0
574.19285
ป 496ก

การพัฒนาขบวนการการสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลสกุลโพลีคาเวอร์โนซาบางชนิดที่มีในประเทศไทย

ปริญญานิพนธ์

ของ

ปวีณา วรรักษ์เสรี

23 ก.ย. 2531

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
กุมภาพันธ์ 2531
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

166701

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการที่ปรึกษา		คณะกรรมการสอบ	
.....	ประธาน	.....	ประธาน
.....	กรรมการ	.....	กรรมการ
		.....	กรรมการ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือและคำแนะนำอย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวลี จันทร์กระจ่าง และ ดร. อุดมชัย จินะดิษฐ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ยุวา แตงเที่ยง ที่กรุณาให้คำแนะนำและช่วยเหลือในด้านการวิเคราะห์ ขอขอบคุณญาติ มิตร ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ จนกระทั่งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ปวีณา วรรักษ์เสรี

สารบาญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	คำนำ	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	2
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	4
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
	คำนิยามศัพท์เฉพาะ	5
2	ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง	6
3	วิธีดำเนินการทดลอง	19
	ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น	19
	วัตถุดิบ	19
	การทดลองการสกัดวุ้น	19
	ตอนที่ 2 การวิเคราะห์สารบางชนิดในวุ้นที่สกัดได้	19
	การหาความแข็งของวุ้น	19
	การวัดความโปร่งใสของวุ้น	22
	อุณหภูมิการเกิดเจล	22
	อุณหภูมิการหลอมเหลว	22
	การหาความชื้น	22
	การหาปริมาณเถ้า	23
	การหาปริมาณซัลเฟต	24
	การหาปริมาณโปรตีน	25
	การหาปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส	26

บทที่ หน้า

4 ผลการศึกษาค้นคว้า 29
ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น 29
การศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้น ตามวิธีที่ 1 29
ระยะเวลาในการสกัดวุ้น 29
อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสาหร่ายต่อน้ำในการสกัด 31
ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้น ตามวิธีที่ 2 31
ความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย 33
ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์
ก่อนการสกัด 35
อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์
ก่อนการสกัด 40
ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้น ตามวิธีที่ 3 40
ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้น ตามวิธีที่ 4 44
ความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับวุ้น 44
ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นกับเบส 44
ระยะเวลาและความเข้มข้นของเบส ในการทำปฏิกิริยากับวุ้น 45
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณสารบางชนิดในวุ้นที่สกัดได้ 50

5 สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ 59
บทย่อ 59
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า 59
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า 59
วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล 59
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า 60

บทที่ หน้า

อภิปรายผล 62

ข้อเสนอแนะ 65

บรรณานุกรม 66

ภาคผนวก 70

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	มาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่น	3
2	แสดงปริมาณสาหร่ายที่ส่งออกนอกประเทศและปริมาณวุ้นที่นำเข้าของประเทศไทย	4
3	การแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิ	21
4	แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดต่างกัน	29
5	แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำแตกต่างกัน	31
6	แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบสต่าง ๆ กัน ในการทำปฏิกิริยากับสาหร่ายที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน ก่อนการสกัด	33
7	แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบสต่าง ๆ กัน ในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด	35
8	แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 10	37
9	แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส	40
10	แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้อุณหภูมิต่าง ๆ กัน ในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 2 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง	41

ตาราง หน้า

11 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อแช่สาหร่ายด้วยกรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น ร้อยละ 0.03 ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด 41

12 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อให้วุ้นทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน 42

13 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อใช้เวลาต่าง ๆ กัน ในการทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิห้อง 44

14 แสดงผลของการทำปฏิกิริยาระหว่างเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน กับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิห้อง 46

15 แสดงผลของความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii เป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 50 °ซ 48

16 เปรียบเทียบปริมาณวุ้นและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ตามวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด 48

17 แสดงปริมาณซัลเฟตและปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ของวุ้นที่สกัดได้จาก P. changii P. fastigiata และ P. fisheri ตามวิธีที่ 1 และ 4 51

18 แสดงคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ตามวิธีที่ 1 และ 4 54

19 แสดงคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata ตามวิธีที่ 1 และ 4 55

20 แสดงคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fisheri ตามวิธีที่ 1 และ 4 56

21 แสดงร้อยละของซัลเฟตที่ถูกกำจัดออกไป, ร้อยละของ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตสที่เพิ่มขึ้น และร้อยละของเถ้าที่ลดลง 63

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 แสดงสเปคตรัมของวุ้น และอะกาโรส 9

2 กลไกการเกิดเจล 10

3 แผนภูมิการผลิตวุ้นโดยวิธีธรรมชาติ 16

4 แผนภูมิการผลิตวุ้นโดยวิธีแช่แข็ง 17

5 แผนภูมิการผลิตวุ้นโดยใช้ความดัน 18

6 แผนภูมิวิธีการสกัดวุ้น 20

7 แสดงผลของเวลาในการสกัดวุ้น ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น 30

8 แสดงผลของอัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำ ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น ที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii 32

9 แสดงผลของความเข้มข้นของเบสที่ทำปฏิกิริยากับสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน ก่อนการสกัด ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น 34

10 แสดงผลของความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น 36

11 แสดงผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนการสกัด ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น 38

12 แสดงผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบส ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น 39

13 แสดงผลของความเข้มข้นของเบส เมื่อทำปฏิกิริยากับวุ้นที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น 43

ภาพประกอบ หน้า

14 แสดงผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii กับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง ที่มีต่อความแข็งของวุ้น 47

15 แสดงผลของความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน 49

16 แสดงผลของการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นกับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่มีต่อปริมาณซัลเฟต 52

17 แสดงผลการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata กับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่มีต่อปริมาณซัลเฟตและความแข็งของวุ้น 53

18 รูป Polycavernosa changii 71

19 รูป Polycavernosa fastigiata 72

20 รูป Polycavernosa fisheri 73

21 รูปเครื่องวัดความแข็งของวุ้น 74

22 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซัลเฟตกับการดูดกลืนแสง 75

23 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ D - fructose กับค่าการดูดกลืนแสง 76

24 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับค่าการดูดกลืนแสง 77

บทที่ 1

บทนำ

คำนำ

วุ้นเป็นผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง เช่น สกุลเจลิเดียม (Gelidium) สกุลกราซิลาเรีย (Gracilaria) สกุลซีราเมียม (Geramium) และสกุลโพลีคาเวอร์โนซา (Polycavernosa) เป็นต้น สาหร่ายสกุลเจลิเดียมพบที่ประเทศสเปน โปรตุเกตุ มอรอคโค ญี่ปุ่น เกาหลี เม็กซิโก สหรัฐอเมริกา ส่วนสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียพบที่ประเทศชิลี อาร์เจตินา เปรู แอฟริกาใต้ อินโดนีเซีย ญี่ปุ่น บราซิล ฟิลิปปินส์ เป็นต้น (Mchugh. 1987 : 3)

ชาวญี่ปุ่น เป็นชาติแรกที่ผลิตวุ้นเป็นอุตสาหกรรมจากสาหร่ายทะเลสีแดง (Chapman. 1970 : 125) ต่อมาอุตสาหกรรมการผลิตวุ้นได้กระจายออกไปทั่วโลก เนื่องจากความต้องการในการใช้วุ้นมีมากขึ้น โดยเฉพาะประเทศที่มีอาณาเขตติดทะเล แต่ละประเทศได้เก็บเกี่ยวสาหร่ายมาแปรรูปจนได้วุ้นมาจำหน่ายเป็นสินค้าขาออก ทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นจำนวนมาก นอกจากประเทศญี่ปุ่นแล้ว ประเทศที่มีการผลิตวุ้น ได้แก่ เกลาหลี ไต้หวัน ชิลี มอรอคโค สเปน เป็นต้น ส่วนใหญ่วุ้นที่ผลิตได้แบ่งตามการนำไปใช้ประโยชน์ได้ 3 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 วุ้นที่นำมาใช้บริโภคเป็นอาหาร

กลุ่มที่ 2 วุ้นที่นำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ และในด้านอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมที่ต้องการให้เกิดการคงรูป (stabilizing agent) อาหารกระป๋อง แคปซูลยา อุตสาหกรรมกระดาษ

กลุ่มที่ 3 วุ้นที่นำมาใช้ในงานวิจัยด้านชีวเคมี เช่น การใช้เป็นสารค้ำจุน (supporting medium) ในเจลอิเลคโตรโฟริซิส (gel electrophoresis) อิมมูโนดิฟฟิวชัน (immunodiffusion) และเจลฟิลเตรชัน (gel filtration)

ในประเทศไทยยังไม่มีมาตรฐานควบคุมคุณภาพของวุ้น แต่อาจใช้มาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่นในการตรวจสอบคุณภาพของวุ้น ซึ่งสามารถควบคุมคุณภาพของวุ้นในกลุ่มที่ 1 สำหรับวุ้นในกลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ยังไม่มีมาตรฐานสำหรับควบคุมคุณภาพ (ตาราง 1)

จากการสำรวจสาหร่ายทะเลในประเทศไทยของ Abbett โดยนำตัวอย่างไปวิเคราะห์พบว่า มีสาหร่ายอย่างน้อย 2 สกุล คือ สกุลกราซิลาเรีย ปรากฏว่ามี 4 species ได้แก่ G. firma G. sariconia G. irregularis และ G. tenuistipitata var. liui และสกุลโพลีคาเวอร์โนซา ปรากฏว่ามี 4 species ได้แก่ P. changii P. fisheri P. fastigiata P. pereurrens ซึ่งสาหร่ายทั้งสองสกุลจะพบทางแถบภาคตะวันออกของประเทศไทย เช่น บริเวณอ่าวเลน คุ้งกระเบน แหลมหิน จังหวัดตราด และจังหวัดจันทบุรี เป็นต้น และแถบภาคใต้ของประเทศไทย บริเวณเกาะยอ จังหวัดสงขลา ปัตตานี ภูเก็ต นอกจากนี้ยังมีกระจายทั่วไปบริเวณจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี กระบี่ เป็นต้น (Abbott. 1987 : 7 - 23) ถึงแม้ว่าประเทศไทยจะมีวัตถุดิบในการผลิตวุ้น แต่ยังไม่มีอุตสาหกรรมการผลิตวุ้นภายในประเทศ ปัจจุบันเมื่อเก็บเกี่ยวสาหร่ายขึ้นมาแล้ว จะนำมาตากแห้งแล้วนำไปขายต่างประเทศ ขณะเดียวกันก็สั่งซื้อวุ้นเข้ามาในประเทศปี ๆ หนึ่งเป็นปริมาณมิใช่น้อย ดังแสดงในตาราง 2

อย่างไรก็ตามได้มีผู้พยายามศึกษากรรมวิธีในการสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลที่มีในประเทศไทยให้มีคุณภาพทัดเทียมกับวุ้นที่จำหน่ายในท้องตลาด แต่พบว่าวุ้นที่สกัดได้ยังมีคุณภาพไม่สูงพอตามที่ต้องการ (วลัย วราโห 2525 : 91 - 92) ด้วยเหตุดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะวิจัยเพื่อหากรรมวิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลที่มีในประเทศให้มีคุณภาพเทียบเท่ากับมาตรฐานของตลาดสากลหรือสูงกว่า

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อพัฒนากรรมวิธีในการสกัดวุ้นและพัฒนาคุณภาพของวุ้นที่สกัดได้ ให้มีคุณภาพเทียบเท่ามาตรฐานของวุ้นที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ตาราง 1 มาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่น

	เกรด			
	พิเศษ	1	2	3
ความแข็ง	600 กรัม/ซม.^{2} หรือมากกว่า	350 กรัม/ซม.^{2} หรือมากกว่า	250 กรัม/ซม.^{2} หรือมากกว่า	150 กรัม/ซม.^{2} หรือมากกว่า
ความชื้น	22 % หรือน้อยกว่า	22 % หรือน้อยกว่า	22 % หรือน้อยกว่า	22 % หรือน้อยกว่า
ปริมาณโปรตีน	1.5 % หรือน้อยกว่า	1.5 % หรือน้อยกว่า	2 % หรือน้อยกว่า	3 % หรือน้อยกว่า
ปริมาณเถ้า	4 % หรือน้อยกว่า	4 % หรือน้อยกว่า	4 % หรือน้อยกว่า	4 % หรือน้อยกว่า
สิ่งเจือปนที่ไม่ละลายในน้ำร้อน	0.5 % หรือน้อยกว่า	2 % หรือน้อยกว่า	3 % หรือน้อยกว่า	4 % หรือน้อยกว่า

(Okazaki. 1971 : 159)

ตาราง 2 ปริมาณสาหร่ายที่ส่งออกนอกประเทศและปริมาณวุ้นที่นำเข้าของประเทศไทย

ปี	สาหร่าย (ส่งออก)		วุ้น (นำเข้า)	
	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (กก.)	มูลค่า (บาท)
มกราคม - ธันวาคม 2524	154,714	16,397,550	184.065	61,662,498
มกราคม - ธันวาคม 2525	68,048	20,982,645	230,111	71,636,037
มกราคม - ธันวาคม 2526	60,125	20,127,483	307,016	101,264,067
มกราคม - ธันวาคม 2527	68,800	25,635,227	259,916	87,978,473
มกราคม - ธันวาคม 2528	100,984	38,880,424	234,131	95,333,822
มกราคม - ธันวาคม 2529	49,966	12,187,645	251,869	108,246,906

ที่มา สถิติการค้าระหว่างประเทศของประเทศไทย (กรมศุลกากร)

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

ผลของการศึกษา จะใช้เป็นแนวทางในการออกแบบหน่วยผลิตขนาดใหญ่ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้สาหร่ายทะเลสีแดงสกุลกราซิลาเรียจากอ่าวเลน แหลมหิน จังหวัดตราด และสาหร่ายสกุลกราซิลาเรียจากสถานเพาะเลี้ยงที่เกาะยอ ของภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา ต่อมา Abbott ได้นำตัวอย่างสาหร่ายดังกล่าวไปวิเคราะห์ ปรากฏว่าเป็นสาหร่ายสกุล Polycavernosa ฉะนั้นสาหร่ายจากอ่าวเลน มีชื่อว่า Polycavernosa changii สาหร่ายจากแหลมหิน มีชื่อว่า Polycavernosa fastigiata และสาหร่ายจากสถานเพาะเลี้ยงที่เกาะยอ มีชื่อว่า Polycavernosa fisheri (Abbott. 1987 : 7 - 23)

คำนิยามศัพท์เฉพาะ

1. วุ้น (agar) ตามคำจำกัดความของ U.S. pharmacopeia หมายถึง สารที่สกัดได้จากสาหร่ายทะเลสีแดง ซึ่งมีสมบัติไม่ละลายในน้ำเย็น แต่ละลายได้ในน้ำร้อน สารละลายวุ้นที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 จะมีลักษณะใส เมื่อทิ้งให้เย็นถึงอุณหภูมิ 32 - 39 องศาเซลเซียส จะแข็งตัวเป็นเจล (gel) ซึ่งจะหลอมเหลวอีกครั้งก็ต่อเมื่อได้รับความร้อนถึงอุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสขึ้นไป

2. ความแข็งของวุ้น (gel strength) หมายถึง น้ำหนักที่กดลงบนผิวหน้าของวุ้นที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 และสามารถทำให้ผิวหน้าของวุ้นแตก เมื่อเวลา 20 วินาที

