# อิทธิพลของสารทดแทนไขมันที่มีผลตอการเหลือรอดของเชื้อโพรไบโอติคในไอศกรีมโยเกิร์ต

# Effects of Fat Substitute on Survived Probiotic Bacteria in Yoghurt Ice Cream


**สิริมนต์ วัฒนชัย**

**SIRIMON WATTANACHAI**


**วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต**

**สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์**

**มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

**2552**


**ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร**

| | |
|---|---|
| **หัวข้อ** | อิทธิพลของสารทดแทนไขมันที่มีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อโพรไบโอติคในไอศกรีมโยเกิร์ต |
| **ชื่อ และนามสกุล** | สิริมนต์ วัฒนชัย |
| **ชื่อปริญญา** | คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| **สาขาวิชา** | คหกรรมศาสตร์ (บัณฑิตศึกษา) |
| **คณะ** | เทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ |
| **อาจารย์ที่ปรึกษา** | ศาสตราจารย์ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย |

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้ให้ความเห็นชอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์เยาวลักษณ์ สุรพันธพิศิษฐ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ดวงสุดา เตโชติรส)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ดร. อมรรัตน์ เจริญชัย)

คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรคหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์(บัณฑิตศึกษา) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

.....คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุษรา สร้อยระย้า)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

**ชื่อวิทยานิพนธ์** อิทธิพลของสารทดแทนไขมันที่มีผลต่อการเหลือรอดของเชื้อโพรไบโอติคในไอศกรีมโยเกิร์ต

**ชื่อ-สกุล** นางสาวสิริมนต์ วัฒนชัย

**ชื่อปริญญานิพนธ์** คหกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

**สาขาวิชา และคณะ** สาขาวิชาอาหารและโภชนาการ คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์

**ปีการศึกษา** 2552

## บทคัดย่อ

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอซกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค ซึ่งโพรไบโอติคเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกาย ซึ่งจะมีส่วนช่วยในการสร้างความสมดุลให้กับระบบลำไส้ของมนุษย์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการนำสารทดแทนไขมันที่มีจำหน่ายในอุตสาหกรรมมาเปรียบเทียบปริมาณที่ใช้ โดยการวิจัยได้ทำการใส่สารทดแทนไขมัน 2 ชนิด คือ Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648 ทดแทนหางนมในสูตรมาตรฐาน เพื่อศึกษาจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติคที่เหลือรอด และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส โดยพบว่าทางด้านประสาทสัมผัสไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตรที่มีการเติม Purity SM 100 ที่ร้อยละ 20 ได้รับการยอมรับอย่างมีนัยสำคัญมากที่สุด ($p \leq 0.05$) เนื่องจากมีกลิ่นรส และรสชาติที่ดีกว่าตัวอย่างตัวอื่นๆ รวมทั้งยังมีการขึ้นฟูที่ดีที่สุด แต่การเติมสารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิดดังกล่าว ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆไม่ทำให้ค่า pH ในตัวผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) และการเติมกล้าเชื้อ *Lactobacilluss acidophilus, Bifidobacterium* และ *Streptococcus thermophilus* ลงในไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคที่มีการทดแทนหางนมด้วยสารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิด ที่อัตราส่วนร้อยละ 10, 15 และ 20 ตามลำดับ โดยเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าชนิดและปริมาณของสารทดแทนไขมันที่ใช้มีผลต่ออัตราการเหลือรอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยการเติมสารทดแทนไขมัน คือ Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648 ที่ทุกระดับความเข้มข้น มีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์โพรไบโอติคสามารถเหลือรอดอยู่ในผลิตภัณฑ์ได้ อยู่ในช่วง $10^8$-$10^9$ CFU/ml แสดงให้เห็นว่าสารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิดที่ใช้ในการทดลองข้างต้นนั้น มีคุณสมบัติในการห่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติค เมื่อเปรียบเทียบกับไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตรมาตรฐานที่ไม่มีการเติมสารทดแทนไขมัน ซึ่งจะมีปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติค เหลือรอดอยู่เพียง $10^6$ CFU/ml

**คำสำคัญ :** ไอศกรีม โยเกิร์ต จุลินทรีย์โพรไบโอติค

| | |
|---|---|
| **Thesis title** | Effects of Fat Substitute on Survived Probiotic Bacteria in Yoghurt Ice Cream |
| **Author** | MISS SIRIMON WATTANACHAI |
| **Degree** | Master of Home Economics |
| **Major program** | Foods and Nutrition |
| **Academic Year** | 2009 |


## ABSTRACT

Probiotic is a micro organism that is useful for human bodies and can help creating balances for human intestinal system. The objective of this research is to compare amounts of fat substitutes supplied in the industries in order to determine their ability to encapsulate Probiotic microbes in the production of yoghurt ice cream to ensure maximum survived Probiotic microbes. In this research, two fat substitutes, Purity SM 100 and CRYSTAL texTM 648, were used to substitute skim milk in the standard formulas in order to study numbers of survived Probiotic microbes and to test the sensory acceptance. For the sensory acceptance, it was found that the Probiotic yoghurt ice cream containing 20% Purity SM100 is acceptable at the maximum significance ($p \leq 0.05$) because its flavor and taste was better than other samples as well as the best overrun with statistical significant differences ($p \leq 0.05$). However, by addition of both fat substitutes at different concentrations, pH values of Probiotic yoghurt ice cream products did not have statistical significant differences ($p \geq 0.05$). When *Lactobacilluss acidophilus, Bifidobacterium*, and *Streptococcus thermophilus* microbial starters were added into the Probiotic yoghurt ice cream using both fat substitutes in place of skim milk at ratios of 10%, 15%, and 20%, respectively, under a storage condition of -20$^{o}$C for 4 weeks, it was found that types and amounts of fat substitutes affected the surviving rate of Probiotic microbes in the product with a statistical significance ($p \leq 0.05$). The addition of fat substitutes, Purity SM100 and CRYSTAL texTM 648, at all concentration levels made Probiotic microbes survive in the product, which illustrated that both fat substitutes used in above experiments could encapsulate Probiotic microbe cells. The survived Probiotic microbes were in the range of $10^8 - 10^9$ CFU/ml in comparison to the Probiotic yoghurt ice cream with the standard formula without the addition of fat substitutes that has survived Probiotic microbes of only $10^6$ CFU/ml.



**Keywords**: Ice cream, Yoghurt, Probiotic microbes

# กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ดร.อมรรัตน์ เจริญชัย อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ ที่คอยเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คอยเสนอแนะแนวทาง และข้อมูลต่างๆ ตลอดจนให้กำลังใจจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ อาจารย์เกศรินทร์ เพชรรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้การช่วยเหลือในทุกๆด้านไม่ว่าจะเป็นข้อมูลต่างๆ วิธีการทำการทดลอง รวมทั้งคอยตรวจสอบแก้ไขข้อมูลในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ อีกทั้งยังคอยเป็นธุระจัดการในส่วนห้องปฏิบัติการให้ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสิ้นตรงตามระยะเวลาได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุษรา สร้อยระย้า คณบดีคณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์พัชรีพรรณ ตรีศักดิ์ศรี อาจารย์ที่ปรึกษา นักศึกษาปริญญาโท รุ่นที่ 1 รวมถึง อาจารย์ทุกท่านในคณะคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่คอยตอบข้อสงสัยในปัญหาด้านต่างๆที่ผู้วิจัยเกิดข้อสงสัย

ขอขอบคุณเพื่อนๆปริญญาโท สาขาอาหารและโภชนาการ ที่คอยเป็นกำลังใจ อีกทั้งยังคอยช่วยเหลืองานในด้านต่างๆจนวินาทีสุดท้ายของการส่งรูปเล่ม

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณแม่ คุณยาย และทุกคนในครอบครัว ที่คอยผลักดัน ให้การสนับสนุนในทุกๆด้าน รวมทั้งให้กำลังใจเสมอมา จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้

**ผู้ทำงานวิจัย**

**สิริมนต์ วัฒนชัย**

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| บทคัดย่อ | (b) |
| Abstract | (c) |
| กิตติกรรมประกาศ | (d) |
| สารบัญ | (e) |
| สารบัญตาราง | (g) |
| สารบัญภาพ | (j) |
| ตัวย่อ และสัญลักษณ์ | (k) |
| 1. บทนำ | 1 |
| 1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย | 2 |
| 1.2 ประโยชน์ของการวิจัย | 2 |
| 1.3 คำจำกัดความ | 2 |
| 2. ตรวจเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 3 |
| 2.1 ไอศกรีม | 3 |
| 2.2 ไอศกรีมโยเกิร์ต | 13 |
| 2.3 โยเกิร์ต | 23 |
| 2.4 จุลินทรีย์โยเกิร์ต | 29 |
| 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 33 |
| 3. วิธีดำเนินการ | 33 |
| 3.1 เครื่องมือที่ใช้ | 36 |
| 3.2 วัตถุดิบ | 37 |
| 3.3 สารเคมี | 37 |
| 3.4 วิธีการ | 37 |
| 4. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผล | 41 |

# สารบัญ (ต่อ)


| | หน้า |
|---|---|
| 5. สรุปผล และข้อเสนอแนะ | 53 |
| 5.1 สรุปผล | 53 |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ | 54 |
| เอกสารอ้างอิง | 55 |
| ภาคผนวก | |
| ภาคผนวก ก การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี | 60 |
| ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ | 64 |
| ภาคผนวก ค คุณสมบัติของกล้าเชื้อโยเกิร์ต FD-DVS ABT-5-Probio-Tec™ | 66 |
| ภาคผนวก ง คุณสมบัติของสารทดแทนไขมัน | 69 |
| ภาคผนวก จ การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scoring | 72 |
| ภาคผนวก ฉ การวิเคราะห์ผลทางสถิติ | 74 |
| ประวัติการศึกษา และการทำงาน | 83 |

# สารบัญตาราง

**ตารางที่**


| | | **หน้า** |
|---|---|---|
| 2.1 | ส่วนประกอบทางเคมีของไอศกรีมชนิดต่างๆ | 5 |
| 2.2 | องค์ประกอบของไอศกรีม และผลิตภัณฑ์แช่แข็งต่างๆ | 5 |
| 2.3 | ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของวิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบต่างๆ | 6 |
| 2.4 | ไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามร้อยละของการขึ้นฟู | 11 |
| 2.5 | ไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามปริมาณไขมัน | 15 |
| 2.6 | ความสัมพันธ์ MSNFF กับความเป็นกรดของส่วนผสมไอศกรีม | 19 |
| 2.7 | คุณลักษณะทางเคมีและทางจุลชีววิทยา | 25 |
| 3.1 | การเปรียบเทียบอัตราส่วนของเชื้อกับปริมาณของนม | 38 |
| 3.2 | สูตรพื้นฐานในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต ศึกษาจากสูตร | 39 |
| 4.1 | ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรมาตรฐาน | 43 |
| 4.2 | ผลการวิเคราะห์ทางสถิติทางด้านกายภาพของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค | 44 |
| 4.3 | ผลวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นกรด-ด่าง ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค | 46 |
| 4.4 | ผลการวิเคราะห์ทาสถิติในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค | 47 |
| 4.5 | ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 0 | 49 |
| 4.6 | ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 1 | 49 |
| 4.7 | ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 2 | 50 |
| 4.8 | ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 3 | 50 |
| 4.9 | ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 4 | 51 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางผนวกที่**


| | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านกลิ่นรส | 75 |
| 2 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านสี | 76 |
| 3 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านรสชาติ | 77 |
| 4 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านลักษณะเนื้อสัมผัส | 78 |
| 5 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านความชอบโดยรวม | 79 |
| 6 | การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการละลายในไอศกรีมโยเกิร์ตสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05, ICE06 และสูตร Control | 80 |
| 7 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการขึ้นฟูในไอศกรีมโยเกิร์ตสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05, ICE06 และสูตร Control | 80 |
| 8 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพร ไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านกลิ่นรส | 80 |
| 9 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และICE06 ด้านสี | 81 |
| 10 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านรสชาติ | 81 |
| 11 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านรสชาติ | 81 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)

**ตารางผนวกที่**


| | | **หน้า** |
|---|---|---|
| 12 | การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส | 82 |
| 13 | การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 | 82 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 2.1 | ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม | 9 |
| 2.2 | รูปภาพของ *Streptococcus thermophilus* | 27 |
| 2.3 | รูปภาพของ *Lactobacillus bulgaricus* | 28 |
| 2.4 | รูปภาพของ Bifidovacteria | 28 |
| 3.1 | ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ต | 38 |
| 4.1 | การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ต | 41 |
| 4.2 | การเปลี่ยนแปลงร้อยละกรดแลคติค และค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของโยเกิร์ต | 42 |

# ตัวย่อ และสัญลักษณ์

| | | |
|---|---|---|
| ICE01 | = | ไอศกรีมที่เติม Purity SM 100 ปริมาณร้อยละ 10 |
| ICE02 | = | ไอศกรีมที่เติม Purity SM 100 ปริมาณร้อยละ 15 |
| ICE03 | = | ไอศกรีมที่เติม Purity SM 100 ปริมาณร้อยละ 20 |
| ICE04 | = | ไอศกรีมที่เติม CRYSTAL tex™ 648 ปริมาณร้อยละ 10 |
| ICE05 | = | ไอศกรีมที่เติม CRYSTAL tex™ 648 ปริมาณร้อยละ 15 |
| ICE06 | = | ไอศกรีมที่เติม CRYSTAL tex™ 648 ปริมาณร้อยละ 20 |
| MSNF | = | ปริมาณน้ำนมไม่รวมมันเนย |
| HTST | = | High Temperature Short Time. |
| HHST | = | Higher Heat Shorter Time. |

# บทที่ 1

# บทนำ

จากสภาพสังคมในปัจจุบันผู้บริโภคส่วนใหญ่ กำลังให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพกันมากขึ้น โดยจะเน้นในเรื่องของอาหารเป็นหลัก จึงทำให้เกิดมีผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ซึ่งนมก็เป็นผลิตภัณฑ์อย่างหนึ่งที่ผู้คนในปัจจุบันให้ความสนใจ เพราะเป็นอาหารที่มีประโยชน์ จำเป็นต่อร่างกาย นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์นมยังสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้เป็นจำนวนมาก และผลิตภัณฑ์นมที่ผู้คนส่วนใหญ่นิยมบริโภคกันมากในเมืองไทยชนิดหนึ่งคือ ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ซึ่งผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตถือเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ เนื่องจากโพรไบโอติค ในตัวผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนช่วย ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ซึ่งนอกจากจะช่วยในการทำให้สภาพทางเดินอาหารทำงานเป็นปกติแล้ว ยังช่วยลดโอกาสในการติดเชื้อของทางเดินอาหาร โยเกิร์ตยังเป็นอาหารที่มีคุณประโยชน์ต่อร่างกายมาก โยเกิร์ต สามารถรับประทานแทนอาหารประจำมื้อ สำหรับผู้ที่ต้องการลดน้ำหนัก โดยจะให้แคลลอรี่ต่ำ แต่มีคุณค่าทางอาหารสูง นอกจากนี้โยเกิร์ตยังช่วยทำให้ผิวพรรณดี ซึ่งถือว่าเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพเป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตามผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่มีขายตามท้องตลาดมักจะมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น คือ ประมาณ 1 สัปดาห์

ไอศกรีม จัดเป็นผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากนม ซึ่งได้รับความนิยมบริโภคมากชนิดหนึ่ง แต่จากผลการศึกษาของ Roller และ Jones, 1996 พบว่า ไขมันอิ่มตัวจำพวก กรดลอริค และกรดไมริสติคที่มีอยู่มากในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ก็ถือเป็นสาเหตุหนึ่งของการเพิ่มระดับคลอเรสเตอรอลในเลือด และยังเป็นสาเหตุของการเกิดโรคต่างๆเช่น โรคหัวใจ อีกด้วย ผู้ทำวิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาการแปรรูปผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต โดยมุ่งเน้นที่ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตซึ่งมีจุลินทรีย์โพรไบโอติคที่มีประโยชน์อยู่ในตัวผลิตภัณฑ์ ให้เป็น ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม โดยนำสารทดแทนไขมันมาผสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตเพื่อเป็นทางเลือกให้กับผู้บริโภคที่ดูแลสุขภาพมากขึ้น โดยคำนึงถึงคุณประโยชน์ของโพรไบโอติคที่มีในโยเกิร์ต เมื่อนำมาแปรรูปในรูปแบบของไอศกรีมไขมันต่ำ ก็จะได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค รวมทั้งยังเป็นการเพิ่มทางเลือกให้ผู้บริโภคทางหนึ่งด้วย

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาชนิดและปริมาณของสารทดแทนไขมันที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดที่เหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค
2. ศึกษาวิธีการผลิตไอศกรีมที่มีผลต่อจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติค
3. ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

## ประโยชน์ของการวิจัย

1. ทราบถึงชนิดของสารทดแทนไขมันที่มีขายในอุตสาหกรรมที่เหมาะสมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค
2. พัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่มีคุณค่าทางโภชนาการ

## คำจำกัดความ

**1. โยเกิร์ต** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมซึ่งหมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค หรือไม่ทำให้เกิดพิษ และมีแบคทีเรียเฉพาะอย่าง และแน่นอน แบคทีเรีย ในที่นี้ทั้งสิ้นหรือส่วนใหญ่ประกอบด้วยเชื้อสเตรปโทค็อกคัส (*Streptococcus* ) แล็กโทบาซิลลัส (*Lactobacillus*) และบางครั้งก็เป็นยีสต์

**2. ไอศกรีม** หมายถึง ผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งชนิดหนึ่งมีรสหวาน กลิ่นหอม และให้ความเย็นชื่นใจขณะรับประทาน ประกอบด้วยส่วนผสมต่างๆที่ปลอดภัยและเหมาะสมต่อการนำมาทำไอศกรีมได้แก่ ไขมันนม ของแข็งในนม น้ำตาลทราย หรือสารให้ความหวานอื่นๆที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้ และกลิ่นรสต่างๆที่เติมลงไปเพื่อทำให้เกิดรสชาติที่ต่างกันออกไป

**3. โพรไบโอติค** หมายถึง กลุ่มของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ที่สามารถมีชีวิตอยู่ได้ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ ทนต่อน้ำย่อย และน้ำดีจากกระเพาะอาหาร ช่วยให้ระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ทำงานเป็นปกติ ช่วยในการย่อยแลคโตส และช่วยลดคลอเรสเตอรอล เป็นต้น

**4. ส่วนประกอบของนม** หมายถึง ส่วนประกอบในน้ำนม (วัว) ธรรมชาติที่เป็นน้ำประมาณร้อยละ 87 นอกนั้นเป็นของแข็งที่อยู่ในน้ำนม (Total Solid) สารอาหารสำคัญที่เป็นประโยชน์ในน้ำนมโค ได้แก่ ไขมัน โปรตีน คาร์โบไฮเดรต แร่ธาตุ วิตามิน และน้ำ ในส่วนประกอบของนมทั้งหมด จะมีไขมันประมาณร้อยละ 3.20 โปรตีนร้อยละ 3.4

# บทที่ 2

# ตรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

## 1. ไอศกรีม (Ice cream)

ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์นมแช่แข็งมีรสหวาน กลิ่นหอม และให้ความเย็น ชื่นใจขณะรับประทาน มีมาตรฐานและคำจำกัดความเฉพาะ ผลิตภัณฑ์ต่างๆได้แก่ ไอศกรีม, คัสตาร์ดแช่แข็ง, หวานเย็นเชอร์เบท, นมเย็น, ไอศกรีมแท่ง, frozen dairy confection (อาหารหวานแช่แข็งที่ไม่มีส่วนประกอบของนม เช่น ไอศกรีมกะทิ) และเมลโลรีน ชนิดต่างๆของอาหารนมแช่แข็ง มีชื่อเรียกต่างกันแล้วแต่ส่วนผสม และส่วนประกอบของไอศกรีม โดยข้อมูลของศิริพร เนตรสุวรรณ์ และสุดารัตน์ อนุโชติ (2547) ในการศึกษาเรื่องการใช้นมเทมเป้ทดแทนนมวัวในการผลิตไอศกรีม ได้กล่าวไว้ว่า การทำไอศกรีมชนิดใดๆ ขึ้นอยู่กับความต้องการของตลาด ไอศกรีมที่ได้มีปริมาณไขมันนมและธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของไอศกรีม โดยปกติไขมันนม และธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนยรวมกันแล้วมีประมาณร้อยละ 60 ของของแข็งทั้งหมด เมื่อได้สูตรไอศกรีมที่ต้องการแล้วสามารถเลือกใช้ชนิดของวัตถุดิบซึ่งอาจเป็นน้ำนมสด น้ำนมปราศจากไขมัน น้ำนมถั่วเหลือง เพื่อให้ได้ปริมาณของไขมันตามที่ต้องการ ในการทำเป็นการค้าต้องคำนึงถึงราคาของส่วนประกอบ หรือวัตถุดิบที่ใช้ เพื่อให้ได้ต้นทุนต่ำสุดตามคุณภาพที่ต้องการ ไอศกรีมที่มีปริมาณไขมันนมสูง ใช้ครีมเป็นส่วนผสม ถ้าไม่มีครีมอาจใช้เนยหรือน้ำมันเนยแทนได้ ไอศกรีมที่มีคุณภาพดีเป็นไอศกรีมพิเศษ นิยมใช้ครีมมากกว่าเนย ไอศกรีมบางชนิดใช้น้ำมันพืช เช่น Chan และคณะ (1992) ใช้น้ำมันเนยมาการีนแบบแข็ง (hard margarine oil) ร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก น้ำมันเนยมาการีนแบบอ่อน (soft magarine oil) ร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก แทนมันเนยในไอศกรีมที่ไขมันร้อยละ 10.5 และได้รับการยอมรับจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสว่ามีคุณภาพดี ไอศกรีมแบ่งเป็นชนิดได้ดังนี้

**1. ไอศกรีม (Ice Cream)** ซึ่งเป็นชนิดที่เราคุ้นเคยกันมากที่สุด หมายถึง อาหารแช่แข็งที่ได้จากการปั่นส่วนผสมไอศกรีมเหลว (ice cream mix) ให้แข็ง เมื่อพาสเจอไรซ์ส่วนผสมไอศกรีมเหลว ซึ่งประกอบด้วยส่วนผสมต่างๆที่ปลอดภัย และเหมาะสมต่อการนำมาทำไอศกรีมได้แก่ ไขมันนม ของแข็งในนม น้ำตาลทราย หรือสารให้ความหวานอื่นๆที่กฎหมายอนุญาตให้ใช้ได้ และกลิ่นรสต่างๆที่เติมลงไปเพื่อทำให้เกิดรสชาติที่ต่างกันออกไป

**2. เฟร้นซ์ไอศกรีม (French Ice Cream)** ซึ่งคล้ายไอศกรีมชนิดแรกแต่มีไขมันนม และของแข็งมากกว่าไอศกรีม จึงมีสีออกเหลืองกว่า และจะต้องเติมไข่แดงลงไปในปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 1.4

**3. ไอศกรีมเฟร้นซ์คัสตาร์ด (French Custard Ice Cream)** คล้ายเฟร้นซ์ไอศกรีมแต่มีไข่แดงไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.4 โดยน้ำหนัก สำหรับชนิดธรรมดา และร้อยละ 1.12 สำหรับพวกที่เติมกลิ่นรสด้วย

**4. คัสตาร์ดแช่แข็ง (Frozen Custard)** ลักษณะคล้ายไอศกรีมแต่ต้องมีไข่แดงไม่น้อยกว่าร้อยละ 1.4 สำหรับชนิดไม่เติมกลิ่นรส และร้อยละ 1.12 สำหรับพวกเติมกลิ่นรส และมักขายในรูปที่ยังนิ่มอยู่ แต่บางครั้งอาจจะขายในรูปแช่แข็งได้

**5. ไอซ์มิลค์ (Ice Milk)** เป็นอาหารแช่แข็งที่มีส่วนผสมและวิธีการทำเหมือนไอศกรีม นอกจากว่ามีไขมันนมน้อยคืออยู่ในช่วงร้อยละ 2-7 และต้องมีของแข็งไม่น้อยกว่า 585 กรัมต่อ 4 กิโลกรัม

**6. เชอร์เบท (Sherbet)** มีส่วนผสม และการทำเหมือนไอศกรีมแต่ในสัดส่วนของส่วนผสมที่น้อยกว่าและมักจะเติมกลิ่นรสที่เฉพาะลงไป เชอร์เบท 3.8 ลิตร ต้องหนักไม่น้อยกว่า 2.7 กิโลกรัม ประกอบด้วยไขมันนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 และไม่เกินร้อยละ 2 มีของแข็งที่ไม่ใช่ไขมัน (milk solid-not-fat = MSNF) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 1 และของแข็งในนมทั้งหมดต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 2 แต่ไม่มากกว่าร้อยละ 5 โดยน้ำหนักของเชอร์เบทที่เสร็จแล้ว กลิ่นรสผลไม้ที่ต้องเติมนั้นให้ได้ปริมาณกรดที่ไตเตรตได้ในรูปของกรดแลกติกไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.35

**7. หวานเย็น (Frozen Beverage)** มีลักษณะคล้ายเชอร์เบทแต่จะไม่มีของแข็งในนม(Milk solid) เลย นอกจากนั้นมาตรฐานจะเหมือนเชอร์เบท

**8. Quiescently Frozen Dairy Confection** เป็นผลิตภัณฑ์ที่ออกมาเป็นแท่งๆจะถูกทำให้แข็งตัวโดยไม่มีการกวนเลย และต้องมีการฟูขึ้นไม่เกินร้อยละ 10 มีของแข็งในนมไม่น้อยกว่าร้อยละ 13 และของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 33

