

การสักขีพยาน แอลจีเน็ต จากสำหรัยทะเล



นายชวัญชัย สุวรรณสัมฤทธิ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

แผนกวิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2519

000211

EXTRACTION OF SODIUM ALGINATE FROM SEAWEEEDS



Mr. Kwanchai Suwansamrith

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University

1976

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต



[Handwritten signature]

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการตรวจวิทยานิพนธ์

[Handwritten signature] ประธานกรรมการ

[Handwritten signature] กรรมการ

[Handwritten signature] กรรมการ

กรรมการ

อาจารย์ผู้ควบคุมการวิจัย อาจารย์ ดร.สุพจน์ ชัยมังคลานนท์

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การสกัดโซเดียม แอลจีเนต จากสาหร่ายทะเล

ชื่อ นายขวัญชัย สุวรรณสัมฤทธิ์ แผนกวิชาวิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2518

บทคัดย่อ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นการนำสาหร่ายทะเลจาก อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี มาทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต ซึ่งใช้เป็น emulsifying, thickening และ stabilizing agent ในอุตสาหกรรมทอผ้า, เกษษภัณฑ์, เคมีภัณฑ์ และอาหาร ฯลฯ ซึ่งจะต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศปีละหลายล้านบาท นอกจากนี้ยังครอบคลุมถึงการทดลองสกัดวุ้นและไอโอดีนจาก *Gracilaria* sp. และ *Sargassum* sp. บ้างอีกด้วย

Le Gloahec-Herter Process ถูกเลือกใช้เป็นขบวนการในการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต เนื่องจากเหมาะสมที่จะใช้กับสาหร่ายแห้ง, ระยะเวลาและต้นทุนในการสกัดต่ำ การทดลองกระทำโดยการใส่สารละลายโซเดียม คาร์บอเนต แซทเทอริกและย่อยสลายด้วยการกวนที่เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ กัน, ตกตะกอนกรดแอลจีนิคจากสารละลายโซเดียม แอลจีเนตด้วยการตกเกลือหรือกรดซัลฟูริก

ผลการวิจัยพบว่า *Sargassum* sp. ซึ่งพบได้ง่ายในปริมาณมากจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์ในรูปกรดแอลจีนิคสูงสุด (ร้อยละ 18.75 ของน้ำหนักสาหร่ายแห้ง) เมื่อปริมาณโซเดียม คาร์บอเนต เท่ากับร้อยละ 60 ของน้ำหนักสาหร่ายแห้ง; ระยะเวลาในการแซทเทอริกและการย่อยสลายด้วยการกวน, 30 และ 60 นาที ตามลำดับ; อุณหภูมิขณะย่อยสลาย, 70-75°C และตกตะกอนกรดแอลจีนิคด้วยการตกเกลือที่ pH เท่ากับ 3 โดยเงื่อนไขในการสกัดทั่วไป กรดแอลจีนิคที่ได้จะมีค่าระหว่างร้อยละ 12-31 ในช่วงอุณหภูมิขณะย่อยสลายด้วยการกวน, ระหว่าง 50-75°C ผลการพอกสีพบว่าการใช้ผงถ่านพอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนตจะให้ค่าความใสสูงสุดถึงร้อยละ 88 มากกว่าการใช้โซเดียม ไฮโปคลอไรท์ และอลูมินา ไฮเครท กรดแอลจีนิคที่มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักขณะอบแห้งที่ 105°C ระหว่างร้อยละ 12-13.2 ค่าความเป็นกรดเท่ากับ 174.1 และ 272.8 เมื่อทำการย่อยสลายที่

อุณหภูมิ 70-75°C และ 40°C ตามลำดับ ผลการทดลองสกัดไอโอดีนจาก *Sargassum* sp. พบว่าจะให้ปริมาณผลิตภัณฑ์คือน้ำหนักร้อยละ 0.98 ของน้ำหนักสาหร่ายแห้งที่ใช้