3. อุณหภูมิการหลอมเหลว (melting temperature) หมายถึง อุณหภูมิในขณะที่วุ้นเปลี่ยนสถานะจากเจล เป็นซอล (sol) วุ้นที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีอุณหภูมิการหลอมเหลวอยู่ในช่วง 60 - 97 องศาเซลเซียส

4. อุณหภูมิการเกิดเจล (gelation temperature) หมายถึง อุณหภูมิในขณะที่วุ้นเปลี่ยนสถานะจากซอลเป็นเจล วุ้นที่มีความเข้มข้นร้อยละ 1.5 มีอุณหภูมิการเกิดเจลอยู่ในช่วง 34 - 42 องศาเซลเซียส

5. ผลผลิตร้อยละ (% yield) หมายถึง ปริมาณวุ้นที่สกัดได้คิดเป็นร้อยละ โดยคิดจากสาหร่ายแห้ง อบที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

สูตร ผลผลิตร้อยละ $= \frac{a \times c \times 100}{b \times d}$

a = น้ำหนักวุ้นแห้ง

b = น้ำหนักสาหร่ายแห้งที่ใช้สกัด

c = น้ำหนักสาหร่ายแห้งก่อนอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

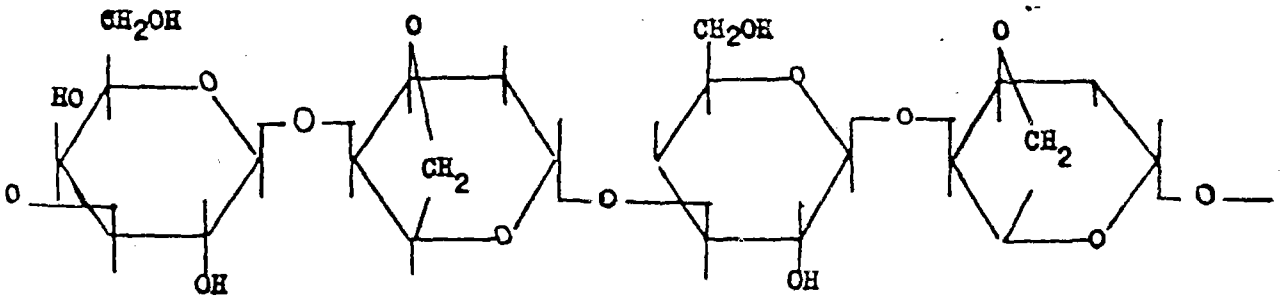
d = น้ำหนักสาหร่ายแห้งหลังอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

บทที่ 2

ทฤษฎีและเอกสารที่เกี่ยวข้อง

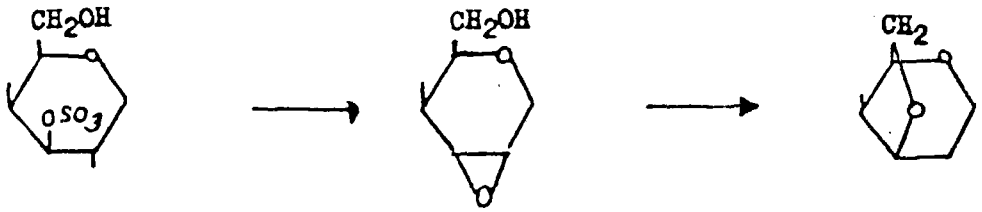
องค์ประกอบทางเคมีของวุ้น

วุ้น เป็นสารประกอบประเภทพอลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) ในวุ้นทั่วไปมีพอลีแซคคาไรด์ผสมสองชนิด คือ อะกาโรส (agarose) และอะกาโรเพคติน (agarepectin) อะกาโรสเป็นโพลีเมอร์สายยาว โดยในโมเลกุลมีการต่อสลับกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ระหว่างตำแหน่ง α 1→3 และ β 1→4 ระหว่างน้ำตาล D - galactose กับ 3, 6 - anhydro - α - L galactopyranose ดังนั้น อะกาโรส จึงมีโพลีเมอร์ที่มีสภาวะเป็นกลางทางไฟฟ้า สำหรับอะกาโรเพคตินเชื่อว่ามีโครงสร้างคล้ายกับอะกาโรส ยกเว้นบางแห่งของน้ำตาล D - galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย 4, 6 - O - (1 - carboxyethylidene) - D - galactopyranose หรือ D - galactose sulfate และบางแห่งของน้ำตาล L - galactose ถูกแทนที่ด้วย L - galactose sulfate ด้วยเหตุนี้จึงทำให้อะกาโรเพคติน มีประจุสูง เนื่องมาจากหมู่ซัลเฟตและหมู่คาร์บอกซิลที่เกาะอยู่ (Yaphe and Duck. 1971 : 15)



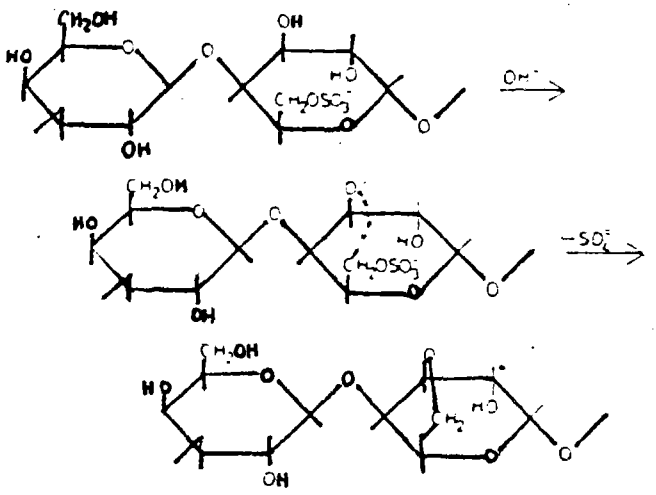
โครงสร้างอะกาโรส

หมู่ซัลเฟตที่อยู่ในโมเลกุลของวุ้น จะอยู่ในรูปของเอสเตอร์ (ester) หมู่ซัลเฟตเข้าเกาะในตำแหน่งไฮดรอกซิลอิสระของน้ำตาลในพอลีแซคคาไรด์ อาจเกาะได้มากกว่าหนึ่งตำแหน่งในโมเลกุลของน้ำตาล ถ้าหมู่ซัลเฟตเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 หรือคาร์บอนตำแหน่งที่ 6 หมู่ซัลเฟตอาจถูกกำจัดออกโดยทำปฏิกิริยากับเบส แล้วทำให้เกิดพันธะ - o - ขึ้นระหว่างตำแหน่งต่าง ๆ ในโมเลกุลของน้ำตาล โดยทั่วไปมักพบในรูปของ 3, 6 - anhydrogalactose หมู่ซัลเฟตเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 3 เมื่อทำปฏิกิริยากับเบส จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



(Percival. 1966 : 23)

ถ้าหมู่ซัลเฟตเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 เมื่อทำปฏิกิริยากับเบส จะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



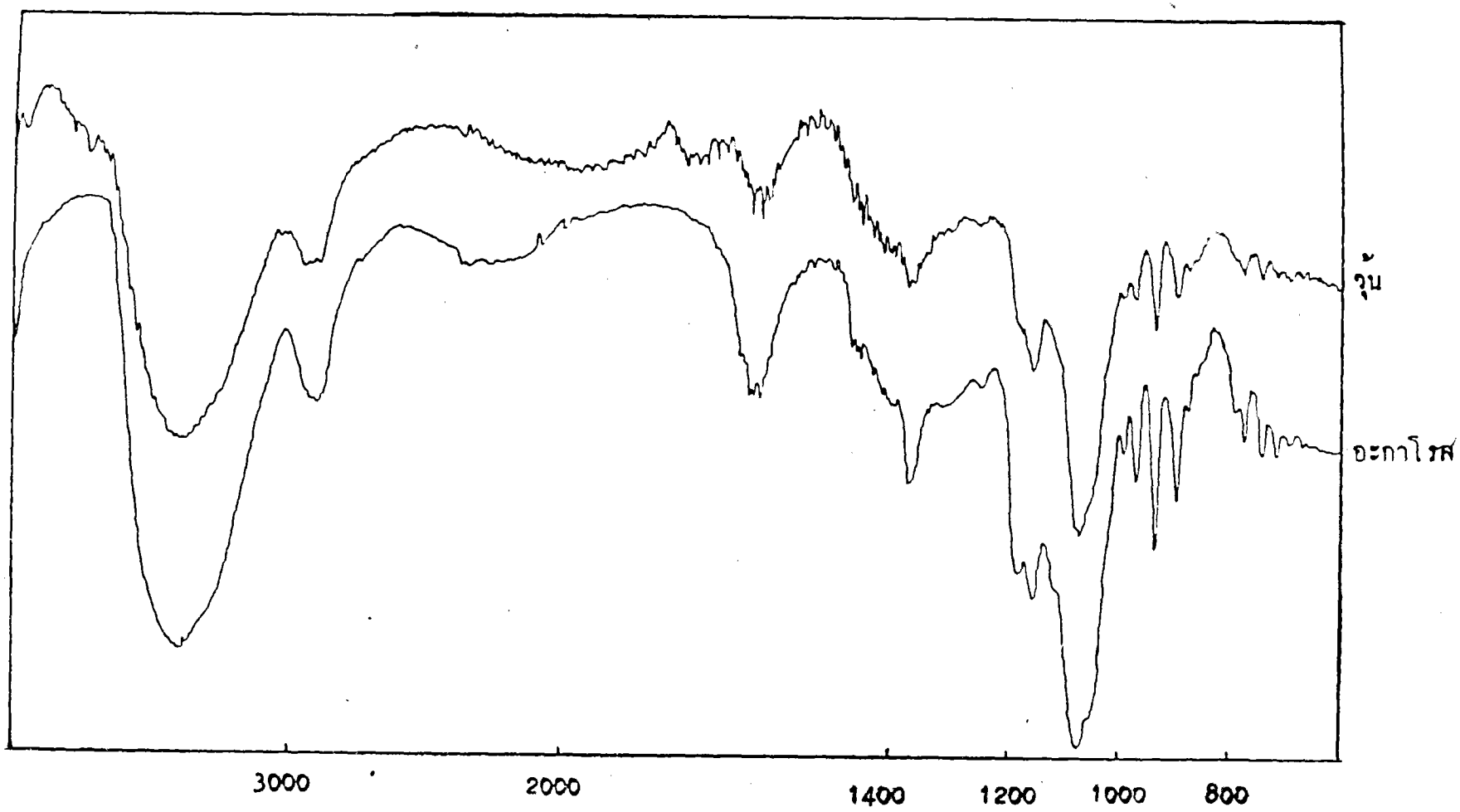
(Guiseley. 1977 : 3)

วุ้นที่สกัดได้ เมื่อนำมาวิเคราะห์หมู่ฟังชั่นนัล โดยการศึกษาอินฟราเรดสเปคตรัมของวุ้นและวุ้นบริสุทธิ์หรืออะกาโรสจะได้สเปคตรัม ดังภาพประกอบ 1

ในการศึกษาโครงสร้างของวุ้น จะศึกษาแถบบริเวณ 2960 , 2920 , 2845 , 1640 , 1370 , 1250 , 930 , 900 , 845 , 805 และ 705 ซม.$^{-1}$ ตามลำดับ แถบที่ 1250 ซม.$^{-1}$ เป็นแถบของคาร์โบไฮเดรตซัลเฟตเอสเตอร์ และความเข้มของแถบจะแปรเปลี่ยนขึ้นกับชนิดของสาหร่าย การดูดกลืนบริเวณ 2920 ซม.$^{-1}$ เป็นลักษณะแถบของ C - H ฉะนั้นปริมาณซัลเฟตทั้งหมดมีมากหรือน้อย อาจพิจารณาจากอัตราส่วนของแถบที่ 1250 ซม.$^{-1}$ ต่อแถบที่ 2920 ซม.$^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าดัชนีในการบอกถึงปริมาณซัลเฟตทั้งหมด (Chemical abstract. 1986 : 126533) นอกจากนี้ ปริมาณซัลเฟตอาจจะคาดคะเนได้จากอัตราส่วนของแถบที่ 1370 , 845 , 805 และ 705 ซม.$^{-1}$ ต่อแถบที่ 2920 ซม.$^{-1}$ เช่น ปริมาณ 3.6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส - 2 - ซัลเฟต คาดคะเนจากอัตราส่วนของแถบ 805 ต่อ 2920 ซม.$^{-1}$ สำหรับแถบที่ 930 ซม.$^{-1}$ เป็นแถบแสดงปริมาณ 3.6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแถบของคาร์โบไฮเดรตซัลเฟตเอสเตอร์ ที่ 1250 ซม.$^{-1}$ กล่าวคือ ถ้าความเข้มข้นของแถบที่ 1250 ซม.$^{-1}$ ลดลง ความเข้มของแถบที่ 930 ซม.$^{-1}$ อธิบายได้ว่าหมู่ซัลเฟตในคาร์โบไฮเดรตซัลเฟตเอสเตอร์จะถูกกำจัดออก แล้วเกิดเป็น 3,6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ซึ่งการกำจัดสามารถกระทำได้ โดยทำปฏิกิริยากับเบส (Laserna. 1981 : 444 - 445) นอกจากนี้ ปริมาณกาแลคโตส - 4 - ซัลเฟต ในวุ้นอาจพบแถบบริเวณ 930 ซม.$^{-1}$ เช่นเดียวกัน (Rochas. 1986 : 335)

<u>คุณสมบัติทางกายภาพของวุ้น</u>

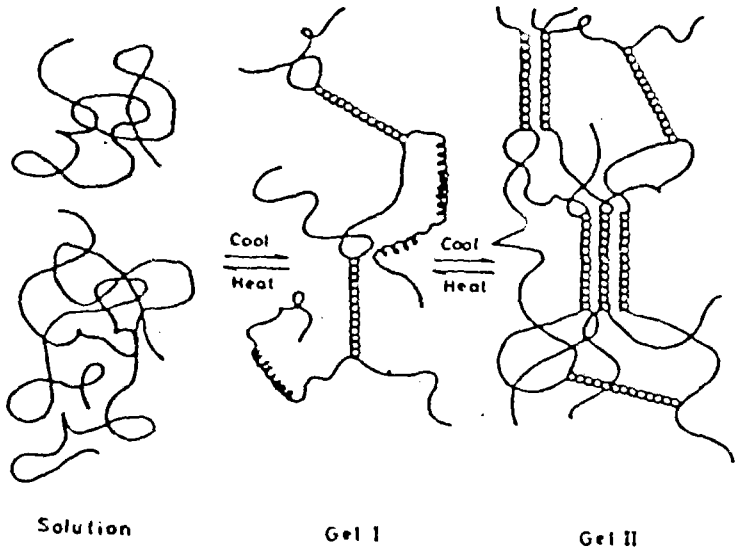
1. <u>ความแข็งของวุ้น</u> เป็นคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญที่ใช้ประเมินคุณภาพของวุ้น ความแข็งของวุ้นส่วนใหญ่เกิดจากอะกาโรส วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายต่างชนิดกันจะมีความแข็งไม่เท่ากัน เนื่องจากอัตราส่วนของอะกาโรสและอะกาโรเพคติน ไม่เท่ากัน และพบว่าความแข็งของวุ้นยังขึ้นกับอัตราส่วนโมลาร์ของการแลคโตสต่อ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส กล่าวคือ ถ้าอัตราส่วนของกาแลคโตสต่อ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตสเพิ่มขึ้น ความแข็งของวุ้นจะลดลง นอกจากนี้ ความแข็งของวุ้นจะลดลงเมื่อวุ้นมีปริมาณซัลเฟตกาแลคโตสมากขึ้น