**9. Dietary Frozen Dessert** เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีแคลอรี่ต่ำ และต้องประกอบด้วยไขมันน้อยกว่าร้อยละ 2 และมีของแข็งในนมทั้งหมดไม่น้อยกว่าร้อยละ 7 ไอศกรีมเหลวแบบนี้ 3.8 ลิตร ต้องหนักไม่น้อยกว่า 2 กิโลกรัม มีของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่า 500 กรัม แต่ไม่เกิน 650 กรัมต่อ 3.8 ลิตร

**10. เมลโลรีน (Mellorine)** เป็นผลิตภัณฑ์ที่เตรียมในลักษณะคล้ายไอศกรีมแต่ส่วนผสมนั้นเตรียมจากของแข็งที่แปลงจากนม และไขมันอาจจะเป็นไขมันจากสัตว์หรือพืช หรือทั้งสองชนิดผสมกันก็ได้ ต้องมีของแข็งทั้งหมดไม่น้อยกว่า 720 กรัมต่อ 3.8 ลิตร และ 3.8 ลิตรหนัก 2 กิโลกรัม

มีไขมันไม่น้อยกว่าร้อยละ 6 โปรตีนไม่น้อยกว่าร้อยละ 2.7 โดยน้ำหนักของอาหารยกเว้นน้ำหนักของกลิ่นรสที่เติม

**11. ไอศกรีมเทียม (Nondairy Frozen Dessert)** ผลิตเหมือนไอศกรีมแต่ส่วนผสมต่างๆ จะไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม คือ มาจากผลิตภัณฑ์พืช ไข่ หรือไม่ใช่จากนม

ไอศกรีมแต่ละชนิดมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2.1 และตาราง 2.4

**ตารางที่ 2.1** ส่วนประกอบทางเคมีของไอศกรีมชนิดต่างๆ

| ชนิดไอศกรีม | ไขมัน % | MSNF % | น้ำตาล % | Emulsion&Stabilizer % | น้ำ % | Overrun % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Ice Cream | | | | | | |
| เกรดมาตรฐาน | 10 | 11 | 14 | 0.5 | 64.5 | 120 |
| เกรดดี | 15 | 10 | 17 | 0.3 | 57.7 | 30 |
| เกรดดีเยี่ยม | 17 | 9.25 | 18.5 | - | 55.25 | 30 |
| Milk Ice | 4 | 12 | 13 | 0.7 | 70.3 | 85 |
| Sherbet Ice | 2 | 4 | 25 | 0.6 | 68.4 | 50 |
| Water Ice | - | - | 30 | 0.5 | 70.5 | 0 |

**ที่มา :** Vernam & Sutherland, (1994)

**ตารางที่ 2.2** ส่วนประกอบของไอศกรีม และผลิตภัณฑ์แช่แข็งต่างๆ

| ชนิดไอศกรีม | ปริมาณเฉลี่ย % | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ไขมัน | ของแข็งในนม | น้ำตาล | สารคงตัว/สารอิมัลซิไฟเออร์ |
| ไอศกรีมชนิดพิเศษ | 15 | 10 | 17 | 0.3 |
| ไอศกรีม | 10 | 11 | 14 | 0.5 |
| ไอซ์มิลค์ | 4 | 12 | 13 | 0.7 |
| เชอร์เบท | 2 | 4 | 25 | 0.6 |
| ซอร์เบท | 0 | 0 | 30 | 0.5 |

**ที่มา :** Andreasen, (1985)

**1.1 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม**

การผลิตไอศกรีม มีขั้นตอนการผลิตดังตารางที่ 2.1 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 คำนวณหาปริมาณของส่วนผสมทั้งหมด โดยคำนึงถึงปริมาณไขมัน และของแข็งในผลิตภัณฑ์นม และในส่วนผสมอื่น เช่น ไข่แดง โกโก้ และช็อกโกแลต จากนั้นนำส่วนผสมที่เป็นของเหลวเช่น นม นมข้น ครีม น้ำเชื่อม เทลงในถัง ให้ความร้อนพร้อมทั้งคนผสม ส่วนผสมที่เป็นของแข็ง ได้แก่ น้ำตาล สารให้ความคงตัว ธาตุน้ำนมไม่รวมมันเนย ไข่ผง โกโก้ และอื่นๆ จะเติมลงในของเหลวเมื่ออุณหภูมิถึง 50 องศาเซลเซียส (122°F) การแก้ปัญหาเรื่องการจับตัวเป็นก้อนของวัตถุดิบแห้งทำได้โดย ผสมส่วนผสมที่เป็นของแห้งกับน้ำตาลบางส่วนคนให้เข้ากัน แล้วเติมลงในของเหลวอย่างช้าๆ พร้อมทั้งคนไปด้วย หรืออาจใช้วิธีร่อนส่วนผสมที่เป็นของแห้งด้วยตะแกรงลงไปอย่างช้าๆ ในของเหลวซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า 30 องศาเซลเซียส (86°F) แล้วคนไปพร้อมๆกัน

1.1.2 การพาสเจอร์ไรซ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อทำลายจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค ทำให้เกิดสภาพเป็นสารละลาย ช่วยในการผสมโดยละลายไขมัน และลดความหนืด ปรับปรุงกลิ่นรสในไอศกรีมมิกซ์ ช่วยยืดอายุการเก็บรักษาไอศกรีมมิกซ์ให้เพิ่มขึ้นจนถึง 2-3 สัปดาห์ และเพิ่มความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ วิธีพาสเจอร์ไรซ์ที่เหมาะสมนั้นควรให้ความร้อนถึงอุณหภูมิที่กำหนดอย่างรวดเร็ว และคงที่ ณ อุณหภูมินั้นตามเวลาที่กำหนด แล้วทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส (40°F) วิธีพื้นฐานสำหรับการพาสเจอร์ไรซ์มีทั้งแบบ batch หรือการใช้อุณหภูมิต่ำเวลานาน (low-temperature long-time:LTLT) และแบบต่อเนื่องซึ่งสามารถทำได้โดยใช้อุณหภูมิและเวลาหลายระดับดังตารางที่ 2.3

**ตารางที่ 2.3** ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและเวลาของวิธีการพาสเจอร์ไรซ์แบบต่างๆ

| วิธีการ | เวลา | อุณหภูมิ (°C/ °F) |
|---|---|---|
| Batch | 30 นาที | 69/155 |
| HTST | 25 วินาที | 80/175 |
| HHST | 1-3 วินาที | 90/194 |
| UHT | 2-4 วินาที | 138/280 |

**ที่มา :** พัชรินทร์ รักถาวร, 2542

1.1.3 การโฮโมจีไนซ์ หมายถึง การทำให้เม็ดไขมันลดขนาดลงเหลือไม่เกิน 2 ไมครอน จึงไม่เกิดการแยกชั้นของครีม ไอศกรีมมีคุณภาพสม่ำเสมอ เนื้อสัมผัสเรียบเนียน ปรับปรุงคุณสมบัติการขึ้นฟู ลดเวลาการบ่มให้สั้นลง ลดโอกาสการเกิด churning ของไขมันขณะอยู่ในถังปั่นไอศกรีม และทำให้ใช้สารให้ความคงตัวน้อยลงการโฮโมจีไนซ์จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิของไอศกรีมมิกซ์สูงขึ้นจนถึงประมาณ 80 องศาเซลเซียส ความดันที่สามารถใช้กับไอศกรีมมิกซ์ที่มีไขมันนมร้อยละ 10 สำหรับการโฮโมจีไนซ์ 2 ขั้นตอนคือ 2000 และ 500 psi ตามลำดับ แต่เมื่อปริมาณไขมันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 14-18 ความดันที่ใช้ในขั้นแรกควรลดลง เพื่อป้องกันไม่ให้ไอศกรีมมิกซ์หนืดมากเกินไป

1.1.4 การบ่ม (aging) ควรทำที่อุณหภูมิไม่เกิน 4.4 °C เวลาของการบ่มซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปประมาณ 24 ชั่วโมง มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นในไอศกรีมมิกซ์ระหว่างการบ่ม ได้แก่ ไขมันเกิดการแข็งตัว หากใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว ช่วงนี้เจลาตินจะมีการพองตัว และมีพันธะกับน้ำ เกิดการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนเล็กน้อย และความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น การบ่มช่วยให้ไอศกรีมมีรูปร่าง และเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ต้านทานต่อการละลายและตีให้ขึ้นฟูได้ง่าย การบ่มต้องใช้ระยะเวลาระยะหนึ่งเนื่องจากการตกผลึกของไขมัน การดูดซับของโปรตีน และอิมัลซิไฟเออร์ที่เม็ดไขมัน รวมทั้งการ hydration และสารให้ความคงตัว ต้องใช้เวลา 2-3 ชั่วโมง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้เจลาตินเป็นสารให้ความคงตัว หากบ่มที่อุณหภูมิ 0-2 องศาเซลเซียส อัตราการตกผลึกของไขมันจะเพิ่มขึ้น ถังปั่นไอศกรีมมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และจำกัดการเจริญของจุลินทรีย์ในไอศกรีมมิกซ์ได้เกือบสมบูรณ์

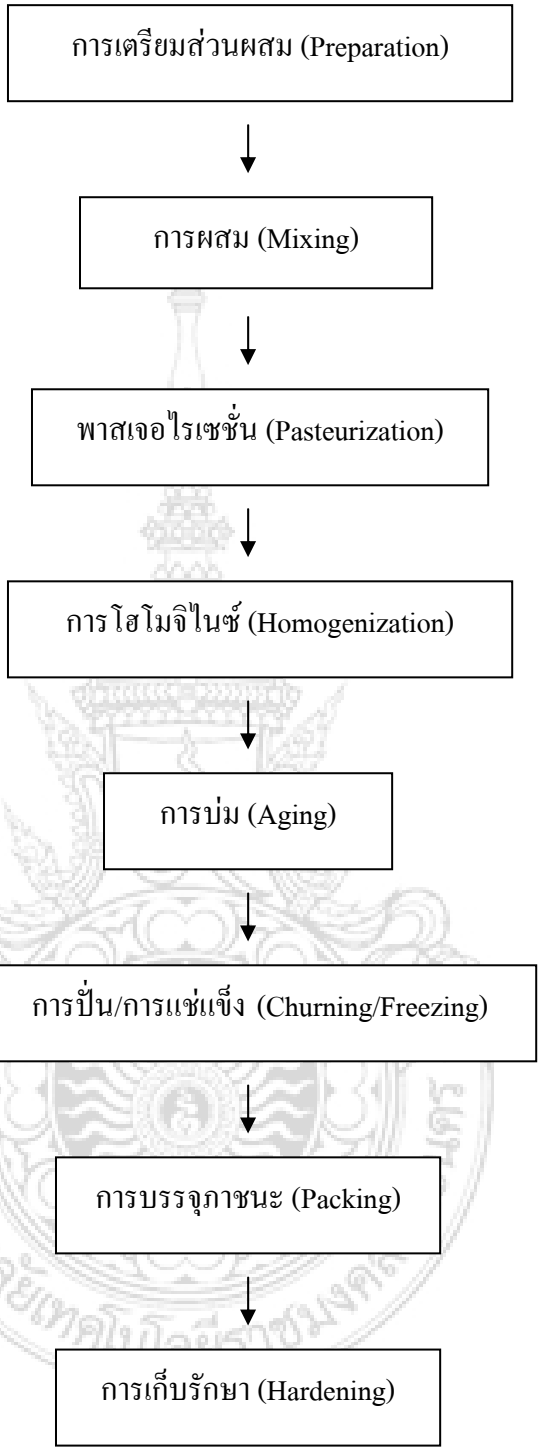
หลังจากพาสเจอร์ไรซ์ และโฮโมจิไนซ์แล้ว จะบ่มไอศกรีมเพื่อให้โปรตีนนมและสารคงตัวเกิดการดูดน้ำ และพองตัวที่สมบูรณ์ ไขมันเหลวเกิดจากการตกผลึก การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้สามารถนวดไขมันเหลวได้มากขึ้น ไขมันที่จับตัวกันทำให้จับอากาศขณะปั่นให้แข็งตัวได้ดี มีผลให้ไอศกรีมเนียน และมีการกระจายตัวของเซลล์อากาศมากขึ้น การบ่มประมาณ 4-6 ชั่วโมง ทำให้ไอศกรีมมีคุณภาพทางประสาทสัมผัสดีขึ้น และทำให้การตีให้ขึ้นฟูดีขึ้น เนื้อสัมผัสเนียนขึ้น เพิ่มความต้านทานในการละลาย และช่วยให้มีความคงตัวดีขึ้นเมื่อเก็บรักษาไอศกรีมนั้น (Olsen, 1992)

1.1.5 การแช่แข็ง ประกอบด้วยการเติมไอศกรีมมิกซ์ (ส่วนผสมไอศกรีม) ที่ผ่านการแต่งสี กลิ่นแล้วลงในถังปั่นไอศกรีม และลดอุณหภูมิอย่างรวดเร็วเพื่อให้ส่วนของน้ำไอศกรีมมิกซ์แข็งตัวอย่างรวดเร็ว ผลึกน้ำแข็งจะมีขนาดเล็ก ช่วยให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน ขณะเดียวกันมีการตีอากาศเพื่อให้ไอศกรีมขึ้นฟู การตีอากาศทำโดยกวนไอศกรีมมิกซ์อย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ความ

หนืดลดลง เนื่องจากโครงสร้างบางส่วนของเจลถูกทำลาย และกลุ่มของเม็ดไขมันแตกออก โครงสร้างของเจล บางส่วนอาจก่อตัวได้ใหม่ในระหว่างการ hardening ในช่วงการแช่แข็งนั้น ปริมาณน้ำบางส่วนเท่านั้นที่เป็นผลึกโดยเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและนำไอศกรีมออกจากถังปั่น ถ้าอุณหภูมิของไอศกรีมที่ออกจากถังปั่นอยู่ในช่วง -3.9 และ -8.3 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำที่แข็งตัวในไอศกรีมอยู่ในช่วงร้อยละ 33 และ 67 ตามลำดับ ดังนั้นหลังจากออกจากถังปั่นไอศกรีม ไอศกรีมที่ได้จะมีปริมาณอากาศตามต้องการ แต่ปริมาณผลึกน้ำแข็งยังไม่เพียงพอ จึงต้องนำไปแช่แข็งต่อในช่วงการแข็งตัว (hardening)

1.1.6 การทำให้ไอศกรีมแข็งตัว (hardening) คือ การแช่แข็งไอศกรีม ที่ออกจากถังปั่นต่อโดยไม่มีการตีอากาศ เนื่องจากไอศกรีมที่ออกจากถังปั่นมีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว ไม่สามารถคงรูปร่างได้ การแข็งตัวควรทำอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผลึกน้ำแข็งมีขนาดเล็ก ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เวลาของการแข็งตัวประเมินจากเวลาที่ใช้ในการทำให้อุณหภูมิของไอศกรีม ณ ใจกลางภาชนะบรรจุลดลงเหลือ -18 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของการแข็งตัวอยู่ที่ -18 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า แต่นิยมทำที่ -25 องศาเซลเซียส ถึง -30 องศาเซลเซียส ในขั้นตอนของการแข็งตัว มีปริมาณน้ำที่แข็งตัวเพิ่มขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของสารละลายในน้ำเพิ่มขึ้น จุดเยือกแข็งของไอศกรีมมิกซ์จึงลดลงอีกจนถึงจุดหนึ่งไม่มีผลึกน้ำแข็งเกิดขึ้นอีก ดังนั้นน้ำในไอศกรีมจึงไม่สามารถแข็งตัวได้หมด แม้อุณหภูมิของการแข็งตัว ในช่วงนี้มีปริมาณน้ำแข็งตัวเพิ่มขึ้นจากช่วงการแช่แข็งในถังปั่นอีกร้อยละ 23-57 ขึ้นกับอุณหภูมิที่ไอศกรีมออกจากถังปั่น

1.1.7 การเก็บรักษา หลังจากไอศกรีมแข็งตัวแล้วอาจจำหน่ายทันทีหรือเก็บรักษาไว้ไม่เกิน 1-2 สัปดาห์ อาจใช้ห้องแช่แข็ง (hardening room) เป็นห้องเก็บรักษา หรือแยกไอศกรีมเก็บไว้ในห้องเก็บรักษาต่างหากเนื่องจากอุณหภูมิของห้องเก็บรักษาสูงกว่าห้องแช่แข็งโดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง -18 องศาเซลเซียส ถึง -23 องศาเซลเซียส (พัชรินทร์ รักถาวร, 2542)




**ภาพที่ 2.1** ขั้นตอนการผลิตไอศกรีม

**ที่มา :** สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม, 2548

1.1.8 การบรรจุ หลังจากที่ไอศกรีมผ่านการทำให้แข็งตัวแล้ว Varnam และ Sutherland (1994) กล่าวว่า เราอาจนำไอศกรีมมาเคลือบด้วยช็อคโกแลต เติมถั่วบด หรือผสมกับน้ำหวานก่อนที่จะนำไปบรรจุ การบรรจุอาจทำได้หลายลักษณะ เช่น ทำเป็นรูปไอศกรีมแท่ง ใส่ในโคน ใส่ถ้วยพลาสติก หรือบรรจุเป็นกล่องขนาดต่างๆ

1.1.8.1 บรรจุเป็นกล่องใหญ่ เป็นการบรรจุภาชนะใหญ่ระหว่าง 2-10 ลิตร เพื่อนำไปจัดจำหน่ายต่อไป การบรรจุแบบนี้มักจะทำโดยแรงกดจากเครื่องทำให้เย็น ต่อโรงงานที่ทันสมัยจะใช้เครื่องบรรจุ

1.1.8.2 บรรจุเป็นกล่องขนาดกลาง เป็นการบรรจุเพื่อจัดจำหน่ายให้บางครอบครัวที่ต้องการซื้อไว้รับประทานหลายวัน การบรรจุแบบนี้สามารถใช้ระบบบรรจุอัตโนมัติได้ทั้งหมดตั้งแต่การทำกล่องการบรรจุ การปิดฝา

1.1.8.3 การบรรจุใส่ถ้วยและโคน การบรรจุแบบนี้สามารถบรรจุไอศกรีม 2-3 ชนิดอยู่ในถ้วยเดียวกันได้

**1.2 การคำนวณเปอร์เซ็นต์การเพิ่มปริมาณ (overrun)**

การอัดอากาศเข้าไปในส่วนผสมขณะทำให้แข็ง ทำให้ปริมาตรของไอศกรีมเพิ่มขึ้น เรียกว่าโอเวอร์รัน (overrun) ซึ่งโดยปกติแล้วจะเพิ่มปริมาตรของไอศกรีม 2-3 เท่าของส่วนผสม ค่า overrun มักแสดงออกมาเป็นเปอร์เซนต์ของปริมาตรที่เพิ่มขึ้นจากปริมาตรของส่วนผสม ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ overrun} = \frac{\text{ปริมาตรของไอศกรีม} - \text{ปริมาตรของส่วนผสม}}{\text{ปริมาตรของส่วนผสม}} \times 100$$

การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ overrun อีกวิธีหนึ่งคือ การคำนวณโดยใช้น้ำหนักของส่วนผสมและไอศกรีมมาคำนวณ ได้เป็นเปอร์เซ็นต์ overrun โดยน้ำหนัก ซึ่งมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ overrun} = \frac{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของส่วนผสม} - \text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักต่อหน่วยปริมาตรของไอศกรีม}} \times 100$$

**1.3 ปัจจัยที่สำคัญที่มีผลต่อการกำหนดค่า overrun (ถนอมดวง ศรีรอต 2549)**

1.3.1 Total solids ของส่วนผสมไอศกรีม

1.3.2 Bulk flavor ice creams หรือไอศกรีมที่เติมผลไม้ และนัท ควรมี overrun ต่ำกว่าไอศกรีมธรรมดา ทั้งนี้เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเนื้อที่ดี

1.3.3 ชนิดหรือลักษณะของภาชนะบรรจุ ภาชนะบรรจุขนาดใหญ่ซึ่งมักพบตามร้านค้าปลีกที่ต้องใช้ตักเป็นก้อน (dipping) มี % overrun สูงกว่ากล่องขนาดย่อมซึ่งซื้อกลับบ้านเป็นกล่องได้เลย(carry-home type)

การควบคุมปัจจัยต่างๆ เป็นเรื่องสำคัญ เนื่องจากการผลิตแต่ละครั้งควรเหมือนกัน แต่การผลิตมีค่า Overrun แตกต่างกันประมาณ 10 เปอร์เซนต์ ย่อมทำให้เกิดความเสียหาย โดยเฉพาะเรื่องต้นทุนการผลิตของโรงงงานยังส่งผลต่อการยอมรับ และความนิยมของผู้บริโภคด้วย การผลิตไอศกรีมให้มีค่า Overrun ตามต้องการนอกจากขึ้นอยู่กับองค์ประกอบแล้ว ยังขึ้นอยู่กับอุปโภคในการผลิตเป็นสำคัญ ค่า Overrun ของไอศกรีมจะอยู่ตั้งแต่ 70-100% ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ โดยไอศกรีมโยเกิร์ตสามารถแบ่งประเภทตามการขึ้นฟู และมีส่วนประกอบทางเคมีที่แตกต่างกันตามตารางที่ 2.4

**ตารางที่ 2.4**_ส่วนประกอบทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามร้อยละของการขึ้นฟู

| ส่วนผสม | Soft Frozen Yoghurt | Hard Frozen Yoghurt | Mousse Frozen Yoghurt |
|---|---|---|---|
| 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 :** Tamine and Robinson, 1989

**1.4 ลักษณะของไอศกรีมที่ดี** คุณลักษณะของไอศกรีมที่ดีมีดังนี้ คือ

1.4.1 สี (Color) สีของไอศกรีมควรเป็นสีดูแล้วน่ารับประทาน ไม่ซีด หรือเข้มจนเกินไป ควรมีสีใกล้เคียงธรรมชาติของไอศกรีมชนิดนั้น ๆ

1.4.2 ภาชนะบรรจุ (Package) ต้องสะอาดสามารถดึงดูดความสนใจ และสร้างความประทับใจให้กับผู้บริโภค

1.4.3 คุณสมบัติการละลาย (Melting characteristic) ไอศกรีมที่มีคุณภาพดี ควรมีสมบัติด้านการละลายได้เล็กน้อยเมื่อวางในจานแก้ว (Petri dishes) ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 20 องศา-เซลเซียส นาน 10-15 นาที ลักษณะการละลายที่ดีของไอศกรีมควรละลาย และไหลออกจากจุดศูนย์กลางของก้อนไอศกรีม ของเหลวจากไอศกรีมที่ละลายแล้วควรยังมีความเนียน และยังคงความเป็นเนื้อเดียวกันอยู่ วัสดุที่เหมาะสมและอนุญาตให้ใช้ในการรองไอศกรีมเพื่อศึกษาคุณสมบัติการละลาย คือ จานแก้ว ก้นภาชนะต้องแบน เพื่อให้ทิศทางการไหลของไอศกรีมเป็นอิสระ ช้อนที่ใช้ในการตักไอศกรีม เพื่อศึกษาคุณสมบัติการละลายนั้นต้องผ่านการแช่แข็งและแห้ง ปริมาตร และน้ำหนักของไอศกรีมที่ตักเพื่อศึกษาคุณสมบัติการละลายนั้นต้องเท่ากันทุกครั้ง เมื่อเริ่มศึกษาคุณสมบัติการละลายของไอศกรีม ห้ามมีการรบกวนตัวอย่างเด็ดขาด ตำหนิของไอศกรีมเกี่ยวกับเรื่องคุณสมบัติการละลายที่พบในผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ได้แก่ ไม่ละลาย หรือละลายช้า (Do not melt or Delay melting), ร่วนเป็นแผ่นไม่จับเป็นก้อน (Flaky), เป็นโฟมหรือมีฟองอากาศขนาดใหญ่ (Foamy), เป็นก้อนลิ่ม (Curdy) และเป็นน้ำ (Water)

1.4.4 เนื้อ และเนื้อสัมผัส บางครั้งการวัดเนื้อ และเนื้อสัมผัสของไอศกรีม อาจวัดด้วยความรู้สึกหรือการสัมผัส และการมอง โดยผู้ทดสอบสังเกตจากการตักผลิตภัณฑ์ ความพอใจในลักษณะเนื้อของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม ผู้ทดสอบจะตัดสินจากความแน่นเนื้อ, ความคงตัว (Firm) และความต้านทานแรงของผลิตภัณฑ์ ซึ่งผลิตภัณฑ์มีความต้านทานแรงได้เล็กน้อย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงตัว, ความแน่นเนื้อ และความเย็นของผลิตภัณฑ์ คือ อุณหภูมิในการผลิต

ผู้บริโภคจะพึงพอใจต่อเนื้อสัมผัสไอศกรีมที่มีความละเอียด (Fine) ความเนียน (Smooth) ความนุ่ม(Velvely) และขนาดเกล็ดน้ำแข็งเล็ก (Small Ice Crystal Size) สำหรับลักษณะที่ถือว่าเป็นตำหนิของเนื้อไอศกรีม ได้แก่ ร่วนไม่แข็ง (Crumby) เป็นยางเหนียว(Gummy) อ่อนไม่แข็งตัว (Weak) เป็นแผ่น (Flaky) หยาบคล้ายทราย (Sandy) ฟูเป็นปุย (Fluffly) เนื้อแน่นหนัก (Heavy) หดตัว (Shrunken) และหยาบ (Coarse)