การวิจัยเพิ่มเติมในการทดลองสกัดจาก *Gracilaria* sp. พบว่าสามารถจะสกัดได้คือน้ำหนักร้อยละ 17-23% ของน้ำหนักสาหร่ายแห้งที่ใช้

according to the following extract conditions; sodium carbonate, 60% dry weight of seaweed; time intervals in alkali treatment and macerated digestion, 30 and 60 minutes, respectively; digestion temperature, 70-75°C; and, precipitation of alginic acid by sulfuric acid at pH equal to 3. Generally, percentage yield of alginic acid are between 12-31% for temperature interval on digestion, 50-75°C. Sodium alginate or alginic acid bleached by charcoal decolourising powder gives the highest percentage transmittance, (88%). Other bleaching agents used are:- sodium hypochlorite and alumina hydrate.

Digestion temperature seems to be a significant variable in the process; at 70°C the yield give an acid value of 174.1 while at 40°C an acid value of 272.8 was obtained. Both yields showed little difference in their moisture contents.

An estimate of iodine in *Sargassum* sp. was found to be 0.98%.

Additional investigations show some preliminary studies on the extraction of agar from *Gracilaria* sp.. It was found that it is possible to obtain up to 17-23% yield by the method used.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
รายการตารางประกอบ	ค
รายการภาพประกอบ	ด
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.1.1 การใช้สาหร่ายทะเลเป็นอาหาร	1
1.1.2 ความสำคัญของสาหร่ายทะเลต่อการอุตสาหกรรม	2
1.1.3 สาหร่ายทะเลในประเทศไทย	4
1.2 การสำรวจการวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	6
1.2.1 เคมีของกรดแอลจีนิค	6
1.2.2 เคมีและคุณสมบัติของโซเดียม แอลจีเนต	8
1.2.3 ชนิดของแอลจีเนตและการใช้ประโยชน์	11
1.2.4 กรรมวิธีการสกัดโซเดียม แอลจีเนต โดยวิธี Green's "Cold"	13
1.2.5 กรรมวิธีการสกัดโซเดียม แอลจีเนต โดยวิธี Le Gloahec-Herter	14
1.2.6 วิธีการสำรวจชนิด, แหล่งของสาหร่ายทะเล	18
1.2.6.1 การสำรวจโดยการใส่ตะขอก่ียว	18
1.2.6.2 การสำรวจด้วยการใช้คลื่นเสียงสะท้อน (Echo-sounder)	18

1.2.6.3	การสำรวจโดยภาพถ่ายทางอากาศ	18
1.2.6.4	การสำรวจแหล่งสาหร่ายทะเลควย ภาพถ่ายจากดาวเทียม	20
1.2.7	วุ้นและกรรมวิธีการสกัดวุ้น	22
1.2.7.1	เคมีของวุ้น	22
1.2.7.2	คุณสมบัติของวุ้น	23
1.2.7.3	กรรมวิธีการสกัดวุ้น	24
	1.2.7.3.1 กรรมวิธีการสกัดวุ้นของชาวญี่ปุ่น	24
	1.2.7.3.2 กรรมวิธีการสกัดวุ้นทาง อุตสาหกรรม	24
1.2.7.4	การใช้ประโยชน์จากวุ้น	26
1.2.8	การสกัดไอโอดีนจากสาหร่ายทะเล	28
1.3	วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย	30
1.4	ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้	30
1.5	วิธีที่จะดำเนินการวิจัย	31
1.6	นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค	32
2.	วิธีทำการวิจัย	35
2.1	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	35
2.1.1	อุปกรณ์ที่ใช้ในการสำรวจแหล่ง, ชนิดสาหร่ายทะเล	35
2.1.2	เครื่องมือในการสกัดไอเคียม แอลจีเนท ในรูปของกรก แอลจีนิค.....	35
2.1.3	เครื่องมือสำหรับการวิเคราะห์การฟอกสีของกรก แอลจีนิค.....	36