ภาพประกอบ 1 แสดงสเปกตรัมของวุ้น และอะกาโรส

2. <u>การเกิดเจล</u> วุ้นเป็นสารที่มีลักษณะพิเศษ คือ สามารถเปลี่ยนสถานะจาก ซอล ⟶ เจล ⟶ ซอล ความสามารถในการเกิดเจลของวุ้นจะแตกต่างจากสารที่เกิดเจลทั่วไป โดยที่เจลของวุ้นจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิในการละลายมาก

กลไกการเกิดเจลของวุ้น เชื่อว่า เกิดเนื่องจากไฮโดรเจนอะตอม 3 อะตอม ที่ตำแหน่ง equatorial ในส่วนของ 3, 6 - anhydro - L - galactose ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ในรูปฮีลิกซ์ (helix) ดังแสดงในภาพประกอบ 2 การเกิดปฏิกิริยาต่อกันของฮีลิกซ์ เป็นสาเหตุของการเกิดเจล การแทนที่ 3, 6 - anhydro - L - galactose ด้วย L - galactose sulfate ทำให้ฮีลิกซ์เกิดการขดงอ เป็นผลให้เจลมีความแข็งต่ำ ถ้าหมู่ซัลเฟตเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 6 สามารถเปลี่ยนเป็น 3, 6 - anhydro - L - galactose ด้วยการทำปฏิกิริยากับเบส จะทำให้ความแข็งของวุ้นสูงขึ้น ถ้าหมู่ซัลเฟตเกาะที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 2 ของ 1 ⟶ 3 galactopyranose จะขัดขวางการเกิดเจล นอกจากนี้ปริมาณ 6 - O - methyl - D - galactose ไม่มีผลต่อความแข็งของวุ้น แต่มีผลต่ออุณหภูมิการเกิดเจล คือ วุ้นที่มีปริมาณเมทอลซิลสูง จะมีอุณหภูมิการเกิดเจลสูงขึ้น



ภาพประกอบ 2 กลไกการเกิดเจล

3. อุณหภูมิการหลอมเหลว เป็นค่าที่ใช้ประเมินคุณภาพของวุ้นได้เช่นเดียวกับความแข็งของวุ้น อุณหภูมิการหลอมเหลวมีความสัมพันธ์ทางบวกกับความแข็งและน้ำหนักโมเลกุลของวุ้น นอกจากนี้อุณหภูมิการหลอมเหลวจะสูงขึ้น เมื่อปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณซัลเฟตลดลง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ยูชิยามา (Ushiyama. 1953 : 1 - 3) ทดลองโดยนำสาหร่ายแห้งแช่ด้วยสารละลายเบสที่ระดับอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่า พบว่า ความแข็งของวุ้นที่สกัดได้สูงขึ้น

มัตทูแทมบี้ และซานโตส (Muttutamby และ Santos.: 669 - 673) ได้ทดลองนำสาหร่ายแห้งแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ก่อนการสกัด โดยแช่สาหร่าย Gracilaria verrucosa และ Gracilaria sjoestedtii พบว่า วุ้นที่สกัดได้มีความแข็งสูงขึ้น

มัตสุฮาชิ (Matsuhasshi. 1970 : 449) ได้ทดลองโดยใช้โพลีฟอสเฟต เช่น โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต ในการสกัดวุ้นจากสาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย พบว่า ความแข็งของวุ้นสูงขึ้น เมื่อใช้โพลีฟอสเฟตที่มีความเข้มข้น 1×10^{-3} ถึง 2×10^{-3} โมลาร์

โทมาส (Thomas. 1976 : 115 - 117) ได้ศึกษาปริมาณและคุณภาพของวุ้นจากการเพาะเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria edulis พบว่า สาหร่ายที่มีอายุได้ 3 เดือน จะมีค่าความแข็ง อุณหภูมิการเกิดเจล และอุณหภูมิการหลอมเหลวสูงกว่าสาหร่ายที่มีอายุ 2 และ 4 เดือน นอกจากนี้สภาวะที่เหมาะสม คือ สกัดภายใต้ความดันเป็นเวลา 2 ถึง 4 ชั่วโมง ส่วนการเติมโพแตสเซียมคลอไรด์ร้อยละ 0.5 ลงในวุ้นทำให้ความแข็งของวุ้นสูงขึ้น

ฮาน (Han. 1976 : 380) ได้ศึกษาผลของการแช่สาหร่ายด้วยเบสและกรดก่อนการสกัด พบว่า การแช่สาหร่ายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 5 และแช่ด้วยกรดซัลฟูริค ร้อยละ 0.05 - 0.1 จะให้ปริมาณวุ้นสูง ปริมาณไนโตรเจน และปริมาณเถ้าลดลง แต่ความแข็งของวุ้นเพิ่มขึ้น

ทากาวา และโคจิมา (Tagawa and Kojima. 1972 : 447 - 450) ได้นำวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย Gracilaria verrucosa มาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น 0.3 ถึง

1.0 โมลาร์ ที่ระดับอุณหภูมิ 60 - 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 - 5 ชั่วโมง ความแข็งของวุ้นจะสูงขึ้น แต่ปริมาณเอสเตอร์ซัลเฟตจะลดลง ปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส เพิ่มขึ้น

ซานโตส และโดตี้ (Santos and Doty. 1983 : 385 - 389) ได้ทำการสกัดวุ้นจากสาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย 5 ชนิด คือ G. abbottiana G. burpastories G. coronopifolia G. canaliculala และ G. epihippisera โดยแช่ในสารละลายเบส ซึ่งผสมระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์และแคลเซียมออกไซด์ที่ระดับอุณหภูมิ 85 - 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ปรากฏว่า G. coronopifolia ให้ปริมาณวุ้นสูงสุด ร้อยละ 31.07 ความแข็ง 295 กรัม/ซม.^{2} ในปีเดียวกันได้ทำการทดลองสกัดวุ้นจาก Gracilaria cylindrica ปรากฏว่า พี เอช (pH) ที่เหมาะสมในการสกัดควรมี พี เอช ประมาณ 12.5

ยิ (Yi. 1986 : 586) ทดลองสกัดวุ้นจาก Gelidium amansii โดยเปรียบเทียบกับการสกัดด้วยน้ำและสกัดในสภาวะที่เป็นกรด ปรากฏว่าการสกัดด้วยน้ำได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 13.3 ความแข็ง 306 กรัม/ซม.^{2} ส่วนการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริคที่มีความเข้มข้น 0.007 โมลาร์ ได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 38.7 ความแข็ง 511 กรัม/ซม.^{2} การสกัดในสภาวะเป็นกรด ความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 0.005 ถึง 0.01 โมลาร์ ใช้เวลาในการสกัดนาน 60 นาที

ดูเรียราตนัม และคนอื่น ๆ (Duriaratnam and others. 1981 : 669 - 674) รายงานว่า ปริมาณวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย Gracilaria verrucosa ประมาณร้อยละ 28 ถึง 32 ในญี่ปุ่น โอมิ (Ohmi) และคูโรดา (Kuroda) รายงานว่า ปริมาณวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย Gracilaria verrucosa ร้อยละ 38 - 42 และสาหร่าย Gracilaria sjoestedtii มีปริมาณวุ้นร้อยละ 49.16

แทม (Tam. 1981 : 463) สกัดวุ้นจากสาหร่ายที่มีในประเทศไทย โดยนำสาหร่ายมาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นประมาณร้อยร้อยละ 2 - 4 ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด พบว่า มีปริมาณวุ้นอยู่ในช่วงร้อยละ 32 - 38 ความแข็งของวุ้นมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 180 - 200 กรัม/ซม.^{2}

สมบัติ (สมบัติ ขอทวีวัฒนา 2521 : 63 - 65) ทำการทดลองโดยใช้สาหร่ายสกุลกราซิลาเรียจากจังหวัดระนอง ด้วยการนำสาหร่ายทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 1 ที่อุณหภูมิ

90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ก่อนการสกัด พบว่า มีปริมาณวุ้น ร้อยละ 18 - 21 ความแข็งของวุ้น 122 กรัม/ซม.^{2}

วลัย (วลัย วราโห 2525 : 82) รายงานว่า การสกัดวุ้นจาก Gracilaria blodgettii ทดลองโดยนำสาหร่ายทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 10 อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนการสกัด พบว่า มีปริมาณวุ้น ร้อยละ 19.21 และความแข็งของวุ้น 184.5 ths. m/m และการสกัดวุ้นจากสาหร่าย Gracilaria confervoides ทดลองโดยนำสาหร่ายทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 4 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ก่อนการสกัด พบว่า มีปริมาณวุ้น ร้อยละ 35.16 ความแข็งของวุ้น 183.75 ths. m/m

จะเห็นได้ว่า การสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลที่มีในประเทศไทย คุณภาพของวุ้นที่สกัดได้อยู่ในเกรด 3 หรือต่ำกว่า ตามมาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่น (ตาราง 1) ฉะนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดลองสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลที่มีในประเทศไทย เพื่อให้ได้วุ้นที่มีคุณภาพจัดอยู่ในเกรด 1 หรือเกรดพิเศษ

การแยกวุ้นให้บริสุทธิ์ (Purification)

วุ้นที่สกัดได้โดยวิธีดังกล่าวมาข้างต้น เหมาะสำหรับเป็นอาหาร แต่ไม่สามารถนำมาใช้ในงานวิจัยด้านชีวเคมีบางประเภท เช่น เจลอิเลคโตรโฟริซิส อิมมูโนดิฟฟิวชันและเจลฟิลเตรชัน งานเหล่านี้ต้องการวุ้นที่ไม่มีประจุ ดังนั้นจึงต้องปรับปรุงคุณภาพของวุ้นที่ได้ โดยแยกส่วนที่ไม่มีประจุออกจากวุ้น

อะราไค (Araki. 1937 : 1338) สามารถแยกอะกาโรส และอะกาโรเพคตินออกจากกันโดย acetylation ในคลอโรฟอร์ม จะได้ soluble agarose acetate และ insoluble agarose acetate

เฮเจอร์เทน (Hjerten. 1962 : 445 - 446) ได้แยกอะกาโรสออกจากสารละลายวุ้นโดยวิธีทำให้อะกาโรเพคตินตกตะกอนด้วยซิติลไพริดิเนียมคลอไรด์ (cety pyridinium chloride)

การเตรียมอะกาโรสโดยวิธี acetylation ในคลอโรฟอร์ม มีขั้นตอนการเตรียมยุ่งยาก และใช้สารเคมีราคาแพง ส่วนวิธีของเฮเจอร์เทน มีข้อเสียคือ ใช้สารเคมีราคาแพง ฉะนั้น รัสเซลและพอลสัน (Russell and Polson. 1963 : 169) ได้เสนอการเตรียมอะกาโรส โดยใช้

โพลีเอทิลีนไกลคอล (polyethylene glycol) น้ำหนักโมเลกุล 6000 ได้ปริมาณอะกาโรส ร้อยละ 30 ถึง 40

ทากาวา (Tagawa. 1968 : 98) ทำการแยกอะกาโรสและอะกาโรเพคตินออกจากกัน โดยใช้ ไดเมทิล ซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide) สารละลายวุ้นจะแยกออกเป็นสองส่วน ส่วนที่ละลาย คือ อะกาโรส และส่วนที่ไม่ละลาย คือ อะกาโรเพคติน เมื่อนำแต่ละส่วนมาวิเคราะห์ พบว่า อะกาโรสมีความแข็ง และการเกิดเจลสูงกว่าอะกาโรเพคติน ปริมาณซัลเฟตและปริมาณเถ้าของอะกาโรสน้อยกว่าอะกาโรเพคติน

วิธีดังกล่าวมานี้เป็นการแยกอะกาโรสออกจากสารละลายวุ้น อาจเตรียมอะกาโรสจากสาหร่ายโดยตรง ด้วยเบนโซโธเนียม คลอไรด์ ในการตกตะกอนแยกอะกาโรเพคตินออกจากวุ้น และใช้แคปปา คาราจิแนน เป็นตัวช่วยในการตกตะกอน ทำให้ตะกอนมีขนาดใหญ่ขึ้น

<u>กระบวนการการสกัดวุ้นในระดับอุตสาหกรรม</u>

เมื่อประมาณ 350 ปีมาแล้ว ประเทศญี่ปุ่นเริ่มมีการผลิตวุ้นเป็นอุตสาหกรรม ในระยะแรก การสกัดวุ้นใช้วิธีง่าย ๆ โดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสภาวะแวดล้อมตามธรรมชาติ ต่อมามีการพัฒนาด้านเทคโนโลยี เพื่อให้ได้วุ้นที่มีคุณภาพดี

วุ้นที่ผลิตได้มักได้จากสาหร่ายพวก hard seaweed คือ สาหร่ายสกุลเจลิเดียม การสกัดวุ้นจากสาหร่ายสกุลเจลิเดียม มักใช้อุณหภูมิ 110 - 130 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการสกัดนานกว่าสาหร่ายพวก soft seaweed เช่น สาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย สำหรับการสกัดวุ้นจากสาหร่ายสกุลกราวิลาเรีย มักมีการกำจัดซัลเฟตก่อนการสกัด ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากปริมาณและความแข็งของวุ้นไม่สัมพันธ์กัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องศึกษาถึงปริมาณความร้อนและ พี เอช ในการสกัดวุ้นของสาหร่ายแต่ละชนิด นอกจากนี้ ปริมาณและคุณภาพของวุ้นยังเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล

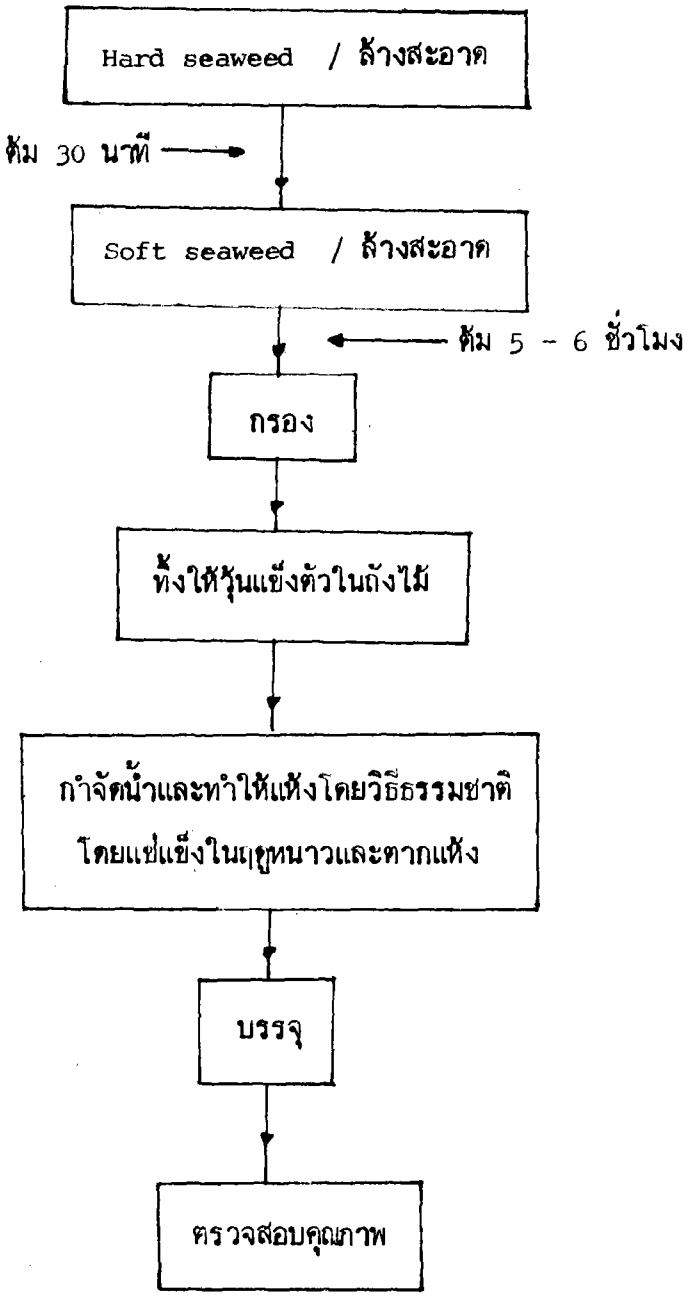
การผลิตวุ้นในระดับอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น แบ่งเป็น 3 วิธี (Okazaki. 1971 : 112)

