สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (2)

กิตติกรรมประกาศ ..... (4)

สารบัญ ..... (5)

สารบัญตาราง ..... (7)

สารบัญรูปประกอบ ..... (9)

บทที่

1. บทนำ 1

    1.1 บทนำ 1

    1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย 3

    1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

2. ผลงานวิจัยและงานเขียนอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง 4

    2.1 โพรไบโอติก 4

    2.2 ไอศกรีม 12

    2.3 หน้าที่ของสารให้ความคงตัวในไอศกรีม 20

    2.4 วิทยากระแส 36

    2.5 ข้อมูลสมบัติวิทยากระแสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีม 51

3. วิธีการวิจัย 61

    3.1 วัตถุดิบและอุปกรณ์ 61

    3.2 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย 62

    3.3 การศึกษาผลของกระบวนการแช่เยือกแข็ง (Freezing) ในการผลิตไอศกรีม ต่อคุณภาพของไอศกรีมและไอศกรีมโพรไบโอติก 64

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การศึกษาอิทธิพลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของไอศกรีม และไอศกรีมโพรไบโอติก 67

4. ผลการวิจัย 70

4.1 สมบัติของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม 70

4.2 ผลของกระบวนการปั่นเป็นไอศกรีม (Freezing) ต่อคุณภาพไอศกรีม 85

4.3 ผลของอายุการเก็บต่อคุณภาพไอศกรีม 90

5. สรุปผลการศึกษาวิจัยและข้อเสนอแนะ 132

5.1 บทสรุป 132

5.2 ข้อเสนอแนะ 135

รายการอ้างอิง 136

ภาคผนวก 149

ก. การใช้เครื่องวัดสมบัติวิทยากระแส 150

ข. แบบทดสอบทางประสาทสัมผัส 155

ประวัติการศึกษา 157

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	เชื้อจุลินทรีย์สายพันธุ์ต่างๆ ที่ใช้เป็นโพรไบโอติก	5
2.2	ชนิด ที่มา และคุณสมบัติของสารให้ความคงตัวที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรม	22
2.3	การเปรียบเทียบข้อดีข้อข้อเสียระหว่างเครื่องรีโอมิเตอร์ แบบกรวยกับแผ่นเรียบ (Cone and Plate) และ แผ่นเรียบกับแผ่นเรียบ (Plate and Plate)	51
3.1	สูตรไอศกรีมไขมันต่ำ	63
3.2	รหัสชื่อของไอศกรีมโพรไบโอติกและไอศกรีมสูตรควบคุมที่แปรชนิดและความเข้มข้นของสารให้ความคงตัวชนิดต่างๆ	65
4.1	ค่า pH ของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม 8 สูตร	70
4.2	ปริมาณ *L. casei* 01 ที่มีชีวิตในส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมโพรไบโอติก	72
4.3	ค่าพารามิเตอร์ทางสมบัติวิทยากระแสของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม	75
4.4	ค่าการขึ้นฟูของไอศกรีม	86
4.5	จำนวนของ *L. casei* 01 (log cfu/ml) และร้อยละของการรอดชีวิตก่อนและหลังกระบวนการปั่นเป็นไอศกรีม (Freezing) ของไอศรีมโพรไบโอติก	89
4.6	ค่า pH ของไอศกรีม	91
4.7	ค่า G', G''และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรควบคุมใช้แซนแทนกัม	105
4.8	ค่า G', G''และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้แซนแทนกัมร่วมกับแคปป้า – คาราจีแนน	105
4.9	ค่า G', G''และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้กัวร์กัม	106
4.10	ค่า G', G''และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้กัวร์กัมร่วมกับแคปป้า – คาราจีแนน	106
4.11	ค่า G', G''และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรโพรไบโอติกที่ใช้แซนแทนกัม	107

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.12 ค่า G′, G″และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรโพรไบโอติกที่ใช้แซนแทนกัมร่วมกับแคปป้า – คาราจีแนน 107
4.13 ค่า G′, G″และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรโพรไบโอติกใช้กัวร์กัม 108
4.14 ค่า G′, G″และ η^* จากสมการ Power law ของไอศกรีมสูตรโพรไบโอติกที่ใช้กัวร์กัมร่วมกับแคปป้า – คาราจีแนน 108
4.15 ค่า G′ (Pa) ของไอศกรีมที่ ω = 10 (rad/s) ในระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 210 วัน 109
4.16 ค่าความชันของ G′ (ω = 10 rad/s) ของไอศกรีมตั้งแต่วันที่ 45 - 210 วัน 113
4.17 จำนวนของ *L. casei* 01 ที่มีชีวิตรอดในระหว่างอายุการเก็บรักษา 116
4.18 ค่า First drip ของไอศกรีม 120
4.19 ค่า Total melting time ของไอศกรีม 122
4.20 คะแนนการยอมรับในด้านลักษณะปรากฏของไอศกรีม 126
4.21 คะแนนการยอมรับในด้านสีของไอศกรีม 127
4.22 คะแนนการยอมรับในด้านกลิ่นรสของไอศกรีม 128
4.23 คะแนนการยอมรับในด้านรสชาติของไอศกรีม 129
4.24 คะแนนการยอมรับในด้านเนื้อสัมผัสของไอศกรีม 130
4.25 คะแนนการยอมรับโดยรวมของไอศกรีม 131