2.1.4	เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางประการ ของกรกแอลจีนิค	37
2.1.5	เครื่องมือสั๊กวุ้น	37
2.1.6	เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์คุณสมบัติทางประการ ของวุ้น	38
2.1.7	เครื่องมือสั๊กไอโอดิน	38
2.2	วัตถุดิบและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	39
2.2.1	วัตถุดิบที่ใช้ในการสั๊กโซเคียม แอลจีเนท ในรูปกรกแอลจีนิค.....	39
2.2.2	วัตถุดิบที่ใช้ในการสั๊กวุ้น	39
2.2.3	วัตถุดิบที่ใช้ในการสั๊กไอโอดิน	39
2.2.4	สารเคมีที่ใช้ในการสั๊กโซเคียม แอลจีเนท	39
2.2.5	สารเคมีที่ใช้ในการฟอกสีโซเคียม แอลจีเนท ในรูปกรกแอลจีนิค	40
2.2.6	สารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติกรกแอลจีนิค.....	40
2.2.7	สารเคมีที่ใช้ในการสั๊กวุ้น	40
2.2.8	สารเคมีที่ใช้ในการฟอกสีวุ้น	41
2.2.9	สารเคมีที่ใช้ในการสั๊กไอโอดิน	41
2.3	วิธีการสำรวจและการเก็บสาหร่ายทะเล	41
2.3.1	การสำรวจควยเรือยนต์ขนาดเล็ก	41
2.3.2	การสำรวจควยการเดินเท้าเลียมชายหาด.....	41
2.4	การทดลองสั๊กโซเคียม แอลจีเนท ควยวิธี Le Gloahe -Herten.....	42
2.4.1	การประกอบเครื่องมือ	42

2.4.2	การทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต ในรูป กรกแอลจีนิค	42
2.4.3	การฟอกสีกรกแอลจีนิค	44
2.5	วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของกรกแอลจีนิค	45
2.5.1	การทดสอบยืนยัน (Identification test) ของกรกแอลจีนิค	45
2.5.2	การหาน้ำหนักที่สูญเสียขณะอบแห้งของกรกแอลจีนิค	46
2.5.3	การหาค่าความเป็นกรก (Acid value) ของ กรกแอลจีนิค.....	46
2.6	วิธีการสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลสกุล Gracilaria sp.	47
2.6.1	วิธีการสกัดวุ้นคัดแปลงจากกรรมวิธีของชาวญี่ปุ่น.....	47
2.7	วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของวุ้น	48
2.7.1	การทดสอบความแข็งแรง (Gel strength) ของวุ้น.	48
2.7.2	การเปรียบเทียบสีของวุ้นที่สกัดได้กับวุ้นที่ขายในท้องตลาด.	50
2.8	วิธีสกัดไอโอดีนจากสาหร่ายทะเลสกุล Sargassum sp.	50
2.8.1	วิธีการสกัดไอโอดีนคัดแปลงจากวิธีที่ใช้ในฝรั่งเศส	50
3.	ผลการสำรวจ	52
3.1	ผลการสำรวจสาหร่ายทะเล.....	52
4.	ผลการทดลอง	71
4.1	ผลการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต.....	71
4.1.1	ค่าที่เหมาะสมต่าง ๆ ที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้ในแต่ละ การทดลอง	71

4.1.2	ผลการทดลองโดยการใส่สำหรับทะเลสด (Genus) ต่าง ๆ กันในการสกัด	71
4.1.3	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนระยะเวลาแช่หมัก ในสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต.....	71
4.1.4	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิขณะย่อยสลาย ควยการกวน	73
4.1.5	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนระยะเวลาที่ใช้ขณะ ย่อยสลายควยการกวน.....	73
4.1.6	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนปริมาณโซเดียม คาร์บอเนต ที่ใช้	73
4.1.7	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยน pH และชนิดของ กรดที่ใช้ตกตะกอนกรดแอลจีนิค	73
4.1.8	ผลการทดลองฟอกสีกรดแอลจีนิค โดยการเปลี่ยน ปริมาณโซเดียม ไฮโปคลอไรท์ ซึ่งใช้เป็นสารเคมี ในการฟอกสี	78
4.1.9	ผลการทดลองฟอกสีโดยการเปลี่ยนปริมาณ Alumina hydrate ซึ่งใช้เป็นสารเคมีในการ ฟอกสี	78
4.1.10	ผลการฟอกสีโดยการเปลี่ยนปริมาณ Charcoal decolourising powder ซึ่งใช้เป็นสารเคมี ในการฟอกสี	82
4.1.11	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของกรด แอลจีนิคที่สกัดได้	82