**1.5 ไอศกรีมโยเกิร์ต**

ไอศกรีมโยเกิร์ตเป็นของผสมที่ผ่านกระบวนการแช่แข็งประกอบด้วย นม ไขมันนม เนื้อนมไม่รวมมันเนย โยเกิร์ต และอาจเติมกลิ่นรส หรือสี ซึ่งส่วนมากนิยมเติมโดยการใช้ผลไม้ นอกจากนี้ไอศกรีมโยเกิร์ตต้องมีสารที่ช่วยเสริมความคงตัวเพื่อช่วยในการรักษาโครงสร้างฟองอากาศของไอศกรีม สารเหล่านี้ได้แก่ สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว (Stabilizer) อิมัลซิไฟเออร์ ไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้มีลักษณะทางกายภาพ และความเย็นเหมือนกับไอศกรีม แต่มีรสเปรี้ยวของโยเกิร์ต และต้องมีปริมาณกรดแลคติกไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.3-0.5 (วรรณพร จิตจำเริญ, 2547)

ความหมายของไอศกรีม คือ ของผสมแช่แข็งที่ประกอบไปด้วยนม สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว(Stabilizer) อิมัลซิไฟเออร์ และอาจเติมส่วนผสมอื่นๆ อาทิเช่น ผลิตภัณฑ์จากไข่ สี และสตาร์ชไฮโดรไลเสท(Starch hydrolysate) ของผสมนี้เรียกว่า มิกซ์ (mix) ซึ่งถูกนำไปผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์ และโฮโมจีไนซ์ก่อนนำไปแช่แข็ง ซึ่งเป็นการดึงความร้อนออกอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันกวนเพื่อตีอากาศเข้าเนื้อผลิตภัณฑ์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเรียบเนียน และความนุ่มตามต้องการ (พัชรินทร์ รักถาวร, 2542) ไอศกรีมเป็นผลิตภัณฑ์อาหารจากนมชนิดหนึ่งเป็นที่นิยมบริโภคกันทั่วโลก มีการผลิตทั้งในระดับครัวเรือนและระดับอุตสาหกรรม สามารถแบ่งไอศกรีมออกตามปริมาณไขมันได้เป็นไอศกรีมชนิดธรรมดา (มีปริมาณไขมันนมไม่ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานองค์การอาหารและยาสหรัฐอเมริกา) ไอศกรีมไขมันต่ำ และไอศกรีมปราศจากไขมันซึ่งให้ค่าพลังงานต่ำ ซึ่งยังมีการบริโภคไม่มากนักเมื่อเทียบกับไอศกรีมชนิดธรรมดา แต่ก็ยังคงน่าสนใจโดยเฉพาะกับผู้บริโภคสมัยใหม่ที่สนใจเรื่องสุขภาพ(คัดนางค์ ทองสุข,2542)

โครงสร้างทางกายภาพของไอศกรีมเป็นระบบที่มีความซับซ้อน โดยฟองอากาศ และผลึกน้ำแข็งกระจายตัวอยู่ในส่วนของเหลวที่ไม่แข็งตัว ฟองอากาศมีเม็ดไขมันที่เกิด flocculate ล้อมรอบ ทำให้ฟองอากาศคงตัว ในส่วนของเหลวที่ไม่แข็งตัวประกอบไปด้วย เม็ดไขมันที่แข็งตัว โปรตีนนม เกลือ ผลึกแลคโตส สารให้ความคงตัว และน้ำตาล เป็นต้น การที่ไอศกรีมประกอบด้วยส่วนที่เป็นของเหลว ของแข็ง และอากาศ จึงกล่าวได้ว่าไอศกรีมมีลักษณะเป็นระบบ 3 ระยะ ได้แก่ ผลึกน้ำแข็ง ฟองอากาศ ส่วนของเหลวที่ไม่แข็งตัว ซึ่งผลึกน้ำแข็ง และฟองอากาศมีขนาดเฉลี่ย 45-55 ไมครอน และ 110-185 ไมครอนตามลำดับ ในส่วนของเหลวที่ไม่แข็งตัวมีระยะทางเฉลี่ยระหว่างผลึกน้ำแข็งและฟองอากาศ 6-8 ไมครอน ส่วนระยะทางเฉลี่ยระหว่างฟองอากาศ 100-150 ไมครอน (พัชรินทร์ รักถาวร, 2542)

ไอศกรีมโยเกิร์ตผลิตโดยการเตรียมโยเกิร์ต และไอศกรีมเหลวแยกจากกัน จากนั้นนำมาผสมรวมกัน แล้วปั่นเป็นไอศกรีมโยเกิร์ต โยเกิร์ตเตรียมโดยการคำนวณส่วนผสมซึ่งประกอบด้วยนมสด นมพร่องไขมัน หรือนมคืนรูปจากนมผง และน้ำสะอาด จากนั้นผสมส่วนผสมต่างๆให้เข้ากันโดยใช้ความร้อนช่วยในการผสมแล้วโฮโมจีไนซ์ (homogenization) พาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) และทำให้เย็นทันที จนอุณหภูมิของส่วนผสมเท่ากับอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของกล้าเชื้อโยเกิร์ตที่ใช้ เติมกล้าเชื้อโยเกิร์ต บ่มไว้ที่อุณหภูมิที่เหมาะสมในการเจริญของจุลินทรีย์กล้าเชื้อจนกระทั่งได้ค่าพีเอช ตามต้องการ แล้วทำให้เย็นทันทีเพื่อยับยั้งกิจกรรมการสร้างกรดของกล้าเชื้อโยเกิร์ต ส่วนไอศกรีมเหลวเตรียมโดยการคำนวณส่วนผสม เช่น นมสด หางนมผง น้ำตาล สารให้ความคงตัว และไขมันนม แล้วนำส่วนผสมทั้งส่วนที่เป็นของแห้ง และของเหลวผสมเข้าด้วยกันโดยใช้ความร้อนช่วยในการผสม ส่วนผสมที่ได้เรียกว่า ไอศกรีมเหลว (ice cream mix) จากนั้นนำไอศกรีมเหลวที่ได้ไปผ่านกระบวนการพาสเจอร์ไรซ์เพื่อละลายส่วนผสมให้เข้ากันดี ฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค (pathogenic bacteria) จุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดการเน่าเสีย (spoilage bacteria) และลดปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด (total bacteria) ที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที หรืออุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-25 วินาที แล้วโฮโมจีไนซ์เพื่อให้เกิดอิมัลชันที่ความดัน 100-200 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร โดยความดันและอุณหภูมิที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของส่วนผสม

การโฮโมจีไนซ์ช่วยทำให้ไอศกรีมที่ได้มีความเรียบเนียนและมีคุณลักษณะที่ดี หลังจากการโฮโมจีไนซ์ต้องทำให้ส่วนผสมเย็นลงอย่างรวดเร็ว จึงบ่ม (aging) ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยให้ส่วนผสมและสารให้ความคงตัวสามารถดูดซับน้ำได้เต็มที่ เพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมเหลวและทำให้เกิดโครงสร้างของผลึกไขมัน แล้วนำไปทำให้แข็งเป็นไอศกรีม (freezing) ซึ่งขั้นตอนนี้เป็นการดึงความร้อนออกจากส่วนของไอศกรีมเหลวอย่างรวดเร็ว ขณะเดียวกันตีอากาศเข้าไปในเนื้อไอศกรีมทำให้ได้ไอศกรีมที่มีความเรียบเนียน (smoothness) และความนุ่ม (softness) ตามต้องการ

**ตารางที่ 2.5** ส่วนประกอบทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งตามปริมาณไขมัน

| ส่วนผสม | Nonfat Frozen Yoghurt(%) | Low Fat Frozen Yoghurt(%) | Frozen Yoghurt(%) |
|---|---|---|---|
| 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

### 1.5.1 บทบาทของส่วนผสมในไอศกรีมโยเกิร์ต

ส่วนผสมของไอศกรีมโยเกิร์ตแบ่งเป็น 2 ส่วนหลักคือ ส่วนที่เป็นผลิตภัณฑ์นม ประกอบด้วยส่วนผสมที่สำคัญ 2 ชนิด ได้แก่ ไขมัน เนื้อนมไม่รวมมันเนย และโยเกิร์ต และส่วนที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์นม เช่น สารให้ความหวาน สารให้ความคงตัว อิมัลซิไฟเออร์ กลิ่นรส และน้ำ เป็นต้น ส่วนผสมต่างๆมีบทบาท และหน้าที่ต่างกัน

1.5.1.1 ไขมัน เป็นส่วนผสมที่สำคัญสำหรับไอศกรีม เป็นตัวบ่งชี้ถึงคุณภาพ และคุณค่าทางอาหารของไอศกรีม ช่วยให้ส่วนผสมมีความสมดุล มีปริมาณไขมันตามที่กฎหมายกำหนด นอกจากนี้ไขมันเป็นส่วนประกอบที่ให้โครงสร้าง และเนื้อสัมผัสในไอศกรีม ไขมันทำให้ไอศกรีมมีรสชาติและความมัน (richness) ที่ดี เนื่องจากไขมันสามารถกักเก็บ และปลดปล่อยกลิ่นรส นอกจากนี้ปริมาณไขมันเป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมขนาดของผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นในไอศกรีม โดยปริมาณไขมันที่มากขึ้นจะทำให้ผลึกน้ำแข็งที่เกิดขึ้นมีขนาดเล็กลง ไอศกรีมจึงมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน แต่เนื่องจากไขมันไม่ละลายที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็ง ไขมันจึงไปขัดขวางการเติมอากาศลงในไอศกรีมทำให้อัตราการขึ้นฟูลดลง การเติมไขมันในปริมาณที่มากจะทำให้ไอศกรีมที่ได้เลี่ยนเกินไป ให้พลังงานสูง และต้นทุนสูง ไอศกรีมโดยทั่วไปมีไขมันประมาณร้อยละ 10-12 และถ้ามีปริมาณไขมันต่ำกว่าร้อยละ 10 กฎหมายระบุไว้ว่าต้องมีการระบุฉลากด้วยว่าเป็นผลิตภัณฑ์พร่องไขมัน ไขมันต่ำ หรือปราศจากไขมัน ผู้ต้องการบริโภคไขมันลดลงจะต้องการผลิตภัณฑ์ที่ทำจากนมพร่อง หรือขาดมันเนย แหล่งของไขมันที่มีคุณภาพดีที่สุดในการผลิตไอศกรีม

คือ ครีมสด หรืออาจใช้ไขมันจากแหล่งอื่นได้เช่นกัน ตัวอย่างเช่น ครีมแช่แข็ง เนย และไขมันเนย เป็นต้น

Marshall และ Arbuckle (1996) กล่าวถึง ไอศกรีมโยเกิร์ตที่แล่งชนิดตามปริมาณไขมันที่เป็นส่วนประกอบ และมีส่วนประกอบทางเคมีแตกต่างกัน ดังแสดงในตาราง 2.5

1.5.1.2 เนื้อนมไม่รวมมันเนย หมายถึง ส่วนของเนื้อนมที่มีอยู่ในหางนมประกอบด้วย โปรตีนนมร้อยละ 37 แลคโตสร้อยละ 55 และแร่ธาตุร้อยละ 8 ไอศกรีมควรมีเนื้อนมไม่รวมมันเนยประมาณร้อยละ 15.6-18.5 แลคโตสเป็นน้ำตาลที่มีความหวานเล็กน้อยมีความสามารถในการละลายต่ำ จึงอาจเกิดการตกผลึกและเป็นสาเหตุให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเป็นทราย (sandiness) แร่ธาตุทำให้ไอศกรีมมีรสเค็มเล็กน้อย ส่วนโปรตีนนมมีความสามารถในการอุ้มน้ำดี ช่วยเพิ่มความหนืดในไอศกรีมเหลวทำให้ไอศกรีมมีความแน่นเนื้อ และเรียบเนียนขึ้น เพิ่มอัตราการขึ้นฟู ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีม นอกจากนี้ยังช่วยให้ไอศกรีมละลายช้าลง อย่างไรก็ตามการเติมเนื้อนมไม่รวมมันเนยมากเกินไป อาจทำให้ไอศกรีมมีกลิ่นเหมือนนมที่ผ่านความร้อน (overcooked) มีกลิ่นของนมข้น (condensed-milk flavor) และอาจเกิดการตกผลึกของแลคโตสระหว่างการเก็บรักษา แหล่งของเนื้อนมไม่รวมมันเนยได้จากหางนม หางนมผง ครีม และเวย์ผง

1.5.1.3 สารให้ความหวาน ชนิดของสารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีมมีหลายชนิด เช่น ซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส น้ำผึ้ง น้ำตาลทรายแดง และคอร์นไซรัป เป็นต้น ที่ใช้กันโดยทั่วไปคือ ซูโครส โดยอาจใช้ในรูปของซูโครสเพียงอย่างเดียว หรือใช้ร่วมกับสารให้ความหวานชนิดอื่น ปริมาณสารให้ความหวานที่ใช้ในไอศกรีมขึ้นอยู่กับระดับความหวานที่ต้องการ การเติมสารให้ความหวานช่วยเพิ่มการยอมรับของไอศกรีม เสริมกลิ่นรสครีม(cremy flavor) เพิ่มปริมาณของแข็งในไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีเนื้อมากขึ้น เนื้อสัมผัสเรียบเนียน เพิ่มความหนืดให้กับไอศกรีมเหลว ลดจุดเยือกแข็งของไอศกรีมเหลว การแข็งตัวของไอศกรีมจึงเป็นไปอย่างช้าๆ ทำให้ไอศกรีมมีความแข็งที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังเพิ่มความสามารถในการขึ้นฟูของไอศกรีมทำให้ไอศกรีมมีลักษณะการละลายที่ดี และช่วยเพิ่มอายุการเก็บรักษาไอศกรีม การใช้สารให้ความหวานชนิดอื่นร่วมกับน้ำตาลซูโครสมีจุดประสงค์เพื่อเพิ่มปริมาณของแข็งในไอศกรีมโดยไม่ทำให้ไอศกรีมมีความหวานมากเกินไป ปริมาณน้ำตาลที่เหมาะสมสำหรับไอศกรีมคือร้อยละ 12-20 และปริมาณเนื้อนมทั้งหมดในไอศกรีมที่เหมาะสมคือไม่ต่ำกว่าร้อยละ 42 การเลือกสารให้ความหวานต้องคำนึงถึงความเหมาะสมทั้งชนิดและปริมาณ ทั้งนี้สารให้ความหวานที่ใช้ต้องทำให้จุดเยือกแข็งของไอศกรีมเหลวสูงพอที่จะทำให้เกิดผลึกน้ำแข็งในปริมาณที่เหมาะสม เพราะจุดเยือก

แข็งที่ต่ำเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีปริมาณน้ำที่ไม่แข็งตัวเหลืออยู่มากจนไอศกรีมมีลักษณะนุ่มเกินไป และถ้ามีปริมาณสารให้ความหวานมากเกินไปไอศกรีมจะเหนียวหนืด และแฉะ

1.5.1.4 สารให้ความคงตัว ชนิดของสารให้ความคงตัวที่ใช้ในไอศกรีมเป็นสารไฮโดรคอลลอยด์ ส่วนมากเป็นโพลิแซค-คาไรด์แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

- สารให้ความคงตัวประเภทเจลาติน ซึ่งได้จากส่วนของหนัง หรือกระดูกของสัตว์
- สารให้ความคงตัวที่ผลิตจากพืช เช่น คาราจีแนน วุ้น โซเดียมคาร์บอกซิเมทิลเซลลูโลส(sodium carboxymethylcellulose:CMC) และเพคติน
- สารให้ความคงตัวประเภทกัม การใช้กัมในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะช่วยให้ผลิตภัณฑ์มีลักษณะเนื้อสมผัสที่เนียนสม่ำเสมอ ช่วยชะลอหรือป้องกันการเกิดเกล็ดน้ำแข็ง ช่วยป้องกันการแยกตัวของไขมันและช่วยให้การกระจายตัวของไขมันสม่ำเสมอ รวมทั้งช่วยป้องกันการละลาย เช่น โซเดียมแอลจิเนต เป็นกัมที่นิยมใช้มากในไอศกรีม เนื่องจากมีคุณสมบัติดูดน้ำได้ดี กระจายตัวได้ดี และราคาถูก สามารถทำปฏิกิริยากับแคลเซียมที่มีอยู่ในส่วนผสมของไอศกรีม ทำให้ป้องกันการเกิดการจับตัวของเม็ดไขมันที่เกิดขึ้นเนื่องจากเกลือแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ โดยทั่วไปจะใช้ปริมาณ 0.1-0.5% โดยแบ่งเป็น 4 ชนิดหลักๆ ดังนี้

1. โซเดียม คาร์บอกซิ เมททิล เซลลูโลส (CMC) สามารถละลายได้ในน้ำเย็น จึงมีการใช้กันมากในไอศกรีมในปริมาณ 0.1-0.3% ช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสและประสิทธิภาพในการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ดีขึ้น โดยประสิทธิภาพของ CMC จะดีขึ้นเมื่อใช้ร่วมกับ โลคัสบีนกัม หรือ คาราจีแนน เนื่องจากการใช้ CMC อย่างเดียวจะก่อให้เกิดปัญหาการแยกตัว
2. โลคัสบีนกัม มีคุณสมบัติในการดูดน้ำ และพองตัวได้ดี ช่วยให้มีการละลายที่สม่ำเสมอ และป้องกันการเกิด Heat shock ได้ดี
3. กัวร์กัม คุณสมบัติคล้ายโลคัสบีนกัม แต่สามารถละลายในน้ำเย็นได้ดีกว่า
4. คาราจีแนน นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเช่นกัน แต่มักใช้รวมกับกัมชนิดอื่นเพื่อเพิ่มความหนืด (ศิวาพร, 2535)

สารให้ความคงตัวทุกชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี เพิ่มความหนืดและความคงตัวให้กับไอศกรีมเหลว เพิ่มเนื้อให้ไอศกรีม ลดอัตราการละลายของไอศกรีม ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งขนาดใหญ่ ขณะเก็บรักษาในสภาวะที่มีการขึ้นลงของอุณหภูมิ ทำให้เนื้อสัมผัสคงความเรียบเนียน นอกจากนี้ยังทำให้การกระจายตัวของสารให้กลิ่นรสเป็นไปได้ดีขึ้น ช่วยให้เซลล์อากาศมีความคงตัว ลดการเคลื่อนที่ของความชื้นระหว่างไอศกรีมกับภาชนะบรรจุ หรืออากาศ และ

ป้องกันการลดลงของปริมาตรขณะเก็บรักษา ปริมาณสารให้ความคงตัวที่ใช้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิด ปริมาณของแข็งในไอศกรีมเหลว และปัจจัยอื่นๆ การใช้สารให้ความคงตัวร่วมกันหลายชนิดจะเสริมการทำงานของกันและกัน และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของสารให้ความคงตัวแต่ละชนิด อย่างไรก็ตามการเติมสารให้ความคงตัวมากเกินไปจะทำให้ไอศกรีมมีลักษณะการละลายไม่ดี เหนียวหนืด เนื้อหนัก และแฉะ (อุษา, 2541)

ในอุตสาหกรรมทำไอศกรีมนิยมใช้สารที่ทำให้คงตัวหลาย ๆ ชนิดผสมกันทำให้ได้คุณภาพเพียงชนิดเดียว ในไอศกรีมมีสารที่ทำให้คงตัวประมาณร้อยละ 0.2-0.4 ของส่วนผสมทั้งหมด สารที่ทำให้อยู่ตัวเป็นตัวช่วยลดแรงตึงผิวให้น้อยลง ทำให้อนุภาคของไขมันกระจายตัวอยู่ได้ทั้ง ๆ ไปในส่วนผสมเกิดเป็นอิมัลชันที่คงตัว ป้องกันไม่ให้เกิดการจับตัวรวมกันของไขมันแยกออกจากส่วนผสม มีลักษณะคล้ายหยดเนย (butter granule) ระหว่างที่ทำให้ส่วนผสมแข็งตัว สารที่ทำให้อยู่ตัวที่ใช้ในไอศกรีมมีประมาณร้อยละ 0.2-0.5 ของส่วนผสมทั้งหมด

1.5.1.5 อิมัลซิไฟเออร์ ประกอบด้วย กลีเซอรอล และกรดไขมันบางชนิด อิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม ได้แก่ โมโนกลีเซอไรด์ ไดกลีเซอไรด์ และไกลคอลเอสเทอร์ เป็นต้น การเติมอิมัลซิไฟเออร์ทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสเรียบเนียน เนื้อแน่น ลดระยะเวลาในการทำให้ขึ้นฟู ทำให้เซลล์อากาศมีขนาดเล็ก และกระจายตัวได้ดีขึ้น ช่วยลดแรงตึงผิวระหว่างไขมัน และน้ำ เนื่องจากโมเลกุลของอิมัลซิไฟเออร์ประกอบด้วยส่วนที่ชอบน้ำ และชอบไขมัน จึงสามารถแทรกตัวอยู่ระหว่างชั้นของของเหลวทั้ง 2 ชนิดได้ นอกจากนี้ยังช่วยลดความคงตัวของเม็ดไขมัน(destabilization) ทำให้เม็ดไขมันสามารถเกาะกันได้บางส่วนระหว่างตีอากาศ และการแช่แข็ง และชักนำให้เกิดการรวมตัวกันของเม็ดไขมันซึ่งเป็นกลไกในการทำให้เกิดโครงสร้างและเนื้อสัมผัสของไอศกรีม ปริมาณของอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ต้องเหมาะสม หากใช้มากเกินไปจะทำให้เนื้อสัมผัสของไอศกรีมเสียไป และไอศกรีมจะละลายช้ามาก โดยทั่วไปปริมาณอิมัลซิไฟเออร์ที่ใช้ต้องไม่มากกว่าร้อยละ 0.2

ศิวาพร ศิวเวชช (2535) กล่าวว่า ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมจะมีปริมาณฟองอากาศอยู่ 40-50% การใช้อิมัลซิไฟเออร์จะช่วยลดเวลาในการทำเยือกแข็งลง มีการฟูดีขึ้น และช่วยให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของไอศกรีมมีลักษณะละเอียด แห้ง คงตัว มีการละลายอย่างช้าๆในระหว่างกรรมวิธีการทำไอศกรีม โดยอิมัลชั่นในผลิตภัณฑ์จะเป็นแบบ oil in water โดย อิมัลซิไฟล์เออร์ที่นิยมใช้ ได้แก่ โมโน-และไดกลีเซอร์ไรด์, polyoxyethylene derivatives of glycol and glycol ester และ ซูโครส เอสเทอร์

1.5.1.6 โยเกิร์ต ทำหน้าที่ให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตที่เป็นกลิ่นรสสำคัญในไอศกรีมโยเกิร์ต และทำให้ความเปรี้ยวจากกรดอินทรีย์ที่จุลินทรีย์ผลิต เช่น กรดแลคติก และกรดอะซิติก เป็นแหล่งของจุลินทรีย์กรดแลคติก และเป็นแหล่งของโพรไบโอติกแบคทีเรียด้วย (วรรณพร จิตจำเริญ, 2547)

**1.5.2 คุณสมบัติสำคัญของส่วนผสมในไอศกรีม**

คุณสมบัติสำคัญของส่วนผสม ได้แก่ ความเสถียรของส่วนผสม ความหนาแน่น ความเป็นกรด แรงตึงผิว การดูดซึม จุดเยือกแข็ง และอัตราการตีขึ้นฟู ความเสถียร

1.5.2.1 ความเสถียรของส่วนผสมไอศกรีม คือ สภาวะที่โปรตีนนมยังอยู่ในสภาพคอลลอยด์ และไขมันนมอยู่ในสภาพ อิมัลชั่น (Emulsion) ขั้นตอนการ Homoginization ความเป็นกรดของส่วนผสม เกลือ อัตราส่วนระหว่างไขมันกับ เนื้อนมไม่รวมมันเนย (Milk Solid non Fat/MSNF) เวลาของการบ่ม ตลอดจนปริมาณของ Bound Water มีความสัมพันธ์กับความเสถียรของผลิตภัณฑ์ (Arbuckle, 1986)

การเกิดเป็นลิ่มหรือแยกชั้นของไขมันนม หรือเวย์ขณะไอศกรีมละลาย ตลอดจนการแยกตัวของน้ำเชื่อมขณะบ่ม บ่งบอกถึงความไม่เสถียรของผลิตภัณฑ์ความหนาแน่นของส่วนผสม

1.5.2.2 ความถ่วงจำเพาะ หรือความหนาแน่นของส่วนผสมในไอศกรีมเปลี่ยนแปลงไปตามองค์ประกอบ ความถ่วงจำเพาะของส่วนผสมไอศกรีมอยู่ระหว่าง 1.0544-1.1232

1.5.2.3 ความเป็นกรด ความเป็นกรดของส่วนผสมไอศกรีมแปรผันไปตามปริมาณ MSNF ซึ่งสามารถคำนวณได้ด้วยการคูณเปอร์เซ็นต์ของ MSNF ด้วยแฟคเตอร์ 0.018

**ตารางที่ 2.6** แสดงความสัมพันธ์ MSNF กับความเป็นกรดของส่วนผสมไอศกรีม

| % MSNF | % Lactic | pH |
|---|---|---|
| 7 | 0.126 | 6.40 |
| 8 | 0.144 | 6.35 |
| 9 | 0.162 | 6.35 |
| 10 | 0.180 | 6.32 |
| 11 | 1.198 | 6.31 |
| 12 | 0.206 | 6.30 |
| 13 | 0.224 | 6.28 |

