

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ฅ
สารบัญภาพ	ฉ
<b>บทที่ 1    บทนำ</b>	
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	3
คำจำกัดความที่ใช้ในงานวิจัย	3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
<b>บทที่ 2    แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
สาหร่ายสีไปรูลิน่า	5
ซี-ไฟโคไซยานิน (C-Phycocyanin)	13
ผลิตภัณฑ์อาหารประเภทฟองกรอบ (Expanded product)	18
ผลิตภัณฑ์ไอศกรีม (Ice-cream)	19
ผลิตภัณฑ์โยเกิร์ต (Yoghurt)	22
กรอบแนวคิดในการวิจัย	26

	<b>หน้า</b>
<b>บทที่ 3   วิธีดำเนินการวิจัย</b>	
สายพันธุ์สาหร่าย และวัตถุดิบ	27
อุปกรณ์ที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงสาหร่าย	27
อุปกรณ์ในการสกัดซี-ไฟโคไซยานิน	28
อุปกรณ์ในการผลิตผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน	28
อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน	29
อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน	29
อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณภาพทางจุลินทรีย์ผลิตภัณฑ์อาหารฟังก์ชัน	29
อุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส	29
วิธีดำเนินการวิจัย	30
<b>บทที่ 4   ผลการวิจัย</b>	
ผลการสกัดซี-ไฟโคไซยานินและการวิเคราะห์คุณภาพกากชีวมวลเหลือทิ้งของการสกัดซี-ไฟโคไซยานินจากสาหร่ายสไปรูลิน่า	45
ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแท่งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	48
ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	54
ผลการพัฒนาผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	61
ผลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	81
<b>บทที่ 5   สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ</b>	
สรุปผลการวิจัย	88
ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้	89
ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป	89

	หน้า
<b>บรรณานุกรม</b>	
บรรณานุกรมภาษาไทย	90
บรรณานุกรมภาษาต่างประเทศ	92
<b>ภาคผนวก</b>	
ภาคผนวก ก อาหารเลี้ยงเพาะสาหร่าย (Culture media)	98
ภาคผนวก ข การวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ	100
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี	104
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์คุณภาพทางจุลชีววิทยา	118
ภาคผนวก จ การวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส	125
ภาคผนวก ฉ ภาพวัตถุดิบและการเตรียมวัตถุดิบ	138
<b>ประวัติผู้วิจัย</b>	144

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	กรดอะมิโนที่พบในสาหร่ายสไปรูลิน่า	9
2.2	องค์ประกอบทางชีวเคมีของผลิตภัณฑ์สาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งของบริษัท Siam Algae Company (SAC)	12
4.1	องค์ประกอบทางเคมีของชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าก่อนและหลังการสกัด ซี-ไฟโคไซยานิน	48
4.2	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแห้งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน	51
4.3	คุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแห้งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	53
4.4	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแห้งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่าง ๆ	54
4.5	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแห้งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส	55
4.6	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน	57
4.7	คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสาหร่ายสไปรูลิน่า	59
4.8	อัตราการหลอมละลายของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมสาหร่ายสไปรูลิน่า	59
4.9	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิอุณหภูมิต่ำ -17 ถึง -21 องศาเซลเซียส	61
4.10	ลักษณะปรากฏของโยเกิร์ตที่เสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน	63
4.11	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน	67

ตารางที่		หน้า
4.12	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเติมน้ำตาลทราย ปริมาณต่างกัน	69
4.13	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเติมน้ำตาลทราย ปริมาณต่างกัน	71
4.14	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เติมน้ำตาลทราย 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเติมเพกตินปริมาณต่างกัน	73
4.15	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เติมน้ำตาลทราย 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเติมเพกตินปริมาณต่างกัน	75
4.16	คุณภาพของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าสุดท้าย	77
4.17	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	80
4.18	การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	81
4.19	คะแนนความชอบเฉลี่ยของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าในระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส	81
4.20	ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 100 คน ที่มีต่อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องพองอัดแห้งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า ผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า และผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	82
4.21	ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแห้งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	84
4.22	ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	85