4.2	ผลการทดลองสกัดจากสาหร่ายทะเลสกุล	
	<i>Gracilaria</i> sp.	84
4.2.1	น้ำหนักของแห้งของวุ้นต่อน้ำหนักสาหร่ายที่ใช้	84
4.2.2	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของวุ้น ที่สกัดได้เปรียบเทียบกับวุ้นที่ขายในท้องตลาด	84
4.2.3	ผลการทดลองฟอกสีวุ้นโดยการ เปลี่ยนสาร เคมี ที่ใช้เป็นควฟอกสี	84
4.3	ผลการทดลองสกัดไอโอดีนในรูปไอโอไคด์	84
4.3.1	น้ำหนักของไอโอดีนในรูปเกลือ Potassium iodide ต่อน้ำหนักสาหร่ายแห้งสกุล <i>Sargassum</i> sp. ที่ใช้	84
5.	การอภิปรายผลการวิจัย	87
5.1	การอภิปรายผลการสำรวจแหล่ง, ชนิดสาหร่ายทะเล.....	87
5.1.1	เหตุที่เลือกสำรวจแหล่ง, ชนิดสาหร่ายทะเล ที่ อ. เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี.....	87
5.1.2	ผลการสำรวจสาหร่ายทะเล.....	87
5.2	การอภิปรายผลการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต.....	88
5.2.1	เหตุที่เลือก Le Gloahec-Herter Process ในการทดลองสกัด.....	88
5.2.2	เหตุที่เลือกสาหร่ายทะเลสกุล <i>Sargassum</i> sp. (ภาพที่ 3-2) ในการทดลองสกัดโซเดียม แอลจีเนต.....	88
5.2.3	ผลการทดลองโดยการ เปลี่ยนระยะเวลาการแช่หมัก ในสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต.....	88

5.2.4	ผลการทดลองโดยการ เปลี่ยนอุณหภูมิขณะ ย่อยสลายควยการกวน	90
5.2.5	ผลการทดลองโดยการ เปลี่ยนระยะเวลาที่ใช้ ขณะย่อยสลายควยการกวน	90
5.2.6	ผลการทดลองโดยการ เปลี่ยนปริมาณโซเดียม คาร์บอเนต ที่ใช้	93
5.2.7	ผลการทดลองโดยการ เปลี่ยน pH และชนิดของ กรดที่ใช้ตกตะกอนกรกแอลจีนิค.....	93
5.2.8	ผลการฟอกสีกรกแอลจีนิค	93
5.2.9	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของ กรกแอลจีนิคที่ได้.....	99
5.3	การอภิปรายผลการทดลองสกัดวุ้น.....	100
5.3.1	เหตุที่เลือกกรรมวิธีการสกัดวุ้นคัดแปลงจากกรรมวิธี ของชาวญี่ปุ่นในการสกัด.....	100
5.3.2	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติบางประการของวุ้น	100
5.3.3	ผลการฟอกสีวุ้นโดยการใช้สารฟอกสีชนิดต่าง ๆ	100
5.4	การอภิปรายผลการสกัดไอโอดีนในรูปเกลือไอโอไดค์	101
5.4.1	เหตุที่เลือกใช้วิธีการสกัดไอโอดีนคัดแปลงจากวิธี ที่ใช้ในฝรั่งเศส	101
5.4.2	น้ำหนักไอโอดีนในรูป Potassium iodide คือน้ำหนักแห้งของ Sargassum sp. ที่ใช้.....	101
6.	สรุปผลการวิจัยและขอเสนอแนะ	102
6.1	สรุปผลการวิจัย	102
6.2	ขอเสนอแนะ เกี่ยวกับการวิจัยในขั้นต่อไป.....	104