1. การผลิตวุ้นโดยวิธีธรรมชาติ (Natural agar)

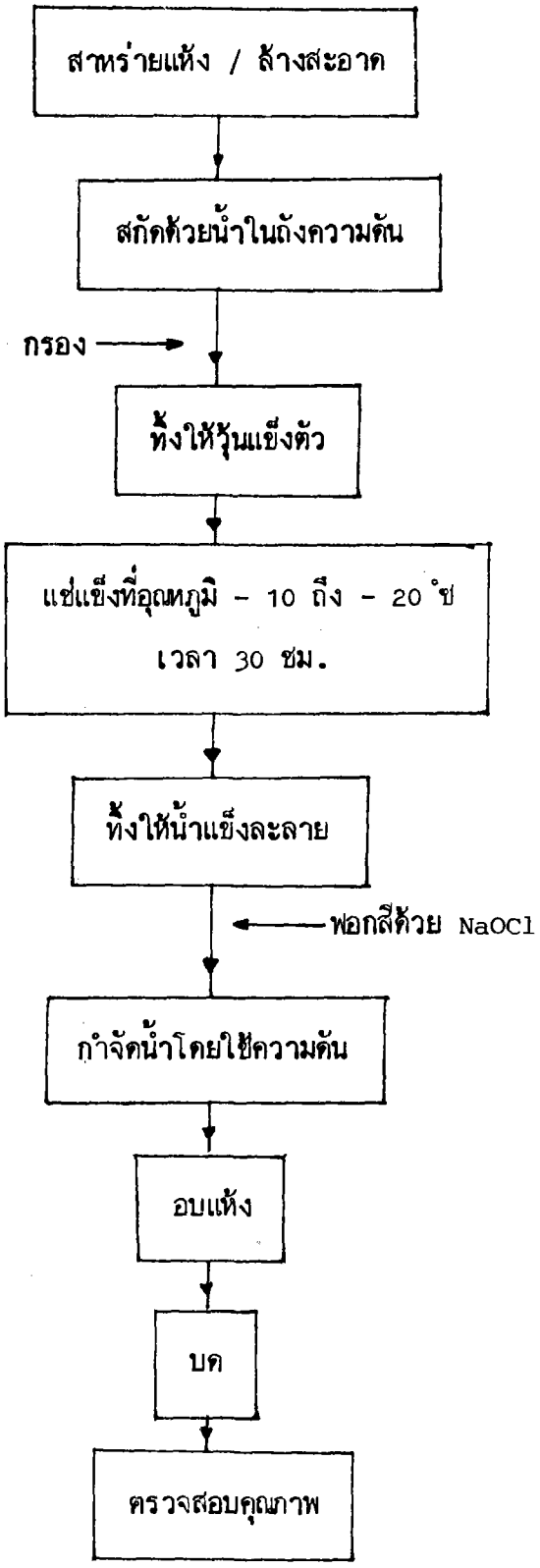
2. การผลิตวุ้นโดยใช้วิธีแช่แข็ง (Industrial agar refrigeration method)

3. การผลิตวุ้นโดยใช้ความดัน (Pressure method)

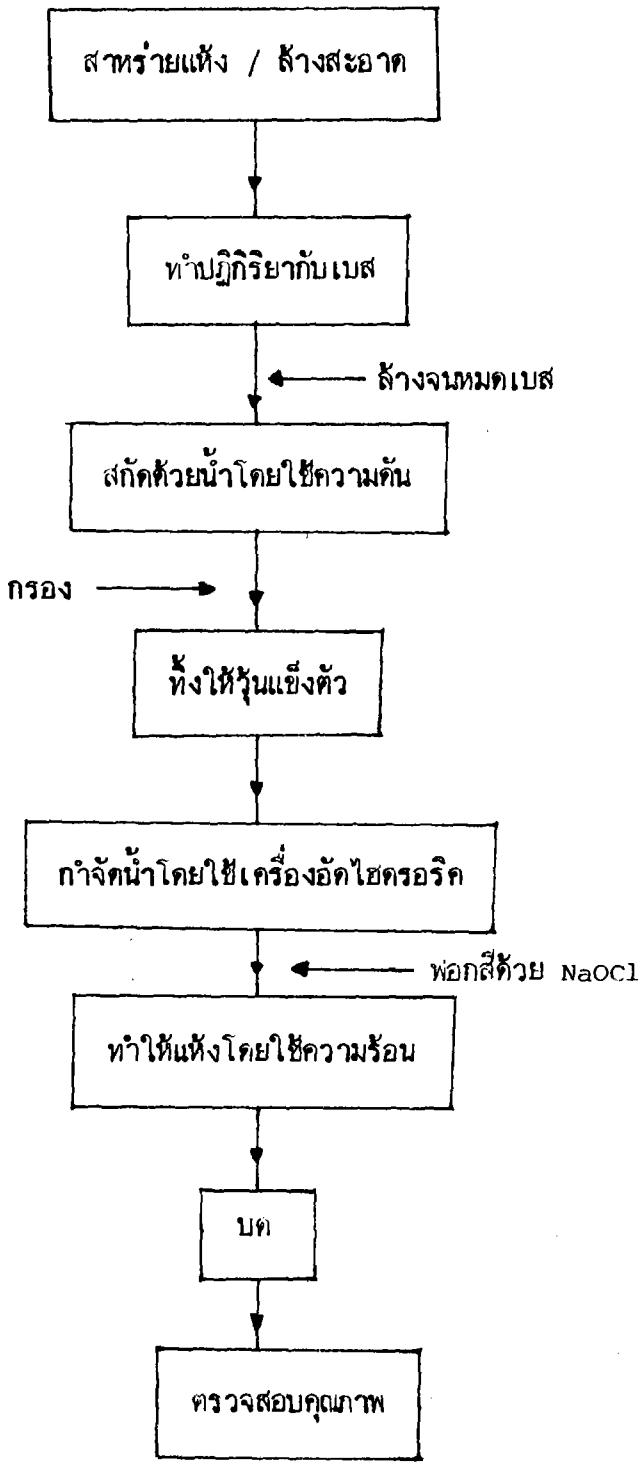
สำหรับขั้นตอนในการผลิตวุ้นแต่ละวิธี ดังแสดงในแผนภูมิที่ 1 ถึง 3



ภาพประกอบ 3 แผนภูมิการผลิตวุ้นโดยวิธีธรรมชาติ



ภาพประกอบ 4 แผนภูมิการผลิตวุ้นโดยวิธีแช่แข็ง



ภาพประกอบ 5 แผนภูมิการผลิตวุ้นโดยใช้ความดัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการทดลอง

ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น

1. วัตถุดิบ สาหร่ายทะเล Polycavernosa changii จากอ่าวเลน Polycavernosa fastigiata จากแหลมทิน Polycavernosa fisheri จากสถานเพาะเลี้ยงที่เกาะยอ ของภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

2. การทดลองการสกัดวุ้น ดังแสดงในแผนภูมิที่ 4 วิธีการสกัดทั้ง 4 วิธี ศึกษาตัวแปรต่อไปนี้

2.1 ระยะเวลาในการสกัด

2.2 อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำ

2.3 ความเข้มข้นของเบส

2.4 ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบส

2.5 อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบส

2.6 ระยะเวลาในการแช่สาหร่ายด้วยกรด

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์หาปริมาณสารบางชนิดในวุ้นที่สกัดได้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

1. การหาความแข็งของวุ้น

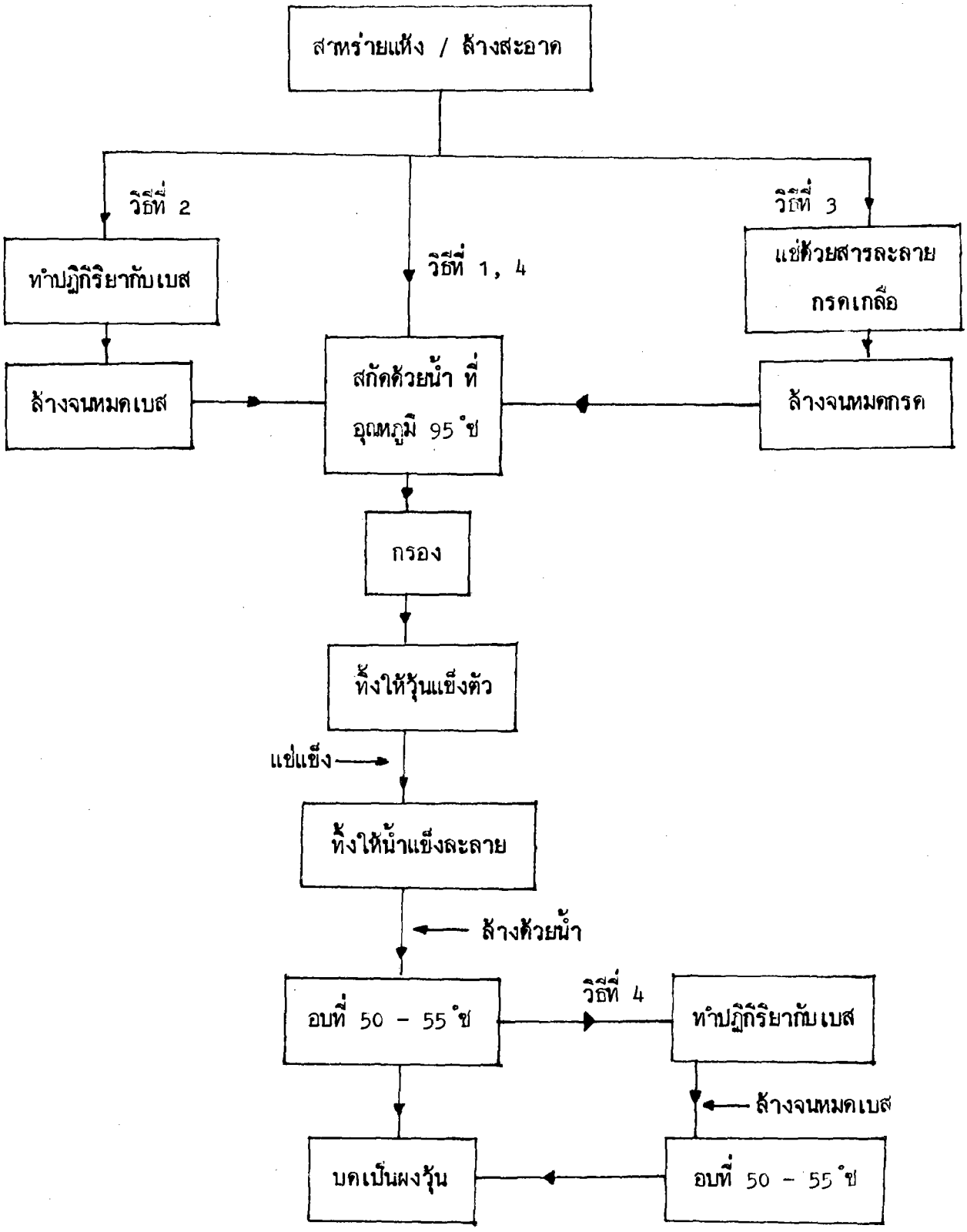
1. การเตรียมสารละลายวุ้น

1.1 ชั่งวุ้นประมาณ 3 กรัม ลงในปีกเกอร์ เติมน้ำ 197 กรัม

1.2 นำปีกเกอร์จากข้อ 1.1 ลงในหม้ออัดความดัน และให้ความร้อนประมาณ 30 นาที

1.3 เทสารละลายวุ้นลงในถ้วยที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ให้สารละลายวุ้นสูง 3 เซนติเมตร และทิ้งให้วุ้นแข็งตัวที่อุณหภูมิห้อง

1.4 นำวุ้นจากข้อ 1.3 ไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 15 ชั่วโมง



ภาพประกอบ 6 แผนภูมิวิธีการสกัดวุ้น

2. การวัดความแข็งของวุ้น

การวัดความแข็งของวุ้นใช้ Nikkansui shiki gelometer โดยวางน้ำหนักลงบน plunger แล้วหมุน plunger กดลงบนผิวหน้าของวุ้น แล้วเริ่มจับเวลา

3. การคำนวณ

3.1 การแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิ ในกรณีที่อุณหภูมิของวุ้นคลาดเคลื่อนไปจาก 20 องศาเซลเซียส สามารถคำนวณความแข็งของวุ้นที่ 20 องศาเซลเซียสได้ โดยอาศัยตารางแก้ความคลาดเคลื่อน ดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 การแก้ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิ

อุณหภูมิ °ซ	สัมประสิทธิ์	อุณหภูมิ °ซ	สัมประสิทธิ์
10	0.74	20	1.00
11	0.76	21	1.03
12	0.79	22	1.06
13	0.81	23	1.09
14	0.84	24	1.13
15	0.86	25	1.16
16	0.89	26	1.20
17	0.91	27	1.23
18	0.94	28	1.27
19	0.97	29	1.30

3.2 การแก้ความคลาดเคลื่อนจากการจับเวลา ในขณะวัดความแข็งของวุ้น หากไม่สามารถทำให้ผิวหน้าวุ้นแตก เมื่อเวลา 20 วินาที ต้องคำนวณความแข็งของวุ้นจากสูตร

166701

สูตร $\log (W_{20}) = \log (W_t) + K (\log t - \log 20)$

W_{20} = ความแข็งของวุ้น (กรัม/ซม.^{2})

W_t = น้ำหนักที่ทำให้วุ้นแตก เมื่อเวลา t วินาที (กรัม)

t = เวลาที่ผิวหน้าวุ้นสามารถต่อต้านน้ำหนัก (W_t) (วินาที)

K = ค่าคงที่ เท่ากับ 0.18 สำหรับวุ้น (กรัม/วินาที - ซม.^{2})

2. การวัดความโปร่งใสของวุ้น (% transmittance) นำสารละลายวุ้นความเข้มข้นร้อยละ 1.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ขณะร้อน 60 - 70 องศาเซลเซียส เทลงใน Baush & Lomb 1 cm cell วัด % transmittance ของสารละลายวุ้นขณะร้อนที่ 520 นาโนเมตร ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวเปรียบเทียบ

3. อุณหภูมิการเกิดเจล นำสารละลายวุ้นความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ใส่ในหลอดทดลองที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 เซนติเมตร แล้วจุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในหลอดทดลอง นำหลอดทดลองลงในอ่างน้ำ ลดอุณหภูมิในอ่างลงประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ต่อนาที บันทึกอุณหภูมิในขณะที่ดึงเทอร์โมมิเตอร์ออกจากวุ้น แล้วเกิดเป็นรอยของเทอร์โมมิเตอร์ในวุ้น