**ที่มา :** Arbuckle, 1986

**1.5.3 บทบาทของสารคงตัวในไอศกรีม**

การใช้สารคงตัวมีความสำคัญต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งในตลาดปัจจุบัน เนื่องจากสารคงตัวช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยปกติแล้วน้ำในไอศกรีมจะไม่แข็งตัวเป็นผลึกน้ำแข็งทั้งหมด ระหว่างการเก็บรักษาถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง ผลิตภัณฑ์มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นหรือลดลง ผลึกน้ำแข็งจึงเกิดการละลาย และแข็งตัวซ้ำใหม่อีกครั้ง จึงเป็นปัญหาทำให้ไอศกรีมมีเนื้อสัมผัสไม่ดี เพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าวและช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัสให้ดีขึ้นจึงมีการใช้สารคงตัวในไอศกรีม แม้ว่าบทบาทของสารคงตัวในผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็ง ยังไม่สามารถอธิบายกลไกได้อย่างชัดเจนแต่พอจะสรุปได้ว่า การใช้สารคงตัวมีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1.5.3.1 ทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น โดยสารคงตัวช่วยให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากสารคงตัวเป็นไฮโดรคอลลอยด์ที่ส่วนใหญ่เป็นโพลิแซ็กคาไรด์ที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่ มีความสามารถจับกับน้ำได้ดีและเกิดเจลได้ ทำให้มีผลต่อความหนืด ไฮโดรคอลลอยด์แต่ละชนิดให้ความหนืดแตกต่างกัน เช่น กัวร์กัมและโลคัสบีนกัม มีความหนืดมากกว่าคาราจีแนน หรือคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสเมื่อเตรียม และวัดตัวอย่างเปรียบเทียบกันที่สภาวะเดียวกัน(Pomeranz, 1991) เมื่อนำไฮโดรคอลลอยด์มาใช้กับไอศกรีมพบว่า ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดเพิ่มขึ้นดังการทดลองของ Aimeและคณะ(2000) ที่ศึกษาการใช้พอลิแซ็กคาไรด์หรือกัมในไอศกรีมวานิลา กัมที่ใช้ได้แก่ โซเดียมคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส) กัวร์กัม โลคัสบีนกัม และคาราจีแนนในความเข้มข้นร้อยละ 0.1-0.4 พบว่า ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดที่แตกต่างกันตามชนิด และความเข้มข้นของสารคงตัว หากเปรียบเทียบระหว่างโลคัสบีนกัม กับกัวร์กัม ซึ่งเป็นพอลิแซ็กคาไรด์ที่มีความเป็นกลางพบว่า โลคัสบีนกัมทำให้ไอศกรีมมิซ์มีความหนืดมากกว่ากัวร์กัม ส่วนคาราจีแนนทำให้ไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดมากกว่าคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส

Goff และคณะ (1997) ได้วัดความหนืดของไอศกรีมมิกซ์ที่อุณหภูมิพาส-เจอร์ไรซ์ (80°ซ) พบว่า ไอศกรีมมิซ์ที่ใช้กัวร์กัมเป็นสารคงตัวมีความหนืดมากกว่าไอศกรีมมิกซ์ที่ไม่ได้เติมสารคงตัว นอกจากนี้ยังพบว่า การใช้กัวร์กัมร้อยละ 0.28 มีความหนืดมากกว่าการใช้ร้อยละ 0.13 ส่วน Dea และ Finney (1979) ได้ศึกษาการใช้ไฮโดรคอลลอยด์ 2 ชนิดผสมกัน คือ ส่วนผสมที่ 1 เป็นโลคัสบีนกัมผสมกับทารากัม (tara gum) ส่วนผสมที่ 2 เป็นแซนแทนกัม (xantan gum) และ/หรืออะการ์-อะการ์ (agar-agar) และ/หรือแคปปา-คาราจีแนน (kappa-carageenan) พบว่าในไอศกรีมมิกซ์ที่ใช้ส่วนผสมที่ 1 ควรมากกว่าร้อยละ 0.07 และปริมาณของส่วนผสมที่ 2 มากกว่าร้อยละ 0.02 ความหนืดของมิกซ์ก่อนปั่นให้เป็นไอศกรีมไม่มากกว่า 400 เซนติพอยส์ที่ 20 วินาที อุณหภูมิ 5°ซ

บทบาทของการใช้สารคงตัวที่มีผลต่อความหนืดของไอศกรีมมิกซ์นี้ จะช่วยให้จับอากาศได้ดี และช่วยปรับปรุง body ของไอศกรีมเมื่อไอศกรีมมิกซ์มีความหนืดเพิ่มขึ้น

1.5.3.2 ช่วยปรับปรุงการจับอากาศของไอศกรีม เป็นผลจากสารคงตัวที่ทำให้ความหนืดของไอศกรีมมิกซ์เพิ่มขึ้น จึงช่วยจับอากาศและทำให้การกระจายของเซลล์อากาศมีความสม่ำเสมอ ซึ่งแสดงออกในรูปของค่าโอเวอร์รันของไอศกรีม เมื่อค่าโอเวอร์รันมากแสดงว่ามีการจับอากาศได้มากจัดว่าเป็นผลทางอ้อม เพราะค่า โอเวอร์รันยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ อีก สารคงตัวจะให้ค่าโอเวอร์รันที่แตกต่างกันตามชนิดของสารที่ใช้ เช่น ใช้โลคัสบีนกัมในไอศกรีมวานิลามีค่าโอเวอร์รันสูงสุดเท่ากับร้อยละ 144 ส่วนกัวร์กัมมีค่าโอเวอร์รันสูงสุดเท่ากับร้อยละ 168 ในขณะที่คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสมีค่าโอเวอร์รันเป็นร้อยละ 155 เปรียบเทียบจากากรนำสารดังกล่าวมาใช้ในไอศกรีมวานิลาร้อยละ 0-0.4 (Aimeและคณะ(2000)

1.5.3.3 ช่วยเพิ่มลักษณะเนื้อ (body) การจับกันของไฮโดรคอลลอยด์หรือสารคงตัวกับส่วนผสมในไอศกรีมมีผลต่อความหนืด เมื่อความหนืดมากขึ้นทำให้มี body เพิ่มขึ้น body หมายถึง ความรู้สึกรับรู้ถึงเนื้อไอศกรีมขณะรับประทานและความแน่นเนื้อของผลิตภัณฑ์ อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนืดกับลักษณะเนื้อที่เกี่ยวข้องกันอย่างมีนัยสำคัญ มีเพียงการทดลองที่ชี้ให้เห็นถึงการใช้สารคงตัวแล้วมีผลต่อ body ดังการทดลองของ Minhas และ Bains(1984) ที่ใช้สารคงตัวในไอศกรีมวานิลาโดยเตรียมมิกซ์จากนมกระบือปริมาณที่ใช้คิดเป็นกรัม/100กรัมของมิกซ์ ดังนั้น อะคาเซียกัม 0.25-0.75 คารายากัม 0.1-0.3 กัวร์กัม 0.05-0.10 โซเดียมอัลจิเนต 0.2-0.4 และเจลาติน 0.15-0.45 ปริมาณที่เหมาะสมที่ให้ไอศกรีมที่มีคุณภาพและทางด้านประสาทสัมผัสคือ กัวร์กัมร้อยละ 0.05 อะคาเซียกัมร้อยละ 0.50 คารายากัมร้อยละ 0.10 เจลาตินร้อยละ 0.45 และโซเดียมอัลจิเนตร้อยละ 0.30 เมื่อเก็บไว้ 35 วันพบว่า เจลาตินและอะคาเซียกัมให้ body และเนื้อสัมผัสที่ดีกว่าชนิดอื่นๆ

1.5.3.4 ทำปฏิกิริยากับโปรตีนนม Schmidt และ Smith (1992) ได้ทำการศึกษาผลของการทำปฏิกิริยาสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างกัมกับโปรตีนนมต่อคุณสมบัติการไหล (rheological property) โดยใช้กัม 3 ชนิดได้แก่ แคปปา-คาราจีแนน กัวร์กัมและแซนแทนกัมในความเข้มข้นร้อยละ 0.05, 0.10 และ 0.20 เติมลงในสารละลายนมพร่องมันเนยเข้มข้นร้อยละ 11 หรือสารละลายโปรตีนเวย์เข้มข้น (whey protein concentrate) ในความเข้มข้นเดียวกัน พบว่ามีปฏิกิริยาสัมพันธ์ระหว่างกัม และโปรตีนนม โดยสารละลายที่เตรียมดังกล่าวมีความหนืดที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ระหว่างชนิดของกัมที่ใช้ความเข้มข้นของกัม และชนิดของโปรตีนนม การใช้คาราจีแนน

ในสารละลายนมผงพร่องมันเนยมีความหนืดมากกว่ากัมชนิดอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ความหนืดที่เพิ่มขึ้นอาจจะช่วยยับยั้งการเกิดผลึกน้ำแข็งในผลิตภัณฑ์ขนมหวานแช่เยือกแข็งได้

1.5.3.5 ปรับปรุงคุณภาพด้านการละลาย ไอศกรีมที่มีคุณภาพด้านการละลายดีนั้นควรมีการละลายไม่ช้าหรือเร็วเกินไป คงรูปร่างขณะละลาย และของเหลวที่ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน สารคงตัวช่วยปรับปรุงคุณภาพดังกล่าวเนื่องจากสารคงตัวทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กับโปรตีนนม และส่วนประกอบอื่น ๆ โดยจับยึดไว้เป็นโครงสร้างตาข่าย 3 มิติ จึงทำให้ไอศกรีมละลายได้ช้า และมีความคงตัวขณะละลาย นอกจากนี้สารคงตัวช่วยให้การกระจายตัวของอากาศขณะปั่นเป็นไอศกรีมมีความสม่ำเสมอ เมื่อละลายจึงไม่มีฟองอากาศที่มีขนาดไม่เท่ากันในของเหลวที่ละลายออกมา อย่างไรก็ตามสารคงตัวแต่ละชนิดมีผลต่อคุณภาพด้านการละลายแตกต่างกัน ดังที่ Aime และคณะ(2000) พบว่า การใช้คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสในไอศกรีมวานิลามีการละลายเร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้กัมจากเมล็ดพืช สารสกัดจากสาหร่ายทะเล น้ำยางจากพืช สตาร์ช และเพกติน

1.5.3.6 ยับยั้งการแตกตัวของน้ำ (syneresis) การบ่มไอศกรีมมิกซ์มีปัญหาเรื่องความคงตัวของมิกซ์ ไอศกรีมมิกซ์ที่มีความคงตัวดีต้องไม่มีการแยกตัวของโปรตีนนมในสารแขวนลอย และไขมันนมมีความคงตัวในอิมัลชั่น หากเกิดการไม่คงตัวขึ้นจะทำให้มีการแยกตัวของอนุภาคโปรตีนแล้วรวมตัวกัน หรือตกตะกอนออกมา มีการแยกตัวของส่วนใส (wheying-off) ขณะไอศกรีมละลายหรือน้ำเชื่อมแยกตัวขณะบ่มไอศกรีม สารคงตัวสามารถทำปฏิกิริยาสัมพันธ์กับโปรตีนและคุณสมบัติของสารคงตัวที่มีทั้งแบบมีประจุ หรือไม่มีประจุ เป็นไฮโดรฟิลิก และไฮโดรโฟบิกทำให้ส่วนประกอบต่างๆ ในไอศกรีม จึงช่วยรักษาความคงตัวของไอศกรีมมิกซ์ไว้ได้ ความสามารถในการยับยั้งการแตกตัวของน้ำแตกต่างกันตาชนิดของสารคงตัว โดย Bai และคณะ (1978) พบว่า คาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลสสามารถกระจายตัวในส่วนประกอบของไอศกรีมได้ดี แต่ทำให้เกิดการแยกตัวของส่วนใสหรือส่วนของน้ำเชื่อมในไอศกรีมมิกซ์ ส่วนคาราจีแนน กัมจากเมล็ดมะขาม กัวร์กัม โซเดียมอัลจิเนต แซนแทนกัม และเจลาตินไม่ทำให้เกิดการแยกตัวดังกล่าว

1.5.3.7 ชะลอการเกิดผลึก และการเติบโตของน้ำแข็ง เป็นผลทางตรงที่เกิดจากการจับกันของไฮโดรคอลลอยด์กับส่วนประกอบต่างๆ ในไอศกรีม ลักษณะโครงสร้างของไอศกรีมที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเลคตรอนชนิดกราดลำแสง (Scanning Electron Microscope, SEM) ประกอบด้วยเซลล์อากาศถูกล้อมรอบด้วยไขมันที่จับตัวกัน (agglomerate) โดยตรึงอยู่กับผนังของเซลล์อากาศ ไขมันที่จับตัวกันนี้เป็นผลจากอิมัลซิไฟเออร์และกระบวนการผลิตทำให้ไขมันรวมตัวกัน ในโครงสร้างของไอศกรีมมีน้ำที่แข็งตัวบางส่วนแทรกอยู่ระหว่างเซลล์อากาศ นอกจากนี้ยังมีผลึกน้ำแข็ง น้ำที่ไม่แข็งตัว ผลึกน้ำตาลและไฮโดรคอลลอยด์ การใช้สารคงตัวหรือไฮโดร

คอลลอยด์มีจุดประสงค์เพื่อตรึงส่วนของน้ำที่ยังไม่แข็งตัวไว้ ไฮโดรคอลลอยด์ในไอศกรีมมีผลต่อสภาวะการไหลของชั้นที่เป็นน้ำ โดยโมเลกุลของไฮโดรคอลลอยด์จับกับโปรตีนทั้งภายในและระหว่างโมเลกุลได้เป็นโครงร่างตาข่าย 3 มิติ ทำให้ลดการเคลื่อนที่ของน้ำ (Goff , 1997)

## 2. โยเกิร์ต

โยเกิร์ต (Yoghurt) ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากนมที่หมักด้วยจุลินทรีย์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค หรือที่ไม่ทำให้เกิดพิษ ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันดีว่า ความเปรี้ยวนั้นเกิดจากปฏิกิริยาของจุลินทรีย์ที่สร้างกรด ซึ่งเปลี่ยนน้ำตาลนม หรือแล็กโทสไปเป็นกรดแลคติก และถ้ามียีสต์หรือแบคทีเรียบางชนิดอยู่แล้ว แล็กโทสก็จะหมักต่อกลายเป็นแอลกอฮอล์ ตั้งแต่สมัยโบราณผู้คนส่วนใหญ่เชื่อว่านมเปรี้ยวและนมหมักทำให้อายุยืน และเสริมสร้างสุขภาพเพราะลดการบูดเน่าภายในระบบทางเดินอาหาร อุตสาหกรรมการผลิตนมเชื้อได้กลายเป็นงานสำคัญ นมเพาะเชื้ออาจนิยามได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีการควบคุมในด้านอุตสาหกรรมอย่างถี่ถ้วน และมีแบคทีเรียเฉพาะอย่าง และแน่นอน แบคทีเรียในที่นี้ทั้งสิ้น หรือส่วนใหญ่ประกอบด้วยเชื้อสเตรปโทค็อกคัส แล็กโทบาซิลลัส และบางครั้งก็เป็นยีสต์

นักชีววิทยาชาวรัสเซีย ชื่อ อีลิ เมชนิคอฟ ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลในปี ค.ศ. 1908 ได้ตั้งทฤษฎีว่าการที่มนุษย์มีจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่เป็นประโยชน์ในระบบทางเดินอาหารอาจทำให้ติดเชื้อโรคทางเดินอาหารได้ง่าย และเร่งกระบวนการเสื่อมสังขารอีกด้วย ทั้งนี้เขาได้สังเกตว่าชาวบัลค่านที่มีอายุยืนยาวมากและมีสุขภาพแข็งแรง มักนิยมดื่มผลิตภัณฑ์นมที่หมักด้วยแลคติกแอซิดแบคทีเรีย เขาจึงแนะนำว่านมเปรี้ยวอาจช่วยทำให้สุขภาพแข็งแรง และมีอายุยืนได้เพราะการบริโภคนมเปรี้ยว เป็นการแทนที่จุลินทรีย์ที่มีอันตรายด้วยจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อย่างแลคติกแอซิดแบคทีเรีย
(จิตธนา, 2538)

โยเกิร์ตเป็นผลิตภัณฑ์นมหมักที่เกิดจากการเติมแลคติกแอซิดแบคทีเรียประเภท *Streptococcus thermophilus* และ*Lactobacillus bulgaricus* ในปริมาณที่เท่ากัน อัตราส่วนแบคทีเรียที่เติมมีความสำคัญ เพราะถ้ามี *Streptococcus thermophilus* มากกว่า *Lactobacillus bulgaricus* โยเกิร์ตที่ได้จะมีรสเปรี้ยวฝาด นอกจากนี้แบคทีเรียทั้งสองชนิดยังพึ่งพากันในแง่ของสารอาหารที่ผลิตขึ้นมา โดย *Lactobacillus bulgaricus* ผลิตกรดอะมิโน วาลีน ฮีสทีดีน ไกลซีน ซึ่งจำเป็นสำหรับการเจริญของ *Streptococcus thermophilus* ส่วน *Streptococcus thermophilus* ก็ผลิต ฟอร์เมท สำหรับ *Lactobacillus bulgaricus*

การแบ่งประเภทของโยเกิร์ตสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

**2.1 โยเกิร์ตชนิดครีม**

มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวคล้ายครีม นิยมแต่งกลิ่นรสด้วยผลไม้ และน้ำเชื่อม กระบวนการผลิตโยเกิร์ตครีมส่วนใหญ่ นิยมเติมนมผงขาดมันเนยลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณโปรตีนนม และมีผลให้เกิดลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลวตามต้องการ นอกจากนี้ยังมีการเติมสารเจลาติน หรือกัมบางชนิด สำหรับปรับลักษณะให้น่ากิน โยเกิร์ตชนิดครีม แบ่งออกเป็น 2 ประเภทตามกรรมวิธีการผลิต ดังนี้

2.1.1 โยเกิร์ตชนิดบรรจุทันที *(Set yogurt)* เป็นโยเกิร์ตที่บรรจุทันทีหลังจากมีการเติมจุลินทรีย์ แล้วให้จุลินทรีย์ทำปฏิกิริยากับส่วนผสมของนมในขณะที่อยู่ในภาชนะบรรจุ ลักษณะมวลที่ตกตะกอนที่ได้ มีลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว

2.1.2 โยเกิร์ตชนิดบรรจุหลังเป็นกรดแล้ว (*Stirred yogurt)* เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการหมักในถังขนาดใหญ่ก่อน จนได้ปริมาณกรดตามต้องการก่อนจึงทำให้เย็น แล้วบรรจุลงในภาชนะ

**2.2 โยเกิร์ตชนิดดื่ม (Drinking yogurt)**

โยเกิร์ตชนิดนี้มีลักษณะข้นกว่านมสดธรรมดาเล็กน้อย ทำให้สามารถดื่มได้ กรรมวิธีผลิตใช้กระบวนการที่คล้ายกับการผลิตสเตอโยเกิร์ต อย่างไรก็ตาม เมื่อบ่มได้กรดตามต้องการแล้วจึงนำมาผสมกับน้ำผลไม้ หรือน้ำเชื่อม ในสัดส่วนที่แตกต่างกันร้อยละ 30-85 ของนมโค แล้วจึงทำให้เป็นเนื้อเดียวกันหลังจากนำโยเกิร์ตผสมน้ำผลไม้และทำให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้ว จึงนำไปผ่านกรรมวิธีอื่นๆ ตามชนิดของผลิตภัณฑ์ซึ่งแบ่งได้เป็น 3 ประเภท (นิธิยา, 2538) ดังนี้

2.2.1 ประเภทที่เชื้อยังมีชีวิตอยู่ โยเกิร์ตที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นเนื้อเดียวกันแล้วจึงมาทำให้เย็นแล้วบรรจุ โยเกิร์ตชนิดนี้มีอายุการเก็บที่อุณหภูมิตู้เย็นประมาณ 2-3 สัปดาห์ ผลิตภัณฑ์ชนิดนี้มุ่งให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์จากเชื้อแบคทีเรียที่เติมลงไปมากกว่าประโยชน์จากนมสด จึงไม่ควรให้เด็กเล็กดื่ม

2.2.2 ประเภทที่ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ เป็นโยเกิร์ตที่ผ่านการผสมกับน้ำผลไม้หรือน้ำเชื่อมแล้วจึงผ่านการพาสเจอร์ไรส์ก่อนจึงมาทำให้เป็นเนื้อเดียวกัน มีอายุการเก็บรักษาที่อุณหภูมิตู้เย็นนานกว่า 1 เดือน การบริโภคนมชนิดนี้จะได้รับประโยชน์เพียงในแง่ปริมาณน้ำตาลแลคโตสที่ลดลงเท่านั้น แต่ประโยชน์จากเอนไซม์กาแลคโตซิเดส และเชื้อแบคทีเรียจะหมดไปเนื่องจากถูกความร้อน

2.2.3 ประเภทที่ผ่านกระบวนการผ่านความร้อนสูง ( ยูเอชที) โยเกิร์ตที่ผสมกับน้ำผลไม้หรือน้ำเชื่อมแล้วก็ถูกนำมาปั่นให้เป็นเนื้อเดียวกัน แล้วจึงผ่านการฆ่าเชื้อแบบยูเอชที โดยมีอายุการเก็บที่อุณหภูมิห้องประมาณ 6 เดือนขึ้นไป ส่วนประโยชน์ที่ได้รับจะเหมือนกับในโยเกิร์ตชนิดพาสเจอร์ไรส์ (นิธิยา, 2538)

**ตารางที่ 2.7** คุณลักษณะทางเคมีและทางจุลชีววิทยา

| รายการ | โยเกิร์ต | โยเกิร์ตปรุงแต่ง | นมเปรี้ยวพร้อมดื่ม | นมเปรี้ยวพร้อมดื่มพาสเจอร์ไรส์ | นมเปรี้ยวพร้อมดื่มยูเอชที |
|---|---|---|---|---|---|
| โปรตีนไม่น้อยกว่า ร้อยละ | 3 | 3 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| ความเป็นกรด ไม่น้อยกว่า ร้อยละ (คำนวณเป็นกรดแลกติก) | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| จุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดกรดไม่น้อยกว่า โคโลนีต่อกรัมหรือโคโลนีต่อลูกบาศก์เซนติเมตร | $10^7$ | $10^4$ | $10^7$ | $10^4$ | น้อยกว่า 10 |

**ที่มา :** มาตรฐานอุตสาหกรรมนมเปรี้ยว, 2547

**2.3 ประโยชน์ของโยเกิร์ต**

ในกระบวนการผลิตนมเปรี้ยว แลคติกแอซิดแบคทีเรียจะเปลี่ยนน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก นอกจากนี้ยังสร้างเอนไซม์กาแลคโตซิเดส ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ด้วย การเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้ผู้ที่มีปัญหาไม่สามารถย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมได้จนเกิดอาการท้องอืด ท้องเดินเมื่อกินนม ซึ่งเรียกอาการนี้ว่า Lactose intolerance สามารถบริโภคนมในรูปแบบของนมเปรี้ยวได้ โดยประโยชน์ในด้านนี้พบได้อย่างชัดเจนในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต ทั้งนี้สามารถทำให้ผู้มีปัญหาดังกล่าวสามารถรับประโยชน์จากสารอาหารในนม ได้แก่ โปรตีน ฟอสฟอรัส แคลเซียม ฯลฯ ได้

นอกจากนี้ยังได้มีการศึกษาถึงประโยชน์ของแบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ในนมเปรี้ยวว่าช่วยทำให้สภาพทางเดินอาหารทำงานเป็นปกติ และลดโอกาสการติดเชื้อที่ทำให้เกิดโรคทางเดินอาหาร เนื่องจากแบคทีเรียเหล่านี้สามารถอาศัยอยู่ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ได้ ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้พบว่ามีในแลคติกแอซิดแบคทีเรียบางชนิดเท่านั้น เช่น *Lactobacillus acidophilus , Bifidobacterium bifidum* เป็นต้น ดังจะเห็นในประเทศญี่ปุ่นที่นิยมกินเชื้อ *B. bifidum* กับเครื่องดื่มต่าง ๆ เพื่อให้เชื้อชนิดนี้ไปอยู่ในทางเดินอาหาร และเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ

อย่างไรก็ตาม ประโยชน์ของนมเปรี้ยวที่ได้จากเอนไซม์ และเชื้อแบคทีเรียที่มีชีวิตจะหมดไป ถ้านมเปรี้ยวถูกนำไปผ่านความร้อนสูง ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสขึ้นไป (จิตธนา แจ่มเมฆ และคณะ, 2538)

จุลินทรีย์แลคติกจะผลิตเอนไซม์เพื่อย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติก ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่มีปัญหาไม่สามารถย่อยแลคโตสจากการบริโภคน้ำนมธรรมดาทำให้ท้องอืดและท้องเฟ้อ โยเกิร์ตยังช่วยรักษาอาการท้องเสีย เพราะในลำไส้มนุษย์อุดมด้วยเชื้อโรคนานาพันธุ์ บ้างก็เป็นประโยชน์ เช่น ช่วยสร้างวิตามินเค แต่บางชนิดก็เป็นโทษ เช่นทำให้เกิดอาการท้องเสีย เชื้อโรคเหล่านี้จะคุมกำลังกันให้อยู่ในสภาพสมดุลย์ หากลำไส้ถูกทำให้เสียสมดุลย์เชื้อโรคก็จะทำให้เกิดอาการท้องเสียทันที โดยเฉพาะเชื้อ *E. coli* ในเด็กทารก และเมื่อทานโยเกิร์ตลงไป จุลินทรีย์ในโยเกิร์ตจะช่วยปรับสมดุลย์ให้กลับคืนมาในเวลาอันรวดเร็ว และโยเกิร์ตยังช่วยยกระดับภูมิคุ้มกันโรค และกระตุ้นภูมิคุ้มกันในร่างกายให้สูงขึ้นด้วย และยังช่วยสร้างแอนติบอดี้และสารต้านโรคอื่นๆ ลดความเสี่ยงจากการเกิดมะเร็งบริเวณเยื่อกระดูก ช่วยลดระดับคลอเรสเตอรอลในเลือดและยังช่วยบำรุงผิวพรรณได้อีกด้วย

