะเซอร์เวชัน (coacervation), อินคลูชัน คอมเพล็กซ์ (inclusion complex)
ไขมัน	ขี้ผึ้ง ไดกลีเซอไรด์ โมโนกลีเซอไรด์ ไขมัน น้ำมัน พาราฟิน กรดสเตียริก ไตรสเตียริน	อิมัลชัน (emulsion), ลิโปโซม (liposome), การก่อฟิล์ม (film formation)
กัม	อะการ์ กัมอาราบิก กัมอาคาเซีย โซเดียมอัลจิเนต บิวเทอเรท ทาเลท คาราจีแนน	การทำแห้งแบบพ่นฝอย, การสร้างเม็ดเจล (gel beads)
เซลลูโลส	อะซิติลเซลลูโลส ไนโตรเซลลูโลส คาร์บอกซิลเมตทิลเซลลูโลส เมทิล-เซลลูโลส เซลลูโลสอะซิเตตบิวเทอเรททาเลท เอทิลเซลลูโลส	โคอะเซอร์เวชัน (coacervation), การทำแห้งแบบพ่นฝอย (spray drying), เอดิเบิล ฟิล์ม (edible films)
โปรตีน	อัลบูลมิน เคซีน เจลลาติน กลูเตน ฮีโมโกลบิน เปปไทด์	อิมัลชัน, การทำแห้งแบบพ่นฝอย

ที่มา: Desai and Park (2005)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6.1 เทคนิคการเอนแคปซูเลชัน

6.1.1 การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying)

การทำแห้งแบบพ่นฝอย เป็นวิธีที่นิยมกันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหาร เหมาะสำหรับงานที่ต้องการกำลังการผลิตมาก ๆ เนื่องจากง่ายต่อการเพิ่มปริมาณการผลิต การทำแห้งแบบพ่นฝอยเป็นวิธีการที่นำของเหลวหรือสารละลายที่เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous solution) หรือสารละลายที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน (non homogeneous solution) โดยอาจอยู่ในรูปของส่วนผสมระหว่างของแข็งกับของเหลว (slurry) หรือของเหลวกับของเหลว (emulsion) มาทำให้เกิดการแตกตัวออกเป็นอนุภาคเล็กๆ ผ่านทางหัวฉีด แล้วสัมผัสกับอากาศร้อนที่ไหลผ่าน เกิดการถ่ายเทกับอากาศร้อน เกิดการระเหย ทำให้ของเหลวแห้ง อนุภาคของสารที่ได้จะมีขนาดเล็ก (100-200 μm) จึงเกิดการระเหยขึ้นที่ผิวหน้าอย่างรวดเร็ว ระยะเวลาที่ใช้ในการทำแห้งจะเป็นใช้เวลาสั้น ๆ ประมาณ 1-10 วินาที ผลิตภัณฑ์ที่ได้หลังการทำแห้งจะมีลักษณะเป็นผงแห้ง

6.1.2 การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (Freeze drying)

การทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง ทำโดยการแช่แข็งสารกักเก็บที่ผ่านการห่อหุ้มแล้วด้วยอุณหภูมิต่ำอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดผลึกน้ำแข็งขนาดเล็กและลดความเสียหายที่เกิดขึ้นกับเซลล์ หลังจากนั้นน้ำแข็งจะถูกกำจัดออกโดยการระเหิดกลายเป็นไอน้ำ ไอน้ำจะถูกกำจัดออกจากอาหารอย่างต่อเนื่อง ด้วยการรักษาความดันภายในตู้ให้ต่ำกว่าความดันไอน้ำที่ผิวของน้ำแข็ง ไอน้ำจะถูกกำจัดออกจากตู้ด้วยปั๊มสุญญากาศ และกลั่นตัวบนขดลวดทำความเย็น (Fellow, 2000) โพรไบโอติกที่ผ่านการทำแห้งด้วยวิธีนี้จะมีปริมาณการรอดชีวิตลดลง ดังนั้นจึงมีการเติมสาร cryoprotectants ซึ่งเป็นสารที่เพื่อเพิ่มปริมาณการรอดชีวิตของโปรไบโอติก เช่น หางนมผง (skim milk powder), ฟรุคโตส (fructose), แลคโตส (lactose), แมนโนส (mannose), ซอร์บิทอล (sorbitol) และโมโน-โซเดียมกลูตาเมต (monosodium glutamate) เป็นต้น

6.1.3 การทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (Fluidized-bed drying)

การทำแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด เป็นกระบวนการลดความชื้นของอาหาร ด้วยการถ่ายเทมวลสารและความร้อนในเวลาเดียวกัน โดยใช้อากาศร้อนเป็นตัวกลาง (drying medium)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในการพาความชื้นออกจากอาหาร การทำแห้งแบบฟลูอิไดซ์ เป็นวิธีการที่สามารถนำมาใช้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษา โดยมีหลักการคือ การทำให้อนุภาคของสารที่นำมาทำแห้งลอยตัวอยู่ในอากาศร้อนและสัมผัสกับอากาศร้อนอย่างทั่วถึง โดยจะเคลื่อนที่ไปพร้อมอากาศที่หมุนเวียนอยู่ภายในห้องอบแห้ง (chamber) ในขณะเดียวกันสารที่ใช้ในการห่อหุ้มจะถูกฉีดผ่านหัวฉีดเป็นละอองขนาดเล็กไปทำการห่อหุ้ม อัตราการทำแห้งจะเกิดเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับเวลาในการทำแห้ง ความชื้นของอนุภาคที่ทำแห้ง อุณหภูมิในการทำแห้ง การไหลเวียนและความสม่ำเสมอของลมร้อน รวมทั้งพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างอนุภาคและลมร้อน เป็นต้น

6.1.4 อิมัลชัน (Emulsion) หรือระบบ 2 วัฏภาค (two phase system)

การเอ็นแคปซูเลชันด้วยวิธีอิมัลชัน จะอาศัยหลักการการผสมกันระหว่างเฟส 2 เฟส โดยเฟสหนึ่งเป็นเฟสไม่ต่อเนื่อง (discontinuous phase) และอีกเฟสหนึ่งเป็นเฟสต่อเนื่อง (continuous phase) ซึ่งเป็นเฟสของน้ำมันที่มีปริมาณมาก การเอ็นแคปซูเลชันจะเริ่มจากการนำทั้ง 2 เฟสมาผสมให้มีลักษณะเป็นเนื้อเดียวกัน หรือเกิดอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (water-in oil emulsion) จากนั้นเชื่อมไขว้โครงสร้างของพอลิเมอร์ จนเกิดเป็นอนุภาคเจลขนาดเล็กภายในเฟสน้ำมัน ซึ่งขนาดของเม็ดเจลขึ้นอยู่กับความเร็วในการปั่นผสม โดยมีขนาดอยู่ในช่วง 250 – 2,000 มิลลิเมตร (Krasaekoopt *et al*., 2003) ความเข้มข้นของโพลิเมอร์ สารเชื่อมไขว้ เวลาของการเกิดเจล (Sheu and Marshall, 1993)

6.1.5 เอ็กทรูชัน (Extrusion)

การเอนแคปซูเลชันแบบเอ็กทรูชันเป็นวิธีการใช้ไฮโดรคอลลอยด์หรือพอลิเมอร์ร่วมกับสารหรือจุลินทรีย์ (Kim, 2008) เกิดเป็นสารแขวลอย จากนั้นหยดส่วนผสมลงในสารละลายเชื่อมขวาง เม็ดบีดที่ได้จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตามขนาดของเข็มที่ใช้ รวมถึงระยะห่างของการหยด เวลาที่แช่อยู่ในสารเชื่อมขวาง ความเร็วรอบในการกวน (Chandramouli *et al*., 2004; Capela *et al*., 2007) ความเข้มข้นของพอลิเมอร์และสารละลายขวางเชื่อม การเอนแคปซูเลชันด้วยเทคนิคเอ็กทรูชันจัดเป็นเทคนิคที่นิยมใช้เนื่องจากขั้นตอนการผลิตง่าย ต้นทุนต่ำ และสภาวะไม่รุนแรง มีความสามารถในการเก็บรักษาเชื้อจุลินทรีย์ที่มีชีวิตสูง (Krasaekoopt *et al*., 2003)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สารห่อหุ้มที่นิยมใช้ในเทคนิคนี้คือ อัลจิเนต โดยอัลจิเนตเป็นพอลิแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่ายสีน้ำตาล มีโครงสร้างทางเคมีเป็นเฮทเทอร์โรโพลีแซคคาไรด์แบบเส้นตรง (linear heteropolysaccharide) เป็นพอลิเมอร์ร่วมของ D-mannuronic acid (M) และ L-gluluronic acid (G) อัลจิเนตสามารถเกิดเป็นเจลได้เมื่ออยู่ในสารละลายที่มีไอออนของโลหะที่เป็นพอลิวาเลนท์ เช่น Ca^{2+}, Ba^{2+}, Cu^{2+} และ Al^{3+} ซึ่งสามารถจับกับ (G) ได้ดี โดยจะเข้าไปแทนที่ใน H_3O^+ ของอัลจิเนตที่สร้างพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ COO^- เกิดเป็นโครงสร้างที่เรียกว่า egg box ทำให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงและสามารถเกิดเจลได้ที่อุณหภูมิต่ำ (Nussinovitch, 1997) อัลจิเนตจัดเป็นพอลิเมอร์ชนิดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการเอ็นแคปซูเลชัน เนื่องจากสามารถหาได้ง่าย มีราคาถูก และมีความปลอดภัยต่อผู้บริโภค (Sulatana *et al*., 2000)

Kim *et al.* (2008) ศึกษาผลของความร้อนของอาหารเหลว MRS ต่อการรอดชีวิตของ *L. acidophilus* ATCC 43121 โดยการเอ็นแคปซูเลชันด้วยเจลแคลเซียมอัลจิเนต ที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 2.0 เปอร์เซ็นต์ (โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) และ $CaCl_2$ ที่ความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ด้วยวิธีเอ็กซ์ทรูชัน ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบว่า ปริมาณจุลินทรีย์ที่ผ่านการเอ็นแคปซูเลชันมีชีวิตรอดมากกว่าเซลล์อิสระอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณเซลล์ที่มีชีวิตลดลงจาก 1.2×10^7 เป็น 2.1×10^5 และจาก 2.0×10^7 เป็น 3.5×10^4 โคโลนีต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ

Jankowski *et al.* (1997) ศึกษาผลของความเข้มข้นของ $CaCl_2$ ต่อความหนาของเจลแคลเซียมอัลจิเนต โดยแปรผันความเข้มข้นเป็น 50, 100 และ 300 มิลลิโมลาร์ ที่ความเข้มข้นของอัลจิเนต 0.6 เปอร์เซ็นต์ โดย Ca^{2+} แพร่จากบริเวณด้านในออกสู่บริเวณด้านนอก (internal gelation) พบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของ $CaCl_2$ ทำให้เจลหนาเพิ่มขึ้นภายในเวลาการเกิดเจลที่เท่ากัน เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของ $CaCl_2$ มีผลให้ Ca^{2+} ซึ่งมีความเข้มข้นมากที่บริเวณภายในเจลแพร่ออกสู่ด้านนอกซึ่งมีความเข้มข้นของ Ca^{2+} น้อยกว่าได้อย่างรวดเร็ว จึงเกิดเป็นเจลได้เร็วกว่าและมีความหนาของเมมเบรนมากกว่า

Sankalia *et al.* (2005) ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นของอัลจิเนตต่อลักษณะทางกายภาพของเจลแคลเซียมอัลจิเนต ที่กักเก็บเอนไซม์ปาเปนซึ่งเตรียมด้วยวิธีเอ็กซ์ทรูชัน โดยแปรผันความเข้มข้นของอัลจิเนตเป็น 1.0, 1.5 และ 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 0.15 โมลาร์ และเวลาการเกิดเจล 20 นาที พบว่า เมื่อพิจารณาจากภาพ SEM การเพิ่มความเข้มข้นของอัลจิเนต จะทำให้รูพรุนของพื้นผิวเจลมีขนาดเล็กลงและเรียบมากขึ้น และได้ทำการศึกษาผล

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ของความเข้มข้นของอัลจิเนตต่อปริมาณเอนไซม์ปาเปนในเม็ดเจล พบว่า ปริมาณเอนไซม์ในเม็ดเจลเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของอัลจิเนตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเป็นผลจากความหนาแน่นบริเวณผิวของเม็ดเจลมากขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น จึงทำให้สามารถกักเก็บเอนไซม์ได้เพิ่มขึ้น

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ

1.1 ข้าวเหนียวพันธุ์เขี้ยวงู (กข.6) แบบเมล็ดแตกหักไม่สมบูรณ์ จากตลาดอมรพันธ์ (กรุงเทพฯ)

1.2 ลูกแป้งข้าวหมาก จากตลาดศาลายา (นครปฐม) ตลาดกลาง (ชลบุรี) และจากร้านขายลูกแป้งเฉพาะ (ตราด)

1.3 นมพาสเจอร์ไรซ์ไขมันร้อยละ 12 (ยี่ห้อเมจิ, ประเทศไทย)

1.4 น้ำตาลทราย (ยี่ห้อมิตรผล, ประเทศไทย)

1.5 วิปปิ้งครีม (ยี่ห้อ Anchor, ประเทศนิวซีแลนด์)

1.6 สารให้ความคงตัว (เจลาติน; ยี่ห้อ McGarett, ประเทศไทย)

1.7 หางนมผง (ยี่ห้อ eligo, ประเทศเชคโกสโลวาเกีย)

1.8 จุลินทรีย์

1.8.1 เชื้อ *Streptococcus thermophilus* TISTR 458

1.8.2 เชื้อ *Lactobacillus delbruekii* subsp. *bulgaricus* TISTR 895

1.8.3 เชื้อ *Lactobacillus acidophilus* TISTR 1338

1.9 โซเดียมอัลจิเนต (ยี่ห้อ FMC BioPolymer, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

2.0 แคลเซียมคลอไรด์ (ยี่ห้อ Fuji Kasei, ประเทศญี่ปุ่น)

2. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเตรียมไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

2.1 อุปกรณ์เครื่องครัว

2.2 เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่งและ 4 ตำแหน่ง

2.3 เครื่องปั่นผสมอาหาร (ยี่ห้อ MARA®, รุ่น MR-1258, ประเทศไทย)

2.4 เครื่องปั่นไอศกรีม (ยี่ห้อ HOMEMATE®, รุ่น HOM-4002, ประเทศไทย)

2.5 ตู้เย็น

2.6 ตู้แช่แข็ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.7 เทอร์โมมิเตอร์

2.8 เข็มฉีดยา

3. อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางกายภาพ

3.1.1 เครื่องวัดความหนืด (ยี่ห้อ BrookField รุ่น DV-III, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

3.1.2 เครื่องวัดสี Spectrophotometer (ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM – 3500d, ประเทศญี่ปุ่น)

3.1.3 แท่งวัดอุณหภูมิ (Thermocouple)

3.1.4 ถ้วยพลาสติกพร้อมฝา

3.1.5 กรวยกรอง

3.1.6 ขวดรูปชมพู่

3.1.7 ตะแกรงลวด

3.1.8 กระบอกตวง 100 มิลลิลิตร

3.1.9 อุปกรณ์สำหรับทดสอบชิม

3.2 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางเคมี

3.2.1 เครื่องวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-α, ประเทศญี่ปุ่น)

3.2.2 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH) (ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C830P, ประเทศเบลเยียม)

3.2.3 อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ด้วยการไทเทรต (AOAC, 2005)

3.2.4 อุปกรณ์วิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยวิธี Hydrometer Method (AOAC, 2005)

3.3 อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์

3.3.1 เครื่องแก้วในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

3.3.2 เครื่องฆ่าเชื้อภายใต้ความดัน (ยี่ห้อ Tuttnauer รุ่น 3850M, ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3.3.3 ตู้ฆ่าเชื้อลมร้อน (ยี่ห้อ BINDER รุ่น FD-115, ประเทศเยอรมนี)

3.3.4 กล้องจุลทรรศน์ (ยี่ห้อ OLYMPUS รุ่น CH-2, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3.5 ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิต่ำ (ยี่ห้อ SANYO รุ่น MIR-153, ประเทศญี่ปุ่น)

3.3.6 เครื่องเหวี่ยงแยกควบคุมอุณหภูมิ (ยี่ห้อ KOKUSAN รุ่น H-80R, ประเทศญี่ปุ่น)

3.4 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

3.4.1 อุปกรณ์ในการทดสอบทางประสาทสัมผัส

3.4.2 แบบสอบถาม

4. อุปกรณ์ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูล

4.1 คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

4.2 โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 12.0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิธีการ

1. ศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

1.1 ศึกษาแนวความคิดผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

ศึกษาพฤติกรรม ความต้องการ และทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่ต้องการ โดยทำการอภิปรายกลุ่ม (Focus group discussion) กับกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมายที่เคยรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมาก หรือรู้จักผลิตภัณฑ์นี้ทั้ง 2 ชนิด

ทำการสนทนากลุ่มผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร ที่มีอายุอยู่ในช่วง 18 ปีขึ้นไป จำนวน 20 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ10 คน ทำการอภิปรายในห้องประชุม โดยมีหัวข้อในการสนทนา คือ ทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก และรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่ต้องการ ใช้เวลาในการสนทนาประมาณ 30-45 นาที ทำการบันทึกข้อมูลระหว่างการสนทนา ซึ่งมีหัวข้อการสนทนา ดังนี้

1.1.1 ทัศนคติเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

1.1.2 รายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่ต้องการ

รวบรวมข้อมูลที่บันทึกได้ในระหว่างการอภิปราย นำมาวิเคราะห์ในเชิงพรรณนาแล้วนำข้อมูลไปใช้ในการสร้างแบบสอบถามสำหรับการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคในขั้นตอนต่อไป

1.2 สำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

สำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากกับผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่รับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมาก หรือรู้จัก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลิตภัณฑ์ทั้ง 2 ชนิด ที่มีอายุ 18 ขึ้นไป และอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร โดยเริ่มจากการสร้างแบบสอบถามและทดสอบความสมบูรณ์ของแบบสอบ แล้วสำรวจผู้บริโภคโดยใช้แบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน เพื่อหาสัดส่วนของประชากรที่รับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมาก กำหนดขนาดของตัวอย่างโดยใช้สูตรการแจกแจงค่าสัดส่วนของตัวอย่าง (Cooper and Schindler, 1978) คือ

$$n = Z^2 pq / E^2 \qquad (1)$$

โดยที่ n = ขนาดของตัวอย่าง

p = สัดส่วนของประชากรที่คาดว่าจะรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมาก

Z = ความเชื่อมั่นที่กำหนด (ร้อยละ 95) = 1.96

E = ความคลาดเคลื่อนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ (ร้อยละ 5)

จากนั้นรวบรวมข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธีแจกแจงความถี่ และอัตราส่วนร้อยละ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

2. ศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

2.1 คัดเลือกสูตรพื้นฐานของไอศกรีมโยเกิร์ต

2.1.1 ศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ เชื้อ *Lactobacillus delbruekii* subsp. bulgaricus

นำเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus* มาทำการศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อ โดยเริ่มจากการนำกล้าเชื้อทั้ง 2 ชนิด จำนวน 1 โคโลนี ถ่ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS ปริมาตร 10 มิลลิตร ทำการบ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วถ่ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS (10 มล.) ปริมาณ 1 ลูป บ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปิเปตเชื้อที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS (25 มล.) บ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส ตรวจนับจำนวนเชื้อเริ่มต้นด้วยวิธี dilution plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MRS ที่เติมโบรโมครีซอลเพอร์เพิล (Bromocresol purple) ร้อยละ 0.004 และแคลเซียมคาร์บอเนต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ร้อยละ 1 เป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) บ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส ทุก ๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง บันทึกข้อมูลแล้วนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างปริมาณเชื้อที่เกิดขึ้น (log cfu g^{1-}) กับเวลา (ชั่วโมง)

2.1.2 เตรียมกล้าเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ เชื้อ *Lactobacillus delbruekii* subsp. bulgaricus ในการผลิตโยเกิร์ต

นำกล้าเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus* จำนวน 1 โคโลนี ถ่ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS (10 มล.) ปริมาณ 1 ลูป นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ปิเปตเชื้อที่ได้ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS (25 มล.) บ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาที่ได้จากการศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อทั้ง 2 ชนิด โดยให้มีปริมาณเชื้อเริ่มต้นประมาณ 10^{9} cfu g^{1-} จากนั้นนำเชื้อที่ได้ไปทำการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วเทส่วนใสออก ล้างตะกอนของเชื้อด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ทำการเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (Vortex) ให้เข้ากัน แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงซ้ำ ทำซ้ำ 2 ครั้ง แล้วจึงนำตะกอนเชื้อที่ได้ มาทำการละลายด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อปริมาตร 40 มิลลิลิตร (5% v/v) เขย่าให้เข้ากันแล้วทำการปรับปริมาณเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus* ที่อัตราส่วน 2:1 ตรวจนับจำนวนเชื้อเริ่มต้นด้วยวิธี dilution plate count บนอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MRS ที่เติมโบรโมครีซอลเพอร์เพิล (Bromocresol purple) ร้อยละ 0.004 และแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 1 เป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) บ่มที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ดัดแปลงมาจาก น้อมจิตต์, 2542)