4. อุณหภูมิการหลอมเหลว โดยใช้สารละลายวุ้นความเข้มข้น ร้อยละ 1.5 (น้ำหนัก/ปริมาตร) ใส่ลงในหลอดทดลอง ตั้งทิ้งให้เกิดเจลที่อุณหภูมิห้องประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วใส่ลูกเหล็กหนักประมาณ 0.25 กรัม ลงในหลอดทดลอง และกดให้ลูกเหล็กจมลงพอดีที่ผิวหน้าวุ้น นำมาแช่ในอ่างน้ำที่มีอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วจึงค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิขึ้นประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส ต่อนาที บันทึกอุณหภูมิในขณะที่ลูกเหล็กเริ่มจมลงก้นหลอดทดลอง

5. การหาความชื้น (moisture content) (A.O.A.C. 1984 : 583)

1. อบครูซิเบิล (crucible) พร้อมฝาที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

2. นำใส่ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็น 30 นาที

3. ชั่งน้ำหนักครูซิเบิลพร้อมฝา

4. ชั่งตัวอย่างวุ้นหนักประมาณ 1 กรัม ในครูซิเบิล

5. นำไปอบในตู้อบ ประมาณ 5 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

6. นำมาอบอีก 30 นาที ทำให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนักจนน้ำหนักคงที่ ($\pm$ 0.0002 กรัม)

7. คำนวณหาความชื้น

$$\text{ปริมาณความชื้นร้อยละ} = \frac{100\ (W_1 - W_2)}{W_1 - W}$$

W = น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมฝา

W_1 = น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมฝา + น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมฝา + น้ำหนักสารตัวอย่างหลังอบ

6. <u>การหาปริมาณเถ้า</u> (ash) (A.O.A.C. 1984 : 279)

1. เผาครูซิเบิลพร้อมฝาในเตาเผา ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งหาน้ำหนักที่แน่นอน

2. ชั่งตัวอย่างวุ้นในเดซิเคเตอร์ ประมาณ 1 กรัม

3. เผาบนเปลวไฟ

4. นำไปเผาในเตาที่อุณหภูมิ ประมาณ 600 องศาเซลเซียส จนกระทั่งได้เถ้าสีขาวหรือสีเทา

5. นำไปใส่ในเดซิเคเตอร์ ทิ้งให้เย็น ชั่งน้ำหนักจนได้น้ำหนักคงที่ ($\pm$ 0.0002 กรัม)

6. คำนวณปริมาณเถ้า

$$\text{ปริมาณเถ้าร้อยละ} = \frac{100\ (W_2 - W)}{W_1 - W}$$

W = น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมฝา

W_1 = น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมฝา + น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนอบ

W_2 = น้ำหนักครูซิเบิลพร้อมฝา + น้ำหนักสารตัวอย่างหลังอบ

7. <u>การหาปริมาณซัลเฟต</u> (Dodgson and Price. 1962 : 106 - 107)

7.1 <u>การเตรียมสารเคมีที่ใช้</u>

1. สารละลายแมกเนเซียมไนเตรดอิ่มตัว ($Mg(NO_3)_2$) เตรียมจากการละลายแมกเนเซียมไนเตรดในน้ำจนอิ่มตัว เติมกรดไนตริค จนสารละลายมี พี เอช 1

2. สารละลายกลีเซอรอลต่อเอทานอล ในอัตราส่วน 1 ต่อ 2

3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ - กรดไฮโดรคลอริค เตรียมจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ความเข้มข้นร้อยละ 33.5 ในสารละลายกรดไฮโดรคลอริคความเข้มข้นร้อยละ 0.04

7.2 <u>การทำกราฟมาตรฐาน</u>

1. การเตรียมสารละลายซัลเฟตมาตรฐาน เตรียมสารละลายซัลเฟตมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 1.04×10^{-3} โมลาร์ โดยชั่งโซเดียมซัลเฟตที่บริสุทธิ์จากน้ำ 0.1479 กรัม ละลายน้ำจนมีปริมาตร 1 ลิตร

2. เตรียมสารละลายซัลเฟตมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 10 , 15 , 20 , 25 , 30 , 35 และ 40 มิลลิกรัมของซัลเฟตอิออนต่อลิตร ตามลำดับ โดยปิเปตสารละลายซัลเฟตมาตรฐานมาจำนวน 5.0 , 7.5 , 10.0 , 12.5 , 15.0 , 17.5 และ 20.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร ตามลำดับ ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำจนมีปริมาตร 50 ลูกบาศก์-เซนติเมตร

3. ใส่สารละลายกลีเซอรอล - เอทานอล 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร และสารละลายโซเดียมคลอไรด์ - กรดไฮโดรคลอริค 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร กวนด้วยเครื่องคนแม่เหล็กไฟฟ้า

4. ใส่แบเรียมคลอไรด์ ประมาณ 0.2 กรัม กวนต่อ 1 นาที พัก 4 นาที และกวนต่ออีก 15 วินาที แล้วนำไปวัด optical density (O.D.) ด้วยเครื่องสเปคโตรนิค 21 ที่ความยาวคลื่น 425 นาโนเมตร

5. การทำแบลงค์ โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายซัลเฟตมาตรฐาน

6. นำค่า O.D. และความเข้มข้นของสารละลายซัลเฟตมาตรฐานมาเขียนกราฟ จะได้กราฟมาตรฐาน

7.3 การหาปริมาณซัลเฟตจากสารตัวอย่าง

1. ชั่งวุ้น หนักประมาณ 0.05 - 0.1 กรัม ในครูซิเบิล เติมสารละลายแมกเนเซียมไนเตรด ประมาณ 20 - 30 หยด ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน

2. ตั้งบน hot plate ความร้อนปานกลาง คอยคนสม่ำเสมอ จนเกิดควันสีน้ำตาล และได้เถ้าสีขาว

3. นำไปเผาในเตาเผา อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส ประมาณ 1 ชั่วโมง

4. ละลายเถ้าที่ได้ด้วยกรดไฮโดรคลอริค ความเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำจนมีปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 7.2 ข้อ 3 และ 4

6. นำค่า O.D. ที่วัดได้ มาหาปริมาณซัลเฟต โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณปริมาณร้อยละของซัลเฟต

8. การหาปริมาณโปรตีน (Lowry and orthers. 1951 : 265 - 275)

8.1 การเตรียมสารเคมีที่ใช้

1. สารละลายอัลคาไลน์คอปเปอร์ (alkaline copper solution) เตรียมจาก สารละลาย ก. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น ร้อยละ 2 ในโซเดียม-ไฮดรอกไซด์ 0.1 โมลาร์ สารละลาย ข. สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต ความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 ในสารละลายโซเดียมโพแตสเซียม ตาร์เตรด ความเข้มข้น ร้อยละ 1 นำสารละลาย ก. 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมกับสารละลาย ข. 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตร เมื่อต้องการใช้

2. โฟลีนรีเอเจนต์ (Foline reagent) ผสมโฟลีนรีเอเจนต์ 1 ส่วน ด้วยน้ำกลั่น 1 ส่วน เมื่อต้องการใช้

8.2 การทำกราฟมาตรฐาน

1. การเตรียมสารละลายโปรตีนมาตรฐาน ละลายโบไวน์ ซีรัม อัลบูมิน (bovine serum albumin : B S A) 5 มิลลิกรัมในน้ำ ทำให้สารละลายมีปริมาตร 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้สารละลายโปรตีนมาตรฐาน ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ปิเปตสารละลายโปรตีนมาตรฐาน ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้สารละลายมีความเข้มข้น 50 , 100 , 150 , 200 , 250 และ 300 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ในหลอดทดลองขนาด 1.5 × 10 เซนติเมตร

3. ใส่สารละลายอัลคาไลน์คอปเปอร์ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 10 นาที และใส่โฟลีนรีเอเจนต์ 0.1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง แล้วนำไปวัดค่า O.D. ด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer UV - 240) ที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร

4. การทำแบลงค์ โดยใช้น้ำกลั่นแทนสารละลายโปรตีนมาตรฐาน

5. นำค่า O.D. และความเข้มข้นของสารละลายโปรตีนมาตรฐานมาเขียนกราฟ จะได้กราฟมาตรฐาน

8.3 <u>การหาปริมาณโปรตีนในสารตัวอย่าง</u>

1. ชั่งวุ้น ประมาณ 0.1 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น ทำให้สารละลายวุ้นมีปริมาตร 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ปิเปตสารละลายวุ้นจากข้อ 1 มาจำนวน 0.2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลอง

3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 8.2 ข้อ 3

4. นำค่า O.D. ที่วัดได้มาหาปริมาณโปรตีน โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณปริมาณร้อยละของโปรตีน

9. <u>การหาปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส</u> (Grogio. 1978 : 116)

9.1 <u>การเตรียมสารเคมีที่ใช้</u>

1. resorcinol - acetal reagant สารละลาย ก. ชั่ง resorcinol 150 มิลลิกรัม ละลายน้ำจนมีปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลาย ข. ชั่ง acetal 82 มิลลิกรัม เติมน้ำจนมีปริมาตร 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิเปตสารนี้มา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร เติมน้ำจนมีปริมาตร 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร ปิเปตสารละลาย ก. มา 9 ลูกบาศก์เซนติเมตร ใส่ลงใน flask และปิเปตสารละลาย ข. มา 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ผสมลงไป และเติมกรดไฮโดรคลอริค เข้มข้น จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

9.2 <u>การทำกราฟมาตรฐาน</u> ในการทดลองนี้ใช้ D - fructose เป็นสารมาตรฐาน แทน 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส เนื่องจากกราฟมาตรฐานที่ได้จากสารทั้งสองชนิดมีค่า slope ใกล้เคียงกันมาก จึงใช้แทนกันได้ (Yaphe and Arenault. 1965 : 143 - 148)

1. การเตรียมสารละลายฟรุคโตสมาตรฐาน ชั่ง D - fructose 27.0 มิลลิกรัม ละลายในสารละลายอิ่มตัวของกรดเบนโซอิค จนมีปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ปิเปตสารละลายฟรุคโตสมาตรฐาน ทำให้เจือจางด้วยน้ำกลั่น ให้สารละลายมีความเข้มข้น 0.06 , 0.12 , 0.18 , 0.24 และ 0.30 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเติมน้ำกลั่น จำนวน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลอง

3. นำหลอดทดลองไปแช่ในอ่างน้ำแข็ง ประมาณ 10 นาที

4. ใส่ resorcinol - acetal reagent 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร เขย่าให้เข้ากัน

5. นำหลอดทดลองไปแช่ในอ่างน้ำแข็งอีกประมาณ 10 นาที

6. นำไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ประมาณ 4 นาที

7. ทำให้ร้อนในอ่างน้ำร้อน ที่มีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ประมาณ 10 นาที และไปแช่ในอ่างน้ำแข็งอีกประมาณ 1.5 นาที

8. นำไปวัดค่า O.D. ด้วยเครื่องสเปคโตรนิค 21 ที่ความยาวคลื่น 555 นาโนเมตร

9. การทำแบลงค์ ทำการทดลองเช่นเดียวกับตอนบน แต่ใช้น้ำกลั่นแทน

10. นำค่า O.D. และความเข้มข้นของสารละลายฟรุคโตสมาตรฐานมาเขียนกราฟ จะได้กราฟมาตรฐาน

9.3 <u>การหาปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตสในสารตัวอย่าง</u>

1. ชั่งวุ้นหนักประมาณ 0.01 กรัม ละลายวุ้นด้วยน้ำกลั่น ทำให้สารละลายวุ้นมีปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร

2. ปิเปตสารละลายวุ้นจากข้อ 1 มาจำนวน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในหลอดทดลอง แล้วเติมน้ำกลั่นอีก 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร

3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 9.2 ข้อ 3 ถึง 8

4. นำค่า O.D. ที่วัดได้ มาหาปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส โดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน และคำนวณร้อยละของ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส

บทที่ 4

ผลการศึกษาค้นคว้า

ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น

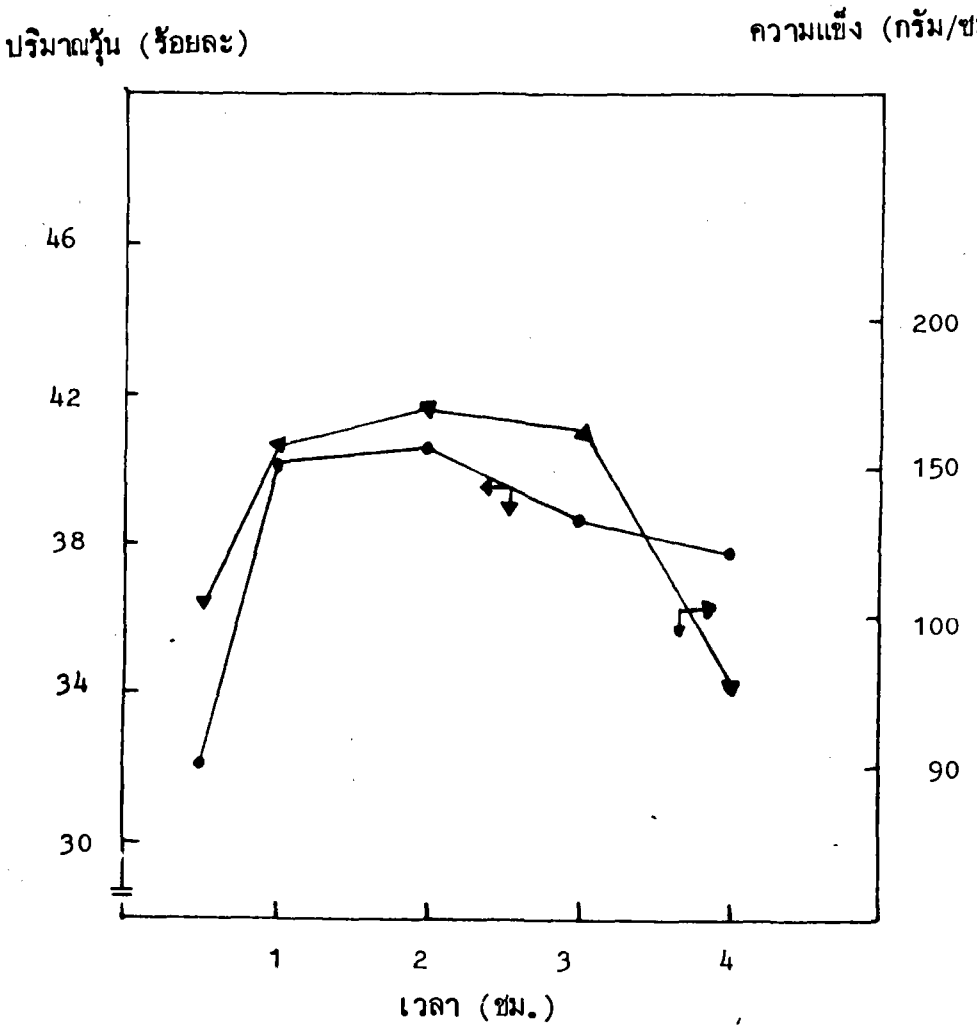
1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น ตามวิธีที่ 1

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้สาหร่ายทะเล Polycavernosa changii จากอ่าวเลน โดยทำการศึกษาตัวแปร ดังต่อไปนี้