**2.4 คุณค่าทางโภชนาการของโยเกิร์ต**

จากการศึกษาพบว่า โยเกิร์ตมีคุณค่าอาหารส่วนใหญ่สูงสุดยกเว้นความชื้น แคลเซียม และวิตามินอี โดยโยเกิร์ตมีความชื้นต่ำสุด ส่วนนมสดมีความชื้น แคลเซียม และวิตามินอีสูงสุด นมเปรี้ยวมีคุณค่าทางอาหารส่วนใหญ่ต่ำสุด ยกเว้นความชื้น คาร์โบไฮเดรต และพลังงาน เมื่อเปรียบเทียบนมที่ผลิตกับกรรมวิธีการฆ่าเชื้อที่ต่างกัน พบว่า นมสด และนมเปรี้ยวธรรมดาพาสเจอร์ไรส์ มีปริมาณแคลเซียมสูงกว่านมยูเอชทีและ นมสเตอริไลท์ตามลำดับเล็กน้อย เช่นเดียวกับวิตามิน

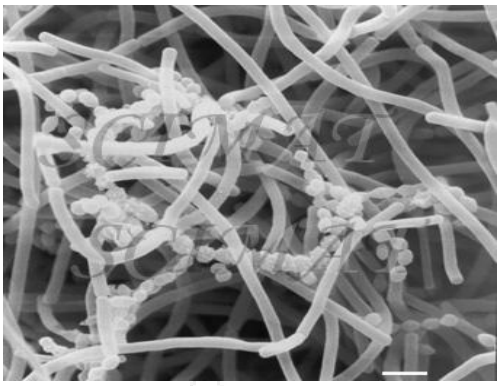
โดยเฉพาะวิตามินเอ นมสดพาสเจอร์ไรส์มีสูงกว่า นมยูเอชทีและนมสเตอริไลซ์ ถึงเกือบเท่าตัวและนมเปรี้ยวพาสเจอร์ไรส์ มีสูงกว่า ยูเอชทีมาก เมื่อเปรียบเทียบ ผลิตภัณฑ์ต่างรสชาติพบว่าพลังงานและคาร์โบไฮเดรตในนมรสจืดมีปริมาณต่ำกว่านมสดรสหวาน ส่วนนม เปรี้ยวและโยเกิร์ตรสนมมีปริมาณต่ำกว่ารสผลไม้รวมมากน้อยขึ้นกับสูตร (สายฝน ศิลปะพรหม และคณะ, 2551)

### 2.5 การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกเพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นในการผลิตโยเกิร์ต

การคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกที่ใช้เป็นเชื้อเริ่มต้นเราจะใช้อัตราการผลิตกรด, ความสามารถในการผลิตสารโพลีแซคคาไรด์, ลักษณะการย่อยโปรตีน, การผลิตสารให้กลิ่นและการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ เช่น วิตามิน เป็นเกณฑ์ในการคัดเลือกแบคทีเรียแลคติกเพื่อใช้เป็นเชื้อเริ่มต้น ซึ่งแบคทีเรียแลคติกที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์นม อาจแบ่งได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

*Streptococcus thermophilus* , *Lactobacillus bulgaricus* และ *Bifidobacteria* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ไม่พบในระบบทางเดินอาหารปกติของคนเนื่องจาก ไม่ทนต่อความเป็นกรดของน้ำย่อยในกระเพาะอาหารและน้ำดี มีเพียง 15% ที่สามารถมีชีวิตรอดผ่าน และมีเพียง 1% ที่ไปถึงลำไส้ใหญ่ได้

**รูปที่ 2.2** รูปภาพของ *Streptococcus thermophilus*
ที่มา : (http://www.alibaba.com/product, 10 พฤศจิกายน 2551)



**รูปที่ 2.3** รูปภาพของ *Lactobacillus bulgaricus*
ที่มา : (http://www.alibaba.com/product,, 10 พฤศจิกายน 2551)

**รูปที่ 2.4** รูปภาพของ *Bifidobacterium bifidum*
ที่มา : (http://www.alibaba.com/product, 10 พฤศจิกายน 2551)

*Bifidobacteria* และ *Lactobacilii* พบในระบบทางเดินอาหารปกติของคน ไม่ทนต่อความเป็นกรดของน้ำย่อยในกระเพาะอาหาร และน้ำดี มีประมาณ 30% ที่มีชีวิตรอดไปจนถึงกระเพาะอาหารได้ แบคทีเรียชนิดนี้มีความสามารถในการเกาะทางเดินอาหาร ช่วยขัดขวางการเกาะตัวของเชื้อโรคในลำไส้ เช่น อีโคไล และแซลโมเนลลา

หัวเชื้อเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในการผลิตโยเกิร์ต ลักษณะที่ต้องการของหัวเชื้อโยเกิร์ตคือ ปลอดจากการปนเปื้อน เจริญได้ดีในส่วนผสมของนมที่ใช้เตรียมโยเกิร์ต ให้กลิ่นรสที่ต้องการ โครงสร้างลักษณะเนื้อดี และต้านทานต่อการเกิด phages และสารปฏิชีวนะ เชื้อ *Steptococcus* เป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิด diacetyl และสารประกอบที่คล้ายกันซึ่งมีผลต่อกลิ่นรสในผลิตภัณฑ์สุดท้ายในการสร้างกลิ่นรส และลักษณะของเนื้อสัมผัส ต้องใช้หัวเชื้อผสมของ *Lactobacillus bulgaricus* และเชื้อ *Streptococcus thermophilus* ซึ่งโดยทั่วไปจะใช้หัวเชื้อของแบคทีเรียทั้งสองชนิดในอัตราส่วนที่เท่ากัน เชื้อ *Streptococcus thermophilus* จะมีกิจกรรมสูงในการ

ปล่อยกรดแลคติกในช่วงแรกของการหมัก ซึ่งจะสามารถลดระยะเวลาที่ใช้ในการหมักให้น้อยลง นอกจากกรดแลคติกแล้วยังมีสารที่มีความสำคัญต่อการสร้างกลิ่นรสของโยเกิร์ต ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ได้จากหัวเชื้อทั้งสองสายพันธุ์ จึงจำเป็นต้องใช้เชื้อทั้งสองชนิดในสัดส่วนที่สมดุลกัน

ดังนั้นสิ่งสำคัญในหัวเชื้อโยเกิร์ตนอกจากจะให้แบคทีเรียที่มีชีวิตจำนวนมากแล้ว หัวเชื้อยังจำเป็นต้องมีจำนวนเซลล์ที่สมดุลกันอีกด้วย แม้ว่าอัตราส่วนระหว่างจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดเริ่มต้นจะเท่ากับ 1:1 แต่อัตราส่วนนี้จะเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อ *Streptococcus thermophilus* เริ่มเข้าสู่การเจริญในระยะ logarithmic phase และจะมีเพียงกรดแลคติกที่สะสมอยู่ในนมเท่านั้น หลังจากนี้เชื้อ *Lactobacillus bulgaricus* จะเจริญเป็นเชื้อที่เด่นขึ้นมา เมื่อสิ้นสุดการหมักจะมีระดับกรดแลคติกประมาณ 0.90-0.97 เปอร์เซนต์

## 3. จุลินทรีย์โยเกิร์ต

ในการศึกษาด้านจุลินทรีย์พบว่ามีจุลินทรีย์ที่แตกต่างกันอยู่ 3 ชนิดในโยเกิร์ตคือ ชนิดที่มีรูปร่างเป็นดิพโพสเตรพโตคอคคัส (dipostreptococcus) ชนิดรูปร่างเป็นกึ่งท่อน (rod/coccal-shaped) และชนิดที่มีรูปร่างเป็นท่อน (rod-shaped) ซึ่งมีชื่อเรียกว่า *Lactobacillus* ในปีค.ศ.1910 Metchnikoff ได้รายงานว่าแบคทีเรียที่ผลิตกรดแลคติกที่ใช้ในการผลิตโยเกิร์ต และเชื่อกันว่ามีส่วนช่วยให้ชาวบัลกาเรียนมีอายุยืนได้แก่เชื้อ *Bulgarian bacillus* เพราะเชื้อสามารถไปยับยั้งการเจริญเติบโตของลำไส้เล็กที่เป็นสาเหตุทำให้อาหารเกิดการบูดเน่าได้ และต่อมาแบคทีเรียชนิดนี้ได้ถูกเปลี่ยนชื่อไปเป็น *Thermobacterium bulgaricum* และในที่สุดก็เปลี่ยนไปเป็น *Lactobacillus bulgaricus*

แบคทีเรียแลคติคที่นิยมใช้เป็นหัวเชื้อในการผลิตโยเกิร์ตได้แก่ *Lactobacillus bulgaricus* และ *Streptococcus thermophilus* โดยใช้เป็นหัวเชื้อผสม(Mixed culture) ในอัตราส่วน 1:1 แบคทีเรียแลคติคทั้งสองนี้จะมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากัน (Symbiosis) โดยทำกิจกรรมร่วมกันในการหมักน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติกซึ่งทำให้นมมี pH เปลี่ยนจาก 6.5-6.7 เป็น pH ต่ำกว่า 4.6 ซึ่งใกล้เคียงกับค่า Isoelectric point (Ip) ของโปรตีนเคซีนในนมทำให้โปรตีนเคซีนเสียสภาพ (denature) และจับตัวตกตะกอนเกิดเป็นลิ่ม(curd) ที่มีความคงตัว มีกลิ่นรสเฉพาะตัว รวมทั้งให้ความหนืดในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตด้วย

ในระหว่างกระบวนการหมัก *L. bulgaricus* และ *S. thermophilus* จะช่วยกระตุ้นการเจริญซึ่งกันและกัน โดยเริ่มแรกแบคทีเรีย *L. bulgaricus* จะสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีนนมให้เป็นกรดอะมิโน เช่น histidine glycine และ valine ซึ่งจำเป็นต่อการเจริญของ *S. thermophilus* ในขณะเดียวกัน *S. hermophilus* จะเจริญและสร้างกรดฟอร์มิคและคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นผลให้ pH

ของนมลดลงเหลือประมาณ 5.0-5.5 ซึ่งเหมาะต่อการเจริญของ *L.bulgaricus*ต่อไป โดยจะเจริญและสร้างกรดแลคติกเป็นผลให้ pH ของนมลดต่ำลงอีกจนเกิดเป็นเคิร์ดที่คงตัวซึ่งมีค่า pH ประมาณ 4.1-4.2 นอกจากนี้การเจริญของ *S. thermophilus* ยังช่วยกำจัดออกซิเจนในนม ซึ่งหากมีเหลืออยู่อาจก่อให้เกิด Hydrogen peroxide ได้ (ศศิวิมล ชื่นอิ่ม อาเหม็ด, 2545)

### 3.1 การเก็บรักษาโยเกิร์ต และการอยู่รอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติค

ปกติโยเกิร์ตจะมีอายุการเก็บประมาณ 10 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิประมาณ 5 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นปริมาณกรดในโยเกิร์ตจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นเนื่องจากกิจกรรมของหัวเชื้อที่มีอยู่ในโยเกิร์ตนั่นเอง แม้ว่ากิจกรรมของหัวเชื้อดังกล่าวจะต่ำมากก็ตาม ปริมาณกรดที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้กลิ่นรสของโยเกิร์ตเปลี่ยนแปลงไปและไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค สุดท้ายหัวเชื้อแบคทีเรียจะถูกทำลาย และโยเกิร์ตจะเกิดการแยกชั้นของ curd และ whey ซึ่งมีผลทำให้เชื้อจุลินทรีย์อื่นๆ เช่น ยีสต์และราเจริญได้ ดังนั้นในการผลิตจึงควรระมัดระวังในเรื่องการปนเปื้อนของเชื้อรา และยีสต์ในหัวเชื้อโยเกิร์ตรวมทั้งในระหว่างการบรรจุด้วย เพื่อให้ได้ประโยชน์ต่อสุขภาพอาหารโพรไบโอติคควรมีปริมาณเชื้อโพรไบโอติคไม่ต่ำกว่า $10^6$ โคโลนี/กรัม แต่ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตส่วนใหญ่มักจะมีปริมาณเชื้อโพรไบโอติคไม่ถึงค่าดังกล่าว ตามที่ Dave and Shah, 1997 และ Shah and Lankaputhra, 1997 ได้พูดถึงสาเหตุไว้ ดังนี้

3.1.1 ค่าความเป็นกรด-ด่าง โพรไบโอติคไม่ทนต่อความเป็นกรด โดย *L.acidophilus* จะสามารถเจริญได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดได้ดีกว่า *B.bifidum* ซึ่ง *L.acidophilus* จะเริ่มลดลงเมื่อ pH ต่ำกว่า 4 และ *B.bifidum* จะเริ่มลดลงเมื่อ pH ต่ำกว่า 5

3.1.2 ปริมาณน้ำตาล จากการศึกษาของ Shah and Ravula(2000) พบว่าเมื่อปริมาณซูโครสเพิ่มขึ้นค่าวอเตอร์แอคติวิตี้ของโยเกิร์ตจะลดลง และใช้เวลาในการหมักนานขึ้น

3.1.3 ปริมาณออกซิเจน บิฟิโดแบคทีเรียเป็นโพรไบโอติคที่ไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญ แต่เนื่องจากออกซิเจนจะสามารถเข้าสู่ผลิตภัณฑ์ได้ในระหว่างกระบวนการผลิต จึงทำให้บิฟิโดแบคทีเรียเจริญเติบโตได้ไม่ดี

3.1.4 สภาวะการแช่แข็ง และการเก็บรักษา จุลินทรีย์กรดแลคติคจะมีอัตราการอยู่รอดสูงขึ้นเมื่อเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิต่ำ โดย *L.acidophilus* และ *B.bifidum* สามารถเจริญได้ดีในไอศกรีมเหลว และจะสามารถอยู่รอดได้ระหว่างการแช่แข็ง ซึ่งการแช่แข็งจะมีผลให้โพรไบโอติคลดลงประมาณ ½-1 log cycle การเก็บรักษาในสภาวะที่มีการขึ้นลงของอุณหภูมิเป็นเหตุให้เกิดการโตของผลึกน้ำแข็ง ทำให้เซลล์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติคฉีกขาด (วรรณพร, 2547)

**3.2 ประโยชน์ของจุลินทรีย์โพรไบโอติค (ธารารัตน์ ศุภศิริ, 2542)**

3.2.1 โรคกระดูกผุ สาเหตุหลักมาจากการที่ปริมาณแคลเซียมในกระดูกลดลง เพราะอาหารที่กินแต่ละวันมีแคลเซียมน้อยเกินไป โดยบางคนที่มีอาการแพ้นม ไม่สามารถดื่มนมสดได้จะสามารถบริโภคนมที่ผ่านการหมักซึ่งมีปริมาณแคลเซียมในปริมาณมากเท่าๆกับนมสดได้ ทำให้ลดปัญหาการขาดแคลเซียม และการไม่ดูดซึมแคลเซียมของร่างกายลงไปได้ โดยแบคทีเรียโพรไบโอติคยังช่วยให้ร่างกายดูดซึมแคลเซียมได้มากขึ้น ทำให้มีการทดแทนแคลเซียมในกระดูกได้

3.2.2 คอเลสเตอรอล จากผลงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของระดับคอเลสเตอรอลของชนเผ่ามาซาย ในอาฟริกา 24 คน พบว่า เชื้อแลคโตบาซิลลัส ในโยเกิร์ตที่ให้ผู้ทดลองบริโภคสามารถลดระดับคอเลสเตอรอลได้จริง เมื่อเปรียบเทียบกับผู้ทดลองที่บริโภคนมสดซึ่งไม่ได้ผ่านการหมัก

3.2.3 ความสามารถในการฆ่าจุลินทรีย์ให้โทษ การหมักน้ำนมด้วยแลคโตบาซิลัส ทำให้เกิดกรดแลคติก กรดเบนโซอิก และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ซึ่งทุกตัวมีฤทธิ์ฆ่าจุลินทรีย์ นมที่หมักด้วย แลคโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส จะมีสารปฏิชีวนะ 3 ชนิด คือ อะซิโดลิน อะซิโดฟิลิน และ แลคโตซิดิน นมที่หมักด้วยแลคโตบาซิลลัส บุลแกริคัส จะผลิตสารปฏิชีวนะ 1 ชนิด คือ บุลแกริแคน

อะซิโดฟิลิน และ บุคแกริแคน สามารถยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ก่อโรคหลายชนิด รวมทั้งจุลินทรีย์ที่ทำให้ป่วยเนื่องจากอาหารเป็นพิษ คือ คลอสตริเดียม โบตูลินั่ม และเชื้อแซลโมเนลลา 2 ชนิด คือ สแตฟฟิโลคอคคัส ออเรียส และ เอสเชอริเชีย โคไล จากที่เคยกล่าวมาในตอนต้นว่า ไบฟิโดแบคทีเรีย สามารถฆ่าเชื้อเหล่านี้ได้เช่นกัน นอกจากนี้เด็กที่กินนมแม่ จะมีไบฟิโดแบคทีเรียมากและมีภูมิต้านทานต่ออาการผื่นแดงทางผิวหนัง ที่มักจะพบในเด็กที่ไม่ได้กินนมแม่

แลคโตบาซิลลัส และ บี. ไบฟีดัม จะผลิตกรดแลคติก ซึ่งช่วยฆ่าเชื้อโรค ส่วน บี. ไบฟีดัมนั้นจะผลิตกรดแอซิติก ซึ่งฆ่าเชื้อโรคได้เช่นกัน

สารปฏิชีวนะของ แลคติกแอซิด แบคทีเรีย จะเลือกฆ่าเฉพาะจุลินทรีย์ก่อโรคเท่านั้น ไม่เหมือนยาปฏิชีวนะ ซึ่งฆ่าไม่เลือกไม่ว่าจะเป็นจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หรือที่มีโทษ

3.2.4 อาการแพ้น้ำนม คนที่มีอาการแพ้น้ำนม จะขาดเอนไซม์ชื่อ แลคเตส ซึ่งทำหน้าที่ย่อยน้ำตาล แลคโตส แลคติกแอซิด แบคทีเรีย จะผลิตเอนไซม์แลคเตสชื่อ เบตา – แกแลคโตซิเดส ทำหน้าที่ ไฮดรอไลซ์ แลคโตส ให้เป็นกลูโคส กับ แกแลคโตส จากนั้นน้ำกลูโคส มาใช้ผลิตกรดแลคติก นอกจากนี้ แลคติกแอซิด แบคทีเรีย ยังช่วยกระตุ้นให้ร่างกายสร้างแลคเตสขึ้นมาเอง

การกินน้ำนมที่ผ่านการหมักด้วย แลคติกแอซิด แบคทีเรีย ช่วยให้คนที่มีอาการแพ้น้ำนม ได้รับสารแคลเซียมและสารอาหารอื่น ๆ ทำให้ผลิตภัณฑ์เหล่านี้เป็นที่นิยม ในประเทศที่คนมักมีอาการแพ้น้ำนม

3.2.5 การขาดสารอาหาร ในหลายกรณีที่การหมักโดย แลคโตบาซิลลัส ทำให้เกิดการสังเคราะห์วิตามิน บี คอมเพล็กซ์ ซึ่งถ้าอยู่ในอาหารชนิดอื่น มักจะถูกทำลายเวลาทำให้สุก ในโยเกิร์ต จะพบกรดโฟลิก ไนอาซิน (วิตามินบี 3) และ ไรโบเฟลวิน ในเนยมักจะพบ วิตามิน บี12 วิตามินบี6 และ กรดแพนโททีนิก ในน้ำนม มีปริมาณกรดโฟลิก และไนอาซิน เป็น 0.13 – 0.73 และ 71-96 ไมโครกรัม ต่อ น้ำนม 100 กรัม ตามลำดับ แต่ในโยเกิร์ต ปริมาณสารดังกล่าว จะสูงขึ้นเป็น 3.9 แบะ 130 – 141 ไมโครกรัม ต่อ 100 กรัม นอกจาก แลคติกแอซิด แบคทีเรีย จะช่วยเพิ่มสารอาหารในผลิตภัณฑ์นมหมักแล้ว ยังช่วยรักษาปริมาณสารอาหารที่มีอยู่แล้วไม่ให้ลดลง ในตะวันออกไกลมักใช้ถั่วเหลืองเป็นอาหารหลัก แต่มีแฟกเตอร์ เช่น สารยับยั้งไฟเทท และ ทริปซิน ทำให้ย่อยยาก และร่างกายไม่สามารถนำโปรตีนจากพืชเหล่านี้ไปใช้งานได้ เมื่อนำถั่วเหลืองมาหมักให้เป็น ซีอิ๊ว เต้าหู้ เทมเป และมิโซ จะช่วยทำลายแฟกเตอร์ดังกล่าว หรือยับยั้งไม่ให้มันทำงานได้

3.2.6 การลดความวิตกกังวล แลคโตบาซิลลัส มีบทบาทสำคัญในการช่วยลดความวิตกกังวล และความซึมเศร้า ทั้งนี้เพราะหลังจากการหมัก แลคโตบาซิลลัส จะผลิตกรดอะมิโนหลายชนิด หนึ่งในจำนวนนั้น คือ ทริปโตเฟน ซึ่งมีฤทธิ์ลดความซึมเศร้า ดังนั้น ผลิตภัณฑ์จากการหมักนมน่าจะช่วยลดความซึมเศร้าได้

3.2.7 มะเร็ง สถาบัน สโลนเคทเตอริง ซึ่งทำการวิจัยเกี่ยวกับโรคมะเร็ง ได้ทดลองจุลินทรีย์ แลคโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส และพบว่ามันมีฤทธิ์ต่อต้านเนื้องอกอย่างแน่นอน โดยนำหนูที่ได้รับเชื้อเพื่อทำให้เกิดเนื้องอก มาป้อนโยเกิร์ตซึ่งทำจากการหมักด้วยแลคโตบาซิลลัส พบว่าการเติบโตของเนื้องอกจะลดลง 25 – 22% และหนูทดลองอีกกลุ่มหนึ่ง ถูกป้อนให้กินแต่เนื้อ และพบว่าเมื่อให้มันกินแลคโตบาซิลลัส อะซิโดฟิลัส ปรากฏว่ามีการยับยั้งเอนไซม์ 3 ชนิด คือ เอโซวรีดักเทส เบตา – กลูคิวโรนิเดส และ ไนโตรรีดักเทส เชื่อกันว่าเอนไซม์เหล่านี้ ช่วยส่งเสริมการผลิตสารก่อมะเร็งในช่องท้อง

3.2.8 แก้สิว ฝ้า จุลินทรีย์อะซิโดฟิลัส ในโยเกิร์ต ช่วยลดการเกิดสิวและอาการบวมแดง และช่วยให้ผิวพรรณผ่องใสขึ้น ดังนั้นเราสามารถใช้ อะซิโดฟิลัส ผสมกับหางนม แล้วทำเป็นครีมลอกหน้า สำหรับผิวปกติหรือผิวแห้ง สำหรับคนผิวมันแนะนำให้ใช้

3.2.9 การขจัดสารพิษจากตับ ความเครียดจากสภาวะแวดล้อมภายนอก และความผิดปกติภายในร่างกาย มลพิษในอากาศ การกินเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์ และใช้สารเสพติด ล้วนส่งผลกระทบอย่างมากต่อตับ และอาจทำให้ไม่สามารถกำจัดสารพิษออกจากเลือดได้ดีเท่าที่ควร ใน พ.ศ. 2511 นักวิจัยให้คนไข้โรคตับ 20 คน กินแบคทีเรีย ไบฟิดัม และพบว่า แอมโมเนีย ในเลือดลดลง พีนอลในซีรัม และ อะมิโนไนโตรเจน ซึ่งเป็นสารพิษลดลงด้วย

3.2.10 ระบบย่อยอาหารผิดปกติ แบคทีเรีย แอล. บุลแกริคัส บางสายพันธุ์ สามารถลดกรดในกระเพาะได้ดี ช่วยลดอาการท้องอืดเฟ้อ ทั้งนี้เนื่องจากโปรตีนที่พบขณะเตียม แลคโตบาซิลลัส มีฤทธิ์เป็นบัฟเฟอร์ ช่วยลดความเป็นกรดของน้ำย่อยในกระเพาะ นอกจากนี้ แอล. บุลแกริคัส ยังเป็นตัวควบคุม transient flora ที่สำคัญทำให้ช่วยเพิ่มปริมาณของอุจจาระ อันเป็นแฟกเตอร์สำคัญต่อสุขภาพของระบบย่อยอาหาร หน้าที่อันนี้ของแลคโตบาซิลลัส เกิดขึ้นโดยผ่านระบบน้ำเหลือง ทำให้ไม่ขัดขวางการทำงานของ แอล. อะซิโดฟิลัส และ ไบฟิโดแบคทีเรีย ไบฟิเดียม ซึ่งทำงานในลำไส้

## 4. รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Brennan et.al. ( 2002 ) ได้รายงานว่า ความข้นของโยเกิร์ต มีอิทธิพลต่อกลิ่นและความชอบ โดยวิเคราะห์อิทธิพลที่มีผลสะท้อนต่อกลิ่น , ความข้น และสี ในรูปความหนาแน่นของความข้น , กลิ่น และระดับความชอบ พบว่ากลิ่นในโยเกิร์ตไม่มีผลต่อความหนาแน่นของความข้น และความข้นไม่มีผลต่อความหนาแน่นของกลิ่นในโยเกิร์ต แต่ทั้งกลิ่นและความข้นมีผลต่อระดับความชอบของกลิ่นในโยเกิร์ต เช่น โยเกิร์ตสตรอเบอร์รีมีความชอบเท่าๆกันในรูปของเนื้อสัมผัสที่ข้นและจาง แต่โยเกิร์ตรสมะนาวมีความชอบเนื้อสัมผัสที่ข้นมากกว่า และสีของโยเกิร์ตจะแสดงถึงโยเกิร์ตที่มีความข้นและกลิ่นที่ดีกว่าไม่มีสี