2.1.3 เก็บรักษากล้าเชื้อจุลินทรีย์ *Streptococcus thermophilus* และ เชื้อ *Lactobacillus delbruekii* subsp. bulgaricus

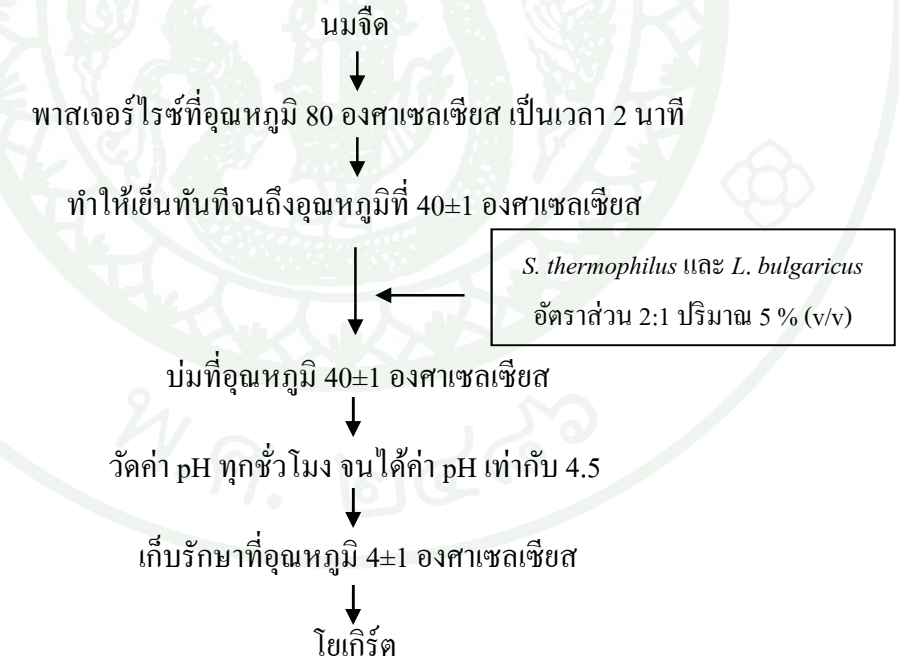
นำกล้าเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus* มาเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MRS ด้วยวิธี spread plate โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อแข็ง MRS ที่เติมโบรโมครีซอลเพอร์เพิล (Bromocresol purple) ร้อยละ 0.04 และแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 1 เป็นอินดิเคเตอร์ (Indicator) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำอย่างน้อย 2 ครั้ง ทำการตรวจสอบโคโลนี ด้วยวิธีการย้อมแกรม เพื่อดูลักษณะและรูปร่างภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และทดสอบความ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สามารถในการสร้างเอนไซม์คะตะเลส (catalase) (Garbutt, 1997) ทำการคัดเลือกเชื้อที่ที่ติดสีแกรมบวก ไม่สร้างเอนไซม์คะตะเลส มาทำการเก็บรักษาโดยเขี่ยเชื้อบริสุทธิ์โคโลนีเดี่ยวแทงในหลอดอาหารเพาะเชื้อแข็งเอียง (MRS slant) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และทำการต่อเชื้อทุก 1 เดือน ในกรณีที่ต้องการสำรองเก็บเป็นเวลานาน เก็บรักษาโดยการเขี่ยเชื้อบริสุทธิ์โคโลนีเดี่ยวเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว (MRS broth) ในหลอดเก็บเชื้อ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 37±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เติมกลีเซอรอลปลอดเชื้อปริมาณร้อยละ 15 ผสมให้เข้ากันแล้วนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส และทำการต่อเชื้อทุก 6 เดือน (ดัดแปลงจาก น้อมจิตต์, 2542)

2.1.4 การเตรียมโยเกิร์ต

นำนมพาสเจอร์ไรซ์ (ยี่ห้อเมจิ, ประเทศไทย) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร มาผลิตเป็นโยเกิร์ต ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 กระบวนการผลิตโยเกิร์ต

ที่มา: ดัดแปลงมาจากวรรณพร (2547)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากนั้นนำโยเกิร์ตที่ได้ทำการวัดค่าคุณภาพดังต่อไปนี้

ก. คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าความหนืด วัดค่าความหนืดของโยเกิร์ตหลังผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield; DV-III) โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 2 (RV-2) ที่ความเร็วรอบการหมุน 10 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังการหมุน 30 วินาที (ดัดแปลงจาก Goff *et al*., 1990) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ค่าสี ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM – 3500d แสดงค่าเป็น L^* a^* และ b^* ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

3) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ด้วย Refractometer ยี่ห้อ ATA รุ่น PAL-α โดยวิธี AOAC (2005) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ข. คุณภาพทางเคมี

1) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) วัดค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ตในระหว่างการบ่มในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 40±1 องศาเซลเซียส ทุกชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดพีเอชควบคุมอุณหภูมิโยเกิร์ตขณะวัดที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส (วรรณพร, 2547) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกด้วยการไทเทรตตามวิธี การของ AOAC (2005) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ค. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

ตรวจนับจำนวน Lactic acid bacteria ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (Dave and Shah, 1996)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.5 คัดเลือกสูตรพื้นฐานไอศกรีมโยเกิร์ต

ทำการคัดเลือกสูตรพื้นฐานของไอศกรีมโยเกิร์ต โดยทำการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมแตกต่างกัน 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 7 ตามกรรมวิธี ดังแสดงในภาพที่ 8

ตารางที่ 7 สูตรพื้นฐานของไอศกรีมโยเกิร์ต

ส่วนผสม	สูตรที่ 1 (%)	สูตรที่ 2 (%)	สูตรที่3 (%)
วิปปิ้งครีม	16.40	22.65	13.07
น้ำตาลทราย	9.00	20.95	15.03
เจลาติน	0.40	0.50	-
หางนมผง	5.60	-	-
น้ำ	38.20	-	-
โยเกิร์ต	30.40	28.65	19.61
นม	-	27.25	52.29

ที่มา: สูตรที่ 1วรรณพร (2547), สูตรที่ 2 นิดดา (2552) และสูตรที่ 3 Morfudd (2009)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 8 กระบวนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต

ที่มา: วรรณพร (2547)

จากนั้นทำการวัดค่าคุณภาพของไอศกรีมโยเกิร์ต โดยนำไอศกรีมโยเกิร์ตเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาทำการวัดค่าความหนืด ค่าสี ร้อยละการขึ้นฟู ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด จากนั้นนำไอศกรีมโยเกิร์ตที่ผ่านการแช่แข็ง (Hardening) มาทำการวัดปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลคติก ยีสต์/รา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส ดังต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ก. คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าความหนืด วัดค่าความหนืดของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลวหลังผ่านการเก็บที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield; DV-III) โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 2 (RV-2) ที่ความเร็วรอบการหมุน 10 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังการหมุน 30 วินาที (ดัดแปลงจาก Goff *et al*., 1990) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ค่าสีด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM – 3500d แสดงค่าเป็น L^* a^* และ b^* ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

3) ร้อยละการขึ้นฟู วัดการขึ้นฟูของไอศกรีมโดยกำหนดปริมาตรคงที่ ชั่งน้ำหนักไอศกรีมเหลวที่ใส่พอดีถ้วยพลาสติกที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว บนเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของไอศกรีมเหลว จากนั้นปั่นเป็นไอศกรีมแล้วชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่บรรจุพอดีถ้วยพลาสติกใบเดิม บันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่ได้ นำไปคำนวณร้อยละการขึ้นฟูดังสมการ (Arbuckle, 1986) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

$$\text{การขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม} \times 100}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \quad \text{——— (2)}$$

4) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-α ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ข. คุณภาพทางเคมี

1) ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มก็บที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดพีเอช และควบคุมอุณหภูมิของไอศกรีมเหลวขณะวัดที่ 25±1 องศาเซลเซียส (วรรณพร, 2547) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก ด้วยการไทเทรต ตามวิธีการของ AOAC (2005) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ค. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

1) ตรวจนับปริมาณเชื้อยีสต์และเชื้อรา (BAM, 2002)

2) ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2002)

3) ตรวจนับจำนวน Lactic acid bacteria ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (Dave and Shah, 1996)

ง. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ต โดยเสิร์ฟตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตเมื่อนำออกจากตู้แช่แข็ง 3 นาที โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสหวาน กลิ่นรส ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวม ร่วมกับวิธี Just about right (1 = น้อยเกินไป 2 = พอดี 3 = มากเกินไป) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

2.2 พัฒนาสูตรไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

2.2.1 คัดเลือกลูกแป้งข้าวหมากที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

ทำการคัดเลือกลูกแป้งข้าวหมาก 3 ชนิด ซึ่งนำมาจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน คือ จากตลาดศาลายา (นครปฐม) ตลาดกลาง (ชลบุรี) และจากร้านขายลูกแป้งเฉพาะ (ตราด) โดยทำการเตรียมข้าวหมากดังต่อไปนี้

ล้างข้าวเหนียวสารพันธุ์เขี้ยวงู (กข.6) ให้สะอาด แล้วนำไปแช่น้ำสะอาด เป็นเวลา 5-6 ชั่วโมง พักให้สะเด็ดน้ำ นำไปนึ่งด้วยไอน้ำประมาณ 20 นาที ผึ่งให้เย็น ล้างด้วยน้ำต้มสุก 2 ครั้ง สะเด็ดน้ำ ผึ่งให้แห้ง จากนั้นเติมลูกแป้งบดละเอียดลงในข้าวเหนียวนึ่งในอัตราส่วนลูกแป้ง 10 กรัม ต่อปริมาณข้าวเหนียวนึ่ง 1 กิโลกรัม ทำการคลุกเคล้าให้ทั่วข้าว ชั่งข้าวเหนียวนึ่งปริมาณ 250 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อขนาด 600 มิลลิลิตร ปิดปากบีกเกอร์ด้วยอลูมิเนียมฟอยล์ (Alminum foil) นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง (จิราภรณ์, 2554) แล้ว

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

นำข้าวหมากที่ได้บดด้วยเครื่องปั่นผสมอาหารที่ความเร็วสูงสุดเป็นเวลา 1 นาที แล้วพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที แบ่งข้าวหมากเหลวที่ได้ออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนหนึ่งนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส จนกว่าจะนำไปใช้ในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก (ภายในไม่เกิน 3 วัน) และนำอีกส่วนไปทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก. คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าความหนืด วัดค่าความหนืดด้วยเครื่อง Brookfield รุ่น DV-III โดยใช้หัวเข็มเบอร์ 2 (RV-2) ที่ความเร็วรอบการหมุน 10 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังการหมุน 30 วินาที (ดัดแปลงจาก Ibanoglu and Esra, 1999) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ค่าสี ด้วยเครื่องวัดสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM – 3500d ประเทศญี่ปุ่น ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

3) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วยเครื่อง Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-α ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ข. คุณภาพทางเคมี

1) ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ด้วยเครื่องวัดพีเอช ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติกด้วยการไทเทรตตามวิธีการของ AOAC (2005) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ค. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

1) ตรวจนับปริมาณเชื้อยีสต์และเชื้อรา (BAM, 2002)

2) ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2002)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ง. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากเหลว โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทดสอบได้แก่ สี กลิ่น รสหวาน กลิ่นรส ความชอบโดยรวม ร่วมกับวิธี Just about right (1 = น้อยเกินไป 2 = พอดี 3 = มากเกินไป) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

นำลูกแป้งที่คัดเลือกได้มาทำการผลิตข้าวหมาก เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากในขั้นตอนต่อไป

2.2.2 การผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

สร้างสูตรที่เหมาะสมของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design (อนุวัตร, 2552) ซึ่งมีข้อจำกัดคือ ไอศกรีมโยเกิร์ตเหลวร้อยละ 60-80 น้ำร้อยละ 0-20 และข้าวหมากร้อยละ 5-15 ดังนั้นไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่เหมาะสมจะมีทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 อัตราส่วนผสมของไอศรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

สูตร	ไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว (%)	น้ำ (%)	ข้าวหมาก (%)
1	80	15	5
2	80	5	15
3	65	20	15
4	75	20	5
5 (จุดกึ่งกลาง)	75	15	10

ทำการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ด้วยวิธีการเดียวกันกับการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต โดยเตรียมไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก 5 สูตร ตามอัตราส่วนที่กำหนด ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปบ่มที่อุณภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นปั่นให้แข็งด้วยเครื่อง

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ปั่นไอศกรีมเป็นเวลาประมาณ 25-30 นาที (สมจิต, 2544) บรรจุใส่ถ้วยพลาสติกปิดฝา นำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ –18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (วรรณพร, 2547) เก็บรักษาที่อุณหภูมิ –18±2 องศาเซลเซียส ตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยขั้นตอนแรกจะเป็นการนำไอศกรีมเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาทำการวัดค่าความหนืด ค่าสี ร้อยละการขึ้นฟู ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด ในส่วนของขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการนำไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากหลังผ่านการแช่แข็งที่อุณหภูมิ –18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาทำการวัดอัตราการละลาย ปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด ปริมาณแบคทีเรียกรดแลคติก ยีสต์/รา และคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ก. คุณภาพทางกายภาพ

1) ค่าความหนืด วัดค่าความหนืดของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก หลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield; DV-III) โดยใช้หัวหมุนเบอร์ 2 (RV-2) ที่ความเร็วรอบการหมุน 10 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังการหมุน 30 วินาที (ดัดแปลงจาก Goff *et al*., 1990) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ค่าสี วัดด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM – 3500d แสดงค่าเป็น L^* a^* และ b^* ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

3) ร้อยละการขึ้นฟู วัดการขึ้นฟูของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก โดยกำหนดปริมาตรคงที่ ชั่งน้ำหนักไอศกรีมเหลวที่ใส่พอดีถ้วยพลาสติกที่ชั่งน้ำหนักไว้แล้ว บนเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง บันทึกน้ำหนักของไอศกรีมเหลว จากนั้นปั่นเป็นไอศกรีมแล้วชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่บรรจุพอดีถ้วยพลาสติกใบเดิม บันทึกน้ำหนักไอศกรีมที่ได้ นำไปคำนวณร้อยละการขึ้นฟูดังสมการ (Arbuckle, 1986) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

$$\text{การขึ้นฟู (ร้อยละ)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมเหลว} - \text{น้ำหนักไอศกรีม} \times 100}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}}$$

4) อัตราการละลาย โดยบรรจุไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากลงในถ้วยพลาสติกที่ผ่านการชั่งน้ำหนักที่แน่นอนด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง จากนั้นแช่แข็งไอศกรีมที่

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุณหภูมิ -18±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นำไอศกรีมที่ได้มาทำการวัดอัตราการละลาย ที่อุณหภูมิ 25±1 องศาเซลเซียส โดยเริ่มวัดอัตราการละลายเมื่ออ่านอุณหภูมิของไอศกรีมที่ระดับความลึก 1 เซนติเมตร จากแท่งวัดอุณหภูมิ (thermocouple) ได้ -12±0.5 องศาเซลเซียส วางไอศกรีมบนตะแกรงลวด ที่วางอยู่บนกรวยกรอง แล้วรองรับไอศกรีมที่ละลายด้วยขวดรูปชมพู่ จากนั้นชั่งน้ำหนักไอศกรีมที่ละลายทุกๆ 10 นาที เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟระหว่างน้ำหนักไอศกรีมที่ละลาย (กรัม) กับเวลา (นาที) ความชันของกราฟที่ได้คืออัตราการละลาย (Garcia *et al*., 1995) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

5) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดด้วย Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-α ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ข. คุณภาพทางเคมี

1) ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) ของไอศกรีมเหลวด้วยเครื่องวัดพีเอชและเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ควบคุมอุณหภูมิของไอศกรีมเหลวขณะวัดที่ 25±0.5 องศาเซลเซียส (วรรณพร, 2547) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

2) ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก ด้วยการไทเทรต ตามวิธีการของ AOAC (2005) ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

ค. คุณภาพทางจุลชีววิทยา

1) ตรวจนับปริมาณเชื้อยีสต์และเชื้อรา (BAM, 2002)

2) ตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (BAM, 2002)

3) ตรวจนับจำนวน Lactic acid bacteria ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อ MRS agar (Dave and Shah, 1996)

ง. คุณภาพทางประสาทสัมผัส

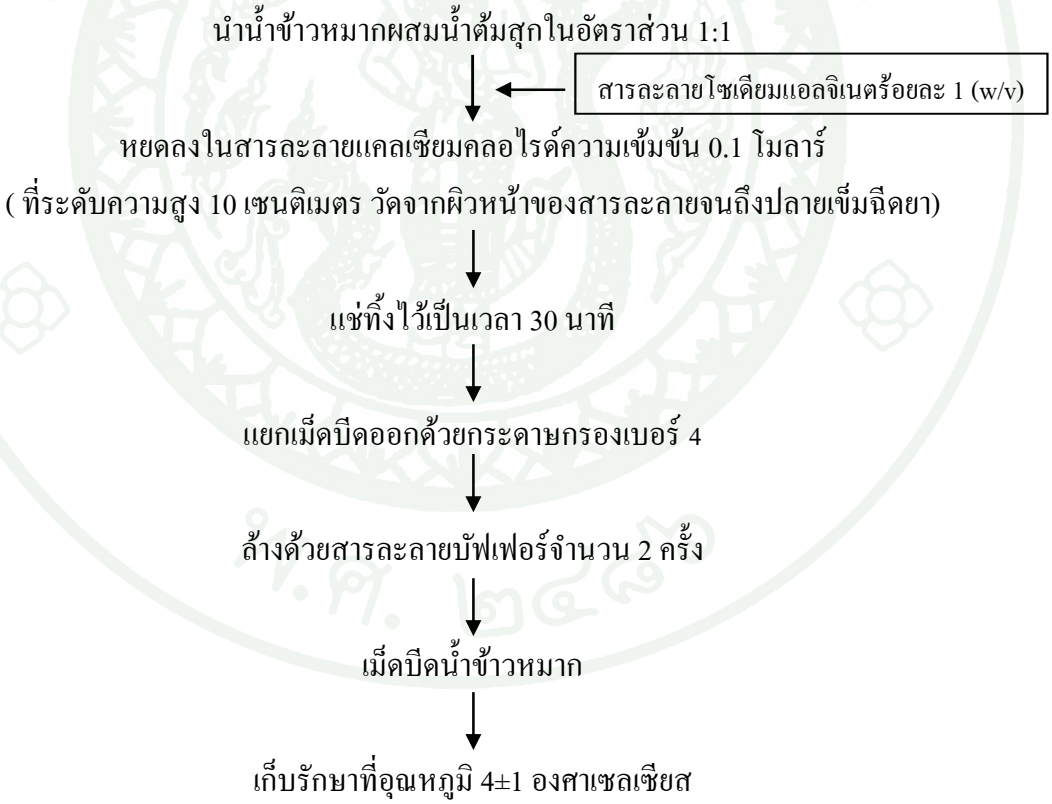
ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ทำการเสิร์ฟตัวอย่างเมื่อนำออกจากตู้แช่แข็ง 3 นาที โดยการทดสอบความชอบโดยวิธี 9-Point

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสหวาน กลิ่นรส ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวม ร่วมกับวิธี Just about right (1 = น้อยเกินไป 2 = พอดี 3 = มากเกินไป) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

3. ศึกษาการเอนแคปซูเลชันน้ำข้าวหมาก

โดยเริ่มจากการนำข้าวหมากที่ผลิตจากกรรมวิธีในข้อ 2.2.1 มาทำการกรองด้วยผ้าขาวบางที่ฆ่าเชื้อแล้ว แล้วนำน้ำข้าวหมากที่ได้ไปพาสเจอร์ไรซ์ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 นาที เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส (เก็บรักษาไม่เกิน 3 วัน) จากนั้นจึงทำการเตรียมเม็ดบีดน้ำข้าวหมากโดยใช้เข็มฉีดยาขนาด 18G และกระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร ตามกรรมวิธี ดังแสดงในภาพที่ 9 และ 10



ภาพที่ 9 กระบวนการผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

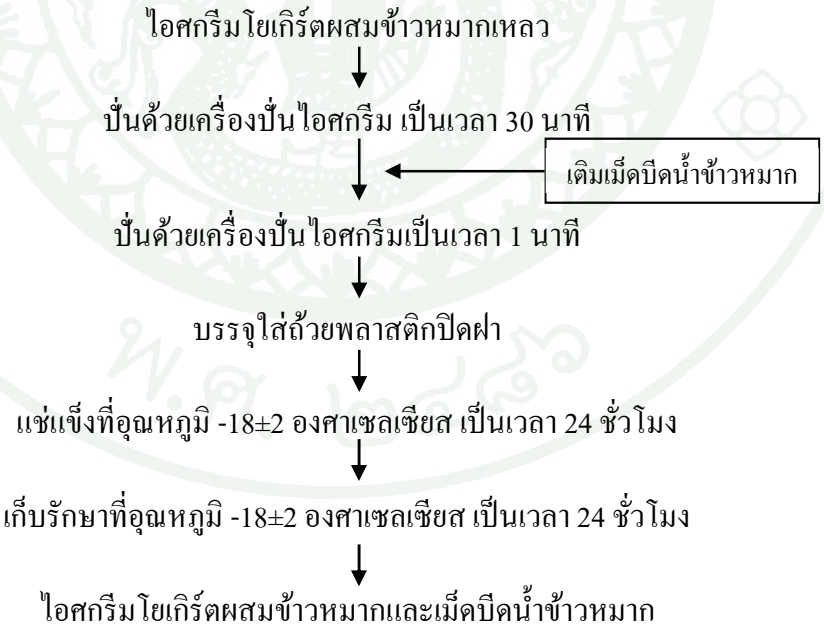
ที่มา: ดัดแปลงมาจาก จุฬาลักษณ์ (2553)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