1.1 ระยะเวลาในการสกัดวุ้น โดยใช้ระยะเวลาในการสกัด ดังนี้ 1/2, 1, 2 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ พบว่า ปริมาณวุ้นมากที่สุด เมื่อใช้เวลาในการสกัดระหว่าง 1 ถึง 2 ชั่วโมง และปริมาณวุ้นจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อใช้เวลาในการสกัดนานขึ้น ส่วนความแข็งของวุ้นมีค่าสูงสุด เมื่อใช้เวลาในการสกัดระหว่าง 1 ถึง 3 ชั่วโมง (ตาราง 4)

ตาราง 4 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อใช้เวลาในการสกัดต่างกัน

ระยะเวลาในการสกัดวุ้น (ชม.)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ชม.^{2})
1/2	33	102
1	40	160
2	41	170
3	39	163
4	38	78



ภาพประกอบ 7 แสดงผลของระยะเวลาในการสกัดวุ้นจากสาหร่าย P. changii ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น

1.2 อัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสาหร่ายต่อน้ำในการสกัด โดยใช้อัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำ ดังนี้ 1 : 25, 1 : 30, 1 : 50 และ 1 : 75 ตามลำดับ พบว่า ปริมาณวุ้นที่สกัดได้สูงขึ้น เมื่อใช้น้ำในการสกัดมากขึ้น ส่วนความแข็งของวุ้นมีค่าใกล้เคียงกัน จะเห็นได้ว่าอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างสาหร่ายต่อน้ำ ควรอยู่ในช่วง 1 : 30 ถึง 1 : 50) (ตาราง 5)

ตาราง 5 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำแตกต่างกัน

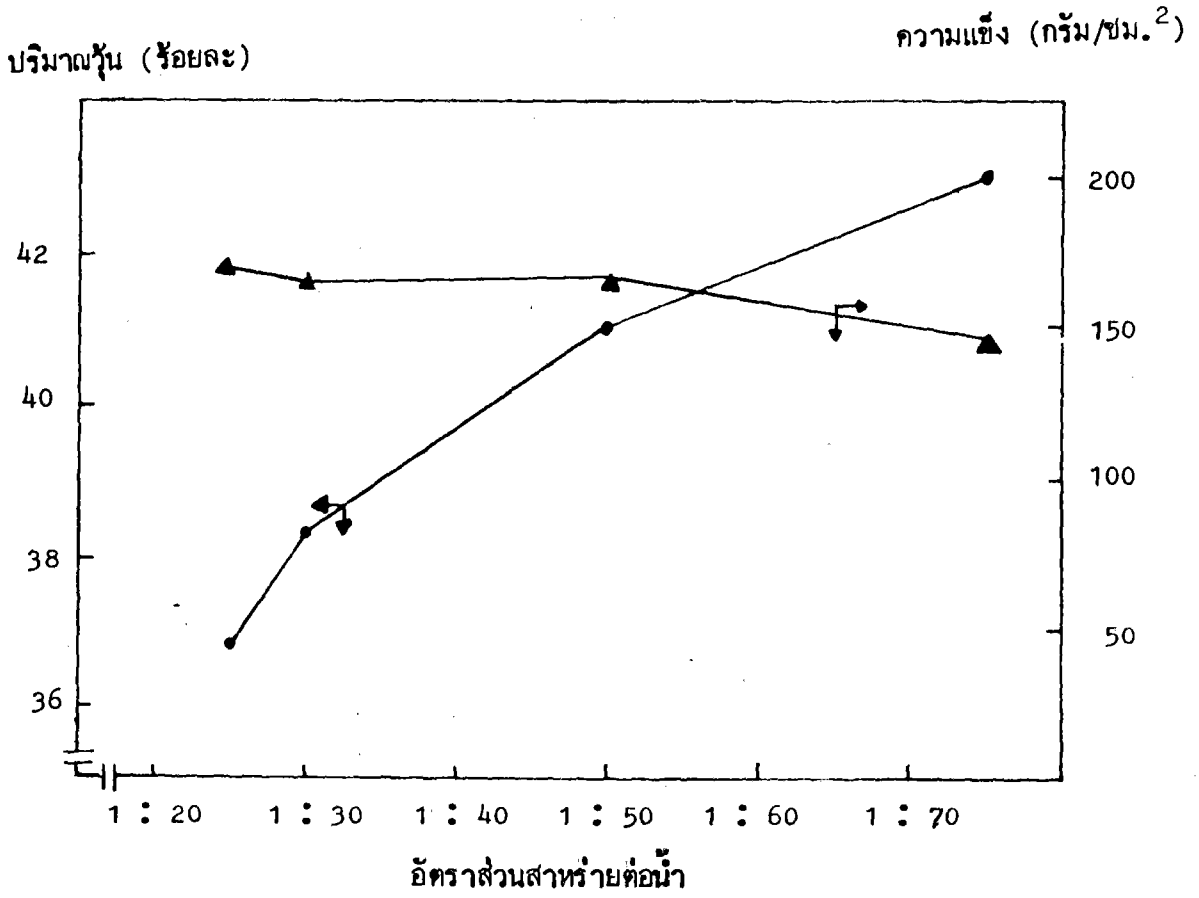
อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำ	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})
1 : 25	37	170
1 : 30	38	165
1 : 50	41	166
1 : 75	44	146

2. ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้น ตามวิธีที่ 2

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้สาหร่ายทะเล Polycavernosa changii จากอ่าวเลน โดยศึกษาตัวแปร ดังต่อไปนี้

2.1 ความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย ในการศึกษาครั้งนี้ทำการทดลองที่ อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

2.1.1 ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการทำปฏิกิริยากับสาหร่ายที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 2, 3, 5, 10, 15, 20 และ 25 ตามลำดับ พบว่า เมื่อสาหร่ายมาทำปฏิกิริยากับเบส ปริมาณวุ้นที่สกัดได้จะเพิ่มขึ้น ส่วนความแข็งของวุ้นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยในช่วงความเข้มข้นของเบส ร้อยละ 2 ถึง 15 ค่าความแข็งของวุ้นอยู่ในช่วง 100 - 193 กรัม/ซม.^{2} เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบส



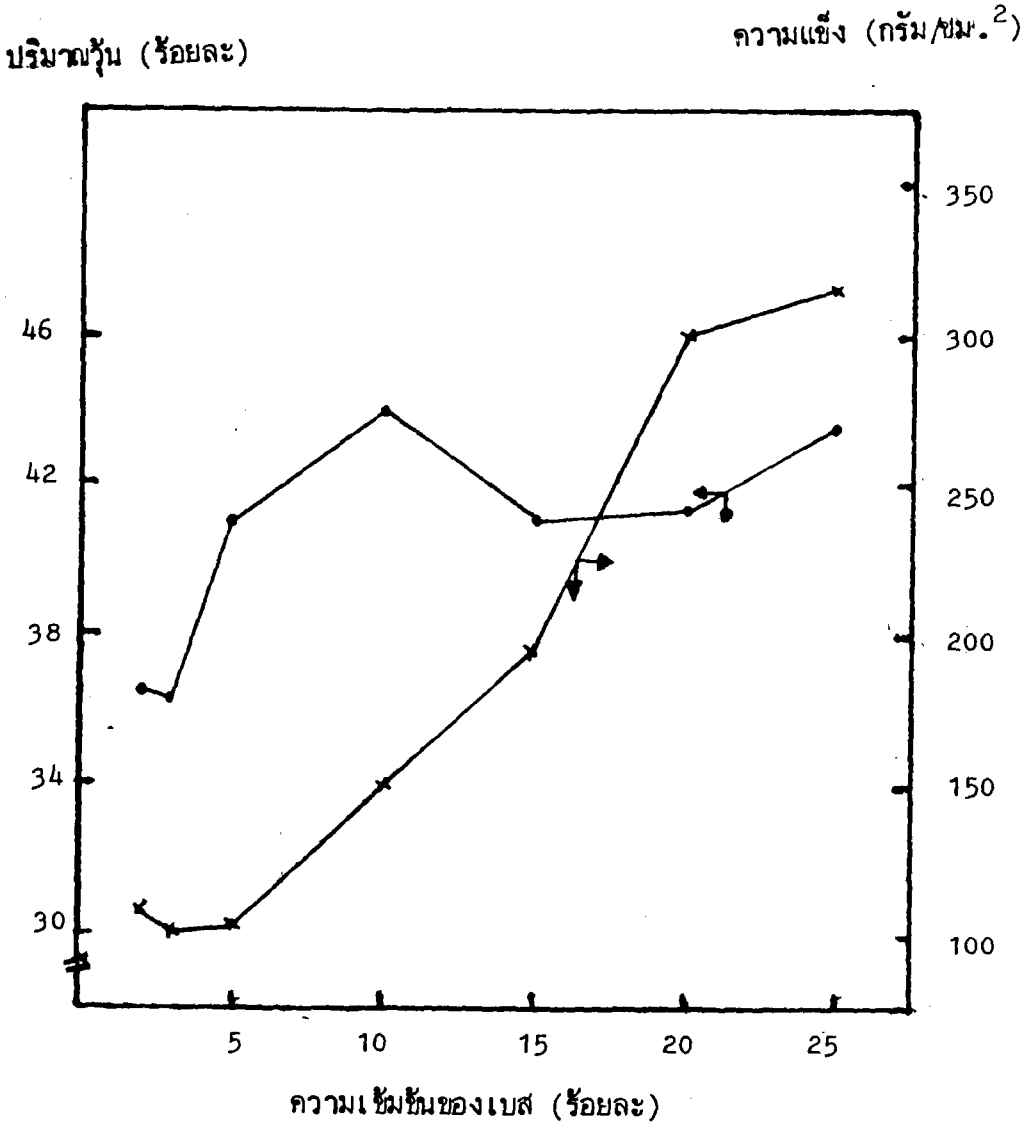
ภาพประกอบ 8 แสดงผลของอัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำที่มีต่อปริมาณและความแข็งของรุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii

ร้อยละ 20 และ 25 ความแข็งของวุ้นจะเพิ่มจาก 193 เป็น 300 และ 314 กรัม/ซม.^{2} ตามลำดับ จากตาราง 6 จะเห็นได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นกับเบส ควรใช้เบสที่มีความเข้มข้น ประมาณร้อยละ 20 ถึง 25 (ตาราง 6)

ตาราง 6 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบสต่าง ๆ กันในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน ก่อนการสกัด

ความเข้มข้นของเบส (ร้อยละ)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})
2	37	108
3	36	100
5	41	103
10	44	148
15	41	193
20	41	300
25	43	314

2.1.2 <u>ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย</u> ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นร้อยละ 0.5, 1, 2, 3, 4 และ 6 ตามลำดับ พบว่า เมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น ปริมาณวุ้นที่ได้จะลดลง จากตาราง 7 ถ้าใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นประมาณ ร้อยละ 0.5 - 3 ความแข็งของวุ้นจะสูงขึ้น และความแข็งของวุ้นจะลดลง เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบสเพิ่มขึ้น (ตาราง 7) จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของเบสที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับสาหร่ายที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ควรมีความเข้มข้น ประมาณ ร้อยละ 2 - 3



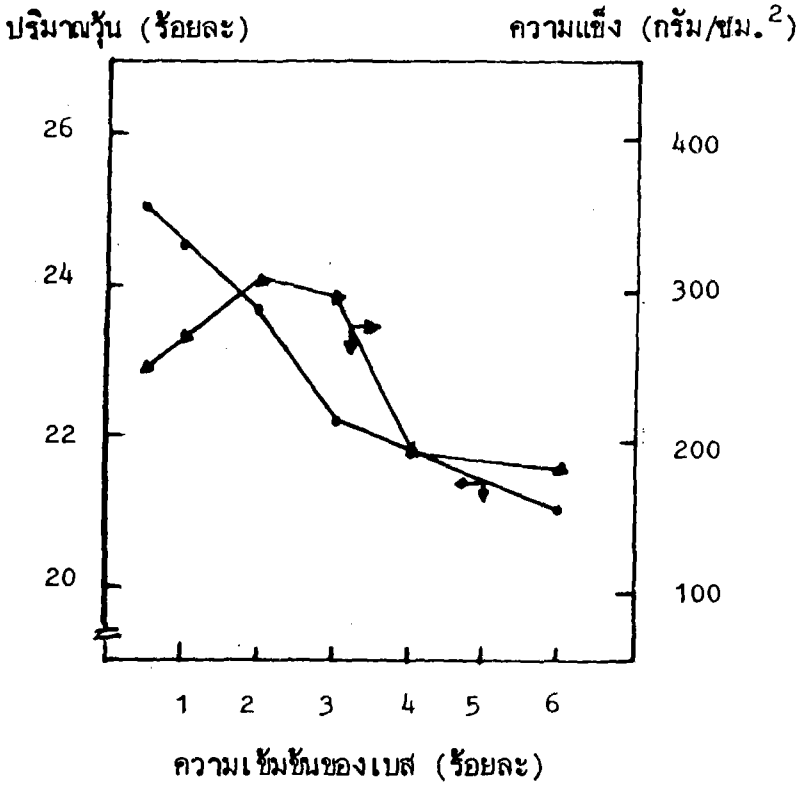
ภาพประกอบ 9 แสดงผลของความเข้มข้นของเบสที่ทำปฏิกิริยากับสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน ก่อนการสกัด ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น

ตาราง 7 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบสต่าง ๆ กัน ในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียสก่อนการสกัด

ความเข้มข้นของเบส (ร้อยละ)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})
0.5	25	244
1	25	264
2	24	304
3	22	295
4	22	190
6	21	179

2.2 <u>ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนการสกัด</u> ในการศึกษาครั้งนี้ ทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง และ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส

2.2.1 <u>ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิห้อง</u> โดยใช้ระยะเวลา 1, 2, 3 และ 5 วัน ตามลำดับ พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยากับเบสนานขึ้น ปริมาณวุ้นที่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนความแข็งของวุ้น จะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อใช้เวลานาน 1 ถึง 3 วัน และความแข็งจะลดลง เมื่อใช้เวลานานเกินไป (ตาราง 8) ฉะนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับสาหร่ายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ควรเป็น 3 วัน