Boylston and Beitz (2002 ) ได้รายงานว่า การนำConjugated Linoleic Acid และ Fatty acid โดยใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตที่ผลิตจากนมวัวโดยการให้ Soy oil รวมกับ Conjugated Linoleic Acid โยเกิร์ตที่ผ่านกรรมวิธีที่ผลิตจากนมวัวพันธุ์ Holstein โดยเพิ่มสารอาหารเสริม Soy oil (5% ) และConjugated Linoleic Acid ( CLA 1% ) เก็บรักษา 7 วัน พบว่า CLAและ Soy oil มีปริมาณเพิ่มขึ้น 2.8และ2 ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของ CLA และ Soy oil ที่เป็นสารอาหารเสริมไม่มีผลต่อ CLA และ Fatty acid ที่เป็นส่วนประกอบในโยเกิร์ตเดิมอย่างมีนัยสำคัญ

Chung et. al. (2003) ได้รายงานว่า ไอศกรีมที่มีส่วนประกอบของ Low-fat และ High-fat เมื่อรับประทานจะมีการปล่อยกลิ่นที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับโครงสร้างที่เป็นส่วนประกอบของไอศกรีม เช่น กลิ่นของเชอร์รี่ จะปล่อยกลิ่นที่เร็วและให้กลิ่นสูง แต่มีปริมาณความเข้มข้นของไขมันลดลงตรงกันข้ามกับกลิ่นวานิลลาที่ปล่อยกลิ่นช้าและความเข้มข้นของกลิ่นต่ำ แต่มีปริมาณไขมันที่สูง

Khalida et. al. (2000) ได้ทำการศึกษาการห่อหุ้มจุลินทรีย์โพรไบโอติคด้วย alginate-starch และสภาพการอยู่รอด โดยทำการเก็บรักษาโยเกิร์ตที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่า *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium spp.* มีปริมาณเหลือรอดมากกว่าโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติม alginate-starch ถึง 0.5 logCFU/ml

Mccomas และ Gilliland (2003) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเจริญของ โพรไบโอติก และการเพาะเลี้ยงโยเกิร์ตในนมที่เสริมการสังเคราะห์โปรตีนเวย์พบว่า การเจริญของแบคทีเรียโพรไบโอติกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญในการเพาะเลี้ยงโยเกิร์ตในนมที่เสริมการสังเคราะห์โปรตีนเวย์ อย่างไรก็ตามการสังเคราะห์โปรตีนเวย์ก็ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญของ *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* 18, *Lactobaecillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* 10442, และ *Streptotococcus thermophilus* 1. เมื่อแบคทีเรียโพรไบโอติกเจริญร่วมกันกับความแตกต่างในการเพาะเลี้ยงโยเกิร์ต การสังเคราะห์โปรตีนเวย์มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นของ *Bifidobacterium longum* S9, *Lactobacillus acidophilus* 016, *Lactobacillus acidophilus* L-1 อย่างมีนัยสำคัญ จำนวนโพรไบโอติกที่ทำการเพาะเลี้ยงนั้นมีการเจริญเติบโตสริมกับการสังเคราะห์โปรตีนเวย์ในตัวอย่างใกล้เคียงกัน

จารุวรรณ ศิริพรรณพร และคณะ (2540) ได้รายงานว่า โยเกิร์ตจากกะทิ ผลิตโดยใช้กะทิที่เตรียมจากมะพร้าวทึนทึกผสมกับหางนมผงในอัตราส่วน1:1.25 หมักด้วยหัวเชื้อแลคติกผสมระหว่าง *Lactobacillus bulcaricus* และ *Streptococcus thermophilus* นาน 3-4 ชั่วโมง ผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นโยเกิร์ตที่มีไขมันต่ำ มีเนื้อสัมผัสเนียนเป็นเนื้อเดียวกัน ความหนืดกำลังพอดีไม่อ่อนหรือเหลวเกินไป โยเกิร์ตกะทิมีองค์ประกอบทางเคมีใกล้เคียงกับโยเกิร์ตควบคุมที่ทำจากนมโค

พนมกร เวชกามา (2549) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการอยู่รอดชีวิตของ *Lactobacillus acidophilus* FBRL-B07 ในหอมดอง โดยวิธีการ Encapsulation ด้วย Kappa-Carrageenan โดยพบว่าหอมแดงที่มีการเติม Kappa-Carrageenan จะมีการรอดชีวิตของจุลินทรีย์สูงกว่า หอมดองสูตรที่ไม่มีการเติม Kappa-Carrageenan ประมาณ 0.5 logCFU/ml

วรรณพร จิตจำเริญ (2547) ได้รายงานว่า โพรไบโอติกเป็นจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในการผลิตโยเกิร์ตเพื่อเป็นส่วนผสมในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตมากขึ้น เนื่องจากมีประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค คัพภะข้าวโพดมีปริมาณโปรตีนสูงและมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้เพื่อทดแทนโปรตีนนมบางส่วนในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติก เนื่องจากโพรไบโอติกสามารถใช้คัพภะข้าวโพดเป็นสารตั้งต้นในการหมักได้ ซึ่งสรุปได้ว่าการทดแทนหางนมผงด้วยคัพภะข้าวโพดในส่วนของโยเกิร์ตร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต ไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้มีองค์ประกอบทางเคมี คุณสมบัติทางกายภาพ ลักษณะทางประสาทสัมผัส และปริมาณจุลินทรีย์กล้าเชื้อใกล้เคียงกับไอศกรีมโยเกิร์ตที่ไม่มีการทดแทนหางนมผงมากที่สุด

# บทที่ 3

# วิธีดำเนินการ

## 1. เครื่องมือที่ใช้

1.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไอศกรีม

- เครื่องปั่นไอศกรีม
- เครื่องปั่นน้ำผลไม้
- เครื่องชั่งดิจิตอล
- ชุดเครื่องครัว
- เทอร์โมมิเตอร์
- ตู้แช่แข็ง
- ภาชนะบรรจุอาหารแบบมีฝาปิด

1.2 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

- ชุดเครื่องมือวัดอัตราการละลาย
- ชุดเครื่องมือวัดอัตราการฟูตัว

1.3 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน
- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์ปริมาณไขมัน
- ชุดเครื่องแก้ว

1.4 อุปกรณ์ที่ใช้วิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

- ชุดเครื่องมือวิเคราะห์หาจำนวน *E. coli*

1.5 อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัส

- แบบทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส
- ถ้วยสำหรับใส่ไอศกรีม
- แก้วน้ำ

## 2. วัตถุดิบ

2.1 นมโคสดพลาสเจอร์ไรซ์ (ตราโชคชัย)

2.2 จุลินทรีย์โยเกิร์ต FD-DVS ABT-5-Probio-Tec™ (เป็นหัวเชื้อบริสุทธิ์ผสม *Lactobacilluss acidophilus,* Bifidobacterium และ *Streptococcus thermophilus* จาก The East Asiatic (Thailand) PLC)

2.3 น้ำตาล

2.4 วิปปิ้งครีม

2.5 หางนมผง

2.6 สารเจลาติน

2.7 น้ำ

2.8 น้ำแข็ง

2.9 สารทดแทนไขมัน Purity SM 100 ลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด เป็นสารที่ดัดแปลงมาจาก Maltodextrin สายเดี่ยว มีคุณสมบัติเป็นสารทดแทนไขมัน และเป็นสารอิมัลซิไฟล์เออร์ เป็นตัวช่วยเพิ่มความเนี่ยนนุ่ม และคงรสชาติในผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากนม ส่วนใหญ่นิยมใช้ทดแทนหางนม และนมผงในผลิตภัณฑ์

2.10 สารทดแทนไขมัน CRYSTAL tex™648 ลักษณะเป็นผงสีขาวละเอียด เป็นสารประเภท Dextrin มีคุณสมบัติเป็นสารทดแทนไขมัน และเป็นสารอิมัลซิไฟล์เออร์ เป็นตัวช่วยเสริมสร้างโครงสร้างของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งช่วยคงรสชาติในปาก

## 3. สารเคมี

3.1 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.2 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ตามวิธีของ AOAC (2000)

3.3 สารเคมีสำหรับวิเคราะห์ค่าความเป็นกรด ตามวิธีของ AOAC (2000)

## 4. วิธีการ

4.1 การศึกษาระยะเวลาการเตรียมโยเกิร์ต เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

โดยทำการเตรียมโยเกิร์ตจากเชื้อสำเร็จรูปสำหรับผลิตโยเกิร์ต (The East Asiatic (Thailand) PLC) โดยใช้ปริมาณเชื้อต่อนมตามตารางที่ 3.1 และกรรมวิธีตามขั้นตอนภาพที่ 3.1

จากนั้นนำโยเกิร์ตที่ได้มาวัดค่า pH, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และปริมาณกรดแลคติค ทุกๆชั่วโมง จนโยเกิร์ตมีปริมาณกรดแลคติคคงที่แล้ว จึงนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของสูตรไอศกรีมโยเกิร์ต

**ตารางที่ 3.1** การเปรียบเทียบอัตราส่วนของเชื้อกับปริมาณของนม

| **Amount of milk to be inoculated** | 1,250 l / 500 gal | 2,500 l / 1,000 gal | 5,000 l / 2,000 gal | 10,000 l / 4,000 gal |
|---|---|---|---|---|
| **Amount of DVS culture** | 250 g | 500 g | 1,000 g | 2,000 g |

**ที่มา :** The East Asiatic (Thailand) PLC

**การผลิตโยเกิร์ต**

**ภาพที่ 3.1** ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ต

4.2 การศึกษาสูตรมาตรฐานของไอศกรีมโยเกิร์ต

การศึกษาสูตรมาตรฐานของไอศกรีมโยเกิร์ต โดยนำสูตรมาตรฐานทั้ง 2 สูตรตามตารางที่ 3.2 มาผลิตไอศกรีม จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพทางประสาทสัมผัสในด้าน สี กลิ่น ความเนียน และความชอบโดยรวม โดยใช้ผู้ทดสอบ 30 คน โดยวิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9 Point Hedonic scale) และนำผลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน และวิเคราะห์ความแตกต่าง

**ตารางที่3.2** สูตรพื้นฐานในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ต ศึกษาจากสูตร

| ส่วนผสม | สูตร (กรัม) | |
|---|---|---|
| | 1 | 2 |
| น้ำตาลทราย | 150 | 110 |
| วิปปิ้งครีม | 200 | 200 |
| หางนมผง | 30 | 70 |
| สารคงตัว | 5 | 5 |
| น้ำ | 300 | 465 |
| โยเกิร์ต | 400 | 370 |

**ที่มา :** สูตรที่ 1 ทิพยา ธีระชาติแพทย์, 2542
สูตรที่ 2 วรรณพร จิตจำเริญ, 2547

4.3 ศึกษาชนิดของสารทดแทนไขมันในไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

นำสูตรไอศกรีมโยเกิร์ตที่พัฒนาได้มาทำการศึกษาชนิดและชนิดของสารทดแทนไขมัน ได้แก่ Purity SM100 และ CRYSTAL tex™648 โดยวางแผนการทดลองแบบ factorial ปัจจัยที่ 1 คือชนิดของสารทดแทนไขมัน 2 ชนิด ได้แก่ Purity SM100 และ CRYSTAL tex™648 ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ ปริมาณของสารทดแทนไขมัน 3 ระดับได้แก่ 10, 15 และ 20 ของปริมาณหางนมผง และนำไอศกรีมที่ผลิตได้มาวิเคราะห์คุณภาพ ดังต่อไปนี้

4.3.1 การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

4.3.1.1 อัตราการฟูตัวตามวิธี (Marshall and Arbuckle,1996)

4.3.1.2 อัตราการละลายตามวิธี (Geilman and Schmidt, 1992)

4.3.2 การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

4.3.2.1 วัดค่า pH ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์

4.3.2.2 วิเคราะห์ปริมาณไขมัน ตามวิธีของ AOAC (2000)

4.3.3 การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์

4.3.3.1 วิเคราะห์หาปริมาณ *S.thermophilus* (Dave and Shas, 1996)

4.3.3.2 วิเคราะห์หาปริมาณ *L.acidophilus* (Dave and Shas, 1996)

4.3.3.3 วิเคราะห์หาปริมาณ *B.bifidum* (Dave and Shas, 1996)

4.3.3.4 วิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส

4.4 การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์แลคติคในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

นำไอศกรีมโยเกิร์ตบรรจุในถ้วยพลาสติกปิดฝา มาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส สุ่มตัวอย่างทำการทดสอบปริมาณจุลินทรีย์แลคติคในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมทุกสัปดาห์เป็นระยะเวลา 1 เดือน เพื่อตรวจสอบจำนวนจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์ ดังต่อไปนี้

4.4.1 วิเคราะห์หาปริมาณ *S.thermophilus* (Dave and Shas, 1996)

4.4.2 วิเคราะห์หาปริมาณ *L.acidophilus* (Dave and Shas, 1996)

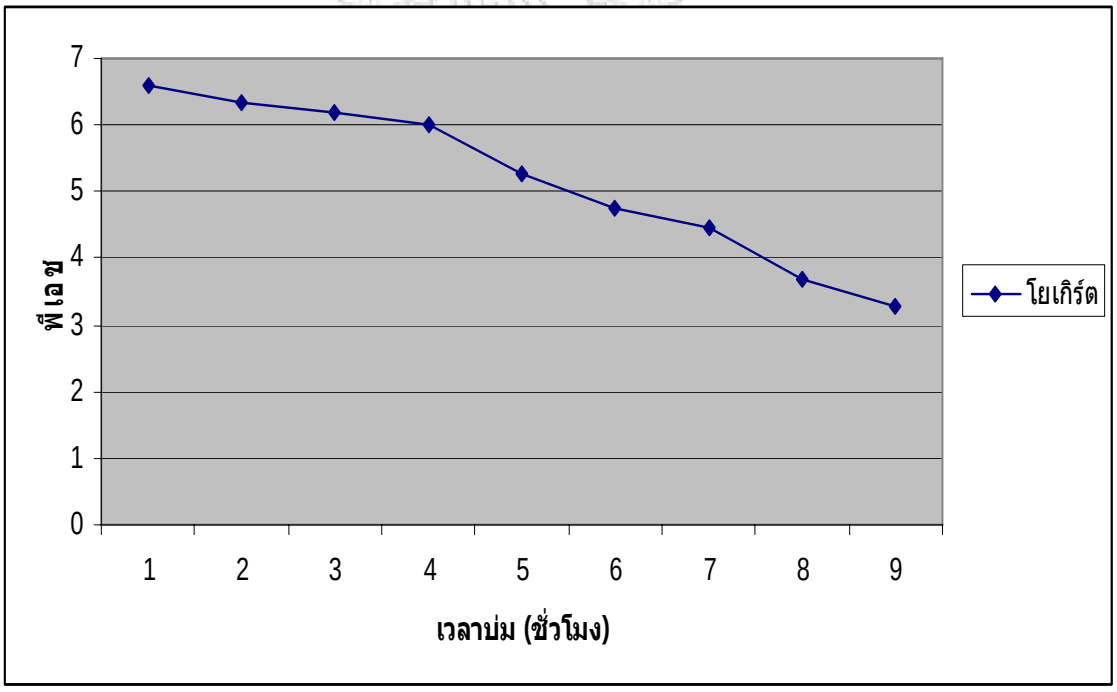
4.4.3 วิเคราะห์หาปริมาณ *B.bifidum* (Dave and Shas, 1996)

# บทที่ 4

# ผลการวิเคราะห์ข้อมูล และอภิปรายผล

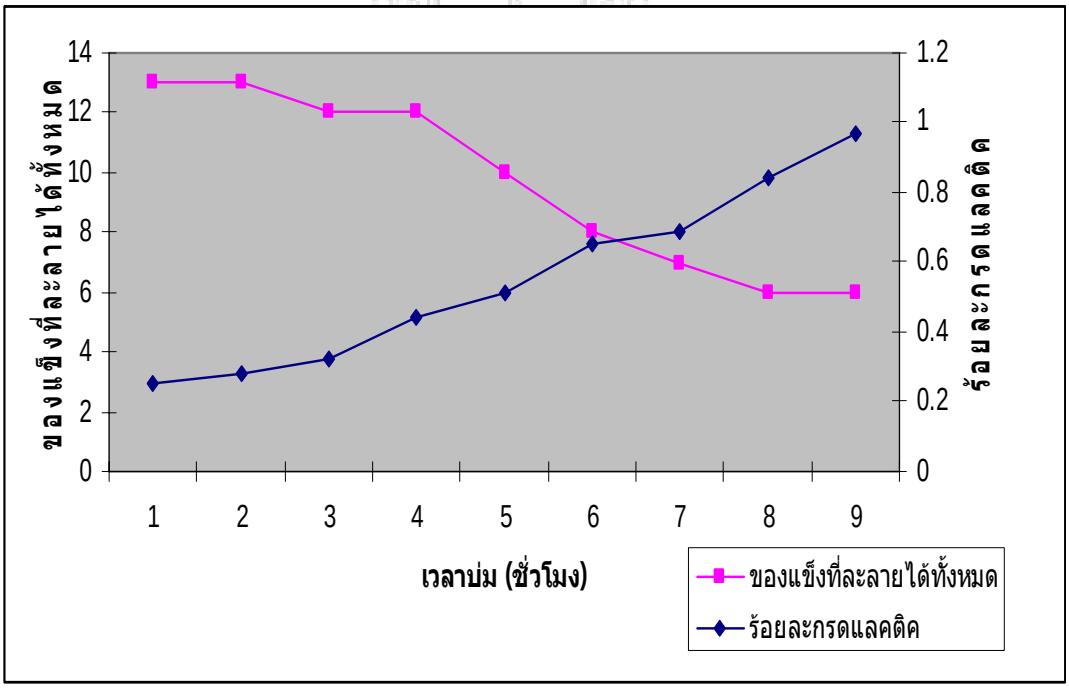
## 1. การศึกษาระยะเวลาการเตรียมโยเกิร์ต เพื่อใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

จากการผลิตโยเกิร์ต และเติมกล้าเชื้อ S.*thermophilus, L.acidophilus, B.bifidum* ลงในส่วนผสมของโยเกิร์ต แล้วบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อโยเกิร์ต และทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง, ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด และร้อยละของกรดแลคติคของโยเกิร์ตทุกๆ 1 ชั่วโมง จนกระทั่งร้อยละของกรดแลคติคในโยเกิร์ตมีค่าเท่ากับ 0.90 – 0.97 ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ดังนี้




ภาพที่ 4.1 การเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรด-ด่างของโยเกิร์ต

เมื่อพิจารณาค่าการเปลี่ยนแปลงของ pH ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมพบว่าใน 3 ชั่วโมงแรกค่า pH มีแนวโน้มคงที่ โดยค่า pH เริ่มลดลงจากค่า 6.60 เป็นค่าสุดท้ายคือ 3.23 แต่จะเริ่มลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ชั่วโมงที่ 4 เป็นต้นไป เนื่องจากในระยะและจุลินทรีย์ในโยเกิร์ตที่จะเจริญเติบโตจะมีเพียง *S. thermophilus* เท่านั้น ซึ่งจุลินทรีย์ดังกล่าวจะสามารถย่อยโปรตีน และไนโตรเจนจากแหล่งของไนโตรเจนที่ไม่ใช่โปรตีนได้ นอกจากนี้ *S. thermophilus* ยังมีความสามารถในการสร้างกรดแลคติค กรดอะซิติค และกรดฟอร์มิคอีกด้วย ทำให้ค่า pH ในตัวผลิตภัณฑ์ค่อยๆลดลง (Shihata and Shah, 2000) ส่วน *L.acidophilus* และ *B. bifidum* เป็นจุลินทรีย์ที่ต้องใช้กรดอะมิโน และเพพไทด์ต่างๆที่ *S. thermophilus* สร้างขึ้นเป็นอาหารในการเจริญเติบโต จึงทำให้จุลินทรีย์ทั้ง 2 ชนิดนี้สามารถสร้างกรดแลคติครวมกับ *S. thermophilus* ได้ ส่งผลให้ค่า pH เริ่มลดลงอย่างรวดเร็วตั้งแต่ชั่วโมงที่ 5 เป็นต้นมา และเมื่อ pH ลดต่ำกว่า 5 ทำให้ *B. bifidum* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ไม่ทนต่อสภาวะการเป็นกรดก็จะค่อยๆตายลงไป ทำให้ค่า pH ไม่ลดลงอย่างรวดเร็ว




ภาพที่ 4.2 การเปลี่ยนแปลงร้อยละกรดแลคติค และค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของโยเกิร์ต

ร้อยละของกรดแลคติคเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมักอยู่ที่ 0.97 ซึ่ง ค่าร้อยละกรดแลคติคจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วตั้งแต่ชั่วโมงที่ 3 ถึงชั่วโมงที่ 7 เนื่องจากจุลินทรีย์เริ่มย่อยน้ำตาลแลคโตสในนมให้เป็นกรดแลคติค ส่งผลให้ค่าของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดในตัวโยเกิร์ตเริ่มลดลงมาจนถึง 6 °Brix ด้วย และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในตัวผลิตภัณฑ์ พบว่าในตัวอย่างโยเกิร์ตมีปริมาณโปรตีน 3.04 และปริมาณไขมัน 3.20

## 2. การศึกษาสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต

จากการคัดเลือกสูตรมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตทั้ง 2 สูตร เพื่อใช้เป็นสูตรมาตรฐานในการทำไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค โดยการทดสอบทางประสาทสัมผัสกับผู้บริโภคพบว่า ผู้บริโภคให้การยอมรับกับสูตรไอศกรีมสูตรที่ 1 ซึ่งจากการวิเคราะห์ทางสถิติจะพบว่า คุณภาพด้านสี, กลิ่นรส, รสชาติ และเนื้อสัมผัส ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) แต่จะมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนที่ความชอบโดยรวมของผู้บริโภค ผู้วิจัยจึงเลือกใช้สูตรไอศกรีมโยเกิร์ตสูตรที่ 1 เป็นสูตรมาตรฐานในการพัฒนาไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค โดยสูตรที่ 1 จะมีปริมาณโยเกิร์ตที่ใช้เป็นส่วนประกอบมากกว่า ในสูตรที่ 2 จึงทำให้มีรสชาติเฉพาะของโยเกิร์ตที่มากกว่า ซึ่งส่งผลให้สูตรที่ 1 ได้รับคะแนนความชอบโดยรวมมากกว่าสูตรที่ 2

**ตารางที่ 4.1** ค่าเฉลี่ยคะแนนความชอบของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรมาตรฐาน

| ตัวอย่าง | ลักษณะทางประสาทสัมผัส | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | กลิ่นรส | สี | รสชาติ | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| สูตร 1 | 8.033±0.78 | 8.133±0.68 | 8.033±0.80 | 8.033±0.71 | 8.250±0.63 |
| สูตร 2 | 8.083±0.72 | 8.200 ±0.66 | 7.950±0.67 | 8.050±0.72 | 7.933±0.55 |

### 3. การศึกษาชนิดของสารทดแทนไขมันในไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

ทำการเตรียมไอศกรีมโยเกิร์ตจำนวน 7 ตัวอย่าง คือ ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05, ICE06 และ Control และนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางด้านกายภาพ คุณภาพทางด้านเคมี คุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ และคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส ได้ผลการทดลอง แสดงดังตารางที่ 4.2

**ตารางที่ 4.2** อัตราการละลาย และร้อยละการขึ้นฟูของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

| ชนิดสารทดแทนไขมัน | ปัจจัย | |
|---|---|---|
| | อัตราการละลาย | ร้อยละการขึ้นฟู |
| Purity SM100 | $21.500^{a}$±0.707 | $95.365^{bc}$±0.077 |
| Purity SM100 | $15.500^{bc}$±0.707 | $95.850^{a}$±0.070 |
| Purity SM100 | $13.000^{c}$±1.414 | $96.040^{a}$±0.014 |
| CRYSTAL tex™ 648 | $18.500^{ab}$±0.707 | $94.515^{d}$±0.050 |
| CRYSTAL tex™ 648 | $16.000^{ab}$±0.000 | $95.050^{c}$±0.028 |
| CRYSTAL tex™ 648 | $15.000^{bc}$±1.414 | $95.500^{b}$±0.028 |
| Control | $20.500^{a}$±0.707 | $94.430^{c}$±0.156 |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การศึกษาชนิด และปริมาณของสารทดแทนไขมันที่ใช้ในไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค ทำให้ไอศกรีมมีอัตราการละลาย และร้อยละการขึ้นฟูมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ด้านการละลายไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค ที่มีการเติมสาร Purity SM100 ปริมาณ 10% จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) กับ ICE04 แสดงให้เห็นว่าการเติมสาร Purity SM100 และ CRYSTAL tex™ 648 ที่ปริมาณร้อยละ 10 นั้นไม่มีส่วนช่วยในด้านการละลายของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค แต่การเติมสารทดแทนไขมันทั้งสองชนิดที่ปริมาณร้อยละ 15 และร้อยละ 20 ลงไป จะช่วยให้ตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคมีการละลายที่ช้าลงในอุณหภูมิห้อง รวมทั้งมีร้อยละของการขึ้นฟูที่เพิ่มสูงขึ้นด้วย ซึ่งผลการทดลองที่ได้นั้น สอดคล้องกับการทดลองของ Pelan(1997) ที่กล่าวว่า อัตราการละลายจะมีความสัมพันธ์กับร้อยละของการขึ้นฟู คือ เมื่อร้อยละของการละลายลดลง ร้อยละของการขึ้นฟูจะสูงขึ้น ดังตารางที่

4.2 จะเห็นว่า ตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคที่มีร้อยละของการละลายใกล้เคียงกัน ก็จะมีร้อยละของการขึ้นฟูที่ใกล้เคียงกันด้วย