ภาพที่ 10 การผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

จากนั้นเตรียมไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก โดยนำไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากเหลวหลังผ่านการบ่มที่อุณหภูมิ 4±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มาทำการเติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก ตามกรรมวิธี ดังแสดงในภาพที่ 11 ที่ปริมาณร้อยละ 1 และ 2



ภาพที่ 11 กระบวนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

ที่มา: ดัดแปลงมาจาก Homayouni *et al*. (2008)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตรวจสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก โดยเสิร์ฟตัวอย่างเมื่อนำออกจากตู้แช่แข็ง 3 นาที โดยการทดสอบความชอบด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด 9 = ชอบมากที่สุด) ปัจจัยที่ทดสอบ ได้แก่ สี กลิ่น รสหวาน กลิ่นรส ขนาดของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก ปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก และความชอบโดยรวมร่วมกับวิธี Just about right (1 = น้อยเกินไป 2 = พอดี 3 = มากเกินไป) โดยใช้ผู้ทดสอบที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 50 คน

4. ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

ทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก ทำการประเมินในศูนย์กลางการประเมินกลางชุมชน (Central Location Test-CLT) ทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 150 คน โดยใช้การประเมินความชอบแบบ 9 - point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) ทำการเสิร์ฟตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก เมื่อนำออกจากตู้แช่แข็ง 3 นาที พร้อมแบบสอบถาม จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลและประมวลผลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS Version 12

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนและหากสิ่งทดลองมีความแตกต่าง ทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS ® เวอร์ชั่น 16

6. สถานที่ทำการวิจัย

ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

7. ระยะเวลาการวิจัย

เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม 2555 ถึงเดือนมกราคม 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ผลการสำรวจผู้บริโภคและความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

1.1 การศึกษาแนวความคิดผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค

จากการศึกษาพฤติกรรม ความต้องการ และทัศนคติของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและรายละเอียดเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่ต้องการ โดยใช้การสนทนากลุ่ม (Focus group discussion) กับผู้บริโภค เพื่อนำข้อมูลมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต ข้าวหมากและผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากต่อไป

รวบรวมแนวความคิดจากกลุ่มผู้บริโภคเพศชายและหญิงในเขตกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นผู้ที่เคยรับประทานผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมาก จำนวน 20 คน จากการอภิปรายกลุ่ม ได้รับแนวความคิด ดังแสดงในตารางที่ 9

ตารางที่ 9 แนวความคิดและความต้องการของผู้ร่วมอภิปรายกลุ่ม

คำถาม	ผลการอภิปราย
ถ้ามีผลิตภัณฑ์ใหม่เป็นไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีส่วนผสมของข้าวหมาก ท่านมีความคิดเห็นอย่างไร	มีความสนใจในผลิตภัณฑ์ (n=20) เนื่องจากเป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ ที่เป็นการสนับสนุนผลิตภัณฑ์อาหารหมักพื้นบ้านของไทย ให้มีความหลากหลายและเป็นที่ยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไปมากขึ้น
ท่านคิดว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์หรือไม่	มีประโยชน์เนื่องจากไอศกรีมโยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และข้าวหมากถือเป็นผลิตภัณฑ์จากข้าวที่มีสารอาหารที่ให้คุณค่าแก่ร่างกาย (n=20)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

คำถาม	ผลการอภิปราย
ท่านคิดว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก เหมาะสำหรับผู้บริโภคกลุ่มใด	เหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป เนื่องจากข้าวหมากเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแอลกอฮอล์
ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ควรมี ลักษณะ เป็นอย่างไร	เป็นไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากแบบ Soft serve (n=9) เป็นไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากแบบ Hard serve (n=11)
ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ควรมี เนื้อสัมผัส เป็นอย่างไร	ต้องการให้ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากมีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียด (n=19) ต้องการให้ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากมีเนื้อของข้าวหมาก (n=1)
ท่านต้องการให้ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากมี กลิ่นรส เป็นอย่างไร	ต้องการให้มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์ที่ได้จากข้าวหมากเพียงเล็กน้อย (n=15) ต้องการให้มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์ที่ได้จากข้าวหมากเด่นชัด (n=5)
ท่านต้องการให้ไอศกรีมโยเกิร์ตมี รสชาติ เป็นอย่างไร	ต้องการให้มีรสหวานเด่นชัด (n=15) ต้องการให้มีรสเปรี้ยวเด่นชัด (n=5)
ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่พัฒนาแล้ว ท่านต้องการให้มีการ เติมผลไม้ หรือไม่	ต้องการให้มีการเติมผลไม้ (n=4) ไม่ต้องการให้มีการเติมผลไม้ (n=16)
ท่านต้องการให้ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก มี สี เป็นอย่างไร	มีสีคงเดิมของผลิตภัณฑ์ (n=16) ต้องการให้มีการเติมสีให้กับผลิตภัณฑ์ (n=4)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 9 (ต่อ)

คำถาม	ผลการอภิปราย
ท่านคิดว่าไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ควรมีราคาประมาณเท่าใด ต่อ 1 scoop (60-70g)	ควรมีราคาระหว่าง 25-30 บาท (n=15) ควรมีราคาระหว่าง 30-40 บาท (n=5)

จากการรวบรวมข้อมูลแนวความคิด (ตารางที่ 9) สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่มีอายุ 18 ขึ้นไป ผลิตภัณฑ์ควรมีลักษณะเป็นแบบ Hard serve มีเนื้อสัมผัสที่เนียนละเอียด มีกลิ่นรสของแอลกอฮอลล์ที่ได้จากข้าวหมากเพียงเล็กน้อย มีรสหวานเด่น มีสีคงเดิมตามผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวหมากที่ได้ และมีราคาอยู่ระหว่าง 25-30 บาท

1.2 พฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

จากการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อการบริโภคผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวหมาก และความคิดเห็นต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก โดยการใช้แบบสอบถามในการสำรวจความคิดเห็นต่อการพัฒนาไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก แล้วเลือกผู้ตอบแบบสอบถามจากวิธีสุ่มตัวอย่างแบบสะดวก (convenience sampling) โดยแจกแบบสอบถามกับกลุ่มผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่เคยรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตทั่วไป ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป และอาศัยอยู่ในกรุงเทพมหานคร เป็นจำนวน 30 คน มีผู้บริโภคที่รับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมากจำนวน 26 คน และไม่ได้รับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมากจำนวน 4 คน คิดเป็นสัดส่วนค่า $p = 0.86$ และ $q = 0.14$ เมื่อนำไปแทนค่าในสมการการแจกแจงของค่าสัดส่วนตัวอย่าง คือ $n = Z^2\ pq/\ E^2$ จะได้ขนาดของของตัวอย่างจำนวน เท่ากับ 185.01 คน แต่เพื่อความสะดวกในการรววบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูล จึงได้ประมาณกลุ่มผู้บริโภคเป้าหมาย เท่ากับ 200 คน ในการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อ ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ซึ่งแบบสอบถามประกอบ ด้วย 3 ส่วน ดังนี้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.1 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากแบบสอบถาม มีผู้ตอบแบบสอบถามเป็นเพศหญิงร้อยละ 70 เพศชายร้อยละ 30 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 18-25 ปี ร้อยละ 62.5 รองลงมาคือ มีอายุ 26-35 ปี ร้อยละ 28.5 ระดับการศึกษาส่วนใหญ่คือ ปริญญาตรีร้อยละ 67.5 รองลงมาคือ สูงกว่าปริญญาตรี ร้อยละ 24 อาชีพส่วนใหญ่เป็นนิสิต/นักศึกษาร้อยละ 59.5 รองลงมาคือ พนักงานบริษัทร้อยละ18 และข้าราชการรัฐวิสาหกิจร้อยละ 12 รายได้ต่อเดือนส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วง 10,001-15,000 บาท ร้อยละ 48.5 รองลงมาคือ ต่ำกว่า 10,000 บาท ร้อยละ 25.5 ดังแสดงในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามในการสำรวจของผู้บริโภค

N = 200

	ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	60	30.0
	หญิง	140	70.0
อายุ	18-25 ปี	125	62.5
	26-35 ปี	57	28.5
	36-45 ปี	10	5.0
	46-60 ปี	8	4.0
ระดับการศึกษาสูงสุด	ต่ำกว่ามัธยมศึกษา	2	1.0
	มัธยมศึกษา / ปวช.	9	4.5
	อนุปริญญา / ปวส.	6	3.0
	ปริญญาตรี	135	67.5
	สูงกว่าปริญญาตรี	48	24.0
อาชีพ	นิสิต/นักศึกษา	119	59.5
	พนักงานบริษัท	36	18.0
	ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	9	4.5

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 10 (ต่อ)

	ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	24	12.0
	อื่น ๆ (แม่บ้าน)	12	6.0
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 10,000 บาท	97	25.5
	10,001-15,000 บาท	51	48.5
	15,001-20,000 บาท	19	9.5
	20,001-25,000 บาท	13	6.5
	มากกว่า 25,001 บาท	20	10.0

1.2.2 พฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตในท้องตลาด

จากการสำรวจพฤติกรรมการบริโภคผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตในท้องตลาด พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เคยรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตร้อยละ 78.5 และไม่เคยรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตร้อยละ 21.5 ดังนั้นผู้บริโภคที่ตอบคำถามในข้อนี้ว่า “ไม่เคย” จะข้ามการตอบคำถามในส่วนนี้ไป ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ง ซึ่งจำนวนผู้บริโภคจะเท่ากับ 157 คน โดยความถี่ในการบริโภคส่วนใหญ่คือ 1-2 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 54.9 รองลงมาคือ มากกว่าหนึ่งเดือนต่อหนึ่งครั้งร้อยละ 24.8 ผู้บริโภคส่วนใหญ่เลือกรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตยี่ห้อ Swensens ร้อยละ 46.4 รองลงมาคือ Red mango ร้อยละ 20.4 เหตุผลส่วนใหญ่ในการเลือกซื้อยี่ห้อดังกล่าวคือ รสชาติร้อยละ 62.5 รองลงมาคือสามารถหาซื้อได้ง่ายร้อยละ 22.9 สถานที่ซื้อส่วนใหญ่คือห้างสรรพสินค้าร้อยละ 64 รองลงมาคือซูเปอร์มาเก็ตร้อยละ 13.4 ความถี่ในการเลือกซื้อส่วนใหญ่คือ 1-2 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 59.2 รองลงมาคือมากกว่าหนึ่งเดือนต่อครั้ง ร้อยละ 24.2 ปริมาณการบรรจุส่วนใหญ่ที่รับประทาน คือถ้วยขนาดเล็กร้อยละ 57.3 รองลงมาคือถ้วยขนาดกลางร้อยละ 40.8 ค่าใช้จ่ายส่วนใหญ่ในการบริโภคต่อครั้งคือ 35-70 บาท ร้อยละ 48.4 รองลงมาคือ 70 - 100 บาท ร้อยละ 21 ดังแสดงในตารางที่ 11

ในส่วนของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก ผู้บริโภคที่ทำการทดสอบจะเป็นผู้บริโภคที่รู้จักผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่เคยรับประทานร้อยละ 55.5 เคยรับประทานร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

45.5 ดังนั้นผู้บริโภคที่ตอบคำถามในข้อนี้ว่า “ไม่เคย” จะข้ามการตอบคำถามในส่วนนี้ไป ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ซึ่งจำนวนผู้บริโภคเท่ากับ 89 คน โดยความถี่ในการบริโภคส่วนใหญ่คือ 1-2 ครั้งต่อเดือนร้อยละ 85.3 รองลงมาคือ 2 เดือนขึ้นไปต่อครั้งร้อยละ 6.7 สถานที่ซื้อในการบริโภคส่วนใหญ่คือ ตลาดสด, หาบเร่ร้อยละ 48.3 รองลงมาคือ ซูเปอร์มาเก็ต ร้อยละ 27 ดังแสดงในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมาก

N = 200

ปัจจัย		ความถี่	ร้อยละ
<u>ไอศกรีมโยเกิร์ต</u>			
การบริโภคผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต	เคย	157	78.5
	ไม่เคย	43	21.5
ความถี่ในการบริโภค*	ทุกวัน	1	0.6
	3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	8	5.1
	1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	23	14.6
	1-2 ครั้งต่อเดือน	86	54.9
	มากกว่าหนึ่งเดือนต่อครั้ง	39	24.8
ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตที่ชอบรับประทาน*	Swensens	73	46.4
	Redmango	32	20.4
	i-fresh	8	5.0
	โครงการหลวง	14	8.8
	Home made	14	8.8
	the Cream & Fudge factory	7	4.4
	White Rabbit	5	3.3
	buddhi belly	3	2.2
	eureka	1	0.7

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

	ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
เหตุผลที่ชอบยี่ห้อดังกล่าว*	รสชาติ	103	65.6
	หาซื้อง่าย	36	22.9
	การโฆษณา	10	6.4
	อื่น ๆ	5	3.2
	ราคา	3	1.9
สถานที่ซื้อไอศกรีมโยเกิร์ต*	ห้างสรรพสินค้า	100	64.0
	ซุปเปอร์มาร์เก็ต	21	13.4
	ร้านตัวแทนจัดจำหน่าย	20	12.7
	Hypermarkets	16	9.9
ความถี่ในการซื้อ*	3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	10	6.4
	1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	15	9.6
	1-2 ครั้งต่อเดือน	93	59.2
	อื่น ๆ (นาน ๆ ครั้ง)	38	24.2
ปริมาณการบรรจุ*	ถ้วยขนาดเล็ก (60-75g =1 scoop)	90	57.3
	ถ้วยขนาดกลาง (120-150g =2 scoop)	64	40.8
	ถ้วยขนาดใหญ่ (180-235g =3 scoop)	3	1.9
ค่าใช้จ่ายในการซื้อ*	น้อยกว่า 35 บาท	23	14.7
	35 – 70 บาท	76	48.4
	70 – 100 บาท	33	21.0
	มากกว่า 100 บาท	25	15.9

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 11 (ต่อ)

	ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
<u>ข้าวหมาก</u>			
การบริโภคข้าวหมาก	เคย	89	44.5
	ไม่เคย	111	55.5
ความถี่ในการบริโภค**	3-4 ครั้งต่อสัปดาห์	2	2.3
	1-2 ครั้งต่อสัปดาห์	2	2.3
	3-4 ครั้งต่อเดือน	3	3.4
	1-2 ครั้งต่อเดือน	76	85.3
	2 เดือนขึ้นไปต่อครั้ง	6	6.7
สถานที่ซื้อในการบริโภค**	ตลาดสด, หาบเร่	43	48.3
	ซุปเปอร์มาร์เก็ต	24	27.0
	ร้านสะดวกซื้อ	10	11.2
	Homemade	8	9.0
	ร้านขายของชำ	4	4.5

หมายเหตุ * หมายถึง ผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามว่า “ไม่เคยรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ต” จะข้ามการตอบคำถามในเรื่องความถี่ในการบริโภค ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตที่ชอบรับประทาน เหตุผลที่ชอบยี่ห้อดังกล่าว สถานที่ซื้อไอศกรีมโยเกิร์ต ความถี่ในการซื้อ ปริมาณการบรรจุ และค่าใช้จ่ายในการซื้อ ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ดังนั้น จำนวนผู้บริโภคจะเท่ากับ 157 คน

** หมายถึง ผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามว่า “ไม่เคยรับประทานข้าวหมาก” จะข้ามการตอบคำถามในเรื่องความถี่ในการบริโภค และสถานที่ซื้อในการบริโภค ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ดังนั้นจำนวนผู้บริโภคจะเท่ากับ 89 คน

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1.2.3 ความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

จากการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก พบว่า ผู้บริโภคมีความสนใจในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 90 ไม่สนใจร้อยละ 10 ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเป็นเนื้อเนียนละเอียดร้อยละ 71.5 มีเนื้อของข้าวหมากในผลิตภัณฑ์ร้อยละ 28.5 รสชาติที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ต้องการคือมีรสหวานร้อยละ 69 รองลงมาคือมีรสเปรี้ยวร้อยละ 31 กลิ่นรสส่วนใหญ่ที่ต้องการคือมีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์เล็กน้อยร้อยละ 94 มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์มากร้อยละ 6 ปริมาณการบรรจุส่วนใหญ่ที่ต้องการคือ ถ้วยขนาดเล็ก (60-75g = 1 scoop) ร้อยละ 75.5 รองลงมาคือถ้วยขนาดกลาง (120-150g = 2 scoop) ร้อยละ 20.5 ราคาส่วนใหญ่ที่ต้องการคือ 25-35 บาท ร้อยละ 48.5 รองลงมาคือราคา 15-25 บาท ร้อยละ 30 ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่ต้องการให้มีการเติมผลไม้ร้อยละ 52 และต้องการให้มีการเติมผลไม้ร้อยละ 48 ดังนั้นผู้บริโภคที่ตอบคำถามในข้อนี้ว่า “ไม่ต้องการ” จะข้ามการตอบคำถามในส่วนนี้ไป ดังแบบสอบถามในภาคผนวก จ ซึ่งจำนวนผู้บริโภคจะเท่ากับ 96 คน โดยส่วนใหญ่ต้องการให้เติมผลไม้ตระกูลเบอร์รี่เช่น สตรอเบอร์รี่ ร้อยละ 66.7 รองลงมาคือผลไม้รสหวานอมเปรี้ยวร้อยละ 18.8 ลักษณะของผลไม้ที่เติมส่วนใหญ่ต้องการให้หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ร้อยละ 48 รองลงมาคือปั่นละเอียดและหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผสมกัน ร้อยละ 38.5 และจากผู้บริโภคทั้งหมด 200 คน แนวโน้มในการซื้อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากส่วนใหญ่ผู้บริโภคสนใจซื้อร้อยละ 71 ไม่แน่ใจร้อยละ 24 และไม่ซื้อร้อยละ 5 ดังแสดงในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

N = 200

	ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ลักษณะผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวหมาก	มีเนื้อเนียนละเอียด	143	71.5
	มีเนื้อของข้าวหมาก	57	28.5
รสชาติ	มีรสเปรี้ยว	62	31
	มีรสหวาน	138	69
กลิ่นรส	มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์เล็กน้อย	188	94
	มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์มาก	12	6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 12 (ต่อ)

	ปัจจัย	ความถี่	ร้อยละ
ปริมาณการบรรจุ	ถ้วยขนาดเล็ก (60-75g =1 scoop)	151	75.5
	ถ้วยขนาดกลาง (120-150g =2 scoop)	41	20.5
	ถ้วยขนาดใหญ่ (180-235g =3 scop)	2	1
	อื่น ๆ	6	3
ราคา	15-25 บาท	60	30
	25-35 บาท	97	48.5
	35-45 บาท	33	16.5
	45 – 55 บาท	8	4
การเติมผลไม้	เติม	96	48
	ไม่เติม	103	51.5
ผลไม้ชนิดใด*	ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เช่น สตรอเบอร์รี่	64	66.7
	ผลไม้รสหวานอมเปรี้ยว เช่น มะม่วง	18	18.8
	ผลไม้รสหวาน เช่น กล้วย มะละกอ	12	12.5
	อื่น ๆ (ผลไม้ประจำฤดูกาล)	2	2
ลักษณะของผลไม้ที่เติม*	ปั่นละเอียด	13	13.5
	หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ	46	48
	ปั่นละเอียดและหั่นเป็นชิ้นเล็กผสมกัน	37	38.5
การตัดสินใจซื้อ	ซื้อ	142	71
	ไม่แน่ใจ	48	24
	ไม่ซื้อ	10	5

หมายเหตุ * หมายถึง ผู้บริโภคที่ตอบแบบสอบถามว่า “ไม่ต้องการให้เติมผลไม้” จะข้ามการตอบคำถามในเรื่องผลไม้ชนิดใด และลักษณะของผลไม้ที่เติมลงในไอศกรีมโยเกิร์ต ดังแบบสอบถามในภาคผนวก ดังนั้นจำนวนผู้บริโภคจะเท่ากับ 96 คน