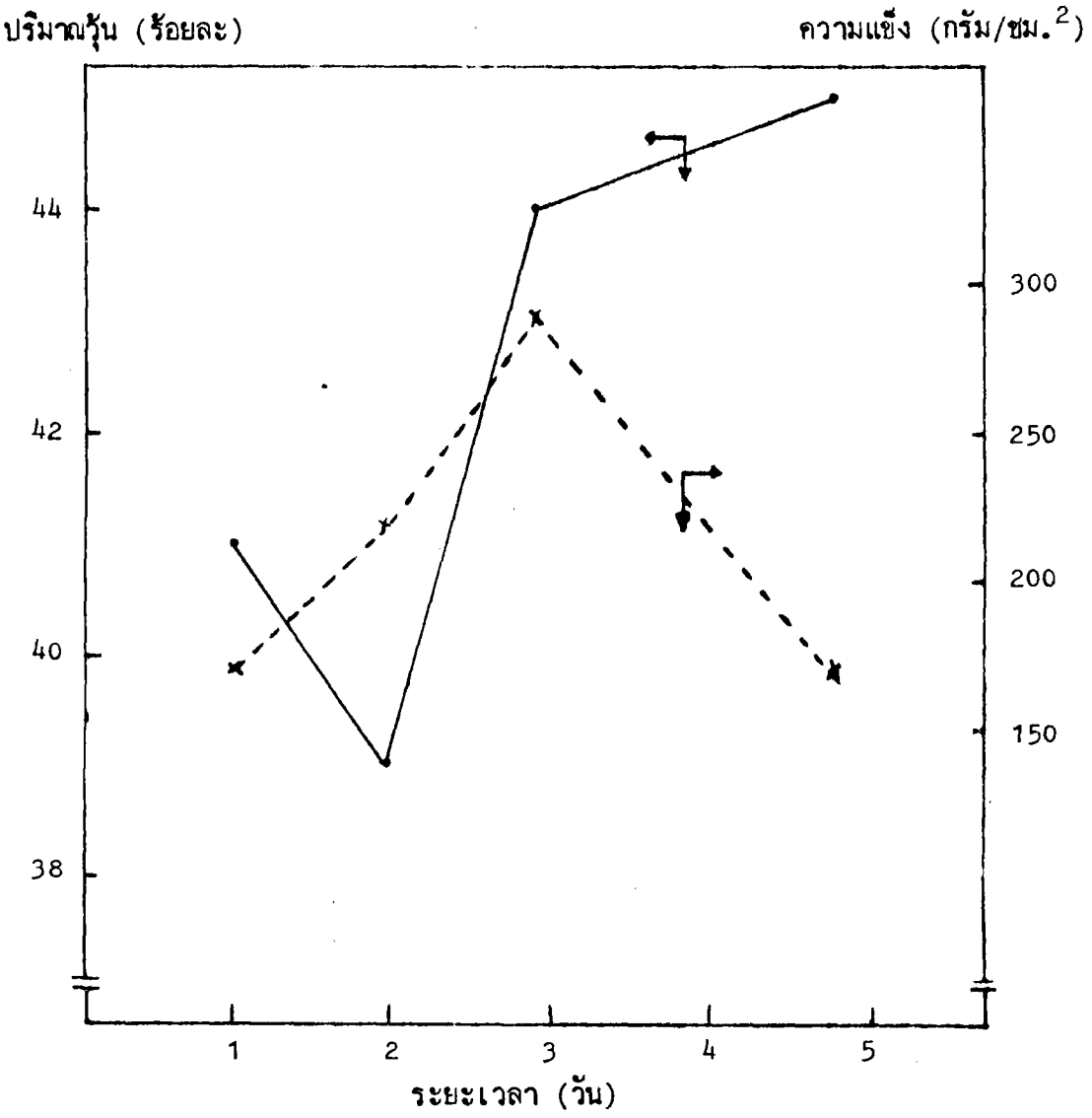


ภาพประกอบ 10 แสดงผลความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น

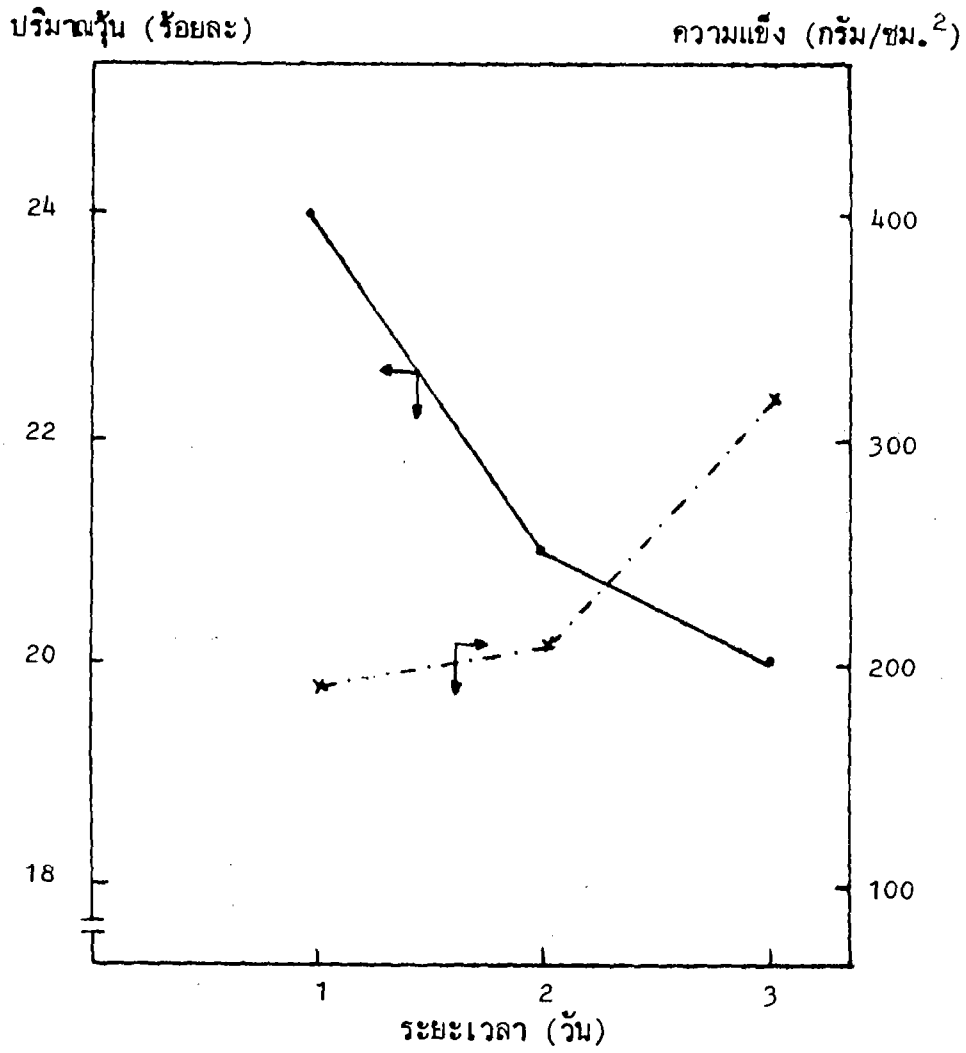
ตาราง 8 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ ร้อยละ 10

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยากับเบส (วัน)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})
1	41	203
2	39	220
3	44	290
5	45	170

2.2.2 <u>ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนการสกัด</u> ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาดังนี้ 1, 2 และ 3 ชั่วโมง พบว่า เมื่อสาหร่ายทำปฏิกิริยากับเบสนานเกินไป ปริมาณวุ้น และความแข็งของวุ้นจะลดลง (ตาราง 9) สภาวะที่เหมาะสม ควรใช้เวลา 1 ชั่วโมง จะได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 24 ความแข็งของวุ้น 304 กรัม/ซม.^{2}



ภาพประกอบ 11 แสดงผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 10 ที่อุณหภูมิห้องก่อนการสกัด ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น



ภาพประกอบ 12 แสดงผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบสที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัดที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น

ตาราง 9 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้ระยะเวลาต่าง ๆ กัน ในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 2 ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด

ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบส (ชม.)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ชม.^{2})
1	24	304
2	21	203
3	20	192

2.3 <u>อุณหภูมิในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับโซเดียมไฮดรอกไซด์ก่อนการสกัด</u> โดยทำการทดลองที่อุณหภูมิ 60, 70 และ 85 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของเบสร้อยละ 2 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง พบว่า เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้น ปริมาณวุ้นที่ได้ลดลง แต่ความแข็งของวุ้นสูงขึ้น (ตาราง 10) จากตาราง 10 สภาวะที่เหมาะสม ควรใช้อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส ความแข็งของวุ้นจะเพิ่มขึ้นเป็น 304 กรัม/ชม.^{2} ปริมาณวุ้นลดลงเป็นร้อยละ 24

3. <u>ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้น</u> ตามวิธีที่ 3

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้สาหร่ายทะเล <u>Polycavernosa changii</u> จากอ่าวเลน และ <u>Polycavernosa fisheri</u> จากเกาะยอ โดยศึกษาผลของระยะเวลาในการแช่สาหร่ายด้วยกรดไฮโดรคลอริคที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 0.03 ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียสก่อนการสกัด พบว่า <u>P. changii</u> มีปริมาณวุ้นสูงสุด ร้อยละ 52 เมื่อใช้ระยะเวลาในการแช่กรดไฮโดรคลอริคนาน 15 นาที สำหรับ <u>P. fisheri</u> มีปริมาณวุ้นสูงสุดร้อยละ 42 เมื่อใช้เวลาในการแช่กรดไฮโดรคลอริคนาน 45 นาที แต่ความแข็งของวุ้นลดลงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการสกัดวุ้นตามวิธีที่ 1 (ตาราง 11)

ตาราง 10 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อใช้อุณหภูมิต่าง ๆ กันในการทำปฏิกิริยาระหว่างสาหร่ายกับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 2 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

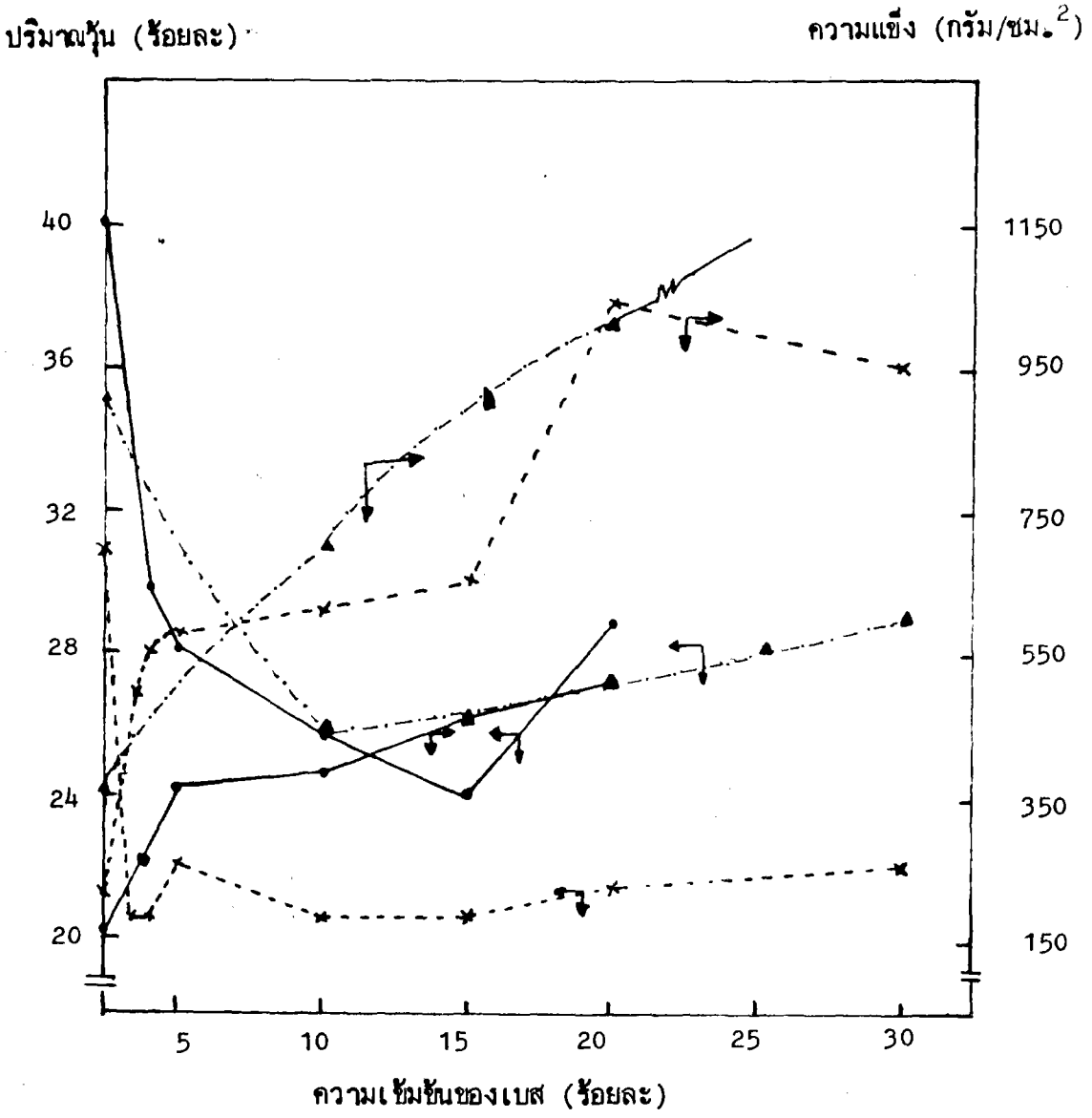
อุณหภูมิ (° ซ.)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})
60	39	163
70	32	186
85	24	304

ตาราง 11 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้ เมื่อแช่สาหร่ายด้วยกรดไฮโดรคลอริคที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 0.03 ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ก่อนการสกัด

เวลา (นาที)	P. changii		P. fisheri	
	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})
0	42	210	31	217
15	52	160	37	160
30	47	193	37	158
45	49	210	42	150
60	47	197	40	144

ตาราง 12 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อให้วุ้นทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน

ความเข้มข้นของเบส (ร้อยละ)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)			ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})		
	P. changii	P. fastigiata	P. fisheri	P. changii	P. fastigiata	P. fisheri
0	40	35	32	160	353	224
2	-	-	21	-	-	490
3	30	-	21	268	-	548
5	29	-	22	362	-	574
10	26	26	21	375	699	608
15	24	26	21	462	908	653
20	29	27	21	509	944	992
25	-	29	-	-	>1100	-
30	-	29	22	-	>1100	948



ภาพประกอบ 13 แสดงผลของความเข้มข้นของเบสเมื่อทำปฏิกิริยากับวุ้นที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 3 วัน ที่มีต่อปริมาณและความแข็งของวุ้น

——— P. changii

* - - - - - - * P. fastigiata

▲— · — · — · —▲ P. fisheri

4. ศึกษาสภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้น ตามวิธีที่ 4

4.1 ความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับวุ้น ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 วัน พบว่า การสกัดวุ้นตามวิธีที่ 4 จะได้ปริมาณวุ้นน้อยกว่าวิธีที่ 1 จากตาราง 12 จะเห็นได้ว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเบส ปริมาณวุ้นที่ได้จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย วุ้นจากสาหร่าย P. changii เมื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเบสที่เข้าทำปฏิกิริยา จากร้อยละ 3 ถึง 20 ปริมาณวุ้นจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง ร้อยละ 24 ถึง 30 ความแข็งของวุ้นเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 268 ถึง 509 กรัม/ซม.^{2} สำหรับวุ้นจาก P. fisheri และ P. fastigiata เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน (ตาราง 12) ฉะนั้นความเข้มข้นของเบสที่เหมาะสมต่อการทำปฏิกิริยากับวุ้น ควรอยู่ในช่วงประมาณ ร้อยละ 15 ถึง 20

4.2 ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นกับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า วุ้นจากสาหร่าย P. changii เมื่อใช้เวลานานขึ้น ปริมาณวุ้นที่ได้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย อยู่ในช่วง ร้อยละ 28 ถึง 31 ส่วนความแข็งของวุ้นจะเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานานตั้งแต่ 1 ถึง 3 วัน (ตาราง 13) จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยา ควรเป็น 2 ถึง 3 วัน

ตาราง 13 แสดงปริมาณและความแข็งของวุ้น เมื่อใช้เวลาต่าง ๆ กันในการทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 ที่อุณหภูมิห้อง