จากการเปรียบเทียบอัตราส่วนของสาร Purity SM100 และ CRYSTAL tex™ 648 เมื่อเปรียบเทียบกับตัว Control พบว่าสารทั้ง 2 ชนิดนี้ มีผลทำให้อัตราการละลายในไอศกรีมโยเกิร์ตดีขึ้นได้ ซึ่งเมื่อมาทำการเปรียบเทียบแต่ละตัวจะเห็นว่า CRYSTAL tex™ 648 มีความสามารถในการช่วยให้ไอศกรีมละลายได้ช้าลง เมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยเมื่อใช้ CRYSTAL tex™ 648 ในปริมาณร้อยละ 10 จะทำให้ค่าอัตราการละลายที่ดีเทียบเท่ากับการใช้ Purity SM100 ที่ปริมาณร้อยละ 15 และร้อยละ 20

จากการวิเคราะห์ร้อยละการขึ้นฟู พบว่า ร้อยละของการขึ้นฟูในตัวอย่างอยู่ในช่วง ร้อยละ 94-96 จากตารางที่ 4.2 จะเห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบสารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิดที่เติมลงไป จะส่งผลให้ร้อยละของการขึ้นฟูในตัวผลิตภัณฑ์ของสารทั้ง 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยเมื่อพิจารณาจะเห็นว่า ถึงแม้สารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิด จะมีคุณสมบัติในการให้ความคงตัว และเป็นอิมัลซิไฟเออร์เหมือนกัน แต่ Purity SM100 จะส่งผลให้ไอศกรีมที่เติมสารทดแทนไขมันชนิดนี้ลงไปมีร้อยละของการขึ้นฟูที่สูงกว่า เนื่องจากสารชนิดนี้เข้าไปทำให้เซลล์อากาศในไอศกรีมโยเกิร์ตมีขนาดเล็ก ทำให้อากาศถูกกักเก็บในตัวเนื้อไอศกรีมโยเกิร์ตได้ดีกว่าการเติม CRYSTAL tex™ 648 ถึงแม้จะเติมในอัตราส่วนที่เท่ากันก็ตาม ซึ่งจากข้อมูลของ Goff, (2003) ที่กล่าวว่า สารที่มีคุณสมบัติเป็นอิมัลซิไฟเออร์ และสารให้ความคงตัว จะช่วยให้เม็ดไขมันเกาะกับอากาศ และเกิดการขึ้นฟูได้ดีขึ้น โดยถ้าเราต้องการใช้ CRYSTAL tex™ 648 ในผลิตภัณฑ์ ก็ต้องทำการเติมในปริมาณที่เพิ่มขึ้น 1 เท่า เพื่อให้ได้ลักษณะการละลายที่ดี รวมทั้งมีการขึ้นฟูที่ดี เช่นเดียวกับการเติม Purity SM100

**ตารางที่ 4.3** ค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

| ชนิดตัวอย่าง | ค่าความเป็นกรด-ด่าง |
|---|---|
| Purity SM100 | $4.80^{ab}$±0.007 |
| Purity SM100 | $4.74^{bc}$±0.078 |
| Purity SM100 | $4.74^{bc}$±0.007 |
| CRYSTAL tex™ 648 | $4.60^{c}$±0.057 |
| CRYSTAL tex™ 648 | $4.67^{bc}$±0.028 |
| CRYSTAL tex™ 648 | $4.75^{b}$±0.028 |
| Control | $4.97^{a}$±0.007 |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ชนิด และปริมาณของสารทดแทนไขมันทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ Purity SM100 และ CRYSTAL tex™ 648 ในปริมาณร้อยละ 10, 15 และ 20 พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคมีค่า pH แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า pH อยู่ในช่วง 4.6-4.8 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าไอศกรีมสูตร Control ที่มีค่า pH สูงที่สุดแต่ก็ยังเป็นช่วง pH ที่จุลินทรีย์โพรไบโอติคสามารถเจริญเติบโตได้

**ตารางที่ 4.4** ค่าคะแนนเฉลี่ยการทดสอบทางประสาทสัมผัสของตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค เมื่อเติมสารทดแทนไขมันแตดต่างกัน

| ตัวอย่าง | ลักษณะทางประสาทสัมผัส | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | กลิ่นรส | สี | รสชาติ | ลักษณะเนื้อสัมผัส | ความชอบโดยรวม |
| Purity SM100 | 7.78$^{b}$ | 8.05$^{a}$ | 6.83$^{cd}$ | 6.38$^{b}$ | 6.93$^{c}$ |
| Purity SM100 | 7.73$^{b}$ | 8.07$^{a}$ | 7.23$^{bc}$ | 6.93$^{a}$ | 7.52$^{b}$ |
| Purity SM100 | 8.03$^{a}$ | 8.02$^{a}$ | 8.03$^{a}$ | 6.93$^{a}$ | 8.03$^{a}$ |
| CRYSTAL | 7.95$^{a}$ | 8.13$^{a}$ | | 6.38$^{b}$ | |
| tex$^{TM}$ 648 | | | 6.40$^{d}$ | | 6.93$^{c}$ |
| CRYSTAL | 7.95$^{a}$ | 8.13$^{a}$ | | 6.93$^{a}$ | |
| tex$^{TM}$ 648 | | | 7.12$^{c}$ | | 7.50$^{b}$ |
| CRYSTAL | 8.03$^{a}$ | 7.98$^{a}$ | | 6.93$^{a}$ | |
| tex$^{TM}$ 648 | | | 7.70$^{ab}$ | | 7.70$^{ab}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการทดสอบทางประสาทสัมผัส พบว่า ไอศกรีมโยเกิร์ตที่เติมสารทดแทนไขมัน 2 ชนิด คือ Purity SM100 และ CRYSTAL tex$^{TM}$ 648 ที่ปริมาณร้อยละ 10, 15 และ 20 ได้ผลดังตารางที่ 4.4 ดังนี้ ปัจจัยด้านสีของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนทางด้านกลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของไอศกรีมโยเกิร์ตที่ใช้สารทดแทนไขมัน 2 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) พบว่าไอศกรีมโยเกิร์ตที่มีการเติมสารทดแทนไขมัน CRYSTAL tex$^{TM}$ 648 จะให้กลิ่นรสที่ดีกว่า ส่วนทางด้านรสชาติ พบว่า ในทุกๆตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งตัวอย่าง ICE03 ที่มีการเติม Purity SM100 ลงไปในปริมาณร้อยละ 20 ได้รับการยอมรับมากที่สุด ทางด้านเนื้อสัมผัสผู้ทดสอบให้การยอมรับกับตัวอย่างที่มีการเติมสารทดแทนไขมันตั้งแต่ระดับปริมาณร้อยละ 15 และ 20 จากตารางที่ 4.4 ตัวอย่าง ICE02, ICE03, ICE05 และ ICE06 จะมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับตัวอย่าง ICE01 และ ICE04 ที่มีการเติมสารทดแทนไขมันที่ปริมาณร้อยละ 10 ส่วนทางด้านความชอบโดยรวม ตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคที่

ได้รับการยอมรับจากผู้ทดสอบมากที่สุด คือ ICE03 ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีการเติม Purity SM100 ที่ปริมาณร้อยละ 20 ลงไป เนื่องจากตัวอย่างให้ความรู้สึกถึงรสชาติของโยเกิร์ต รวมทั้งให้ความรู้สึกเนียนนุ่มลื่นมากกว่าตัวอย่างอื่น จึงทำให้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) กับตัวอย่างตัวอื่นๆ จึงสรุปได้ว่าตัวอย่างไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติกที่ได้รับการยอมรับทางด้านประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคมากที่สุด คือ ICE03

## 4. การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัส

จากการวิเคราะห์ปริมาณไขมัน และปริมาณโปรตีนในตัวอย่าง ICE03 พบว่าปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์มีค่าเท่ากับ 13.97 ส่วนค่าไขมันวิเคราะห์ได้ 10.13

## 5. การการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์แลคติคในระหว่างการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

ผลของการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติค ที่ใช้เป็นกล้าเชื้อในผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเมื่อทำการปั่นไอศกรีมด้วยเครื่องปั่นไอศกรีมเป็นเวลานาน 20 นาที โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์แลคติค, *S.thermophilus*, *L.acidophilus* และ *B.bifidum* ซึ่งทำการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 สัปดาห์ เพื่อดูแนวโน้มการเหลือรอดของจุลินทรีย์โพรไบโอติค เมื่อเทียบกับปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคเริ่มต้น ที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์หลังจากทำการปั่นไอศกรีมเสร็จ ตามตารางที่ 4.5

จากตารางจะเห็นว่าตัวอย่างไอศกรีมทุกตัวจะมีจุลินทรีย์เริ่มต้นอยู่ในช่วง $10^{10}$ - $10^{11}$ CFU/ml ยกเว้นไอศกรีมสูตร Control ที่เริ่มต้นมีปริมาณจุลินทรีย์ *B.bifidum* ในปริมาณที่น้อยกว่าตัวอย่างอื่นๆ คือ มีปริมาณจุลินทรีย์อยู่ในช่วง$10^{9}$ CFU/ml แต่เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าทางสถิติก็พบว่าปริมาณจุลินทรีย์ในทุกๆตัวอย่างไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) ส่วนการตรวจสอบจุลินทรีย์ *E.Coli* ซึ่งใช้เป็นตัวบงบอกความสะอาดของกระบวนการผลิต ผลการวิเคราะห์ไม่พบ จุลินทรีย์ *E.Coli*

**ตารางที่ 4.5** ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 0

| ตัวอย่าง | ปริมาณจุลินทรีย์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | จุลินทรีย์แลคติค | S.*thermophilus* | *L.acidophilus* | *B.bifidum* |
| yoghurt | $7.0 \times 10^{13b}$ | $9.3 \times 10^{12a}$ | $7.0 \times 10^{13a}$ | $7.1 \times 10^{12a}$ |
| Control 1 | $1.0 \times 10^{11a}$ | $9.1 \times 10^{11b}$ | $8.8 \times 10^{10b}$ | $3.5 \times 10^{9b}$ |
| Purity SM100 | $9.1 \times 10^{10a}$ | $8.2 \times 10^{11b}$ | $1.8 \times 10^{11b}$ | $1.5 \times 10^{10b}$ |
| Purity SM100 | $4.1 \times 10^{11a}$ | $8.3 \times 10^{11b}$ | $1.4 \times 10^{11b}$ | $1.5 \times 10^{11b}$ |
| Purity SM100 | $5.9 \times 10^{11a}$ | $8.5 \times 10^{11b}$ | $3.7 \times 10^{11b}$ | $1.6 \times 10^{10b}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $2.5 \times 10^{11a}$ | $8 \times 10^{12b}$ | $3.8 \times 10^{11b}$ | $4.4 \times 10^{10b}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $3.5 \times 10^{11a}$ | $8.0 \times 10^{11b}$ | $3.8 \times 10^{11b}$ | $3.0 \times 10^{10b}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $5.0 \times 10^{11a}$ | $8.1 \times 10^{11b}$ | $4.1 \times 10^{11b}$ | $2.2 \times 10^{10b}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.6** ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 1

| ตัวอย่าง | ปริมาณจุลินทรีย์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | จุลินทรีย์แลคติค | S.*thermophilus* | *L.acidophilus* | *B.bifidum* |
| Control 1 | $9.5 \times 10^{9e}$ | $8.7 \times 10^{10c}$ | $7.5 \times 10^{9c}$ | $1.5 \times 10^{9b}$ |
| Purity SM100 | $6.1 \times 10^{10de}$ | $7.5 \times 10^{11ab}$ | $9.6 \times 10^{10b}$ | $9.2 \times 10^{9b}$ |
| Purity SM100 | $3.5 \times 10^{11bc}$ | $7.8 \times 10^{11ab}$ | $8.5 \times 10^{10b}$ | $1.0 \times 10^{11a}$ |
| Purity SM100 | $46.5 \times 10^{10b}$ | $8.1 \times 10^{11a}$ | $8.5 \times 10^{10b}$ | $9.4 \times 10^{10a}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $20.5 \times 10^{10cd}$ | $7.1 \times 10^{11b}$ | $9.2 \times 10^{10b}$ | $14.5 \times 10^{8b}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $9.5 \times 10^{11a}$ | $7.0 \times 10^{11b}$ | $9.4 \times 10^{10b}$ | $1.0 \times 10^{10b}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $42.5 \times 10^{10b}$ | $7.4 \times 10^{11ab}$ | $1.4 \times 10^{11a}$ | $9.4 \times 10^{10a}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.7** ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 2

| ตัวอย่าง | ปริมาณจุลินทรีย์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | จุลินทรีย์แลคติค | S.*thermophilus* | *L.acidophilus* | *B.bifidum* |
| Control 1 | $9.5 \times 10^{9e}$ | $8.8 \times 10^{10c}$ | $7.6 \times 10^{10c}$ | $1.6 \times 10^{9b}$ |
| Purity SM100 | $6.1 \times 10^{10de}$ | $7.6 \times 10^{11ab}$ | $9.6 \times 10^{11b}$ | $9.2 \times 10^{9b}$ |
| Purity SM100 | $3.5 \times 10^{11bc}$ | $7.8 \times 10^{11ab}$ | $9.0 \times 10^{10b}$ | $1.0 \times 10^{11a}$ |
| Purity SM100 | $4.7 \times 10^{11b}$ | $8.2 \times 10^{11a}$ | $8.6 \times 10^{11b}$ | $9.4 \times 10^{10a}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $2.1 \times 10^{11cd}$ | $7.1 \times 10^{11b}$ | $9.3 \times 10^{11b}$ | $1.5 \times 10^{9b}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $9.5 \times 10^{11a}$ | $7.1 \times 10^{11b}$ | $9.5 \times 10^{11b}$ | $1.0 \times 10^{10b}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $4.3 \times 10^{11b}$ | $7.5 \times 10^{11ab}$ | $1.5 \times 10^{11a}$ | $9.4 \times 10^{10a}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.8** ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 3

| ตัวอย่าง | ปริมาณจุลินทรีย์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | จุลินทรีย์แลคติค | S.*thermophilus* | *L.acidophilus* | *B.bifidum* |
| Control 1 | $4.0 \times 10^{8e}$ | $6.7 \times 10^{8c}$ | $5.5 \times 10^{8e}$ | $5.5 \times 10^{8e}$ |
| Purity SM100 | $4.3 \times 10^{10d}$ | $6.2 \times 10^{11b}$ | $8.4 \times 10^{9d}$ | $8.4 \times 10^{9de}$ |
| Purity SM100 | $3.6 \times 10^{10d}$ | $6.4 \times 10^{11ab}$ | $4.3 \times 10^{10b}$ | $4.3 \times 10^{10b}$ |
| Purity SM100 | $1.0 \times 10^{11ab}$ | $7.1 \times 10^{11a}$ | $2.3 \times 10^{10cd}$ | $2.3 \times 10^{10c}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $4.7 \times 10^{10cd}$ | $6.1 \times 10^{11b}$ | $9.3 \times 10^{10a}$ | $9.3 \times 10^{10a}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $7.6 \times 10^{10bc}$ | $5.8 \times 10^{11b}$ | $2.5 \times 10^{10c}$ | $2.5 \times 10^{10c}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $1.0 \times 10^{11a}$ | $6.1 \times 10^{11b}$ | $1.6 \times 10^{10cde}$ | $1.6 \times 10^{10cde}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

**ตารางที่ 4.9** ปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์สัปดาห์ที่ 4

| ตัวอย่าง | ปริมาณจุลินทรีย์ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | จุลินทรีย์แลคติค | S.*thermophilus* | *L.acidophilus* | *B.bifidum* |
| Control 1 | $8.0 \times 10^{6c}$ | $1 \times 10^{6c}$ | $3.9 \times 10^{7b}$ | $4.5 \times 10^{7}$ |
| Purity SM100 | $4.0 \times 10^{8c}$ | $1.5 \times 10^{9a}$ | $4.9 \times 10^{8b}$ | $5.0 \times 10^{7}$ |
| Purity SM100 | $9.0 \times 10^{8c}$ | $1.7 \times 10^{9a}$ | $7.0 \times 10^{8b}$ | $9.0 \times 10^{8}$ |
| Purity SM100 | $4.9 \times 10^{9a}$ | $1.4 \times 10^{9ab}$ | $9.0 \times 10^{9a}$ | $6.5 \times 10^{8}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $4.0 \times 10^{8c}$ | $6.5 \times 10^{9ab}$ | $4.7 \times 10^{8b}$ | $5.5 \times 10^{7}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $3.0 \times 10^{9b}$ | $7.5 \times 10^{8ab}$ | $8.8 \times 10^{9a}$ | $5.5 \times 10^{8}$ |
| CRYSTAL tex™ 648 | $5.5 \times 10^{9a}$ | $1.0 \times 10^{9bc}$ | $8.8 \times 10^{9a}$ | $4.0 \times 10^{8}$ |

**หมายเหตุ :** $^{a-b}$ อักษรที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การเปลี่ยนแปลงปริมาณกล้าเชื้อจุลินทรีย์โยเกิร์ต และจุลินทรีย์โพรไบโอติค จุลินทรีย์แลคติค, S.*thermophilus*, *L.acidophilus* และ *B.bifidum* เมื่อทำการเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ -20°C เป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าปริมาณจุลินทรีย์มีแนวโน้มที่ลดลงระหว่างการเก็บรักษา เมื่อทำการเปรียบเทียบตารางที่ 4.8, 4.9, 4.10 และ 4.11 ซึ่งเป็นปริมาณจุลินทรีย์ในสัปดาห์ที่ 1, 2, 3 และ 4 ตามลำดับ กับตารางที่ 4.5 ซึ่งเป็นปริมาณจุลินทรีย์ที่วิเคราะห์หลังจากกระบวนการปั่นไอศกรีม

จุลินทรีย์ S.*thermophilus* ในตัวอย่างมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0 ซึ่ง S.*thermophilus* จะเริ่มลดปริมาณลงอย่างรวดเร็วในสัปดาห์ที่ 3 ถึง 4 โดยลดลงจากจำนวน$10^{10}$ CFU/ml เป็น $10^{8}$- $10^{9}$ CFU/ml ของทั้งตัวอย่างที่เติมสารทดแทนไขมัน Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648 ซึ่งในสัปดาห์สุดท้าย ตัวอย่างที่มีการเติมสารทดแทนไขมัน Purity SM 100 ที่ปริมาณร้อยละ 15 มีส่วนช่วยในการห่อหุ้มจำนวนเซลล์จุลินทรีย์ S.*thermophilus* ได้มากที่สุด ตามมาด้วยตัวอย่างที่เติม Purity SM100 ที่ปริมาณร้อยละ 20 และ ร้อยละ 10 ตามลำดับ ส่วนสารทดแทนไขมัน CRYSTAL tex™ 648 ปริมาณที่ช่วยห่อหุ้มเซลล์ S.*thermophilus* ได้มากที่สุด คือการเติมสารทดแทนไขมันในปริมาณร้อยละ 20 แต่เมื่อนำจำนวนเซลล์จุลินทรีย์ S.*thermophilus* มาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่าปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลือของทุกๆตัวอย่าง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$)

จุลินทรีย์ *L.acidophilus* มีแนวโน้มลดลงในระหว่างการเก็บรักษา แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 1 ถึงสัปดาห์ที่ 2 จำนวน *L.acidophilus* มีการเพิ่มจำนวนขึ้นเล็กน้อย และจึงค่อยๆลดลงจำนวนลงอย่างต่อเนื่อง โดยเมื่อสิ้นสุดในสัปดาห์สุดท้าย พบว่า ICE03 ซึ่งเติมสารทดแทนไขมัน Purity SM 100 ปริมาณร้อยละ 20 เป็นตัวอย่างที่เหลือจำนวน *L.acidophilus* มากที่สุด ตามมาด้วย ICE05 และ ICE 06 ซึ่งเติม CRYSTAL tex™ 648 ที่ปริมาณร้อยละ 20 และ 15 ตามลำดับ โดยมีจำนวน *L.acidophilus* อยู่ในช่วง $10^8$ CFU/ml ส่วนตัวอย่าง ICE 04 ซึ่งเติม CRYSTAL tex™ 648 ที่ปริมาณร้อยละ 10 เหลือปริมาณจุลินทรีย์น้อยที่สุด เมื่อนำมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่า ICE03, ICE05 และ ICE06 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับตัวอย่าง ICE01, ICE02, ICE04 และ Control

จุลินทรีย์ *B.bifidum* มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่มีการลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงสัปดาห์ที่ 3 ถึง สัปดาห์ที่ 4 โดย ICE 02 มีปริมาณจุลินทรีย์ *B.bifidum* เหลืออยู่มากที่สุด ตามมาด้วย ICE 03 จากตาราง 4.9 จะเห็นได้ว่า การเติมสารทดแทนไขมัน Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648 ที่ปริมาณร้อยละ 10 มีผลทำให้ *B.bifidum* มีจำนวนเหลืออยู่ในช่วง $10^7$ CFU/ml ส่วนการเติม Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648 ที่ปริมาณร้อยละ 15 และร้อยละ 20 มีผลทำให้ *B.bifidum* มีจำนวนเหลืออยู่ในช่วง $10^8$ CFU/ml

ซึ่งการลดจำนวนลงอย่างรวดเร็ว เกิดจากการที่เซลล์จุลินทรีย์ถูกผลึกน้ำแข็งทิ่มเซลล์เมื่อมีการเก็บรักษาที่นานขึ้น รวมทั้งน้ำของไอศกรีมที่กลายเป็นน้ำแข็งก็ไม่สามารถพาสารอาหารไปให้เซลล์จุลินทรีย์ได้ (Dave and Shah, 1997) แต่เนื่องจาก S.*thermophilus, L.acidophilus* และ *B.bifidum* มีผนังเซลล์เป็นแกรมบวก ซึ่งเป็นลักษณะของจุลินทรีย์ที่สามารถทนต่อสภาวะการแช่แข็ง ดังนั้นการที่ทำการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคที่อุณหภูมิ -20°C จึงทำให้การลดปริมาณลงของจุลินทรีย์โพรไบโอติคเกิดขึ้นได้ช้ามาก (Adams and Moss, 2000)

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าทั้ง Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648 ที่ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต มีคุณสมบัติในการห่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมได้ เมื่อเปรียบเทียบจากไอศกรีมโยเกิร์ตสูตร Control ที่ไม่มีการเติมสารทดแทนไขมันใดๆลงไป โดยสูตร Control จะมีจุลินทรีย์เหลืออยู่ในช่วง $10^6$- $10^7$ CFU/ml ส่วนไอศกรีมสูตรอ่นๆที่เติมสารทดแทนไขมันลงไปจะเหลือปริมาณจุลินทรีย์ในช่วง $10^8$- $10^9$ CFU/ml โดยถ้าทำการเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ที่เหลืออยู่ในตัวอย่างที่มีการเติมสาร Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648 จะพบว่าจำนวนจุลินทรีย์ที่เหลือไม่แตกต่างกันมาก แต่การใช้ Purity SM 100 จะได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคมากกว่า โดยเมื่อบริโภคเข้าไปจะพบว่ามีความเนี่ยนนุ่ม และช่วยดึงรสชาติของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตได้ดีกว่า ไอศกรีมที่เติม CRYSTAL tex™ 648 ลงไป

# บทที่ 5

# สรุปผล และข้อเสนอแนะ

1. ระยะเวลาของการหมักโยเกิร์ตที่เหมาะสม คือ 7 ชั่วโมง โดยทำการบ่มที่อุณหภูมิ 40°C จะทำให้โยเกิร์ตมีปริมาณกรดแลคติคร้อยละ 0.90-0.97 โดยใช้หัวเชื้อบริสุทธิ์ผสม *Lactobacilluss acidophilus,* Bifidobacterium และ *Streptococcus thermophilus*

2. สารทดแทนไขมันที่เหมาะสมต่อการใช้ในสูตรการทำไอศกรีมโยเกิร์ต คือ Purity SM 100 โดยใช้ทดแทนหางนมในปริมาณร้อยละ 20 ซึ่ง Purity SM 100 จะช่วยห่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์โพรไบโอติคในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ต ให้มีจำนวนเหลือรอดมากกว่าการใช้ CRYSTAL tex™ 648 คือ ทำให้ปริมาณจุลินทรีย์เหลืออยู่ในช่วง $10^8$- $10^9$ CFU/ml และมากกว่าการผลิตในสูตรปกติที่ไม่มีการเติมสารทดแทนไขมันใดๆลงไป โดยหลงเหลือปริมาณจุลินทรีย์โพรไบโอติคเพียง $10^6$- $10^7$ CFU/ml

3. ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตรที่ได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสจากผู้บริโภคมากที่สุด คือ ICE03 ซึ่งมีการเติม Purity SM 100 ลงไปที่ปริมาณร้อยละ 20 เนื่องจากได้รับการยอมรับทางด้านกลิ่นรส, รสชาติ, เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ที่ดีกว่า รวมทั้งยังให้ความเนียนนุ่มในตัวไอศกรีมได้ดีกว่าการใช้ CRYSTAL tex™ 648 แต่ CRYSTAL tex™ 648 ก็จัดเป็นสารทดแทนไขมันได้ดีชนิดหนึ่ง เพราะนอกจากให้คุณสมบัติในการทดแทนไขมันแล้ว ก็ยังมีคุณสมบัติในการช่วยห่อหุ้มเซลล์จุลินทรีย์ให้มีจำนวนเหลือรอดได้เช่นเดียวกับการใช้ Purity SM100 ถึงแม้จะหลงเหลืออยู่ในปริมาณที่น้อยกว่าก็ตาม แต่ก็สามารถทำให้ผู้บริโภคได้รับประโยชน์ทางด้านจุลินทรีย์สุขภาพได้ดี กว่าการบริโภคไอศกรีมโยเกิร์ตที่ไม่มีการเติม Purity SM 100 และ CRYSTAL tex™ 648