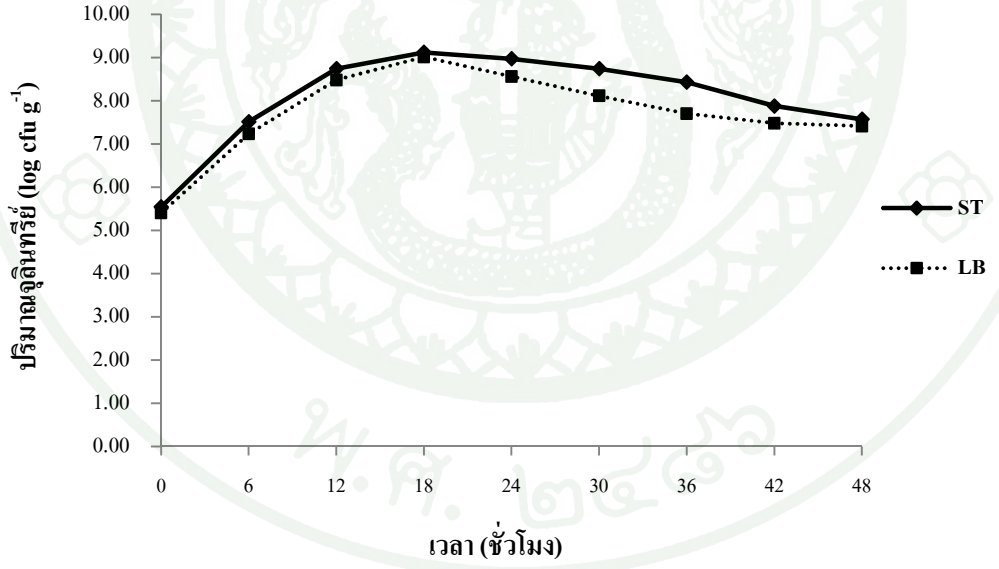
ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

2.1 การผลิตโยเกิร์ต

2.1.1 การศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อ *Streptococcus thermophilus* และ เชื้อ *Lactobacillus delbruekii* subsp. Bulgaricus

จากการศึกษาอัตราการเจริญของเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus* โดยทำการเพาะเลี้ยงเชื้อทั้ง 2 ชนิด ด้วยอาหารเลี้ยงเชื้อเหลว MRS ที่อุณหภูมิ 42±1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่า ที่เวลาการบ่มที่ 18 ชั่วโมง เชื้อทั้ง 2 ชนิด จะมีปริมาณของเชื้อที่มีชีวิตประมาณ 10^9 cfu g^{-1} ซึ่งเป็นปริมาณเชื้อที่ต้องการนำไปใช้เป็นปริมาณเชื้อเริ่มต้นในการผลิตโยเกิร์ต ดังแสดงในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 อัตราการเจริญของเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus*

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.2 การวัดค่าคุณภาพของโยเกิร์ต

จากการผลิตโยเกิร์ตโดยใช้บริสุทธิ์คือเชื้อ *S. thermophiles* และ *L. bulgaricus* มาทำการผสมกับนมที่ผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ ในอัตราส่วน 2:1 ปริมาณร้อยละ 5 (v/v) แล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ 40±2 องศาเซลเซียส จนได้ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 4.5

ทำการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของโยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่า โยเกิร์ตที่ผลิตได้มีค่าความหนืดและปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ มีค่าความสว่าง (L*) สูง มีค่าสีเขียว (a*) และค่าสีเหลืองต่ำ (b*) เนื่องจากโยเกิร์ตที่ทำการผลิตมีส่วนผสมของนมพาสเจอร์ไรซ์เพียงอย่างเดียว ซึ่งไม่ได้ทำการเติมสารปรุงแต่งหรือสารให้ความคงตัวอื่น ๆ

ตารางที่ 13 คุณภาพทางกายภาพ เคมี และจุลชีววิทยาของโยเกิร์ต

คุณภาพ	โยเกิร์ต
ค่าสี	
L*	89.87±0.04
a*	-1.51±0.02
b*	11.66±0.16
ค่าความหนืด (cPs)	106.03±3.14
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	7.07±0.06
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.51±0.01
ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	0.81±0.01
ปริมาณของแข็งทั้งหมด (Total solid)	11.44±0.11
ปริมาณจุลินทรีย์กรดแลคติก (log cfu g^{-1})	9.34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การคัดเลือกสูตรพื้นฐานของไอศกรีมโยเกิร์ต

จากการผลิตคัดเลือกสูตรพื้นฐานของไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร นำมาวิเคราะห์ค่าคุณภาพต่าง ๆ ได้ผลดังต่อไปนี้

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ต

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ต ดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งในไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 2 จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูงสุด และในไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 3 จะมีค่าต่ำสุด เนื่องจากสูตรที่ 2 มีปริมาณของส่วนผสมของวิปปิ้งครีม น้ำตาล เจลาติน ในปริมาณที่สูง เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรที่ 1 ที่มีปริมาณของส่วนผสมต่ำกว่า และมีปริมาณน้ำเป็นองค์ประกอบสูงถึงร้อยละ 38.2 จึงทำให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดต่ำ และเมื่อพิจารณาที่ค่าความหนืดและร้อยละการขึ้นฟู พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 2 มีค่าความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูสูงสุด เนื่องจากค่าความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมโยเกิร์ตจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด โดยเมื่อมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความหนืด และค่าร้อยละการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น (Marshall and Arbuckle, 1996) ซึ่งค่าความหนืดจะส่งผลต่อร้อยละการขึ้นฟูโดยความหนืดทำให้ฟองอากาศในไอศกรีมเคลื่อนที่ช้าลง และสามารถคงตัวอยู่ได้ในระหว่างกระบวนการปั่นเยือกแข็ง โดยความหนืดของไอศกรีมเป็นผลมาจากพันธะไฮโดรเจนและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสารให้ความคงตัวกับโปรตีนที่เสียสภาพบางส่วน (Cherry, 1982) ทำให้เกิดโครงร่างตาข่ายสามมิติ จำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำและองค์ประกอบอื่น ๆที่ละลายน้ำในผลิตภัณฑ์ (Vernam and Sutherland, 1994) นอกจากนี้โปรตีนยังทำหน้าที่จับกับโครงสร้างของไขมันในส่วนผสมที่แตกตัวเป็นเม็ดเล็กๆ เกาะกันเป็นเครือข่ายและกระจายตัวอยู่ในส่วนผสม ส่งผลให้เครือข่ายของเม็ดไขมันเหล่านี้มีความคงตัวช่วยในการเก็บอากาศในขณะปั่นแข็งไอศกรีมได้ดีขึ้นจึงทำให้ไอศกรีมมีการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น (ปิยะธิดา, 2551) โดยทั่วไปไอศกรีมจะมีร้อยละการขึ้นฟู 40-100 และค่าการขึ้นฟูคำนวณได้จากร้อยละของปริมาตรไอศกรีมที่เพิ่มขึ้น หรือร้อยละของน้ำหนักไอศกรีมที่หายไป (Marshall and Arbuckle, 1996)

จากการวัดค่าคุณภาพในด้านค่าสีของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตมีค่าสี L* a* และ b* แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมสูตรที่ 3

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จะมีค่าสว่าง (L*) สูงสุด มีค่าสีเขียว (a*) และค่าสีเหลือง (b*) ต่ำ แต่ไอศกรีมสูตรที่ 1 จะมีค่าสว่างต่ำสุด มีค่าสีเขียวและค่าสีเหลืองสูงสุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 3 ที่มีปริมาณของนมที่ใช้เป็นส่วนผสมสูงคือร้อยละ 52.29 จึงทำให้มีค่าความสว่างสูง แต่มีค่าสีเขียวและค่าสีเหลืองต่ำกว่า ส่วนไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 1 ที่ไม่มีส่วมผสมของนม จึงมีค่าความสว่างต่ำ แต่มีค่าสีเขียวและสีค่าสีเหลืองสูง ดังแสดงในตารางที่ 14

ตารางที่ 14 คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ต

คุณภาพ	สูตร1	สูตร2	สูตร3
ความหนืด (cPs)	107.19±7.85^{b}	186.44±10.40^{a}	96.15±8.67^{b}
ค่าสี			
L*	86.91±0.09^{c}	89.53±0.05^{b}	90.44±0.18^{a}
a*	1.20±0.08^{a}	0.14±0.08^{b}	-0.73±0.12^{c}
b*	19.05±0.09^{a}	18.78±0.08^{b}	15.29±0.12^{c}
ค่าการขึ้นฟู (%)	28.28±1.49^{b}	40.40±2.27^{a}	27.62±0.65^{b}
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	28.53±0.20^{b}	33.03±0.15^{a}	26.17±0.05^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษร a-c ที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

2.2.2 คุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ต

ผลการตรวจสอบคุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ต พบว่า ปริมาณกรดทั้งหมดในรูปของกรดแลคติก และค่า pH ของไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยจะมีปริมาณกรดทั้งหมดอยู่ระหว่าง 0.37-0.44 และมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.10-5.48 ดังแสดงในตารางที่ 15 โดยไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 1 จะมีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 0.44 และมีค่า pH ต่ำสุดคือ 5.10 และไอศกรีมสูตรที่ 3 จะมีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำสุดเท่ากับ 0.37 และมีค่า pH สูงสุด คือ 5.48 ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณกรดทั้งหมดและค่า pH จะแปรผันตามปริมาณโยเกิร์ตที่มีในตัวอย่าง โดยถ้าเติมโยเกิร์ตมากจะส่งผลให้มีค่า pH ต่ำ ไอศกรีมโยเกิร์ต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โดยทั่วไปจะมีค่า pH 5.76-6.72 ซึ่งค่าพีเอชที่แตกต่างกันเป็นผลมาจากการเติมโยเกิร์ตในปริมาณต่างกัน (Schmidt *et al*., 1997)

ตารางที่ 15 คุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ต

สูตร	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	ค่า pH
1	0.44 ± 0.01^{a}	5.10 ± 0.01^{c}
2	0.42 ± 0.01^{b}	5.15 ± 0.00^{b}
3	0.37 ± 0.01^{c}	5.48 ± 0.00^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

2.2.3 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไอศกรีมโยเกิร์ต

จากการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของไอศกรีมโยเกิร์ต ซึ่งประกอบไปด้วยปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด แบคทีเรียกรดแลคติก และยีสต์/รา ดังแสดงในตารางที่ 16 พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร มีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลคติกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$) และมีปริมาณของยีสต์/รา น้อยกว่า 10 cfu g^{-1} โดยไอศกรีมสูตรที่ 1 จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลคติกสูงสุดคือ 8.71 และ 8.69 log cfu g^{-1} ตามลำดับ ส่วนไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 3 จะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลคติกต่ำสุด คือ 8.30 และ 8.23 log cfu g^{-1} ตามลำดับ ซึ่งจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด และแบคทีเรียกรดแลคติกในไอศกรีมโยเกิร์ตส่วนใหญ่จะมาจากโยเกิร์ตในส่วนผสม โดยจะสอดคล้องกับปริมาณโยเกิร์ตที่เติมลงในตัวอย่าง ซึ่งตัวอย่างที่มีปริมาณของโยเกิร์ตสูง จะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลคติกมาก และตัวอย่างที่มีปริมาณของโยเกิร์ตต่ำ จะมีจำนวนจุลินทรีย์ในผลิตภัณฑ์ต่ำ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 16 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไอศกรีมโยเกิร์ต

สูตร	จุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu g^{-1})	แบคทีเรียกรดแลคติก (log cfu g^{-1})	ยีสต์/รา (cfu g^{-1})
1	8.71^{a}	8.69^{a}	<10 est.
2	8.44^{b}	8.48^{b}	<10 est.
3	8.30^{c}	8.23^{c}	<10 est.

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

est. หรือ estimated count หมายถึง จำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ได้อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/จานเพาะเชื้อ หรือไม่มีโคโลนีเจริญในจานเพาะเชื้อ ที่ระดับการเจือจางที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ทดสอบ

2.2.4 คุณภาพทางประสาทสัมผัส

เมื่อพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้วยค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านสีกลิ่น ความหวาน กลิ่นรส ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวม ดังแสดงในตารางที่ 17 พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 2 ได้รับค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดในทุกคุณลักษณะ โดยมีค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยอยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และมีค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง เท่ากับ 7.0 ดังนั้นจึงสามารถคัดเลือกไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 2 ซึ่งมีปริมาณวิปปิ้งครีมร้อยละ 22.65 น้ำตาลทรายร้อยละ 20.95 เจลาตินร้อยละ 0.5 นมร้อยละ 27.25 และโยเกิร์ตร้อยละ 28.65 เป็นสูตรที่เหมาะสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเพื่อใช้ในการผลิตเป็นไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 17 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ต

คุณลักษณะ	สูตร1	สูตร2	สูตร3
สี	6.9 ± 0.9^{b}	7.5 ± 0.7^{a}	7.3 ± 1.1^{a}
กลิ่น	5.8 ± 1.3^{b}	6.3 ± 1.4^{a}	6.4 ± 0.9^{a}
รสหวาน	6.0 ± 1.1^{b}	6.9 ± 0.9^{a}	6.3 ± 1.1^{b}
กลิ่นรส	5.7 ± 1.2^{c}	7.0 ± 1.2^{a}	6.2 ± 1.0^{b}
ความเรียบเนียน	5.2 ± 1.4^{c}	7.3 ± 1.1^{a}	6.1 ± 1.4^{b}
ความชอบโดยรวม	5.0 ± 1.3^{c}	7.0 ± 1.1^{a}	6.4 ± 0.9^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

จากผลคะแนนระดับความพอดี (ร้อยละ) ของไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 3 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 18 พบว่าในแต่ละคุณลักษณะของไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 2 ผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่มีความรู้สึกอยู่ในระดับพอดีมากกว่าร้อยละ 60 จึงไม่ทำการปรับสูตรของไอศกรีมโยเกิร์ต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 18 ร้อยละระดับความพอดีของไอศกรีมโยเกิร์ต

คุณลักษณะ	สูตร	น้อย	พอดี	มาก
สี	1	6.7	73.3	20.0
	2	0.0	93.3	6.7
	3	16.7	83.3	0.0
กลิ่น	1	46.7	43.3	10.0
	2	39.0	61.0	0.0
	3	43.3	50.0	6.7
รสหวาน	1	46.7	53.3	0.0
	2	6.7	76.7	16.6
	3	43.3	50.7	6.7
กลิ่นรส	1	30.0	23.3	46.7
	2	20.0	66.7	13.3
	3	13.3	53.4	33.3
ความเรียบเนียน	1	76.7	23.3	0.0
	2	16.7	83.3	0.0
	3	46.7	53.3	0.0

2.3 การพัฒนาไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

2.3.1 การคัดเลือกลูกแป้งข้าวหมากที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหมาก

ทำการคัดเลือกลูกแป้งข้าวหมากที่แตกต่างกัน 3 ชนิด โดยเป็นลูกแป้งที่นำมาจากแหล่งผลิตที่แตกต่างกัน คือ จากตลาดศาลายา (นครปฐม) ตลาดกลาง (ชลบุรี) และจากร้านขายลูกแป้งเฉพาะ (ตราด) จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ เคมี จุลินทรีย์ และทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากที่ผลิตได้จากลูกแป้งที่แตกต่างกัน ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 13, 14 และ 15 ตามลำดับ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 19 คุณภาพทางกายภาพ เคมี ของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งที่แตกต่างกัน 3 ชนิด

คุณภาพ	สูตร1	สูตร2	สูตร3
ค่าสี			
L*	85.47±0.01[b]	85.23±0.01[c]	85.52±0.01[a]
a*	-1.86±0.05[ab]	-1.94±0.01[b]	-1.81±0.04[a]
b*	8.26±0.07[a]	8.03±0.03[b]	8.42±0.08[a]
ค่าความหนืด (cPs)	118.67±5.80[a]	132.67±8.39[a]	122.03±3.20[a]
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (°Brix)	31.23±0.06[a]	26.57±0.06[c]	30.23±0.12[b]
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4.06±0.01[c]	4.51±0.01[a]	4.11±0.01[b]
ปริมาณกรดแลคติก (ร้อยละโดยปริมาตร)	0.33±0.02[a]	0.30±0.01[b]	0.32±0.01[ab]

หมายเหตุ ตัวอักษร [a-c] ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากตารางที่ 19 พบว่า ค่าสีของตัวอย่างข้าวหมากเหลวทั้ง 3 สูตรมีซึ่งประกอบไปด้วยค่า L* a* และ b* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวหมากสูตรที่ 3 จะมีค่าสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (a*) และค่าสีเหลือง (b*) สูงสุด คือเท่ากับ 85.52, -1.81 และ 8.42 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาที่ค่าความหนืด พบว่า ข้าวหมากเหลวทั้ง 3 สูตร มีค่าความหนืดไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) คือมีค่าอยู่ระหว่าง 118.67-132.67 cPs และมีค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยข้าวหมากสูตรที่ 1 จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด คือ 31.23 °Brix และมีค่า pH ต่ำสุด แต่มีปริมาณกรดแลคติกสูงสุด คือเท่ากับ 4.06 และ 0.33 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณแอลกอฮอล์ พบว่า เมื่อทำการพาสเจอร์ไรซ์ข้าวหมากแล้ว ปริมาณแอลกอฮอล์จะลดลงจนไม่สามารถตรวจพบในตัวอย่างโดยใช้วิธีการ Hydrometer method ในการทดลอง (AOAC, 2005) ซึ่งในผลิตภัณฑ์ข้าวหมากโดยทั่วไปที่จะสามารถตรวจพบแอลกอฮอล์ในข้าวหมากได้ไม่เกินร้อยละ 3 (จิราภรณ์, 2554)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 20 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งที่แตกต่างกัน 3 ชนิด

สูตร	จุลินทรีย์ทั้งหมด (cfu g^{-1})	ยีสต์/รา (cfu g^{-1})
1	<10 est.	<10 est.
2	<10 est.	<10 est.
3	<10 est.	<10 est.

หมายเหตุ est. หรือ estimated count หมายถึง จำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ได้อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/จานเพาะเชื้อ หรือไม่มีโคโลนีเจริญในจานเพาะเชื้อ ที่ระดับการเจือจางที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ทดสอบ

จากการทดสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยาของข้าวหมากเหลวหลังผ่านการพาสเจอร์ไรซ์ (ตารางที่ 20) พบว่า ข้าวหมากเหลวทั้ง 3 สูตร มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดและยีสต์/รา มีค่าน้อยกว่า 10 cfu g^{1-} เนื่องจากการให้ความร้อนที่อุณหภูมิพาสเจอร์ไรซ์จะทำให้เชื้อจุลินทรีย์ลดจำนวนลง

ตารางที่ 21 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งที่แตกต่างกัน 3 ชนิด

คุณลักษณะ	สูตร1	สูตร2	สูตร3
สี	6.6 ± 0.7^{b}	5.9 ± 1.1^{c}	7.3 ± 0.8^{a}
กลิ่น^{ns}	6.1±1.2	6.0±1.4	6.1±1.4
รสหวาน^{ns}	6.5±1.4	6.3±1.4	6.3±1.4
กลิ่นรส^{ns}	6.1±1.4	6.4±1.1	6.2±1.2
ความชอบโดยรวม	6.2 ± 1.3^{b}	6.2 ± 1.2^{b}	7.0 ± 0.6^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\leq0.05$)

ตัวอักษร ^{ns} หมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อทำการพิจารณาคุณภาพทางประสาทสัมผัสของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งที่แตกต่างกันทั้ง 3 สูตร พบว่าได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยไม่แตกต่างกันในทุกคุณลักษณะ ยกเว้นในด้านสีและความชอบโดยรวม ซึ่งข้าวหมากสูตรที่ 3 ได้รับคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้านสีสูงสุด และได้รับคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง คือ 7.3 และ 7.0 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 21 และเมื่อพิจารณาที่ค่าคุณภาพของข้าวหมากในด้านค่าสีดังแสดงในตารางที่ 13 พบว่าข้าวหมากที่ผลิตมาจากลูกแป้งชนิดนี้จะมีค่าความสว่าง (L*) สูง ซึ่งอาจทำให้ข้าวหมากที่ผลิตได้มีความสว่างหรือมีสีขาวมากกว่าข้าวหมากที่ผลิตได้จากลูกแป้งอีก 2 ชนิด จึงส่งผลกระทบต่อผู้ทดสอบในด้านความชอบของข้าวหมาก ทำให้ได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด

ตารางที่ 22 ร้อยละระดับความพอดีของข้าวหมาก

คุณลักษณะ	สูตร	น้อย	พอดี	มาก
สี	1	21	75	4
	2	18	71	11
	3	14	79	7
กลิ่น	1	14	64	22
	2	11	61	29
	3	14	79	7
รสหวาน	1	18	71	11
	2	18	68	14
	3	11	79	11
กลิ่นรส	1	7	68	25
	2	18	68	14
	3	14	82	4

เมื่อพิจารณาคะแนนระดับความพอดีของข้าวหมากที่ผลิตจากลูกแป้งทั้ง 3 ชนิด พบว่า ในแต่ละคุณลักษณะของข้าวหมาก ผู้ทดสอบส่วนใหญ่มีความรู้สึกอยู่ในระดับพอดี และข้าวหมากที่ผลิตได้จากลูกแป้งสูตรที่ 3 จะมีค่าคะแนนร้อยละความพอดีสูงสุด โดยมีค่าคะแนนความพอดีมากกว่าร้อยละ 60 ดังแสดงในตารางที่ 22

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากผลการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกแป้ง 3 ชนิด ที่นำมาใช้ในการผลิตข้าวหมาก ทำให้สามารถคัดเลือกลูกแป้งสูตรที่ 3 มาใช้ในการผลิตข้าวหมาก เพื่อเป็นวัตถุดิบในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากในขั้นตอนต่อไป