6.2.1	ผลการหาผลของฤกษ์กาลศอ % Yield กรด แอลจีนิคที่ไค.....	104
6.2.2	การสำรวจแหล่ง, ปริมาณของ Sargassum sp.	105
6.2.3	การลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการฟอกสีกรดแอลจีนิค....	105
6.2.4	การปรับปรุงคุณภาพและคุณสมบัติบางประการของกรด แอลจีนิคและโซเดียม แอลจีเนท.....	105
6.2.5	การปรับปรุงค่าความใส (% transmittance) และความบริสุทธิ์ของวุ้น	106
6.2.6	การปรับปรุงปริมาณและคุณภาพของ Potassium iodide ที่สกัดไค	107
	เอกสารอ้างอิง	108
	ประวัติการศึกษา	112

รายการตารางประกอบ



ตารางที่

หน้า

1-1.	ปริมาณและมูลค่าของผลิตภัณฑ์จากสาหร่ายทะเล บางชนิดที่ซื้อจากต่างประเทศ	5
1-2.	แสดงค่าความเข้มข้นของสาร เคมีบางชนิดที่สามารถ ทำให้ไซเคียม แอลจีเนต ตกตะกอน	10
1-3.	คุณลักษณะของไซเคียม แอลจีเนต บางชนิด.....	12
1-4.	ชนิดของสาหร่ายทะเลที่ไซสัคและปริมาณไซเคียม แอลจีเนต ที่สกัดได้จากน้ำหนักสาหร่ายแห้งที่ไซ.....	21
1-5.	ชนิดของสาหร่ายทะเลที่สามารถสกัดวุ้นได้.....	27
3-1.	แสดงผลการสำรวจสาหร่ายทะเลบริเวณ อ.เกาะสมุย จ.สุราษฎร์ธานี.....	54
3-2.	แสดงข้อมูลสาหร่ายทะเลสีแสดและสีน้ำตาลบริเวณ จังหวัดสงขลา.....	65
3-3.	แสดงข้อมูลสาหร่ายทะเลบริเวณอ่าวไทย.....	69
3-4.	บริเวณที่พบ Padina sp. ในประเทศไทย.....	70
4-1.	ผลการทดลองสกัดไซเคียม แอลจีเนต จากสาหร่ายทะเล สกุลต่าง ๆ	72
4-2.	ผลของระยะเวลาการแช่หมักในสารละลายไซเคียม คาร์บอเนตต่อ เปอร์เซ็นต์กรกแอลจีนิคที่ได้ออก	74
4-3.	ผลของอุณหภูมิขณะย่อยสลายด้วยการกวนต่อปริมาณ กรกแอลจีนิค ที่ได้ออก	75
4-4.	ผลของเวลาที่ไซย่อยสลายด้วยการกวนต่อปริมาณ กรกแอลจีนิค ที่ได้ออก	76
4-5.	ผลของไซเคียม คาร์บอเนต ที่ใช้ในปริมาณต่าง ๆ กันต่อ ปริมาณ กรกแอลจีนิค ที่ได้ออก	77

ตารางที่

หน้า

4-6.	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยน pH และชนิดของกรดที่ใช้ ตกตะกอนกรดแอลจีนิค, เทียบกับกรดแอลจีนิคที่ได้อีก.....	79
4-7.	การฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต โดยการเปลี่ยน ปริมาณโซเดียม ไฮโปคลอไรท์ เทียบกับค่าความใส (% transmittance), เปอร์เซนต์กรดแอลจีนิคที่ได้อีก และ นน. กรดแอลจีนิคที่สูญเสียไป.....	80
4-8.	ผลการทดลองฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต โดยการเปลี่ยนปริมาณ Alumina hydrate เทียบกับค่าความใส (% transmittance), น้ำหนักกรดที่ได้อีก.....	81
4-9.	ผลการทดลองฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต โดยการเปลี่ยนปริมาณ Charcoal decolourising powder ที่ใช้, เทียบกับค่าความใส (% transmittance), น้ำหนักกรดแอลจีนิคที่ได้อีกและสูญเสียไป.....	83
4-10.	ผลการทดสอบคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้อีก เทียบกับวุ้นที่ขายในท้องตลาด.....	85
4-11.	ผลการทดลองฟอกสีวุ้นที่สกัดได้อีกโดยการเปลี่ยนชนิดสารเคมีที่ใช้ฟอกสี.....	86