สารบัญรูปประกอบ

รูปที่ หน้า

2.1 การรอดชีวิตของโพรไบโอติก 11
2.2 โครงสร้างของไอศกรีม 14
2.3 แบบจำลองเคซีนไมเซลล์ 16
2.4 พื้นผิวของเม็ดไขมันที่ยึดเกาะด้วยโปรตีนหลังจากผ่านการโฮโมจีไนส์ ทั้งที่มีอิมัลซิไฟเออร์และไม่มีอิมัลซิไฟเออร์ 16
2.5 กลไกการทำงานของแคปป้า-คาราจีแนนในการยับยั้งการแยกเฟส 26
2.6 การเกิด Recrystallization แบบ Accretion ของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีม 29
2.7 การเกิด Recrystallization แบบ Melt-Refreeze ของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีม 30
2.8 การเกิด Recrystallization แบบ Isomass rounding ของผลึกน้ำแข็งในไอศกรีม 31
2.9 ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติวิทยากระแสกับสมบัติทางกายภาพ และการยอมรับ 35
2.10 ชนิดของความเค้นที่กระทำต่อวัสดุ 37
2.11 การเปลี่ยนแปลงรูปของวัสดุ 38
2.12 พฤติกรรมการไหลรูปแบบต่างๆ 40
2.13 ลักษณะโมเลกุลของวัสดุที่เกิดการไหลแบบ Shear thinning 43
2.14 ลักษณะโมเลกุลของวัสดุที่เกิดการไหลแบบ Shear thickening 43
2.15 มุมเฟสที่เปลี่ยนเมื่อให้ความเค้นหรือความเครียดแบบสั่น 45
2.16 ภาพตัดขวางของรีโอมิเตอร์แบบกรวยกับแผ่นเรียบ 49
2.17 ภาพตัดขวางของแผ่นเรียบกับแผ่นเรียบ 50
2.18 ส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมชนิดซอฟท์เสิร์ฟก่อนการแยกเฟสที่ใช้ความเข้มข้นของแคปป้า – คาราจีแนนต่างๆ 54
2.19 โปรตีนเฟสของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมชนิดซอฟท์เสิร์ฟก่อนการแยกเฟสที่ใช้ความเข้มข้นของแคปป้า – คาราจีแนนต่างๆ 54

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่ หน้า

2.20 พฤติกรรมทางสมบัติวิทยากระแสของไอศกรีมที่เติมและไม่เติม แคปป้า – คาราจีแนน 56

2.21 ความหนืดของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมที่อัตราเฉือนเท่ากับ 50 s^{-1} 57

2.22 ค่าโมดูลัสสะสม (G′) ของไอศกรีมที่อายุการเก็บต่างๆ 59

3.1 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมไขมันต่ำ 63

3.2 ขั้นตอนการเลี้ยงเชื้อโพรไบโอติก 64

3.3 ขั้นตอนการผลิตไอศกรีมโพรไบโอติกไขมันต่ำ 64

4.1 ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างอัตราเฉือน (Shear rate) กับ แรงเค้นเฉือน (Shear stress) และความหนืดปรากฏ (Apparent viscosity) 74

4.2 ค่า G′ และ G″ จากการทดสอบ Amplitude sweep ที่ความถี่ 1 เฮิร์ซ 81

4.3 ค่า G′ และค่า G″ ของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมสูตรควบคุม 81

4.4 ค่า G′ และค่า G″ ของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีมโพรไบโอติก 82

4.5 ค่า Complex viscosity (η^*) ของส่วนผสมพร้อมทำไอศกรีม 82

4.6 ค่า G′ และ G″ จากการทดสอบ Amplitude sweep ที่ความถี่ 1 เฮิร์ซ ของไอศกรีมสูตรควบคุม 94

4.7 ค่า G′ ค่า G″ และค่า η^* ของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้แซนแทนกัม 96

4.8 ค่า G′ ค่า G″ และค่า η^* ของไอศกรีมโพรไบอติกที่ใช้แซนแทนกัม 97

4.9 ค่า G′ ค่า G″ และค่า η^* ของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้แซนแทนกัมร่วมกับ แคปป้า – คาราจีแนน 98

4.10 ค่า G′ ค่า G″ และค่า η^* ของไอศกรีมโพรไบโอติกที่ใช้แซนแทนกัม ร่วมกับแคปป้า – คาราจีแนน 99

4.11 ค่า G′ ค่า G″ และค่า η^* ของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้กัวร์กัม 100

4.12 ค่า G′ ค่า G″ และค่า η^* ของไอศกรีมโพรไบโอติกที่ใช้กัวร์กัม ร่วมกับแคปป้า – คาราจีแนน 101

4.13 ค่า G′ ค่า G″ และค่า η^* ของไอศกรีมสูตรควบคุมที่ใช้กัวร์กัมร่วมกับ แคปป้า-คาราจีแนน 102

สารบัญรูปประกอบ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
4.14	ค่า G'(●) ค่า G'' (O) และค่า η^* (*) ของไอศกรีมโพรไบโอติกที่ใช้กัวร์กัมร่วมกับแคปป้า – คาราจีแนน	103