จากนั้นทำการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก โดยวางแผนการทดลองแบบ Mixture Design ได้ 5 สิ่งทดลอง แล้วทำการวิเคราะห์คุณภาพต่าง ๆ ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 23 คุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน

คุณภาพ	ไอศกรีมโยเกิร์ต:น้ำ:ข้าวหมาก				
	80:15:5	80:5:15	65:20:15	75:20:5	75:10:15
ความหนืด (cPs)	174.40±14.98^{a}	166.73±11.31^{a}	120.07±12.75^{c}	143.47±13.05^{b}	145.73±11.37^{b}
ค่าสี L*	87.36±0.20^{a}	86.94±0.03^{c}	86.20±0.03^{d}	87.44±0.16^{a}	87.18±0.06^{b}
a*	-0.20±0.22^{a}	-0.68±0.08^{d}	-0.40±0.19^{c}	-0.22±0.12^{a}	-0.38±0.03^{c}
b*	15.78±0.40^{c}	17.59±0.09^{a}	17.40±0.28^{a}	15.52±0.21^{d}	16.47±0.11^{b}
ค่าการขึ้นฟู (%)	11.35±1.11^{a}	9.77±0.72^{b}	7.71±0.68^{c}	9.12±1.01^{b}	9.60±0.83^{b}
ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้ง หมด (°Brix)	25.83±0.32^{ab}	26.97±0.89^{a}	22.50±0.30^{c}	22.90±0.33^{c}	23.43±0.43^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-d}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อทำการวิเคราะห์ค่าคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากทั้ง 5 สูตร ดังแสดงในตารางที่ 23 พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากสูตรที่ 1 มีค่าความหนืดและร้อยละ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

การขึ้นฟูสูงสุด คือที่ 174 cPs และร้อยละ 11.35 ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ยกเว้นค่าความหนืดของไอศกรีมสูตรที่ 2 (166 cPs) เนื่องจากไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากสูตรที่ 1 และสูตรที่ 2 มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูง คือเท่ากับ 25.83 และ 26.97 ตามลำดับ ส่งผลให้ค่าความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูของตัวอย่างเพิ่มขึ้น โดยปริมาณของแข็งทั้งหมดมาจากปริมาณของไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมาก แต่เมื่อทำการเปรียบเทียบกับร้อยละการขึ้นฟูของไอศกรีมโยเกิร์ตโดยทั่วไป พบว่า ร้อยละการขึ้นฟูของตัวอย่างมีค่าต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะส่วนผสมของตัวอย่างมีการเติมข้าวหมากลงในส่วนผสม ส่งผลให้ไอศกรีมมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นและมีการขึ้นฟูของตัวอย่างลดลง นรัมภา (2549) ได้ทำการศึกษาผลของผลิตภัณฑ์จากข้าวต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีม พบว่า เม็ดแป้งข้าวเจ้าบางส่วนสามารถแทรกตัวอยู่ในโครงสร้างของไขมัน มีผลทำให้การห่อหุ้มฟองอากาศของไขมันในไอศกรีมลดลง ทำให้การขึ้นฟูลดต่ำลงและไอศกรีมมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น

Guven and Karaca (2002) ได้ทำการศึกษาผลที่เกิดจากความแปรปรวนของปริมาณน้ำตาลและความเข้มข้นของผลไม้ต่อคุณภาพทางกายภาพของไอศกรีมโยเกิร์ตวนิลาและไอศกรีมโยเกิร์ตผลไม้ พบว่า เมื่อปริมาณของน้ำตาลและผลไม้เพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งมดจะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ไอศกรีมมีค่าความหนืดและร้อยละการขึ้นฟูเพิ่มขึ้น โดยมีค่าสูงสุดในตัวอย่างที่มีความเข้มข้นของผลไม้ร้อยละ 25

เมื่อพิจารณาค่าสีของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่ระดับต่างๆ (ตารางที่ 22) พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากทั้ง 5 สูตร มีค่าสีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยเมื่อปริมาณข้าวหมากเพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าสว่าง (L*) ลดลง ค่าสีเขียว (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เพิ่มขึ้นเนื่องจากข้าวหมากมีสีเหลืองนวล ซึ่งเกิดจากสีของเมล็ดข้าวและสีของลูกแป้งที่ใช้ เมื่อเติมลงในส่วนผสมจะทำให้ไอศกรีมมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น ในส่วนของปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากสูตรที่ 2 จะมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดสูงสุด คือ 26.97 °Brix เนื่องจากไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 2 มีปริมาณของไอศกรีมโยเกิร์ตและข้าวหมากสูงสุด

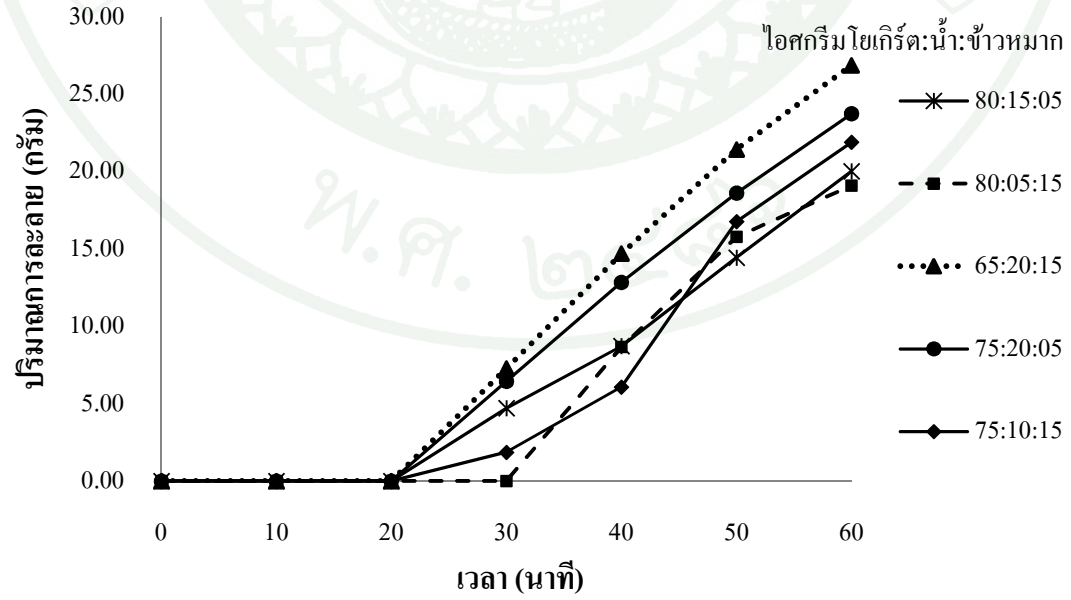
เมื่อพิจารณาที่อัตราการละลายของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก พบว่า เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น ปริมาณการละลาย (กรัม) จะเพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 13) โดยไอศกรีมสูตรที่ 3 จะมีอัตราการละลายสูงสุด และในไอศกรีมสูตรที่ 2 จะมีอัตราการละลายต่ำสุด (ตารางที่ 24) ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนผสมในตัวอย่าง เนื่องจากการละลายของไอศกรีม จะเกิดจากเมื่อมีการถ่ายเทความร้อนน้ำแข็งในไอศกรีมจะเกิดการละลาย ร่วมกับการยุบตัว (collapse) ของโครงสร้างไขมันที่ห่อหุ้มฟองอากาศ (Goff, 2003) ดังนั้นตัวอย่างไอศกรีมที่มีปริมาณของไอศกรีมโยเกิร์ตสูงจะมีองค์ประกอบของไขมันสูง ทำให้ไอศกรีมมีโครงสร้างที่ดี เกิดการยุบตัวของโครงสร้างไขมันได้น้อยกว่า จึงทำให้มีอัตราการละลายต่ำ อีกทั้งอัตราการละลายยังมีความสัมพันธ์กับร้อยละการขึ้นฟู และค่าความหนืดของตัวอย่าง โดยเมื่อร้อยละของการขึ้นฟูและค่าความหนืดเพิ่มขึ้น อัตราการละลายจะลดลง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pelan *et al.* (1997) และ Arbuckle (1986) ที่รายงานว่า เมื่อร้อยละการขึ้นฟูและค่าความหนืดเพิ่มขึ้น อัตราการละลายจะลดต่ำลง

ตารางที่ 24 ค่าอัตราการละลายของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

ไอศกรีมโยเกิร์ต: น้ำ: ข้าวหมาก	อัตราการละลาย (กรัมต่อนาที)
80:15:5	3.49
80:5:15	3.48
65:20:15	4.94
75:20:5	4.33
75:15:10	3.76



ภาพที่ 13 ปริมาณการละลายของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากเป็นระยะเวลา 60 นาที

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาค่าคุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ดังแสดงในตารางที่ 25 พบว่า ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมดของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากทั้ง 5 สูตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งมีค่า pH อยู่ระหว่าง 4.8-5.4 และร้อยละของกรดระหว่าง 0.35-0.45 โดยไอศกรีมสูตรที่ 3 มีค่า pH สูงสุด แต่มีปริมาณกรดทั้งหมดต่ำสุด และในไอศกรีมสูตรที่ 2 จะมีค่า pH ต่ำสุด แต่มีปริมาณกรดทั้งหมดสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณการเติมไอศกรีมโยเกิร์ตในตัวอย่าง โดยเมื่อปริมาณของไอศกรีมโยเกิร์ตเพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่า pH ลดลง (Schmidt *et al*., 1997)

ตารางที่ 25 คุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ต น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน

ไอศกรีมโยเกิร์ต:น้ำ:ข้าวหมาก	ปริมาณกรดทั้งหมด (%)	pH
80:15:5	0.43 ± 0.01^{b}	4.93 ± 0.01^{c}
80:5:15	0.45 ± 0.01^{a}	4.85 ± 0.01^{d}
65:20:15	0.35 ± 0.01^{e}	5.38 ± 0.01^{a}
75:20:5	0.38 ± 0.00^{d}	5.17 ± 0.00^{b}
75:15:10	0.42 ± 0.01^{c}	4.94 ± 0.01^{c}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a\text{-}c}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อทำการตรวจสอบคุณภาพทางจุลชีววิทยา พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากจะมีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมดจะอยู่ในช่วง 7.5-7.9 log cfu g^{-1} แบคทีเรียกรดแลคติกอยู่ในช่วง 7.4-7.8 log cfu g^{-1} ดังแสดงในตารางที่ 26 โดยไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากสูตรที่ 1, 2 และ 5 จะมีจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลคติกสูงสุด ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณของไอศกรีมโยเกิร์ตในส่วนผสมที่เมื่อปริมาณของไอศกรีมโยเกิร์ตในส่วนผสมสูง จะทำให้มีจำนวนของจุลินทรีย์ทั้งหมดและแบคทีเรียกรดแลคติกสูงเช่นเดียวกัน ในด้านยีสต์และราจะพบในจำนวนน้อยกว่า 10 cfu g^{-1} เนื่องจากยีสต์และราส่วนใหญ่จะมาจากข้าวหมากในส่วนผสม และข้าวหมากที่ใช้จะผ่านการพาสเจอร์ไรซ์แล้ว จึงทำให้ตรวจพบจำนวนยีสต์/ราในตัวอย่างน้อย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 26 คุณภาพทางจุลชีววิทยาของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ต น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน

อัตราส่วน	จุลินทรีย์ทั้งหมด (log cfu g^{-1})	แบคทีเรียกรดแลคติก (log cfu g^{-1})	ยีสต์/รา (cfu g^{-1})
80:15:5	7.9^{a}	7.7^{ab}	<10 est.
80:5:15	7.8^{a}	7.7^{ab}	<10 est.
65:20:15	7.8^{a}	7.6^{b}	<10 est.
75:20:5	7.5^{b}	7.4^{c}	<10 est.
75:15:10	7.9^{a}	7.8^{a}	<10 est.

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวตั้งหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวตั้งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

est. หรือ estimated count หมายถึง จำนวนจุลินทรีย์ที่ไม่ได้อยู่ในช่วง 25-250 โคโลนี/จานเพาะเชื้อ หรือไม่มีโคโลนีเจริญในจานเพาะเชื้อ ที่ระดับการเจือจางที่มีความเข้มข้นสูงที่สุดที่ทดสอบ

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส โดยพิจารณาค่าคะแนนความชอบเฉลี่ย พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากสูตรที่ 1 ซึ่งมีอัตราส่วนของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว น้ำ และข้าวหมาก คือ 80: 15: 5 ได้รับค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในด้าน สี กลิ่น ความหวาน รสชาติ กลิ่นรส ความเรียบเนียน และความชอบโดยรวมสูงสุด โดยมีค่าเฉลี่ยความชอบโดยรวมเท่ากับ 7.1 ดังแสดงในตารางที่ 27

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 27 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน

คุณลักษณะ	ไอศกรีมโยเกิร์ต:น้ำ:ข้าวหมาก				
	80:15:5	80:5:15	65:20:15	75:20:5	75:10:15
สี	7.5±0.7^{a}	7.4±1.0^{ab}	7.2±1.3^{b}	7.4±0.7^{ab}	7.6±0.8^{a}
กลิ่น	6.4±1.5^{a}	6.0±1.7^{a}	5.5±1.8^{b}	6.3±1.4^{a}	6.1±1.4^{a}
ความหวาน	7.1±1.3^{a}	6.5±1.6^{bc}	6.1±1.6^{c}	6.9±1.3^{ab}	7.0±1.1^{a}
กลิ่นรส	7.0±1.3^{a}	6.1±1.8^{b}	5.6±1.6^{c}	6.7±1.0^{a}	6.9±1.1^{a}
ความเรียบเนียน	7.1±1.3^{a}	6.9±1.3^{b}	6.1±1.5^{c}	6.2±1.3^{b}	6.8±1.2^{b}
ความชอบโดยรวม	7.1±1.3^{a}	6.3±1.7^{b}	5.3±1.8^{c}	6.3±0.9^{b}	6.5±0.9^{b}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากค่าคะแนนความพอดีของไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวหมากสูตรที่ 1 จะอยู่ในระดับพอดี โดยมีค่าคะแนนความพอดีมากกว่าร้อยละ 60 ดังแสดงในตารางที่ 28 ซึ่งการเพิ่มอัตราส่วนของข้าวหมากจะส่งผลต่อการยอมรับของผู้ทดสอบ โดยผู้ทดสอบได้ให้ข้อเสนอแนะไว้ว่าในตัวอย่างที่มีการเติมข้าวหมากเพิ่มขึ้นจะทำให้ผลิตภัณฑ์ มีกลิ่นของข้าวหมากแรง ทำให้ไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ทดสอบ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 28 ร้อยละระดับความพอดี ของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว น้ำและข้าวหมากที่แตกต่างกัน

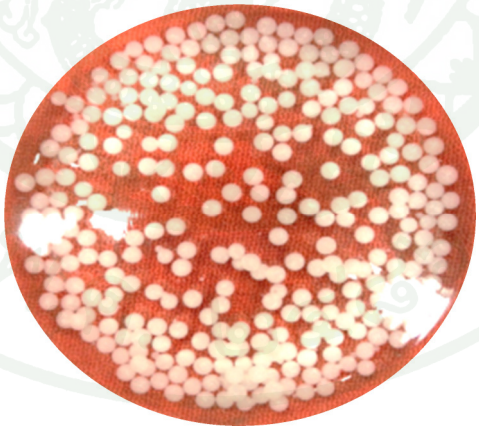
คุณลักษณะ	ตัวอย่าง	น้อย	พอดี	มาก
สี	1	0	98	2
	2	2	94	4
	3	4	90	6
	4	0	98	2
	5	2	94	4
กลิ่น	1	30	58	12
	2	26	42	32
	3	22	26	52
	4	38	58	4
	5	44	46	10
รสหวาน	1	4	78	18
	2	8	68	24
	3	20	62	18
	4	12	76	12
	5	6	74	20
กลิ่นรส	1	25	66	9
	2	28	62	10
	3	6	60	34
	4	14	64	22
	5	18	62	20
ความเรียบเนียน	1	18	82	0
	2	16	80	4
	3	46	50	4
	4	60	36	4
	5	30	68	2

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การศึกษาการเอนแคปซูเลชัน

จากการศึกษาการเอนแคปซูเลชันสารละลายน้ำข้าวหมาก โดยทำการทดสอบอัตราส่วนของน้ำข้าวหมากและน้ำต้มสุก ที่อัตราส่วน 2:1 และ 1:1 แล้วเติมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1 (w/v) จากนั้นนำไปหยดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ พบว่า ที่อัตราส่วน 2:1 โซเดียมอัลจิเนตไม่สามารถละลายได้ในสารละลายน้ำข้าวหมาก (ไม่ได้แสดงผลการทดลอง) ในการทดลองนี้จึงเลือกใช้อัตราส่วน 1:1 มาทำการผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมากต่อไป โดยทำการศึกษาขนาดของเม็ดบีดที่ผลิตโดยใช้เข็มฉีดยาขนาด 18G และกระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร (ภาพที่ 14) แล้วทำการวัดขนาดเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ได้ พบว่าที่เข็มฉีดยาขนาด 18G จะมีเส้นขนาดผ่านศูนย์ กลางโดยเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 2.6 มิลลิเมตร และที่กระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร จะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเฉลี่ยเท่ากับ 3.2 มิลลิเมตร

โดยเม็ดบีด 1 กรัม จะเท่ากับสารละลายน้ำข้าวหมาก 1.6 มิลลิลิตร และที่ขนาดเข็มฉีดยา 18G จะได้เม็ดบีดน้ำข้าวหมาก 32 เม็ดต่อกรัม ดังนั้นในเม็ดบีด 1 เม็ดจะมีสารละลายประมาณ 0.05 มิลลิลิตร และที่กระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร จะได้เม็ดบีดน้ำข้าวหมากเท่ากับ 24 เม็ดต่อกรัม ดังนั้นในเม็ดบีด 1 เม็ดจะมีสารละลายประมาณ 0.06 มิลลิลิตร



ภาพที่ 14 ลักษณะของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ผลิตได้

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จากการทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร ปริมาณร้อยละ 2 ได้รับค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยสูงสุดในทุกคุณลักษณะ คือ สี กลิ่น รสหวาน กลิ่นรส ขนาดของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก ปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก อยู่ในระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง และได้รับคะแนนความชอบโดยรวม อยู่ในระดับชอบปานกลาง คือเท่ากับ 7.3 (ตารางที่ 29) ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ผู้บริโภคมีความชื่นชอบให้มีการเติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่มีขนาดใหญ่และมีปริมาณสูง ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก จะช่วยเพิ่มเนื้อสัมผัสให้กับผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 29 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่เติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

คุณลักษณะ	ขนาดและปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก			
	2.6 mm, 1%	2.6 mm, 2%	3.2 mm, 1%	3.2 mm, 2%
สี	7.6±0.8^{a}	7.6±0.9^{a}	7.7±0.9^{a}	7.5±1.1^{a}
กลิ่น	6.4±1.1^{a}	6.5±1.4^{a}	6.6±1.1^{a}	6.6±1.2^{a}
รสหวาน	7.0±1.0^{a}	7.1±1.2^{a}	7.2±1.0^{a}	6.9±1.1^{a}
กลิ่นรส	6.6±1.1^{a}	6.6±1.1^{a}	6.3±1.0^{a}	6.4±1.1^{a}
ขนาดของเม็ดบีด	6.2±1.1^{b}	6.5±1.2^{b}	6.3±1.3^{b}	6.8±1.1^{a}
ปริมาณของเม็ดบีด	5.6±1.4^{b}	6.6±1.4^{a}	5.5±1.4^{b}	6.5±1.3^{a}
ความชอบโดยรวม	6.7±0.9^{bc}	7.0±1.0^{ab}	6.4±1.3^{c}	7.3±1.1^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-c}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาในคะแนนระดับความพอดี (ร้อยละ) ดังแสดงในตารางที่ 30 พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมากตัวอย่างที่ 4 พบว่า มีค่าร้อยละความพอดีในด้าน สี กลิ่น รสหวาน กลิ่นรส ขนาดของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก ปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก มากกว่าร้อยละ 60

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 30 ร้อยละดับความพอดี ของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่เติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

คุณลักษณะ	ตัวอย่าง	น้อย	พอดี	มาก
สี	1	0	98	2
	2	4	94	2
	3	2	94	2
	4	2	92	6
กลิ่น	1	36	60	4
	2	34	54	2
	3	36	60	4
	4	20	76	4
รสหวาน	1	6	84	10
	2	10	82	8
	3	6	90	4
	4	8	80	12
กลิ่นรส	1	38	56	6
	2	34	54	8
	3	46	50	4
	4	18	76	6
ขนาดของเม็ดบีด	1	56	42	2
	2	62	38	0
	3	22	24	0
	4	76	78	0
ปริมาณของเม็ดบีด	1	74	26	0
	2	42	58	0
	3	38	62	0
	4	22	78	0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เมื่อพิจารณาค่าคะแนนความพอดี ด้วยวิธีการวิเคราะห์ Net Scores ซึ่งเป็นวิธีหาความแตกต่างของร้อยละความไม่พอดี ซึ่งค่า Net Scores จะแสดงถึงขนาดและทิศทางของความแตกต่างระหว่างระดับที่มากเกินไป และระดับที่น้อยไป โดยใช้สูตรดังนี้