# ข้อเสนอแนะ

1. ไอศกรีมโยเกิร์ตที่ได้มีข้อจำกัดทางด้านกลิ่นรส ของตัวผลิตภัณฑ์ ดังนั้นควรมีการนำผลไม้หรือวัตถุดิบอื่นๆ มาใช้เป็นส่วนประกอบในการทำโยเกิร์ต ก่อนที่จะนำมาแปรรูปเป็นไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค เพื่อที่จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความพึ่งพอใจมากที่สุด และเพื่อเป็นการเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับตัวไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคด้วย

2. อุณหภูมิในการเก็บรักษามีผลต่อการอยู่รอดของจำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติค ดังนั้นควรทำการศึกษาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม โดยทำการจัดเก็บไอศกรีมโยเกิร์โพรไบโอติคที่ระดับอุณหภูมิต่างๆ ที่จะช่วยให้จำนวนจุลินทรีย์โพรไบโอติคเหลือรอดในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคมากที่สุด

3. สารให้ความคงตัว และสารทดแทนไขมัน ในอุตสาหกรรมมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ดังนั้นควรทำการทดลองใช้สารให้ความคงตัว และสารทดแทนไขมัน ชนิดใหม่ๆมาใช้ในการทดลอง เพื่อช่วยปรับปรุงผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค มีลักษณะเนื้อสัมผัส และมีคุณค่าทางโภชนาการมากขึ้น

# เอกสารอ้างอิง


คัดนางค์ ทองสุก. 2542. **การพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไอศกรีม.** อาหาร. ฉบับที่ 29(1) : 32-57

จารุวรรณ ศิริพรรณพร ดวงจันทร์ เฮงสวัสดิ์ ฐิติภา มาลีหวล ปราโมทย์ ธรรมรัตน์. 2540. **การผลิตโยเกิร์ตจากกะทิ**. รายงานวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

จิตธนา แจ่มเมฆ. 2538. **วิทยาศาสตร์การอาหารเบื้องต้น หน่วยที่ 8-15**, พิมพ์ครั้งที่ 1. สาขาวิชาคหกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ถนอมดวง ศรีรอต. 2549. **การพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมดัดแปลงจากโปรตีนถั่วเหลืองและไขมันพืช**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสุรนารี

ทิพยา ธีระชาติแพทย์. 2542. **การใช้ประโยชน์กล้วยหอมผงในไอศกรีมและเครื่องดื่มที่มีเวย์ เป็นส่วนผสม**.วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ธารารัตน์ ศุภศิริ, (2542) **PROBIOTIC : แบคทีเรียเพื่อสุขภาพ**, วารสารวิทยาศาสตร์ 53 (6) 357-360

พนมกร เวชกามา. 2549. **การผลิตหอมดองโปรไบโอติคด้วยเชื้อ *Lactobacillus acidophilus***. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

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

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. **มอก 2547. นมเปรี้ยว**. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กระทรวงอุตสาหกรรม

วรรณพร จิตรจำเริญ. 2547. **การใช้คัพภะข้าวโพดทดแทนหางนมในการผลิตไอศกรีมโยเกิร์ตเสริมโพรไบโอติค**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. **วัตถุเจือปนอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศิริพร เนตรสุวรรณ์ และสุดารัตน์ อนุโชติ. 2547**, การใช้นมเทมเป้ทดแทนนมวัวในการผลิตไอศกรีม**. ปริญญานิพนธ์วิทยาศาสตร์บัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันพัฒนาวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม. 2548. **ไอศกรีมโฮมเมด**. พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ศูนย์รังสิต

สายฝน ศิลปะพรหม, สมศรี ภู่ศรีม่วง, และจันทร์เพ็ญ ศรีชัยญา. 2551. **คุณค่าทางโภชนาการในนมสด นมเปรี้ยว และโยเกิร์ต. (ออนไลต์)** เข้าถึงได้จาก: http://nutrition.anamai.moph.go.th/newpage52.htm, 10 พฤศจิกายน 2551

อุษา นาคจิรังกูร. 2541. **ผลของสารคงตัวต่อไอศกรีมเชอร์เบทมิกซ์รสผลไม้.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Adams, M.R. and M.O. Moss. 2000. **Food Microbiology.** 2nd ed. Athenacum Press Ltd, Cambridge.

A.O.A.C. 2000. **Official Method of Analysis**. The Association of Official Analytical Chemistry, Virginia.

Aime. D.B., Arntfield. S.D., Malcolmoson. L.J. and Ryland. D. 2000. **Textural analysis of fat reduced vanilla ice cream product**. Department of Food Science. University of Manitoba.

Andreasen, T.G. 1985. **Sorbet and sherbet with Fructodan**. North European Dairy J. 51 : 125-129

Arbuckle, W.S. 1986. **Ice Cream**. 4th ed., The AVI Publishing Co.,Inc., Westport. 483

Bai, H.M., Ahn, J.K. and Yoon, Y.H. A Study on the development of the mixed stabilizer for ice cream manufacture. **Korean Journal of Animal Science (Korea R.).** Vol. 20(5) : 436-445

Bio-India Biological Corporation(India). 2008. **Bifidobacterium bifidum**. (Online) Available : http://www.alibaba.com/product

Boylston, T.D. and Beitz, D.C. 2002**.** Conjugated Linoleic acid and Fatty acid Composition of Yogurt Produced from Milk of Cows Fed Soy Oil and Conjugated Linoleic Acid**. J. Food Sci.** 67 : 1973-1976

Brennan, E.M., Setser C. and Schrnidt, KA. 2002. Yoghurt Thickness : Effects on Flavor Perception and Linking. **J. Food Sci.** 67 : 2785-2789.

Chang, Y. and Hartel,R.W. 1992. **Stability of air cells in ice cream during hardening and storage**. Department of Food Science, University of Wisconsin

Chung, S.J., Heymann, H. and Grun, I.U. 2003. Temporal Release of Flavor Compounds from Low fat and High-fat Ice Cream During Eating**. J. Food Sci.** 68 : 2150-2156.

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

Dave, R.I. and Shah, N.P. 1997. Viability of yoghurt and probiotic bacteria in yogurts made from commercial starter culture**. Intl. Dairy J**. 7 : 31-41

Dea. C.M. and Finney, D.J. 1979. Stabilized spoonable ice cream. **Journal of Food Science.** U.S. Classification 426/565 : 426/654

Geilman, W.G and Schmidt, D.E. 1992. Physical characteristics of frozen deserts made from Ultrefilteved milk and various carbohydrates, **J. Dairy Sci**. 75(10) : P. 2670-2675.

Goff, H.D. 1997. Instability and partial coalescence in whip able diary emulsion. **J. Dairy Sci** 80 : 2620-2630.

Goff, H.D. 1997. **Colloidal aspects of ice cream – A review**. Department of Food Science. University of Guelph.

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

Khalida, S., Godward, G. and Reynolds N. 2000. **Encapsulation of probiotic bacteria with alginate-starch and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions and in yoghurt**. (Online) Available : http://www.sciencedirect.com/science?

Mccomas, K.A. and Gilliland, S.E. 2003. Growth of Probiotic and Traditional Yogurt Cultures in Milk Supplemented with Whey Protein Hydrolysate**. Journal of Food Science**. 2090-2095.

Marshall, R.T. and Arbuckle, W.S. 1996. **Ice Cream**. Chopman & Hall. New York.

Olsen, S. 1992. Aging of ice cream mix. **Food Sci. Technol**. 25(1) : 115

Pelan, B.M.C., Watts, K.M., Cambel, I.J. and Lips, A.L. 1997. The stability of aerated milk protein emulsion in the presence of small molecule surfactants. **J. Dairy Sci**. 80:2631-2638

Pomeranz. C. 2003. Carbohydrates : functionality in foods. **American J. of. Clinical Nutrition**. : 9225-9295

Sibel, R. and Sylvia, J.A. 1996. **Hand Book of Fat Replacers**. 213-265

Schmidt, K.A. and Smith D.E. 1992. Rheological Properties of Gum and Milk Protein Interactions. **J. of Dairy Science**. 36-42

Shihata and Shah, 2000. **Fermentation technologies for the production of exopolysaccharide-synthesizing *Lactobacillus rhamnosus* concentrated cultures**. (Online) Available : http:// www.ejbiotechnology.info/content/vol10/issue2/full/10/index.html

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

Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. 1989. **Yoghurt Science and Technology**. : 254

Vernam, A.H. and Sutherland J.P. 1994. **Milk and Milk Product :** Technology, Chemistry and Microbiology, Chapman&Hall, London. 451

# ภาคผนวก ก

# การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

**1. การวัดปริมาณกรดแลคติค (Titratable Acidity) AOAC, 2000**

การปรับมาตรฐานสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำได้โดยการละลายโพแทสเซียมเอซิดฟะทาเลต 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ (Phenolphtalein indicator) ร้อยละ 0.1 ลงไป 2 มิลลิลิตร ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณสารที่ใช้ และคำนวณความเข้มข้นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ดังสมการ

ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

$$= \frac{\text{น้ำหนักโพแทสเซียมเอซิด ฟะทาเลต (กรัม)}}{\text{ปริมาณโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)} \times 0.20422}$$

0.20422 = มิลลิกรัมสมมูลของโซเดียมไฮดรอกไซด์

**วิธีการ**

ชั่งตัวอย่าง 20 กรัม ใส่ขวดชมพู่ บันทึกน้ำหนักตัวอย่างที่แน่นอน

1. หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาลีนอินดิเคเตอร์ร้อยละ 0.1 ลงไป 2 มิลลิลิตร แกว่งขวดเบาๆ
2. นำมาไทเทรตด้วยสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ จนถึงจุดยุติ บันทึกปริมาณของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้คำนวณค่าความเป็นกรด

ค่าความเป็นกรด (ร้อยละ)

$$= \frac{\text{โซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)} \times \text{ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)} \times 90.08 \times 100}{\text{น้ำหนักตัวอย่างเริ่มต้น (กรัม)}}$$

90.08 เป็นปริมาณกรัมสมมูลของกรดแลคติค

**2. การวิเคราะห์โปรตีน (Macro Kjeldahl Method) AOAC, 2000**

**วิธีการ**

1. ชั่งตัวอย่าง 2 กรัม ให้ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (ทศนิยม 4 ตำแหน่ง ) ลงใน Kjeldahl dijestion flask ใส่ Catalyst mixture 8 กรัม
2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 25 มิลลิลิตร นำไปย่อยในชุดย่อยโปรตีน โดยใช้เวลาประมาณ 45 นาที หรือจนกว่าจะใส ทิ้งไว้ให้เย็นประมาณ 10-15 นาที แล้วเติมน้ำ 400 มิลลิลิตร เติมลูกแก้วลงไป 3-4 ลูก
3. จากนั้นเติม 50% โซเดียมไฮดรอกไซด์ลงไป 75 มิลลิลิตร และต่อเข้ากับชุดกลั่น โดยให้ปลายชุดกลั่นจุ่มในฟลาสก์ที่มี 2% กรดบอริก 50 มิลลิลิตร
4. เติมเมธิลบูล ลงไปในฟลาสก์อย่างน้อย 2-3 หยด
5. กลั่นจนสารละลายที่ได้ทั้งหมดมีปริมาตรประมาณ 300 มิลลิลิตร
6. นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทกับ 0.05 โมลาร์ กรดซัลฟูริก จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นสีชมพู บันทึกปริมาตรและคำนวณหา %ไนโตรเจนทั้งหมดและ %โปรตีน

$$\text{ปริมาณโปรตีน (ร้อยละ)} = \frac{\text{ปริมาณกรดที่ใช้} \times 0.0014 \times \text{Convension factor}}{\text{น้ำหนักตัวอย่าง}} \times 100$$

Convension factor ของนมเท่ากับ 6.38

**3. การวิเคราะห์ปริมาณไขมัน (Alkaline extraction Method) (ดัดแปลงจาก AOAC 2000)**

**วิธีการ**

1. ชั่งตัวอย่าง 10 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ หรือ Majonnier tube
2. เติม $NH_3$ (ถ.พ. 0.88) 1 มล. แล้ว mix
3. เติม 95% ethyl alcohol 10 มล. แล้ว mix
4. เติม diethyl ether 25 มล. (เพื่อลดความหนืดและสกัดไขมัน) เขย่าแรงๆนาน 1 นาที
5. ถ่าย content ทั้งหมดลงใน separating funnel แล้ว rinse ด้วย Petroleum ether 2มล. เพื่อลดการละลายของ non fatty material เขย่าอย่างแรงนานพอควร ควรเปิด valve ในบางครั้งเพื่อระบายอากาศออก
6. ตั้ง separating funnel พักบน tripod นาน ½ ชม.

7. แยก lower layer ออก แล้วนำ upper layer ใส่ soxhlet flask ที่ทราบน้ำหนักที่แน่นอน (constant weight) หากแยกชั้นไม่ชัดเจนเนื่องจากเกิดอีมัลชั่น ควรเติม 95% ethyl alcohol เพื่อ break emulsion

8. หากไม่มั่นใจว่า lipid ถูกสกัดออกหมด ควรสกัดซ้ำ (ข้อ 4-7) จนครบ 3 ครั้งและหากพบว่ามี non fatty material ปน ควรอุ่นร้อนแล้วสกัดด้วย Petroleum แล้วแยกตัวทำละลาย lipid ออก

9. ระเหย solvent ทั้งหมดออกด้วย Hot air oven ที่ 100 100 ˚C นาน 45-60 นาที จนได้ constant weight

10. คำนาณ % ไขมัน

$$\%\text{ไขมัน (w/w)} = \frac{(w_2 - w_1) \times 100}{w_3}$$

$w_1$ = น้ำหนักฟลาสก์

$w_2$ = น้ำหนักฟลาสก์ + ไขมัน

$w_3$ = น้ำหนักตัวอย่าง

# ภาคผนวก ข

## การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

**1. การวัดอัตราการละลาย (ดัดแปลงจาก Geilman and Schmidt,1992)**

**วิธีการ**

1. นำตัวอย่างไอศกรีม ปริมาตร 60 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ - 15 องศาเซลเซียส วางบนกรวยที่มีตะแกรงลวดกั้นขนาด 274 ต่อตารางนิ้ว และให้ก้านกรวยใส่ลงในกระบอกตวง นาน 30 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส
2. วัดปริมาตรไอศกรีมที่ละลายลงกระบอกตวง

**2. อัตราการขึ้นฟู (Geilman and Schmidt,1992)**

**วิธีการ**

ชั่งน้ำหนักไอศกรีมมิกซ์ใส่ถ้วย (ทราบน้ำหนัก) นำถ้วยใบเดิมหรือถ้วยปริมาตรเท่าเดิม (ทราบน้ำหนัก) มาใส่ไอศกรีมที่ปั่นแข็งแล้วชั่งน้ำหนัก วัดทรีตเมนต์ละ 2 ซ้ำ วัดซ้ำละ 3 ตัวอย่าง แล้วคำนวณอัตราการฟูตัว ตามสูตร

$$\text{อัตราการฟูตัว (ร้อยละโดยน้ำหนัก)} = \frac{\text{น้ำหนักไอศกรีมมิกซ์ - น้ำหนักไอศกรีม}}{\text{น้ำหนักไอศกรีม}} \times 100$$

# ภาคผนวก ค

## คุณสมบัติของกล้าเชื้อโยเกิร์ต

## FD-DVS ABT-5-Probio-Tec™

## FD-DVS ABT-5-Probio-Tec™

| | |
|---|---|
| Description | Thermophilic Lactic Culture.<br>Defined mixed strain culture containing Lactobacillus acidophilus LA-5, Bifidobacterium BB-12 and Streptococcus thermophilus.<br>The probiotic strains in this culture have a long history of safe use.<br>ABT-5 is supplied in a convenient freeze-dried form. |
| Application | The culture will produce a fermented milk with medium body and mild flavor and a minimal post-acidification. ABT-5 is ideal for the manufacturing of the following types of fermented milk product :<br>- Cup Set<br>- Stirred<br>- Drinking |
| Packing | 10 x 50U |
| Availability | The following ABT series are available as freeze-dried DVS : ABT-1, ABT-2, ABT-3, ABT-4 and ABT-5. |
| Storage and Shelf life | Freeze-dried culture should be stored at -18°C (10°F) or bolow. If the culture are stored at-18°C (10°F) or below, the shelf life is at least 24 months. At +5°C (41°F) the shelf life is at least 6 weeks. |
| Instructions for use | Remove the culture form the freeze just prior to use. DO NOT THEW THESE CULTURES. Sanitize the top of the pouch with chlorine. Open the pouch and pour the freeze-dried granules directly into the pasteurized product using slow agitation. Agitate the mixture for 10-15 minutes to distribute the culture evenly. |

Dosage Recommended dosage of FD-DVS ABT-5

| DVS inoculation percentage | Amount of milk to be inoculated | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1000 l | 5000 l | 500 gallon | 1000 gallon |
| 500U / 2500l<br>500U / 660 gallon | 200U | 1000U | ~400U | ~750U |

# ภาคผนวก ง

## คุณสมบัติของสารทดแทนไขมัน

**1. Purity SM100**

Purity SM100 is a maltodextrin designed primarity for the dairy industry as a milk solids nonfat (MSNF) replacement in ice cream and frozen dessert. Organoleptic benefits along with textural stability and improved economics are all possible with this new ingredient. Purity SM100 does not mask desired flavors, nor contribute any off-notes in these products.

Physical Properties :

| | |
|---|---|
| Color | Off-white |
| Form | Powder |
| Moisture | Approximately 8% |
| pH | Approximately 7 |

Features and Benefits :

Purity SM100 has specifically designed to mimic the functionality of MSNF. It will contribute to the structure and body of ice cream and frozen desserts and novelties. It has been shown to slow the meltdown of these products. This is of particular benefit for stick novelty products and is also important in hot climates.

Purity SM100 also imparts additional creaminess and mouthfeel, giving products a “premiun-like” texture.

Processors can benefit from significant cost savings by formulating with Purity SM100 with no loss of quality.

Purity SM100 can be used in conventional dairy processing equipment and does not require excessive heat or shear to obtain functionality or enhance its performance. It can be best dispersed by preblending with an equal amount of other dry ingredients and adding to a desired aqueous medium with moderate agitation. Purity SM100 maintains a low viscosity during processing which is desirable.

Application :

Purity SM100 is recommended for use in ice cream and frozen desserts and novelties.

Ice cream, Frozen Novelties—In ice cream formulations where 10% milk solids nonfat is required. Purity SM100 can be used to replace milk solids above this level.

Recommended Usage Level

A usage replacement level of 20% MSNF is recommended for optimum results.

**2. Crystal Tex™ 648**

Crystal Tex 648 is a specialty high stability dextrin refined from tapioca starch.

Physical Properties :

| | |
|---|---|
| Color | Creamy to white |
| Form | Fine power |
| Moisture | 10% max |
| pH | 3.0-4.0 |

**Features and Benefits**

Crystal Tex 648 develops weak gels upon cooling and can be used in all kinds of food systems as a structurizing agent to control texture, mouthfeel and meltdown properties. It has excellent film-forming properties Crystal Tex 648 will hydrate easily when heated to temperatures over 75°C and has very low hot viscosity. It has a low proportion of reducing sugars and can provide non-hygroscopic surface films. In bakery glazes, It will show controlled color development.

**Application**

Crystal Tex 648 is very versatile ingredient with unique rthelogical, textural and sensorial properties which make it suitable for a wide range of food application.

**Label Declaration**

Tapioca Dextrin

# ภาคผนวก จ

## การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scoring

## การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสโดยวิธี Hedonic Scoring

ตัวอย่าง ไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติค

ชื่อผู้ทดสอบ _____ วันที่ _____

คำแนะนำ กรุณาทดสอบตัวอย่างจากซ้ายไปขวา โดยให้คะแนนความชอบตามลำดับคะแนนที่ได้กำหนดไว้ด้านล่าง และกรุณาบ้วนปากระหว่างตัวอย่าง

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

กรุณาบ้วนปากก่อนชิมทุกครั้ง

| รหัสตัวอย่าง | _____ | _____ | _____ | _____ | _____ |
|---|---|---|---|---|---|
| สี | ..... | ..... | ……. | ……. | ……. |
| กลิ่น | ..... | ..... | ……. | ……. | ……. |
| รสชาติ | ..... | ..... | ..... | ……. | ……. |
| ลักษณะเนื้อสัมผัส | ……. | ……. | ……. | ……. | ……. |
| ความชอบรวม | ……. | ……. | ……. | ……. | ……. |

วิจารณ์ _____

_____

# ภาคผนวก ฉ

## การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

**ตารางผนวกที่ 1** การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านกลิ่นรส

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| SMELL | Equal variances assumed | .113 | .737 | -.365 | 118 | .716 | -.0500 | .13708 | -.32145 | .22145 |
| | Equal variances not assumed | | | -.365 | 117.242 | .716 | -.0500 | .13708 | -.32147 | .22147 |

**ตารางผนวกที่ 2** การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านสี

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| COLOR | Equal variances assumed | .033 | .857 | -.547 | 118 | .585 | -.0667 | .12182 | -.30790 | .17457 |
| | Equal variances not assumed | | | -.547 | 117.924 | .585 | -.0667 | .12182 | -.30790 | .17457 |

**ตารางผนวกที่ 3** การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านรสชาติ

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| TASTE | Equal variances assumed | 2.318 | .131 | .616 | 118 | .539 | .0833 | .13528 | -.18456 | .35122 |
| | Equal variances not assumed | | | .616 | 114.644 | .539 | .0833 | .13528 | -.18464 | .35130 |

**ตารางผนวกที่ 4** การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | Lower | Upper |
| TEXTURE | Equal variances assumed | .067 | .796 | -.127 | 118 | .899 | -.0167 | .13104 | -.27615 | .24282 |
| | Equal variances not assumed | | | -.127 | 117.973 | .899 | -.0167 | .13104 | -.27615 | .24282 |

**ตารางผนวกที่ 5** การวิเคราะห์ทางสถิติของการคัดเลือกไอศกรีมสูตรพื้นฐานด้านความชอบโดยรวม

| | | Levene's Test for Equality of Variances | | t-test for Equality of Means | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | F | Sig. | t | df | Sig. (2-tailed) | Mean Difference | Std. Error Difference | 95% Confidence Interval of the Difference | |
| | | | | | | | | | Lower | Upper |
| LIKING | Equal variances assumed | 6.789 | .060 | 2.943 | 118 | .400 | .3167 | .10760 | .10359 | .52974 |
| | Equal variances not assumed | | | 2.943 | 115.900 | .142 | .3167 | .10760 | .10355 | .52978 |

**ตารางผนวกที่ 6** การวิเคราะห์ทางสถิติของอัตราการละลายในไอศกรีมโยเกิร์ตสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05, ICE06 และสูตร Control

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 115.714 | 6 | 19.286 | 22.500 | .000 |
| Within Groups | 6.000 | 7 | .857 | | |
| Total | 121.714 | 13 | | | |

**ตารางผนวกที่ 7** การวิเคราะห์ทางสถิติของการขึ้นฟูในไอศกรีมโยเกิร์ตสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05, ICE06 และสูตร Control

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 4.625 | 6 | .771 | 161.066 | .000 |
| Within Groups | .034 | 7 | .005 | | |
| Total | 4.658 | 13 | | | |

**ตารางผนวกที่ 8** การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพร ไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านกลิ่นรส

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 4.847 | 5 | .969 | 1.687 | .137 |
| Within Groups | 203.483 | 354 | .575 | | |
| Total | 208.331 | 359 | | | |

**ตารางผนวกที่ 9** การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และICE06 ด้านสี

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 1.114 | 5 | .223 | .442 | .819 |
| Within Groups | 178.417 | 354 | .504 | | |
| Total | 179.531 | 359 | | | |

**ตารางผนวกที่ 10** การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านรสชาติ

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 103.481 | 5 | 20.696 | 28.823 | .000 |
| Within Groups | 254.183 | 354 | .718 | | |
| Total | 357.664 | 359 | | | |

**ตารางผนวกที่ 11** การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 24.200 | 5 | 4.840 | 5.300 | .000 |
| Within Groups | 323.300 | 354 | .913 | | |
| Total | 347.500 | 359 | | | |

**ตารางผนวกที่ 12** การวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบทางประสาทสัมผัสของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06 ด้านความชอบโดยรวม

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | 56.547 | 5 | 11.309 | 16.823 | .000 |
| Within Groups | 237.983 | 354 | .672 | | |
| Total | 294.531 | 359 | | | |

**ตารางผนวกที่ 13** การวิเคราะห์ทางสถิติของค่าความเป็นกรด-ด่าง ของไอศกรีมโยเกิร์ตโพรไบโอติคสูตร ICE01, ICE02, ICE03, ICE04, ICE05 และ ICE06

| | Sum of Squares | df | Mean Square | F | Sig. |
|---|---|---|---|---|---|
| Between Groups | .157 | 6 | .026 | 16.670 | .001 |
| Within Groups | .011 | 7 | .002 | | |
| Total | .168 | 13 | | | |

# ประวัติผู้เขียน

**ชื่อ-นามสกุล** สิริมนต์ วัฒนชัย

**วัน เดือน ปีที่เกิด** 18 กุมภาพันธ์ 2527

**สถานที่เกิด** กรุงเทพมหานคร

**ประวัติการศึกษา**

| **วุฒิ** | **ชื่อสถาบัน** | **ปีที่สำเร็จการศึกษา** |
|---|---|---|
| มัธยมศึกษาตอนปลาย | โรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี | 2545 |
| วท.บ. (เทคโนโลยีชีวภาพ) | มหาวิทยาลัยรังสิต | 2549 |

**ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน**

เจ้าหน้าที่แผนกควบคุมคุณภาพ ห้างหุ้นส่วนจำกัด โรงงานลูกกวาดมิตรใหม่