ตารางที่		หน้า
4.23	ข้อมูลการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่าย สไปรูลิน่า	86
4.24	ค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอม มะลิพองอัดแท่งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	87
4.25	ค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริม สาหร่ายสไปรูลิน่า	87
4.26	ค่าเฉลี่ยความชอบในคุณลักษณะทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริม สาหร่ายสไปรูลิน่า	87

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ลักษณะของ <i>Arthrospira maxima</i> (เส้นตรงมีขนาดเท่ากับ 20 ไมโครเมตร)	6
2.2	ผนังเซลล์ของ <i>S. platensis</i>	6
2.3	ผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพและความงามจากสาหร่ายสไปรูลิน่าจากทั่วทุกมุมโลก	8
2.4	โครงสร้างทางเคมีของซี-ไฟโคไซยานิน	13
3.1	ขั้นตอนการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิพอง	34
3.2	ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแท่งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	34
3.3	ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	38
3.4	ขั้นตอนการผลิตโยเกิร์ตสาหร่ายสไปรูลิน่า	41
4.1	(ก) ลักษณะปรากฏของชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง (ข) ลักษณะปรากฏของชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งบดละเอียด (ค) การเตรียมตัวอย่างสาหร่ายสำหรับการสกัดซี-ไฟโคไซยานินด้วยวิธีแช่เยือกแข็งสลับกับการละลาย (ง) ลักษณะปรากฏของสารละลายซี-ไฟโคไซยานินที่สกัดได้ (จ) ลักษณะของกากชีวมวลเหลือทิ้งของสาหร่ายสไปรูลิน่าที่ได้จากการสกัดซี-ไฟโคไซยานิน และ (ฉ) ลักษณะปรากฏของกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง	47
4.2	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแท่งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน (0 2 4 และ 6 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จากข้าวไปขวา)	50
4.3	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน ปริมาณต่างกัน (0 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จากข้าวไปขวา)	56
4.4	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน (0 0.25 0.5 1.0 และ 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักจากข้าวไปขวา)	62

<b>ภาพที่</b>		<b>หน้า</b>
4.5	การเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าพีเอช (ข) ปริมาณแกรดแลกติก และ (ค) จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติกในระหว่างการหมักโยเกิร์ต เมื่อเสริมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้งปริมาณต่างกัน	66
4.6	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเติมน้ำตาลทรายปริมาณต่างกัน (0 3 5 และ 7 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จากซ้ายไปขวา)	68
4.7	การเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าพีเอช (ข) ปริมาณแกรดแลกติก และ (ค) จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเติมน้ำตาลทรายปริมาณต่างกัน	70
4.8	ลักษณะปรากฏของผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เติมน้ำตาลทราย 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก และเติมเพกตินปริมาณต่างกัน (0 0.3 0.4 และ 0.50 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก จากซ้ายไปขวา)	72
4.9	การเปลี่ยนแปลง (ก) ค่าพีเอช (ข) ปริมาณแกรดแลกติก และ (ค) จำนวนแบคทีเรียกรดแลกติก ในระหว่างการหมักโยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าที่เติมกากชีวมวลสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เติมน้ำตาลทราย 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักและเติมเพกตินปริมาณต่างกัน	74
<b>ภาพผนวกที่</b>		<b>หน้า</b>
ฉ1	การสกัดซี-ไฟโคไซยานินจากสาหร่ายสไปรูลิน่าและสารละลายซี-ไฟโคไซยานิน	140
ฉ2	การเตรียมสาหร่ายสไปรูลิน่าอบแห้ง	141
ฉ3	ลักษณะของข้าวกล้องหอมมะลิพองอัดแห้งเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่าหลังจากอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที	142
ฉ4	การเตรียมผลิตภัณฑ์ไอศกรีมเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า	143

## ภาพผนวกที่

## หน้า

ฉ5 การเตรียมส่วนผสมผลิตภัณฑ์โยเกิร์ตเสริมสาหร่ายสไปรูลิน่า

144