Net scores = % ของค่ามาก – % ของค่าน้อย ———— (3)

จากการคำนวณค่า Net scores พบว่า ปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากของตัวอย่างที่ 4 (3.2 mm, 2%) จากสูตร (3) จะมีค่าเท่ากับ 0-38 = -38 ซึ่งหากค่า Net Scores มีค่าน้อยกว่า -20% จะต้องทำการปรับความเข้มข้นของคุณลักษณะนั้นเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงทำการศึกษาปริมาณที่เหมาะสมของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ปริมาณร้อยละ 3 และ 4 พบว่า ที่ปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากร้อยละ 4 มีค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด คือ มีค่าเท่ากับ 7.4 ดังแสดงในตารางที่ 31 และมีค่าคะแนนความพอดีมากกว่าร้อยละ 60 ดังแสดงในตารางที่ 32 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเพิ่มปริมาณเม็ดบีดน้ำข้าวหมากลงในไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก จะส่งผลต่อค่าคะแนนความชอบของผู้บริโภค โดยปริมาณเม็ดบีดที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ไอศกรีมได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมเพิ่มขึ้น ซึ่งคะแนนความชอบอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.4)

ตารางที่ 31 คุณภาพทางประสาทสัมผัสของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ปริมาณร้อยละ 3 และ 4

คุณลักษณะ	ร้อยละ 3	ร้อยละ 4
ปริมาณเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก^{ns}	6.7±0.9	7.1±0.8
ความชอบโดยรวม	7.0±1.0^{b}	7.4±0.7^{a}

หมายเหตุ ตัวอักษร $^{a-b}$ ที่แตกต่างกันในแนวนอนหมายถึงค่าเฉลี่ยในแนวนอนมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 32 ร้อยละความพอดีของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่ปริมาณร้อยละ 3 และ 4

ปริมาณเม็ดบีดน้ำข้าวหมก	น้อย	พอดี	มาก
ร้อยละ 3	64	34	0
ร้อยละ 4	19	81	0

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคกับผู้บริโภคทั่วไป ที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป จำนวน 150 คน บริเวณโรงอาหารกลาง 2 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน ด้วยวิธี Central Location Test (CLT) จากการสอบถามข้อมูลด้านประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค ดังแสดงในตารางที่ 33 พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงร้อยละ 65 เป็นเพศชายร้อยละ 35 ส่วนใหญ่มีอายุอยู่ในช่วง 18-25 ปี ร้อยละ 43 รองลงมาคือ 36-45 ปี ร้อยละ 35 การศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในระดับปริญญาตรีร้อยละ 60 รองลงมาคือระดับปริญญาโทร้อยละ 25 อาชีพส่วนใหญ่คือ นิสิต/นักศึกษา ร้อยละ 60 รองลงมาคือ ข้าราชการ/ รัฐวิสาหกิจ ร้อยละ 26 ส่วนใหญ่มีรายได้ต่อเดือน 10,001 - 15,000 บาท ร้อยละ 25 รองลงมาคือ 5,000-10,000 บาท ร้อยละ 22

ตารางที่ 33 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของผู้บริโภค

N = 150

	ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
เพศ	ชาย	52	35
	หญิง	98	65
อายุ	18-25 ปี	64	43
	26-35 ปี	52	35
	36-45 ปี	23	15
	46-55 ปี	11	7
ระดับการศึกษาที่ได้รับ	ต่ำกว่าปริญญาตรี	14	9
	ปริญญาตรี	90	60
	ปริญญาโท	37	25
	สูงกว่าปริญญาโท	9	6

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 33 (ต่อ)

	ลักษณะกลุ่มตัวอย่าง	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
อาชีพ	นิสิต/นักศึกษา	61	40.7
	ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ	39	26
	พนักงานบริษัท	19	12.7
	รับจ้าง	5	3.3
	แม่บ้าน	1	0.7
	ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	10	6.7
	อื่น ๆ	15	10
รายได้ต่อเดือน	ต่ำกว่า 5,000 บาท	17	11.3
	5,000-10,000 บาท	33	22
	10,001-15,000 บาท	37	24.7
	15,001-20,000 บาท	25	16.7
	20,001-25,000 บาท	19	12.7
	มากกว่า 25,001 บาท	19	12.7

จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก โดยทำการประเมินในศูนย์กลางการประเมินกลางชุมชน (Central Location Test- CLT) โดยทดสอบกับกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป และอาศัยอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 150 คน โดยใช้การประเมินความชอบแบบ 9 - point hedonic scale (1 = ไม่ชอบมากที่สุด, 9 = ชอบมากที่สุด) ในด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ ความเรียบเนียน ขนาดของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก ปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก พบว่า ผู้บริโภคได้ให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยในแต่ละคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ อยู่ในช่วงระดับชอบเล็กน้อยถึงชอบปานกลาง (6.2-7.2) และให้ค่าคะแนนความชอบโดยรวมอยู่ในระดับชอบปานกลาง (7.3) ดังแสดงในตารางที่ 34

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 34 คะแนนความชอบเฉลี่ยของผู้บริโภคทั่วไปที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

คุณลักษณะ	คะแนนความชอบเฉลี่ย
ลักษณะปรากฏ	6.8±1.3
สี	7.2±1.1
กลิ่น	6.2±1.5
กลิ่นรส	6.4±1.4
รสชาติ	7.1±1.1
ความเรียบเนียน	7.0±1.1
ขนาดของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	6.8±1.3
ปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	6.6±1.3
ความชอบโดยรวม	7.3±0.8

เมื่อสอบถามผู้บริโภคในด้านการยอมรับ พบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากผสมเม็ดบีดน้ำข้าวหมากร้อยละ 87 ไม่ยอมรับร้อยละ 13 โดยเหตุผลที่ไม่ยอมรับส่วนใหญ่ จะเป็นในด้านกลิ่นและกลิ่นรสของข้าวหมาก ส่วนการสอบถามในด้านราคาของผลิตภัณฑ์ที่ปริมาณบรรจุ 75 กรัม (1 scoop) พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่พึงพอใจในราคา 35 บาท คิดเป็นร้อยละ 91 และราคา 45 บาท ร้อยละ 9 ด้านความสนใจซื้อผลิตภัณฑ์ พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่สนใจซื้อผลิตภัณฑ์ร้อยละ 79 ไม่สนใจซื้อร้อยละ 21 ดังแสดงในตารางที่ 35

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางที่ 35 การยอมรับ ความสนใจซื้อของผู้บริโภคและราคาของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

การยอมรับและความสนใจซื้อ	ความถี่ (คน)	ร้อยละ
การยอมรับ		
ยอมรับ	130	87
ไม่ยอมรับ	20	13
ราคา (ต่อ 50 กรัม/ 1 scoop)		
35 บาท	137	91
45 บาท	13	9
55 บาท	0	-
ความสนใจซื้อ		
ซื้อ	118	79
ไม่ซื้อ	32	21

5. การคำนวณต้นทุนในการผลิต

คำนวณต้นทุนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ซึ่งประกอบไปด้วยต้นทุนวัตถุดิบของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ดังแสดงในตารางที่ 36 ต้นทุนแรงงาน และต้นทุนค่าใช้จ่ายอื่น ๆ

ตารางที่ 36 ต้นทุนวัตถุดิบของไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

วัตถุดิบ	ราคา (บาท/kg หรือ L)	สูตร (%)	ราคาต่อสูตร (บาท/kg หรือ L)
ไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว	55.26	77.0	43.40
น้ำ	10.00	14.4	1.44
ข้าวหมาก	20.50	4.8	0.98
เม็ดบีดน้ำข้าวหมาก	24.00	3.8	0.91
ราคาโดยรวม			46.78

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ต้นทุนในการเตรียมไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากต่อหนึ่งถ้วย

- ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากเหลว 1,000 กรัม จะตีปั่นได้ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากประมาณ 1,200 กรัม ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากบรรจุ 1 ถ้วย เท่ากับ 75 กรัม ดังนั้นไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวหมากเหลว 1,000 กรัม หลังการตีปั่นจะสามารถบรรจุถ้วยได้ทั้งหมด 1,200/75 เท่ากับ 16 ถ้วย คิดเป็นต้นทุนไอศกรีมโยเกิร์ตข้าวหมากเหลวต่อถ้วยมีราคา 46.78/16 เท่ากับ 2.92 บาท/ถ้วย ซึ่งถ้วยบรรจุราคา 1 บาทต่อชุด (ถ้วย+ฝาปิด)

ดังนั้นต้นทุนวัตถุดิบไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก 1 ถ้วย (75 กรัม) มีราคาเท่ากับ 3.92 บาท

- ในการคำนวณต้นทุนการดำเนินการในอุตสาหกรรมเกษตร จะคิดเป็นสัดส่วนดังนี้ ต้นทุนทั้งหมด 100 คิดเป็นวัตถุดิบร้อยละ 52 แรงงานร้อยละ 32 และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ ร้อยละ16 (จีรพรรณ, 2530) เมื่อรวมต้นทุนการผลิตจะมีราคา 7.59 บาท/ถ้วย ดังแสดงในตารางที่ 37

ตารางที่ 37 ต้นทุนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากต่อ 1 ถ้วย (75 กรัม)

ต้นทุน	ร้อยละ	ราคา (บาท/ถ้วย)
วัตถุดิบ	52	3.92
แรงงาน	32	2.41
ค่าใช้จ่ายอื่น ๆ	16	1.21
รวมต้นทุนการผลิตทั้งหมด	100	7.59

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมผสมข้าวหมาก มีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยคือ การศึกษาพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคกลุ่มเป้าหมายที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก สามารถสรุปการดำเนินงานวิจัยได้ดังนี้

1. การศึกษาแนวความคิดของผลิตภัณฑ์สามารถนำข้อมูลมาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบแบบสอบถามเกี่ยวกับพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก โดยสามารถกำหนดกลุ่มของผู้บริโภคได้ คือ มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีส่วนผสมของข้าวหมากซึ่งมีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสม จากนั้นทำการสำรวจพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภค พบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่รับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตต้องการให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อเนียนละเอียด มีรสหวาน มีกลิ่นแอลกอฮอล์เล็กน้อย มีขนาดการบรรจุเป็นถ้วยขนาดเล็ก (60-75 g) ราคา 25-35 บาท และไม่ต้องการให้มีการเติมผลไม้ลงในผลิตภัณฑ์

จากการรวบรวมข้อมูลสรุปแนวความคิดของผลิตภัณฑ์ (product concept) คือ ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก เป็นผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเพื่อสุขภาพที่มีกลิ่นรสเฉพาะตัว สามารถรับประทานได้ง่าย มีประโยชน์จากจุลินทรีย์โยเกิร์ตซึ่งส่งผลดีต่อสุขภาพ โดยมีบทบาทในการลดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคที่อวัยวะหรือระบบเป้าหมาย และช่วยรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบทางเดินอาหารให้เพิ่มมากขึ้น

2. การศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากที่มีอัตราส่วนของไอศกรีมโยเกิร์ตร้อยละ 80 น้ำร้อยละ 15 และข้าวหมากเหลวร้อยละ 5 (สูตรที่ 1) เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสม โดยมีค่าความหนืดและร้อยละการขึ้นฟู (% overrun) สูงสุด คือ 174 cP และร้อยละ 11.35 ตามลำดับ มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดเท่ากับ 25.83 ^{0}Brix มีค่า ความสว่าง (L*) ค่าสีเขียว (a*) และค่าสีเหลือง (b*) เท่ากับ 87.36, -0.20 และ 15.78 ตามลำดับ มีอัตราการละลาย 3.49 กรัม/นาที มีค่า pH 4.93 และมีปริมาณกรดทั้งหมดเท่ากับ 0.43 มีปริมาณจุลินทรีย์ทั้งหมด เท่ากับ 7.9 log cfu g^{-1} แบคทีเรียกรดแลคติก 7.7 log cfu g^{-1} และยีสต์/รา

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

น้อยกว่า 10 cfu g^{-1} โดยไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากสูตรที่ 1 ได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดคือ 7.1 และได้รับค่าคะแนนความพอดีในระดับพอดีมากกว่าร้อยละ 50 ในทุกคุณลักษณะ และเมื่อทำการศึกษาการเอ็นแคปซูเลชันเม็ดบีดน้ำข้าวหมากในไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก โดยทำการผสมน้ำข้าวหมากและน้ำต้มสุกในอัตราส่วน 1:1 จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 1 (w/v) แล้วนำไปหยดในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ ด้วยเข็มฉีดยาขนาด 18G และกระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร พบว่า เม็ดบีดน้ำข้าวหมากที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 มิลลิเมตร (กระบอกฉีดยาขนาด 5 มิลลิลิตร) ที่ปริมาณร้อยละ 4 ได้รับค่าคะแนนความชอบโดยรวมสูงสุดคือ 7.4 และได้รับค่าคะแนนความพอดีในระดับพอดี

3. การศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก พบว่าผู้บริโภคให้ค่าคะแนนความชอบเฉลี่ยด้าน ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น กลิ่นรส รสชาติ เนื้อสัมผัส ปริมาณเม็ดบีดและความชอบโดยรวม ในระดับชอบเล็กน้อยจนถึงชอบปานกลาง (6.81, 7.18, 6.19, 6.41, 7.11, 7.01, 6.63, และ 7.05) และให้การยอมรับในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากร้อยละ 87 มีความสนใจซื้อร้อยละ 79

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการพัฒนาไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก พบว่ามีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ควรมีการศึกษาการใช้ผลิตภัณฑ์จากข้าวหมากที่เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ ในรูปแบบอื่น ๆ เช่น การใช้น้ำข้าวหมากแทนการใช้ข้าวหมากเหลว เพื่อพัฒนาเนื้อสัมผัสของไอศกรีมให้มีความเรียบเนียนมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาระยะเวลาที่ใช้ในการบ่มข้าวหมาก เพื่อลดการเกิดกลิ่นหมักของข้าวหมากให้ลดต่ำลง เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับการยอมรับมากยิ่งขึ้น เนื่องจากการไม่ยอมรับของผู้บริโภคส่วนใหญ่ เกิดจากกลิ่นเฉพาะตัวของข้าวหมาก

3. ควรมีการศึกษาขนาดและปริมาณของเม็ดบีดน้ำข้าวหมากเพิ่มเติม คือให้มีขนาดใหญ่และมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากผู้บริโภคได้แสดงความคิดเห็นให้เพิ่มปริมาณเม็ดบีดน้ำข้าวหมากในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จิราภรณ์ ยอดเถื่อน. 2554. **การพัฒนาเครื่องดื่มข้าวหมาก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จีรพรรณ กุลดิลก. 2530. **เอกสารการสอนชุดวิชาเศรษฐศาสตร์อุตสาหกรรมและทฤษฎีต้นทุน**. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ชัยวัฒน์ จาติเสถียร. 2520. **การคัดเลือกสายพันธุ์เชื้อราและยีสต์ในลูกแป้งสำหรับการหมักข้าวหมาก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นภา โล่ห์ทอง. 2535. **กล้าเชื้ออาหารหมักและเทคโนโลยีการผลิต**. ฟันนี พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

นรัมภา วรนันตกุล. 2549. **ผลของผลิตภัณฑ์จากข้าวต่อคุณสมบัติทางกายภาพของไอศกรีม**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์. 2552. **ไอศกรีมผลไม้.** 5th ed. แสงแดด, กรุงเทพฯ.

น้อมจิตต์ แก้วไทย. 2542. **การคัดเลือกแบคทีเรียกรดแลกติกจากน้ำนมดิบเพื่อใช้เป็นกล้าเชื้อโยเกิร์ต.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปิยะธิดา เกิดช่วย. 2551. **การใช้เวย์โปรตีนเข้มข้นและมอลโทเดกซ์ทรินในไอศกรีมกะทิไขมันต่ำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เปมิกา ขำวีระ. 2547. **คุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิไลพรรณ พงษ์บูล. 2523. **การศึกษาชีววิทยาของลูกแป้งข้าวหมาก**. รายงานการวิจัย. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พิศักดิ์ พัดทอง. 2552. **การศึกษาคุณลักษณะและอายุการเก็บรักษาของโยเกิร์ตนมแพะที่เสริมด้วยแป้ง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรินทร์ รักถาวร. 2542. **การผลิตและปรับปรุงคุณภาพไอศกรีมกะทิลดไขมัน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มณชัย เดชสังกรานนท์. 2546. **คุณสมบัติของยีสต์และราที่มีบทบาทในการหมักข้าวหมากและสาโท**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุพกนิษฐ์ พ่วงวีระกุล. 2543. **ไวน์ข้าวภูมิปัญญาไทยสู่การผลิตเชิงพานิชย์.** ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต, กรุงเทพฯ.

วราวุฒิ ครูส่ง และ รุ่งนภา พงศ์สวัสดิ์มานิต. 2532. **เทคโนโลยีการหมักในอุตสาหกรรม.** สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วิลาวัณย์ เจริญจิระตระกูล. 2539. **จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญด้านอาหาร**. คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณพร จิตจำเริญ. 2547. **การใช้คัพภะข้าวโพดทดแทนหางนมผงในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติก**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สิรินทรเทพ ภักดีศุภผล. 2523. **การหมักข้าวหมากด้วยเชื้อบริสุทธิ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุญาณี พงษ์ธนานิกร. 2549. **พรีไบโอติกและโพรไบโอติก: อาหารสุขภาพ**. ภาควิชาอาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมจิต สุรพัตน์. 2544. **ไอศกรีมและผลิตภัณฑ์.** ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์**,** กรุงเทพฯ.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อนุวัตร แจ้งชัด. 2552. **สถิติสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์และการประยุกต์**. ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abghari, A., M. S. Zeinoddin and A. Z. Sabihe. 2011. Nonfermented ice cream as a carrier for *Lactobacillus acidophilus* and *Lactobacillus rhamnosus*. **Food Sci. and Tech.** 46: 84-92.

Akin, M.B., M.S. Akın,and Z. Kırmacı. 2007. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chem.** 104: 93-99.

Arbuckle, W.S. 1986. **Ice Cream.** 4th ed. Van Norstrand Reinhold, New York.

Aranya, M., W. Ruksiriwanich, B. Kietthanakorn, W. Manosroi and J Manosroi. 2011. Relationship between biological activities and bioactive compounds in the fermented rice sap**. Food Res. Int**. 44: 2757-2765**.**

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 2005. **Official methods of analysis of AOAC Internationa.** 18th ed. AOAC international, Gaithersburg, MD.

BAM. 2002. **Food and Drug Administration Bacteriological Analytical Manual**. 8thed. AOAC International, USA.

Beal, C., H.E. Spinnler and G. Corrieu. 1994. Compare of growth, acidification and productivity of pure and mixed culture of *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophillus* 404 and *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgalicus* 398. **Appl. Microbiol. Biotechnol.** 41: 95-98.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Beal, C. and G. Corrieu. 1991. Influence of pH, tempurature, and inoculum composition on mixed cultures of *Streptococcus thermophillus* 404 and *Lactobacillus bulgalicus* 398. **Biotechnol. Bioeng**. 38: 90-98.

Berger, K.G., B.K. Bullimore, G.W. White and W.B. Wright. 1972. The structure of ice cream, pp. 419-425. *Cited by* R.T. Marshall and W.S. Arbuckle. **Ice Cream**. 5th ed., Chapman & Hall, New York. 349 p.

Capela, P., T. K. C. Hay and N. P. Shah. 2007. Effect of homogenization on bead size and survival of encapsulated probiotic bacteria. **Food Res. Int.** 40: 1261-1269.

Chandramouli, V., K. Kailasapathy, P. Peiris and M. Jones. 2004. An improved method of microencapsulation and its evaluation to protect *Lactobacillus* spp. in simulated gastric conditions. **J. Microbiol. Methods.** 56: 27-35.

Cooper, D.R. and P.S. Schindler. 1978. **Business Research Methods**. 6th ed. Irwin McGraw-Hill, Singapore.

Dale, H. 2001. Microbial threats *Lactobacillus*. **Int Food Hygiene.** 13: 29.

Dave, R.I. and N.P. Shah. 1996. Evaluation of media for selective enumeration of *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacilllus delbruekii* spp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium* spp**. J. Dairy Sci.** 79: 1529-1536.

_____ and _____. 1997. Viability of yogurt and probiotic bacteria in yogurts made from commercial starter culture. **Int. Dairy J.** 7: 31-41.

Deeth, H.C. and A.Y., Tamine. 1981. Yoghurt: Nutritive and therapeutic aspects. **J. Food Prot.** 44(1): 78-86.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Desai, K.G.H. and H.J. Park. 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. **Dry. Technol**. 23 (7): 1361-1394.

Davidson, R.H., S.E. Duncan, C.R. Hackney, W.N. Eigel and J.W. Boling. 2000. Probiotic culture survival and implications in fermented frozen yogurt characteristics. **J. Dairy. Sci.** 83: 666-673.

Dubois, M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substances. **Anal. Chem.** 28: 350-365.

Dung, N.T.P., F.M., Rombouts and M.J.R., Nout. 2006. Functionality of selected strains of moulds and yeasts from Vietnamese rice wine starters. **Food Microbiology**. 23: 331-340.