ถ

รายการภาพประกอบ

ภาพที่

หน้า

1-1.	สูตรโครงสร้างของกรดแอลจีนิค.....	7
1-2.	ปฏิกิริยาระหว่างกรดแอลจีนิค (poly-D-mannuronic acid) และสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต ให้ sodium polymannuronate หรือโซเดียมแอลจีเนต.....	8
1-3.	การสกัดโซเดียม แอลจีเนต โดยวิธี Green's "Cold".....	15
1-4.	การสกัดโซเดียม แอลจีเนต โดยวิธี Le Gloahec-Herter....	16
1-5.	ภาพถ่ายแนวเฉียงแสดงแหล่งสาหร่ายทะเลบริเวณสำนักสงฆ์ราชธรรมาราม อำเภอเกาะสมุย.....	19
1-6.	Agarose ในวุ้น.....	22
1-7.	กรรมวิธีการผลิตวุ้นโดยทั่ว ๆ ไปในทางอุตสาหกรรม	25
1-8.	กรรมวิธีทั่วไปในการสกัดไอโอดีนจากสาหร่ายทะเล.....	29
2-1.	เครื่องมือย่อยสลายสาหร่ายทะเล.....	43
2-2.	เครื่องมือทดสอบ gel strength ของวุ้น.....	49
3-1.	แสดงภาคตัดขวางของริมฝั่งทะเลที่พบสาหร่ายทะเล.....	52
3-2.	Sargassum sp. บริเวณอำเภอเกาะสมุย.....	55
3-3.	Sargassum spp. บริเวณอำเภอเกาะสมุย.....	55
3-4.	แผนที่แสดงบริเวณอำเภอเกาะสมุย.....	56
3-5.	Padina sp. บริเวณอำเภอเกาะสมุย.....	57
3-6.	Turbinaria sp. บริเวณอำเภอเกาะสมุย.....	59
3-7.	Dictyota sp. บริเวณตำบลมะเร็ต อำเภอเกาะสมุย.....	59
3-8.	บริเวณชายหาด หมู่บ้านหัวถนน ตำบลมะเร็ต อำเภอเกาะสมุย....	60
3-9.	Acanthophora sp. บริเวณตำบลมะเร็ต อำเภอเกาะสมุย....	62
3-10.	Gracilaria sp. บริเวณตำบลมะเร็ต อำเภอเกาะสมุย.....	62

3-11.	<i>Gracilaria</i> spp. บริเวณตำบลมะเร็ต อำเภอกោះสมุย	63
3-12.	แผนที่แสดงบริเวณทะเลสาบสงขลา	66
5-1.	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนระยะเวลาการแช่หมัก ในสารละลายโซเดียม คาร์บอเนต.....	89
5-2.	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนอุณหภูมิขณะยอบสลายควย การกวน.....	91
5-3.	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนระยะเวลาที่โซเดียมยอบสลาย ควยการกวน.....	92
5-4.	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยนปริมาณโซเดียม คาร์บอเนต.....	94
5-5.	ผลการทดลองโดยการเปลี่ยน pH และชนิดของกรดที่ใช้ ตกตะกอนกรดแอลจีนิค.....	95
5-6.	ผลการฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต ด้วยโซเดียม ไฮโปคลอไรท์.....	97
5-7.	ผลการฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต ด้วย Alumina hydrate.....	98
5-8.	ผลการฟอกสีสารละลายโซเดียม แอลจีเนต ด้วย Charcoal decolourising powder	99