Elizabeth, W. Ng., M. Yeung and P.S. Tong. 2011. Effect of yogurt starter cuteres on the survival of *Lactobacillus acidophilus.* **Invest J of Food Microbiology.** 145: 169-175.

FAO/WHO. 1984. **Codex Alimentarius.** 1th ed. Joint FAO/WHO Food Standards Programme, FAO, Rome.

Fuller, R. 1989. Probiotics in man and animals. **J. Appl. Bacteriol.** 66: 365-378.

Garbutt. J. 1997. **Essentials of Food Microbiology**. Anld, London, England.

Garcia, R.S., R.T. Marshall and H. Heymann. 1995. Low fat ice cream from freezed concentrated versus heat-concentrated nonfat milk solid. **J. Dairy Sci.** 78: 2345-2351.

Gilliland, S.E. 1998. Fermented milks and probiotics, pp.195-210. In E.H. Marth and J.L. Steele, eds. **Applied Dairy Microbiology.** Marcel Dekker, Inc., New York.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Goff, H.D. 2003. Ice Cream, pp. 1063-1082. In P.F. Fox and P.L.H. McSweeney, eds. **Advanced dairy chemistry volume 1: proteins.** Kluwer/Plenum Publishers, New York.

Goldin, B.R. and S.L. Gorbach. 1984. The Effect of Oral Administration of *Lactobacillus* and Antibiotics on Intestinal Bacteria Activity and Chemical Induction of Large Bowel Tumor, pp. 139-144. Cited J. Ballongue. 1993. **Bifidobacteria and Probiotic Action,** pp. 357-428. *In* S. Salminen and A.V. Wright, eds. **Lactic Acid Bacteria.** Marcel Dekker, Inc, New York.

Havenaar, R and J.H.J. Huis in't Veid. 1992. Probiotic: general view, pp. 151-170. *In* J.B.J. Wood, eds. **Lactic acid bacteria in health and disease.** Elsevier, London.

Hekmat, S. and D.J. McMahon. 1992. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* in ice cream for use as a probiotic food. **J. Dairy Sci.** 75: 1415-1422.

Holzapfel, W.H and B.J.B. Wood. 1995. Lactic acid bacteria in contemporary perspective, pp.1-6. *In* **The General of Lactic acid bacteria**. Blachie Academi& Profesional, London.

Holzapfel, W.H., P. Haberer, J. snel, U. schillinger and J. H. J. Huis in't Velg. 1998. Overview of gut flora and probiotic. **Int. Food Micro**. 41: 85-101.

Homayouni, A., A. Azizi, M. R. Ehsani, M. S. Yarmand and S. H. Razavi. 2008. Effect of microencapsulation and resistant starch on the probiotic survival and sensory properties of synbiotic ice cream. **Food Chem**. 50-55.

Ibanoglu, S. and I. Esra. 1999. Rheological properties of cooked tarhana, a cereal-based soup. **Food Res. Int.** 32: (1999) 29-33.

Jankowski, T., M. Zielinska and A. Wysakowska. 1997. Encapsulation of lactic acid bacteria with alginate/starch capsules. **Biotechnol. Tech.** 11(1): 31-34.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kailasapathy, K., I. Harmsorf and M. Phillip. 2008. Survival of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis*. **LWT-Food sci and tech.** 41: 1317-1322.

Kailasapathy, K., and Sultana, K. 2003. Survival and b-galactosidase activity of encapsulated and free Lactobacillu acidophilus and Bifidobacterium lactis in ice-cream. **Australian Journal of Dairy Technology**. 58: 223–227.

Klaenhammer, T. R. 2001. Food microbiology: **Fundamentals and frontiers**. 2nd ed. Washington, DC: ASM Press.

Kalver, F.A.M. and R.V.D. Meer. 1993. The assumed assimilation of cholesterol by lactobacilli and *Bifidobacterium bifidum* is due to their bile salt deconjugating activity. **Appl. Environ. Microbiol.** 59: 1120-1124.

Kim, S. J., S. Y. Cho, S. H. Kim, O. J. Song, I. S. Shin, D. S. Cha and H. J. Park. 2008. Effect of microencapsulation on viability and other characteristics in *Lactobacillus acidophilus* ATCC 43121. **LWT-Food Sci. Tech.** 41: 493-500.

Krasaekoopt, W., Bhesh, B. and Hilton, D. 2003. Evaluation of encapsulation techniques of probiotics for yoghurt. **Int. Dairy J**. 13 (2003) 3-13.

Kuang, S.S., J.C. Oliveira and A.M. Crean. 2010. Microencapsulation as a tool for incorporating bioactive ingredient into Food. **Crit. Rev. Food. Sci. Nutr**. 50 (10):951-968.

Law, B.A. 1997. **Microbiology and Biochemistry of Cheese and Fermented Milk.** 2nd ed. Blackie Academic and Professional, London.

Limthong, S., S. Sintara, P. Suwannarit and N. Lotong. 2002. Yeast diversity in traditional fermentation starter (Loog-pang). **Kasetsart J. (Nat. Sci.)** 36: 149-158.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Marshall, R.T. and W.S. Arbuckle. 1996. **Ice Cream**. 5th ed. Chapman&Hall, New York.

Manosroi, A., Warintorn, R., Bang-on, K., Worapaka, M and Jiradej, M. 2011. Relationship between biological activities and bioactive compounds in the fermented rice sap. **Food research International**. 44: (2011) 2757-2765.

Madene et al. 2005. Flavour encapsulation and controlled release – a review. **Int.J. of Food Sci. and Tech**. 41, 1-21.

Morfudd, R. 2009. **Lola's Ice Cream & Sundaes**. Ebury press, United Kingdom.

Murry, A.C., Jr. A. Hinton and H. Morrison. 2004. Inhibition of Growth of *Escherichia coli, Samolnella typhimurium* and *Clostidium perfringens* on Chicken Feed Media by *Lactobacillus typhimurium* and *Lactobacillus plantarum*. **Int. J. of Poultry Sci**. 3(9): 603-607.

Nakasawa, Y. and A. Hosono. 1992. **Functions of fermented milk challenges for the health science (translate from Japanese).** Elservier Science Publishers, New York.

Nicolass, J.Z. and Viktor, A.D. 2010. **Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing. Springer**, New York .

Nussinovith, A. 1997. **Hydrocolloid applications: gum technology in the food and other industries.** Blackie Academic & Professional, London.

Olkuku, J. and C.K. Rha. 1978. Gelatinization of Starch and Wheat Flour Starch-A review. **Food Chem**. 3: 293.

Olsen, S. 1993. Properties and Analysis. **Encyclopedia of Food Science, Food Technology and Nutrition vol. 4** (1993): 2461-2465.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

O'Sullivan, M.G., G. Thomton, G.C. O'Sullivan and J.K. Collins. 1992. Probiotic bacteria: myth or reality. **Trends Food Sci. Technol.** 3: 309-314.

Park, S.Y., G.E. je., Y.T. Ko., H.K. Jung., Z. Ustunol and J.J. pestka. 1999. Potentiation of hydrogen peroxide, nitric oxide, and cyyokine production in RAW 264.7 macrophage cells exposed to human and commercial isolates of Bifidobacterium. **Int. J. of Microbiol**. 46: 231-241

Pitiporn, S. 2008. **Miracle of Thai rice**. Matichon Weekly, 1461. (pp. 92), Bangkok: Matichon Publisher.

Pichyangkura, S. and Kulpreeha, 1997. Survey of mycelial mold in loogpang from various sources in Thailand. **Symposium on Indigenous Fermented Food**, Bangkok Thailand.

Prescott, L.M., J.P. Harley and A.K. Donald. 2002. **Microbiology**. 5th ed. McGraw-Hill, New York.

Rasic, J.Lj. and J.A. Kurmann. 1983. Bifidobacteria and Their Role, pp. 8-23. Cited J. Ballongue. 1993. **Bifidobacteria and Probiotic Action**, pp. 357-428. *In* S. Salminen and A.V. Wright, eds. **Lactic Acid Bacteria.** Marcel Dekker, Inc., New York.

Reddy, G.V., B.A. Friend, K.M. Shahani and R.E. Farmer. 1983. Antitumer activity of yogurt components. **J. Food Prot.** 46(1): 8-12.

Salminen, S., C. Bouley., M.C. Boutron-Ruault., J.H. Commings., A. Franck., G.R. Gibson., E. Isolauri., M.C. Moreau., M. Roberfroid and I. Rowand. 1998. Functional food science and gastrointestinal physiological and function. **British J. of Int**. 13: 293-313.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Sankalia, M. G., R. C. Mashru, J. M. Sankalia and V. B. Sutariya. 2005. Papain entrapment in alginate beads for stability improvement and site-specific delivery: Physicochemical characterization and factorial optimization using neural network modeling. **AAPS Pharm. Sci. Tech.** 6(2): E209-E222.

Schiffrin, E.J., F. Rochat, H. Link-Amster, J.M. Aeschlimann and A. Donnet-Hughes. 1995. Immunomodulation of human blood cells following the ingestion of LAB. **J. Dairy Sci.** 78: 491-497.

Segarra, P.J.S., M.G. Martínez, M.J. Gordillo-Otero, A.D. Varverde, M.A.A. Lopez and R.M. Rojas. 2000. Influence of the addition of fruit on the mineral content of yoghurts: nutritional assessment. **Food Chem.** 70: 85-89.

Sheu, T. Y. and R. T. Marshall. 1993. Microentrapment of Lactobacilli in calcium alginate gels. **J. Food Sci.** 54: 557-561.

Shah, N.P. 2001. Functional foods from probiotics and prebiotics. **Food Technol.** 55: 46-53.

Shah, N.P and W.E.V. Lankaputhra. 1997. Improving viability of *L. acidophilus* and *Bifidobacterium* spp. in yogurt. **Intl. Dairy J.** 7: 349-356.

Shah, N.P and R.R. Ravula. 2000. Influence of water activity on fermentation, organic acids production and viability of yogurt and probiotic bacteria. **T. Aus. J. Dairy Technol.** 55: 127-130.

Sigma-Aldrich**.** 2010**. Starch (GO/P) Assay Kit.** Available Source: http://www.sigmaaldrich.com/life-science/metabolomics/enzymatic-kits.html, March 15, 2010.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Soukoulis , C., E. Lyroni and C. Tzia. 2007. Sensory profiling and hedonic judgement of probiotic ice cream as a function of hydrocolloids, yogurt and milk fat content. **LWT Food sci. and tech**. 43: 1351-1358.

Stein Carter, J. L. 2004. **Ethanol determination by distillation**. Available Source: http://biology.clc.uc.edu/courses/bio111/protocols/distillation.pdf, November 15, 2007.

Suarez, F. L. and D.A. Savaiano. 1997. Diet, genetics, and lactose intolerance. **Food Technology.** 51(3): 74-76.

Sukovie, J., B. Kos., S. Matosic and V. esendorfer. 2000. The effect of bile salt on survival and morphologu of potential probiotic strain *Lactobacillus acidophilus* M92. **Word J. of Microbiol. and biotechnol**. 16: 673-678.

Sultana, K., G. Godward, N. Reynolds, R. Arumugaswamy, P. Peiris and K. Kailasapathy. 2000. Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastro-intestinal conditions and in yoghurt. **Int. J. Food Microbiol.** 62: 47-55.

Suprianto., R. Ohba., T. Kaga. and S. Ueda. 1989. Liquefaction of glutinous rice and aroma formation in Tape preparation by Ragi. **J. Ferment. Bioeng.** 67(4): 249-252.

Talwalkar, A.and K. Kailasapathy. 2004. Comparison of selective and differential media for the accurate enumeration of strains of Lactobacillus acidophilus, Bifidobacterium spp. and Lactobacillus casei complex from commercial yoghurts. **Int Dairy J**. 14: 143-149

Tamime, A.Y. and R.K. Robinson. 1985. **Yoghurt Science and Technology**. Pergamon Press Ltd. New York.

_____ and _____. 1999. **Yoghurt: Science and Technology.** 2nd ed. Woodhead Publishing, Ltd., Cambridge.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Tamime, A.Y. and V.M.E. Marshall. 1997. Microbiology and technology of fermented milks, pp. 152-203. *In* Tamime and B.A. Law, eds. **Microbiology and Biochemistry of cheese and Fermented Milk.** Blackie Academic & Professional, London.

Vernan, A.H. and J.P. Sutherland. 1994. **Milk and milk products technology, chemistry and microbiology.** 1st ed. Chapman&Hall, London.

Wood, B.J.B. 1998. **Microbiology of Fermented Foods v.1.** 2nd ed. International Thompson Publishing, London.

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การวิเคราะห์ค่าสีในระบบ CIE L*a*b*

ทำกาวัดค่าสีในระบบ CIE L* a* b* ด้วยเครื่องวัดค่าสี Spectrophotometer ยี่ห้อ Minolta รุ่น CM – 3500d โดยวัดค่าแสงสะท้อน (Reflectance) โดยนำตัวอย่างบรรจุลงใน Petri dish ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้แหล่งกำเนิดแสง D_{65} มุมผู้สังเกตการณ์มาตรฐาน 10 องศา ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ซ้ำละ 4 ครั้ง

2. การวิเคราะห์ค่าความหนืด (Viscosity)

ทำการวัดค่าความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (Brookfield; DV-III) โดยชั่งตัวอย่างปริมาตร 450 มิลลิลิตร บรรจุลงในบีกเกอร์ขนาด 600 มิลลิลิตร ทำการวัดด้วยหัวเข็มเบอร์ 2 (RV-2) ที่ความเร็วรอบการหมุน 10 รอบต่อนาที อ่านค่าที่ได้หลังการหมุน 30 วินาที ทดลองตัวอย่างละ 2 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ครั้ง

3. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS)

ทำการวัดค่า Total soluble solid, TSS ด้วยเครื่อง Refractometer ยี่ห้อ ATAGO รุ่น PAL-α โดยนำตัวอย่างหยดลงในช่องวัดค่า จากนั้นกดปุ่ม START แล้วอ่านค่าปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดที่ปรากฏบนหน้าจอเครื่อง หน่วยเป็นองศาบริกซ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การวิเคราะห์ความเป็นกรด-เบส (pH)

ทำการปรับเทียบมาตรฐานเครื่อง pH meter ยี่ห้อ CONSORT รุ่น C830P โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์ pH 4 และ pH 7 จากนั้นนำตัวอย่างมาจุ่มหัววัดเครื่อง pH meter แล้วอ่านค่า pH ที่ปรากฏบนหน้าจอ

2. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมด (Total acidity) ด้วยการไทเทรต

2.1 สารเคมี

2.1.1 สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 0.1 N

เตรียมโดยละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัมด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 1 ลิตร ใส่ขวดพลาสติกเก็บไว้ นำมาไทเทรตในสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (potassium hydrogen phathalate) หาความเข้มข้นที่แน่นอน การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีขั้นตอนดังนี้ ชั่งโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต (อบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียสนาน 2 ชั่วโมง และทิ้งไว้ใน desiccator) ด้วยตาชั่งละเอียด 0.3-0.5 กรัม ใส่ฟลาสก์ขนาด 250 มิลลิลิตร เจือจางในน้ำกลั่นปลอดคาร์บอนไดออกไซด์ 75 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 1% ลงในสารละลาย โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลต แล้วนำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่บรรจุอยู่ในบิวเรต จนกระทั่งสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลตเปลี่ยนจากไม่มีสีเป็นสีชมพูอ่อน และสีชมพูยังไม่เปลี่ยนภายใน 1 นาที แล้วคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้สูตร

$$\text{Normality NaOH} = \frac{\text{น้ำหนัก (กรัม) ของ KHP x 1000}}{\text{ปริมาตรของ NaOH (มิลลิลิตร) x 204.229}}$$

2.1.2 สารละลายฟีนอล์ฟทาลีน

ชั่งฟีนอล์ฟทาลีน 1 กรัม ละลายในแอลกอฮอล์ 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่าง 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมสารละลายฟีนอล์ฟทาลีน 2-3 หยด แล้วไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มาตรฐาน 0.1N จนได้จุดยุติเป็นสีชมพู (ในกรณีที่ตัวอย่างมีสีทำให้มองเห็นจุดยุติไม่ชัดเจนควรใช้การวัดพีเอชร่วมด้วยซึ่งจุดยุติของฟีนอล์ฟทาลีนเท่ากับพีเอช 8.1)

$$\text{ปริมาณกรดแลคติก (กรัมต่อ 100 มิลลิลิตร)} = \frac{\text{ความเข้มข้น NaOH x ปริมาตร NaOH x 90.08 x 100}}{\text{1000 x ปริมาตรตัวอย่าง}}$$

3. การวิเคราะห์ปริมาณแอลกอฮอล์ โดยวิธี Hydrometer Method

3.1 ตวงตัวอย่าง 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดสำหรับกลั่น เติมน้ำกลั่นลงไป 100 มิลลิลิตร

3.2 กลั่นโดยให้ความร้อนต่ำๆ ด้วยเตาให้ความร้อนอย่าให้เดือด จนกระทั่งได้ส่วนใสประมาณ 45 – 50 มิลลิลิตร

3.3 เทส่วนใสที่กลั่นได้ ใส่ลงในกระบอกตวงขนาด 100 มิลลิลิตร นำแช่ลงในอ่างน้ำเย็นจนได้อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

3.4 จุ่มแอลกอฮอล์ไฮโดรมิเตอร์ลงในกระบอกตวง

3.5 อ่านเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (% v/v) จากขีดของแอลกอฮอล์ไฮโดรมิเตอร์ ที่โผล่ขึ้นมาเหนือระดับส่วนที่กลั่นได้

3.6 ถ้าใช้ไฮโดรมิเตอร์วัด จะได้ความถ่วงจำเพาะของส่วนใสที่กลั่นได้ จากนั้นนำไปอ่านเทียบค่าเป็นค่าเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์จากตารางผนวกที่ ข1

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ข1 เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ (โดยปริมาตร) เทียบกับความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส

ความถ่วงจำเพาะ	แอลกอฮอล์ (% v/v)	ความถ่วงจำเพาะ	แอลกอฮอล์ (% v/v)
1.00000	0.00	0.98530	11.00
0.99851	1.00	0.98471	11.50
0.99704	2.00	0.98412	12.00
0.99560	3.00	0.98297	13.00
0.99419	4.00	0.98182	14.00
0.99281	5.00	0.98071	15.00
0.99149	6.00	0.97960	16.00
0.99020	7.00	0.97850	17.00
0.98894	8.00	0.97743	18.00
10.98771	9.00	0.97638	19.00
0.98711	9.50	0.97532	20.00
0.98650	10.00	0.97425	21.00
0.98590	10.50	0.97318	22.00

ที่มา: Stein (2004)

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ค

วิธีการวิเคราะห์คุณภาพจุลินทรีย์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. การวิเคราะห์จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

1.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

1.1.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Plate Count agar ตามที่ข้างขวดระบุ ต้มจนเดือด แล้วนำไปการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

1.1.2 เทอาหารลงจานเพาะเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 22 – 25 มิลลิลิตรต่อจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว เพื่อใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

1.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1.2.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ด้วยเทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีป่น (stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ปริมาตร 90 มิลลิลิตร

1.2.2 นำตัวอย่างในข้อ 1.2.1 ไปตีป่นด้วยเครื่องตีป่น (stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที

1.2.3 จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เข้าเครื่องเขย่าหลอด (vortex) เพื่อให้เข้ากัน ได้ตัวอย่างความเจือจางที่ระดับ10^{-1} ทำการเจือจางด้วยวิธี Serial dilution จนคาดว่ามีจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 25 - 250 โคโลนี

1.2.4 ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.1 – 0.5 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 1.1 ใช้ spreader ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร

1.2.5 นำไปบ่มโดยคว่ำจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48ชั่วโมง

1.2.6 นับเชื้อและคำนวณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด หน่วย cfu g^{-1} หรือ cfu/ml

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. การวิเคราะห์จำนวนราและยีสต์

2.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

2.1.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ Potato Dextose agar (PDA) ตามที่ข้างขวดระบุ ต้มจนเดือด แล้วนำไปการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

2.1.2 เทอาหารลงจานเพาะเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 22 – 25 มิลลิลิตรต่อจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว ใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

2.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

2.2.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธี เทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีป่น (stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ปริมาตร 90 มิลลิลิตร

2.2.2 นำตัวอย่างในข้อ 2.2.1 ไปตีป่นด้วยเครื่องตีป่น (stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที

2.2.3 จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เข้าเครื่องเขย่าหลอด (vortex) เพื่อให้เข้ากัน ได้ตัวอย่างความเจือจางที่ระดับ 10^{-1} ทำการเจือจางด้วยวิธี Serial dilution จนคาดว่ามีจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 25 - 250 โคโลนี

2.2.4 ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.1 – 0.5 มิลลิลิตร ลงในจานเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 2.1 ใช้ spreader ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร

2.2.5 นำไปบ่มโดยหงายจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 25องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 - 96 ชั่วโมง

2.2.6 นับเชื้อและคำนวณจำนวนยีสต์และรา หน่วย cfu g^{-1} หรือ cfu/ml

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. การวิเคราะห์แบคทีเรียกรดแลคติก

3.1 การเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ

3.1.1 ชั่งอาหารเลี้ยงเชื้อ De Man Rogosa and Sharpe (MRS) ตามที่ข้างขวดระบุ ต้มจนเดือด แล้วนำไปการฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที

3.1.2 เทอาหารลงจานเพาะเชื้อที่ผ่านการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 22 – 25 มิลลิลิตรต่อจานเพาะเชื้อ ตั้งทิ้งไว้จนอาหารแข็งตัว ใช้สำหรับการวิเคราะห์ต่อไป

3.2 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

3.2.1 ปิเปตตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ด้วยวิธี เทคนิคปลอดเชื้อ ใส่ในถุงสำหรับเครื่องตีป่น(stomacher) จากนั้นเติมสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ปริมาตร 90 มิลลิลิตร

3.2.2 นำตัวอย่างในข้อ 3.2.1 ไปตีป่นด้วยเครื่องตีป่น (stomacher) เป็นเวลา 60 วินาที

3.2.3 จากนั้นปิเปตตัวอย่าง 1 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลองที่มีสารละลายฟอสเฟตบัพเฟอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร เข้าเครื่องเขย่าหลอด (vortex) เพื่อให้เข้ากัน ได้ตัวอย่างความเจือจางที่ระดับ10^{-1} ทำการเจือจางด้วยวิธี Serial dilution จนคาดว่ามีจุลินทรีย์อยู่ในช่วง 25 - 250 โคโลนี

3.2.4 ปิเปตตัวอย่างปริมาตร 0.1 – 0.5 มิลลิลิตร ลงในจานอาหารเพาะเชื้อที่เตรียมไว้ในข้อ 3.1 ใช้ spreader ที่อบฆ่าเชื้อแล้ว spread ให้ทั่วผิวหน้าอาหาร

3.2.5 นำไปบ่มโดยคว่ำจานเพาะเชื้อที่อุณหภูมิ 35 – 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 – 48ชั่วโมง

3.2.6 นับเชื้อและคำนวณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด หน่วย cfu g^{-1} หรือ cfu/ml

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบรายงานผลการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale)

และคะแนนความพอดี (Just-About-Right - JAR)

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่…… ลำดับที่…….

ตัวอย่าง : **ไอศกรีมโยเกิร์ต**

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนด

สเกลคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง

4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย

7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

สเกลคะแนนความพอดี 1 = น้อย 2 = พอดี 3 = มาก

คุณลักษณะ	รหัส…….		รหัส…….		รหัส…….	
	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี
สี						
กลิ่น						
รสหวาน						
กลิ่นรส						
ความเนียน						
ความชอบโดยรวม						

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ใบรายงานผลการให้คะแนนความชอบ (9-point hedonic scale)
และคะแนนความพอดี (Just-About-Right - JAR)

ชื่อผู้ทดสอบ..... วันที่…… ลำดับที่…….

ตัวอย่าง : **ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก**

คำชี้แจง : กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา แล้วให้คะแนนความชอบในแต่ละคุณลักษณะของตัวอย่างให้ตรงกับความรู้สึกของท่านที่มีต่อตัวอย่างดังสเกลที่กำหนด

สเกลคะแนนความชอบ

1 = ไม่ชอบมากที่สุด 2 = ไม่ชอบมาก 3 = ไม่ชอบปานกลาง
4 = ไม่ชอบเล็กน้อย 5 = บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ 6 = ชอบเล็กน้อย
7 = ชอบปานกลาง 8 = ชอบมาก 9 = ชอบมากที่สุด

สเกลคะแนนความพอดี 1 = น้อย 2 = พอดี 3 = มาก

คุณลักษณะ	รหัส……..		รหัส……..		รหัส……		รหัส ……..……	
	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี	ความชอบ	ความพอดี
สี								
กลิ่นข้าวหมาก								
รสหวาน								
กลิ่นรสข้าวหมาก								
ปริมาณเม็ดบีด								
ขนาดของเม็ดบีด								
ความชอบโดยรวม								

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบการสำรวจผู้บริโภคและแบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบสอบถามการสำรวจผู้บริโภค

เรื่อง การสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก
เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง : แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก จัดทำขึ้นเพื่อประกอบวิทยานิพนธ์ของนางสาวสุทธิดา สนธิเศวต นิสิตปริญญาโท สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของท่านจะใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก เพื่อให้ได้คุณภาพตรงตามความต้องการของผู้บริโภค โดยแบบสอบถามจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต

ส่วนที่ 3 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก

ส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

คำอธิบาย : ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวหมาก และโยเกิร์ต มาปั่นเป็นไอศกรีมเหลวแล้วนำไปแช่แข็งเป็นไอศกรีม และจะมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก คือ *Lactobacillus acidophilus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ร่างกายลงในส่วนผสม เพื่อเพิ่มประโยชน์และคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์

ขอขอบพระคุณอย่างยิ่ง
ผู้วิจัย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

คำแนะนำ: กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงกับความเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนที่ 1: ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง

2. อายุ

☐ 18-25 ปี ☐ 26-35 ปี
☐ 36-45 ปี ☐ 46-60 ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

☐ ต่ำกว่ามัธยมศึกษา ☐ มัธยมศึกษา / ปวช.
☐ อนุปริญญา / ปวส. ☐ ปริญญาตรี
☐ สูงกว่าปริญญาตรี

4. อาชีพ

☐ นิสิต/นักศึกษา ☐ พนักงานบริษัท
☐ ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว ☐ ข้าราชการ/รัฐวิสาหกิจ
☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

5. รายได้ต่อเดือน

☐ ต่ำกว่า 10,000 บาท ☐ 10,001-15,000 บาท
☐ 15,001-20,000 บาท ☐ 20,001-25,000 บาท
☐ มากกว่า 25,001 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 2: ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต

6. ท่านเคยบริโภคผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีจำหน่ายในท้องตลาดหรือไม่

☐ เคย

☐ ไม่เคย เพราะ

.....

(กรุณาข้ามไปตอบในส่วนที่ 3)

7. ความถี่ในการบริโภคไอศกรีมโยเกิร์ตของท่าน

☐ ทุกวัน ☐ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ☐ 1-2 ครั้งต่อเดือน

☐ 2 เดือนขึ้นไปต่อครั้ง……

8. ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตยี่ห้อใดที่ท่าน**<u>ชอบรับประทาน</u>**

☐ i-fresh ☐ White Rabbit

☐ Redmango ☐ Swensens

☐ eureka ☐ buddhi belly

☐ the Cream & Fudge factory ☐ โครงการหลวง

☐ อื่นๆ โปรดระบุ……..

9. เหตุผลที่ท่านชอบไอศกรีมโยเกิร์ตยี่ห้อดังกล่าว (จากข้อ 8) **<u>มากที่สุด</u>** เพราะ

☐ รสชาติ ☐ หาซื้อง่าย

☐ ราคา ☐ การโฆษณา

☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

10. ท่านซื้อไอศกรีมโยเกิร์ตจากสถานที่ใด **(ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)**

☐ ห้างสรรพสินค้า เช่น เซ็นทรัล เป็นต้น ☐ ซุปเปอร์มาร์เก็ต เช่น ท็อปส์

☐ Hypermarkets เช่น เทสโก้ โลตัส เป็นต้น ☐ ร้านตัวแทนจัดจำหน่าย

☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. ความถี่ในการซื้อไอศกรีมโยเกิร์ตบ่อยเพียงใด

☐ ทุกวัน ☐ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์ ☐ 1-2 ครั้งต่อเดือน

☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

12. ท่านบริโภคไอศกรีมโยเกิร์ตปริมาณการบรรจุเท่าใด

☐ ถ้วยขนาดเล็ก (60-75g=1scoop) ☐ ถ้วยขนาดกลาง (120-150g=2scoop)

☐ ถ้วยขนาดใหญ่ (180-235g=3scoop) ☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

13. ท่านมีค่าใช้จ่ายในการซื้อไอศกรีมโยเกิร์ตแต่ละครั้งเท่าใด

☐ น้อยกว่า 35 บาท ☐ 35 – 70 บาท

☐ 70 – 100 บาท ☐ มากกว่า 100 บาท

ส่วนที่ 3: ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวหมาก

14. ท่านเคยบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวหมากที่มีจำหน่ายในท้องตลาดหรือไม่

☐ เคย

☐ ไม่เคย เพราะ

.....

(กรุณาข้ามไปตอบในส่วนที่ 4)

15. ความถี่ในการบริโภคผลิตภัณฑ์ข้าวหมากของท่าน

☐ 3-4 ครั้งต่อสัปดาห์ ☐ 1-2 ครั้งต่อสัปดาห์

☐ 3-4 ครั้งต่อเดือน ☐ 1-2 ครั้งต่อเดือน

☐ 2 เดือนขึ้นไปต่อครั้ง

16. สถานที่ซื้อผลิตภัณฑ์ข้าวหมากของท่าน

☐ ซุปเปอร์มาร์เก็ต ☐ ร้านสะดวกซื้อ

☐ ร้านขายของชำ ☐ ตลาดสด, หาบเร่

☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 4: ข้อมูลเกี่ยวกับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

คำอธิบาย : ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวหมาก และโยเกิร์ต มาปั่นเป็นไอศกรีมเหลวแล้วนำไปแช่แข็งเป็นไอศกรีม และจะมีการเติมเชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติก คือ *Lactobacillus acidophilus* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์แก่ร่างกายลงในส่วนผสม เพื่อเพิ่มประโยชน์และคุณค่าให้กับผลิตภัณฑ์

17. ท่านเคยบริโภคไอศกรีมที่มีกลิ่นรสของแอลกอฮอลล์หรือไม่

☐ เคย

☐ ไม่เคย เพราะ.....

(กรุณาข้ามไปตอบในข้อที่ 19)

18. จากข้อที่ 17 ไอศกรีมที่ท่านบริโภคเป็นไอศกรีม <u>รสชาติ</u> ใด

☐ ไอศกรีมรสรัมเรซิน ☐ ไอศกรีมรสคอกเทล เช่น รสโมฮิโต้

☐ ไอศกรีมรสวอดก้า ☐ ไอศกรีมรสวิสกี้

☐ อื่นๆ โปรดระบุ.....

19. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ควรมี <u>ลักษณะ</u> เป็นอย่างไร

☐ มีเนื้อเนียนละเอียด ☐ มีเนื้อของข้าวหมากในไอศกรีมโยเกิร์ต

20. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากควรมี <u>รสชาติ</u> เป็นอย่างไร

☐ มีรสเปรี้ยวเด่น ☐ มีรสหวานเด่น

21. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากควรมี <u>กลิ่นรส</u> เป็นอย่างไร

☐ มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์เล็กน้อย ☐ มีกลิ่นรสของแอลกอฮอล์มาก

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

22. ท่านคิดว่า ปริมาณการบรรจุ ที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากต่อครั้ง ควรเป็นเท่าใด

☐ ถ้วยขนาดเล็ก (60-75g=1scoop) ☐ ถ้วยขนาดกลาง (120-150g=2scoop)
☐ ถ้วยขนาดใหญ่ (180-235g=3scoop) ☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

23. ท่านคิดว่าราคาที่เหมาะสมของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากปริมาณ 75g (1 scoop) ควรเป็นเท่าใด

☐ 15-25 บาท ☐ 25-35 บาท
☐ 35-45 บาท ☐ 45 – 55 บาท
☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

24. ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ควรมีการเติม ผลไม้ หรือไม่

☐ เติม
☐ ไม่เติม (กรุณาข้ามไปตอบในข้อที่ 27)

25. จากข้อที่ 24 ควรเป็นผลไม้ ชนิดใด

☐ ผลไม้ตระกูลเบอร์รี่ เช่น สตอร์เบอร์รี่ ☐ ผลไม้รสหวานอมเปรี้ยว เช่น มะม่วง
☐ ผลไม้รสหวาน เช่น กล้วย มะละกอ ☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

26. ผลไม้ที่ต้องการเติมลงในไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก ควรมี ลักษณะ เป็นอย่างไร

☐ ปั่นละเอียด ☐ หั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ
☐ ปั่นละเอียดและหั่นเป็นชิ้นเล็ก ๆ ผสมกัน ☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

27. ถ้ามี ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากออกจำหน่าย ท่านจะซื้อบริโภคหรือไม่

☐ ซื้อ เพราะ .....
☐ ไม่แน่ใจ เพราะ.....
☐ ไม่ซื้อ เพราะ .....

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชุดที่ □□□

แบบสอบถามการยอมรับของผู้บริโภค

เรียน ท่านผู้ตอบแบบสอบถาม

เรื่อง การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีด

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามชุดนี้เป็นการทดสอบความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก เพื่อประกอบการทำวิทยานิพนธ์ เรื่องไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดโดยนางสาวสุทธิดา สนธิเศวต นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ผู้วิจัยขอความกรุณา และความร่วมมือจากท่านในการตอบแบบสอบถาม ทั้งนี้ข้อมูลทั้งหมดจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับงานวิจัยนี้ และจะไม่มีผลกระทบใดๆต่อท่านทั้งสิ้น

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบ และการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

ขอขอบพระคุณในความร่วมมือ

ผู้วิจัย

<u>คำอธิบาย</u> ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการนำข้าวหมาก และโยเกิร์ตมาปั่นเป็นไอศกรีมเหลวแล้วนำไปแช่แข็งเป็นไอศกรีม และจะมีการเติมเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก เพื่อเพิ่มความแปลกใหม่ให้กับผลิตภัณฑ์

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำแนะนำ กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ ลงใน ☐ ที่ท่านเห็นว่าเหมาะสม และตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ส่วนของเจ้าหน้าที่

1. เพศ

☐ ชาย ☐ หญิง A1 ☐

2. อายุ

☐ 18 – 25 ปี ☐ 26 – 35 ปี A2 ☐
☐ 36 – 45 ปี ☐ 46 – 55 ปี
☐ 55 ปีขึ้น

3. ระดับการศึกษาที่ได้รับ

☐ ต่ำกว่าปริญญาตรี ☐ ปริญญาตรี A3 ☐
☐ ปริญญาโท ☐ สูงกว่าปริญญาโท

4. อาชีพ

☐ นิสิต/ นักศึกษา ☐ ข้าราชการ/ รัฐวิสาหกิจ A4 ☐
☐ พนักงานบริษัท ☐ รับจ้าง
☐ แม่บ้าน ☐ ค้าขาย/ ธุรกิจส่วนตัว
☐ อื่นๆ โปรดระบุ……

5. รายได้ต่อเดือน

☐ น้อยกว่า 5,000 บาท ☐ 5,000-10,000 บาท, A5 ☐
☐ 10,001-15,000 บาท ☐ 15,001-20,000 บาท
☐ 20,001-25,000 บาท ☐ มากกว่า 25,000 บาท

6. ท่านเคยรับประทานไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก มาก่อนหรือไม่ A6 ☐

☐ เคย ☐ ไม่เคย

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

<u>ส่วนที่ 2</u> ข้อมูลเกี่ยวกับความชอบและการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมาก

<u>คำแนะนำ</u>: กรุณาทดสอบตัวอย่างแล้วให้คะแนนความชอบโดยใส่เครื่องหมาย ✓ลงใน ☐ ตามที่ท่านรู้สึก โดยชิมตัวอย่าง แล้วให้คะแนนความชอบในปัจจัยด้านต่างๆดังนี้ ลักษณะปรากฏ, สีไอศกรีม, กลิ่น, กลิ่นรสข้าวหมาก, รสชาติ, เนื้อสัมผัสไอศกรีม (ความเนียน), ปริมาณเม็ดบีด, เนื้อสัมผัสของเม็ดบีด, ความชอบโดยรวม

ส่วนของเจ้าหน้าที่

1. ลักษณะปรากฏ B1 ☐

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

2. สีไอศกรีม B2 ☐

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

3. กลิ่น B3 ☐

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

4. กลิ่นรสข้าวหมาก B4 ☐

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

5. รสชาติ B5 ☐

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

6. เนื้อสัมผัสไอศกรีม (ความเนียน) B6 ☐

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

7. ปริมาณเม็ดบีด B7 ☐

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

8. เนื้อสัมผัสของเม็ดบีด **ส่วนของเหน้าที่**

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	B8 ☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	

9. ความชอบโดยรวม

☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	B9 ☐
ไม่ชอบมากที่สุด	ไม่ชอบมาก	ไม่ชอบปานกลาง	ไม่ชอบเล็กน้อย	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ	ชอบเล็กน้อย	ชอบปานกลาง	ชอบมาก	ชอบมากที่สุด	

10. ท่านยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมากนี้หรือไม่

☐ ยอมรับ เพราะ…….

☐ ไม่ยอมรับ เพราะ……..… B10 ☐

11. ถ้ามีผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก นี้จำหน่ายในปริมาณ 50 กรัม (1 scoop) ท่านคิดว่าผลิตภัณฑ์ควรมีราคาเท่าใด

☐ 35 บาท ☐ 45 บาท ☐ 55 บาท B11 ☐

12. ถ้าผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตผสมข้าวหมากและเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก นี้มีการจำหน่าย ท่านจะซื้อหรือไม่

☐ ซื้อ เพราะ…….

☐ ไม่ซื้อ เพราะ……..... B12 ☐

ข้อเสนอแนะ

…….....

ขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณต้นทุนการผลิต

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

1. ต้นทุนการผลิตข้าวหมาก

การเตรียมข้าวหมาก 1,000 กรัม จะใช้ข้าวเหนียว 500 กรัม และใช้ลูกแป้งข้าวหมาก 10 กรัม ได้เป็นข้าวหมากประมาณ 1,000 กรัม โดยข้าวเหนียวสารและลูกแป้งจะมีราคา ดังแสดงในตารางที่ ฉ1 ดังนั้นข้าวหมาก 1,000 กรัมจะมีราคาเท่ากับ 12.5+8 = 20.5 บาท

ตารางผนวกที่ ฉ1 ต้นทุนการผลิตข้าวหมาก

วัตถุดิบ	ราคา/kg
ข้าวเหนียวสาร	25
ลูกแป้ง	800

2. ต้นทุนการผลิตโยเกิร์ต

- การเตรียมโยเกิร์ต 1,000 กรัม จะใช้นมพาสเจอร์ไรซ์ 1,000 มิลลิลิตร โดยนมพาสเจอร์ไรซ์ ขนาด 2,000 มิลลิลิตร ราคา 78 บาท ดังนั้นโยเกิร์ต 1,000 กรัม จะมีราคาเท่ากับ 39 บาท

3. ต้นทุนการผลิตไอศกรีมเหลว

การเตรียมไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว 1,000 กรัม จะใช้วิปปิ้งครีม 181.2 กรัม, น้ำตาลทราย 167.6 กรัม, เจลาติน 4 กรัม, นมพาสเจอร์ไรซ์ 218 กรัม และโยเกิร์ต 229.2 กรัม โดยวัตถุดิบต่าง ๆ จะมีราคา ดังแสดงในตารางที่ ฉ2 ดังนั้นไอศกรีมเหลว 1,000 กรัม จะมีราคาเท่ากับ 28.99+5.36+3.47+8.5+8.94 = 55.26 บาท

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ตารางผนวกที่ ฉ2 ต้นทุนการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเหลว

วัตถุดิบ	ราคา/kg
วิปปิ้งครีม	160
น้ำตาลทราย	32
เจลาติน	867
นมสดพาสเจอร์ไรซ์	39
โยเกิร์ต	39

4. ต้นทุนการผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

ตารางผนวกที่ ฉ3 ต้นทุนการผลิตเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก

วัตถุดิบ	ราคา/kg, L
น้ำเปล่า	10
น้ำข้าวหมาก	10
โซเดียมอัลจิเนต	500

- ในการผลิตข้าวหมาก 1,000 กรัมจะได้น้ำข้าวหมากประมาณร้อยละ 50 ของน้ำหนักข้าวเหนียวสุก ดังนั้นน้ำข้าวหมาก 1,000 กรัมจะมีราคาประมาณ 10 บาท ดังแสดงในตารางที่ ก3

- เม็ดบีดน้ำข้าวหมาก 1,000 กรัม จะเตรียมจากสารละลายน้ำข้าวหมาก 1,600 มิลลิลิตร โดยใช้น้ำข้าวหมาก 800 มิลลิลิตร และน้ำ 800 มิลลิลิตร ผสมกับโซเดียมอัลจิเนต 16 กรัม (ร้อยละ 1 w/v) ดังนั้นเม็ดบีดน้ำข้าวหมาก 1,000 กรัม จะมีราคาเท่ากับ 8+8+8 = 24 บาทต่อกิโลกรัม

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวสุทธิดา สนธิเสวต
วัน เดือน ปี ที่เกิด	2 กรกฎาคม 2530
สถานที่เกิด	เขตธนบุรี จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร) เกียรตินิยมอันดับสอง มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
ผลงานทางวิชาการ	Suttida Sonthisawate and Walairut Chantarapanont. 2009. Study Optimum Ratio of Major Ingredients in Khaomak Yogurt Ice Cream. Presentation in the 2nd International Conference on Food and Applied Bioscience Journal 2013. February 6-7 2014, Agro-Industry Chiang Mai University.
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	1. ทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาคต้น ประจำปีการศึกษา 2554 2. ทุนผู้ช่วยสอนจากภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร ภาคปลาย ประจำปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์