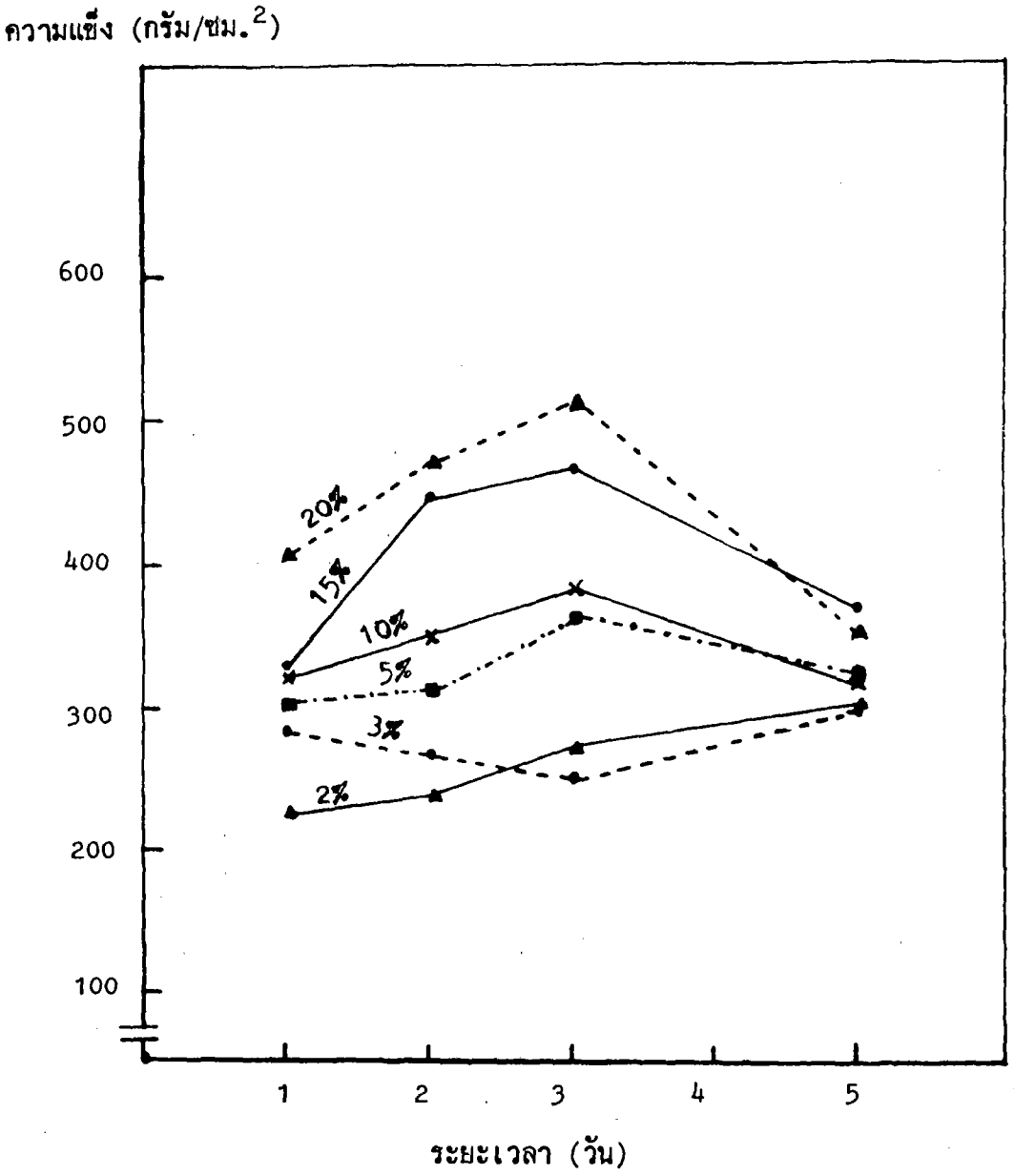
วัน	1	2	3	5
ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	28	31	29	28
ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})	403	468	409	350

4.3 ระยะเวลาและความเข้มข้นของเบส ในการทำปฏิกิริยากับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิห้อง จากตาราง 14 พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นกับเบสนานขึ้น ปริมาณวุ้นจะลดลง แต่ความแข็งของวุ้นจะเพิ่มขึ้น ความเข้มข้นของเบสร้อยละ 2 - 3 ความแข็งของวุ้นยังคงเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 1 ถึง 5 วัน สำหรับความเข้มข้นของเบสร้อยละ 5 ถึง 20 ความแข็งของวุ้นจะเพิ่มขึ้นในช่วง 1 ถึง 3 วัน เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยานาน 5 วัน ความแข็งของวุ้นจะลดลง จะเห็นได้ว่า ความเข้มข้นของเบสที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับวุ้น คือ 15 ถึง 20 และระยะเวลาในการทำปฏิกิริยากับวุ้น ประมาณ 2 ถึง 3 วัน จะได้ปริมาณวุ้นร้อยละ 24 ถึง 31 ความแข็งอยู่ระหว่าง 443 ถึง 509 กรัม/ซม.^{2}

4.4 ระยะเวลาและความเข้มข้นของเบส ในการทำปฏิกิริยากับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส จากตาราง 15 เมื่อวุ้นทำปกิกิริยากับเบสที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจากร้อยละ 3 ถึง 20 โดยให้ทำปฏิกิริยาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปริมาณวุ้นจะลดลงจากร้อยละ 27 เป็น 19 ส่วนความแข็งของวุ้นจะเพิ่มขึ้นจาก 269 เป็น 415 กรัม/ซม.^{2} เมื่อพิจารณาที่ระดับความเข้มข้นเดียวกัน เช่น ที่ระดับความเข้มข้นของเบส ร้อยละ 20 โดยใช้เวลาในการทำปฏิกิริยากับวุ้น 1, 3 และ 5 ชั่วโมง พบว่า ปริมาณวุ้นที่ได้ เป็นร้อยละ 19, 18 และ 15 ตามลำดับ ส่วนความแข็งมีค่าเป็น 415, 312 และ 320 กรัม/ซม.^{2} ตามลำดับ จะเห็นได้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยากับเบส คือ 1 ชั่วโมง ความเข้มข้นของเบส ร้อยละ 20 จะได้ ปริมาณวุ้นร้อยละ 19 ความแข็ง 415 กรัม/ซม.^{2}

ตาราง 14 แสดงผลการทำปฏิกิริยาระหว่างเบสที่มีความเข้มข้นต่างกันกบวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิห้อง

ความเข้มข้นของเบส (ร้อยละ)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)				ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})			
	1 วัน	2 วัน	3 วัน	5 วัน	1 วัน	2 วัน	3 วัน	5 วัน
0	40	40	40	40	160	160	160	160
2	29	29	28	28	282	263	246	294
3	31	28	30	27	227	235	268	301
5	29	28	28	26	303	307	362	321
10	28	30	26	26	317	348	375	319
15	27	30	24	26	321	443	462	365
20	28	31	29	28	403	468	509	350



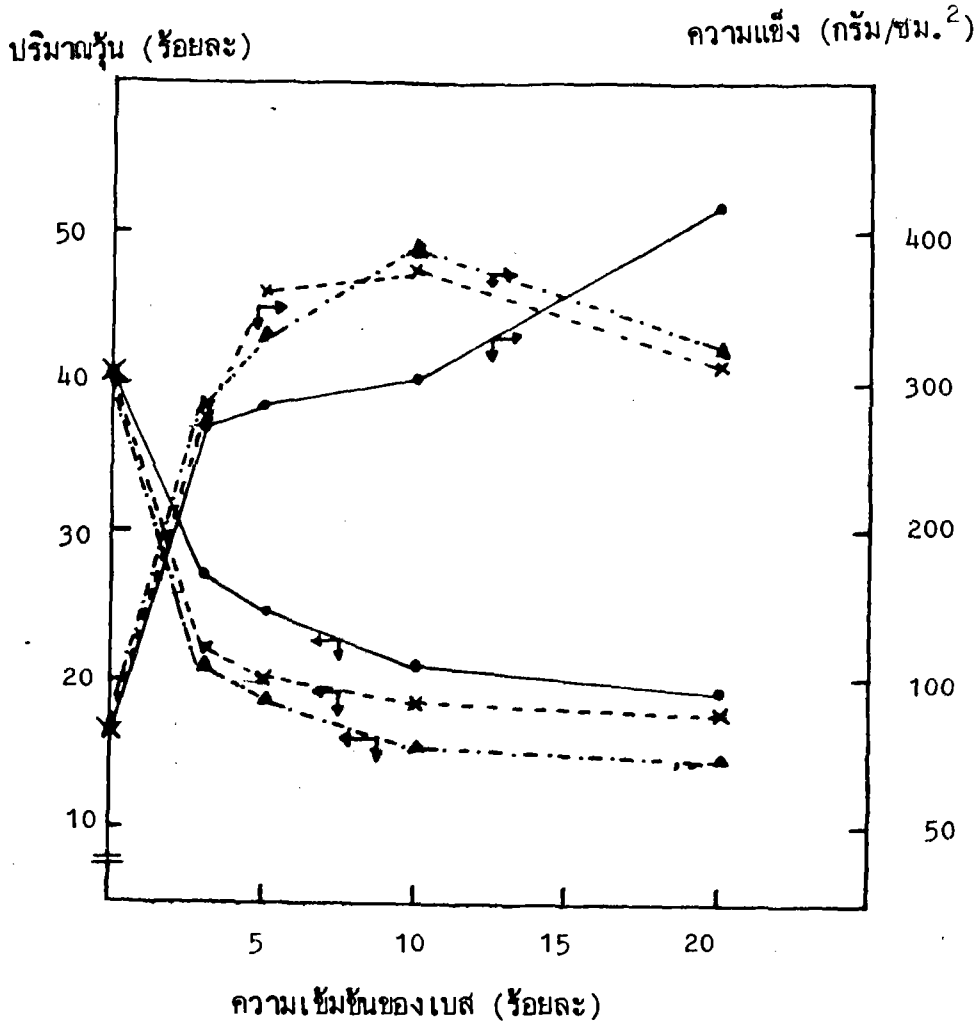
ภาพประกอบ 14 แสดงผลของระยะเวลาในการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย *P. changii* กับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิห้อง ที่มีต่อความแข็งของวุ้น

ตาราง 15 แสดงผลความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกริยากับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii เป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส

ความเข้มข้นของเบส (ร้อยละ)	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)			ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})		
	1 ชม.	3 ชม.	5 ชม.	1 ชม.	3 ชม.	5 ชม.
0	40	40	40	160	160	160
3	27	22	21	269	277	283
5	25	20	19	283	362	336
10	21	19	16	299	372	389
20	20	18	15	415	312	320

ตาราง 16 เปรียบเทียบปริมาณวุ้นและความแข็งของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ตามวิธีที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด

วิธีการสกัดวุ้น	ปริมาณวุ้น (ร้อยละ)	ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})
1	40	160
2	24	340
3	52	160
4	29	509



ภาพประกอบ 15 แสดงผลของความเข้มข้นของเบสในการทำปฏิกิริยากับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

——— 1 ชั่วโมง

*- - - - - - - * 3 ชั่วโมง

▲-·-·-·-·-▲ 5 ชั่วโมง

จากตาราง 16 จะเห็นได้ว่า การสกัดวุ้นตามวิธีที่ 3 ได้ปริมาณวุ้นสูงสุดร้อยละ 52 แต่คุณภาพของวุ้นค่อนข้างต้อย คือ มีค่าความแข็ง 160 กรัม/ซม.^{2} ส่วนวิธีการสกัดวุ้นตามวิธีที่ 4 ปริมาณวุ้นที่ได้น้อยกว่าวิธีที่ 3 คือ มีปริมาณวุ้นร้อยละ 29 แต่วุ้นที่ได้มีคุณภาพดีโดยมีค่าความแข็ง 509 กรัม/ซม.^{2}

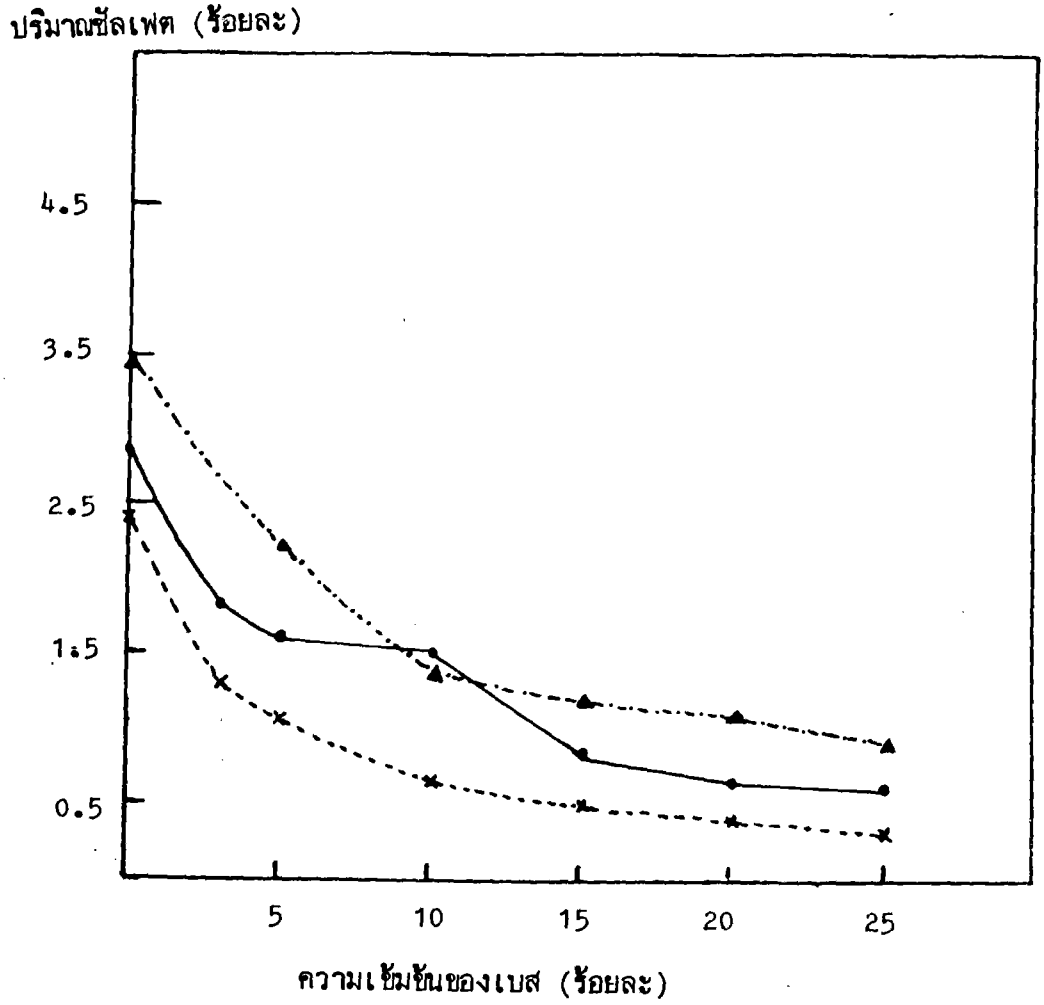
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณสารบางชนิดในวุ้นที่สกัดได้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

จากตอนที่ 1 ซึ่งเป็นวิธีการศึกษาวิธีการสกัดวุ้น พบว่า วุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 4 จะมีคุณภาพดีกว่าวุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1, 2 และ 3 จึงดำเนินการการสกัดวุ้นตามวิธีที่ 4 แล้วนำมาวิเคราะห์สารบางอย่าง เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

จากตาราง 17 เห็นว่า การสกัดวุ้นตามวิธีที่ 4 เป็นการกำจัดซัลเฟตในวุ้นได้โดยให้วุ้นทำปฏิกิริยากับเบส ปริมาณซัลเฟตจะลดลง ขณะเดียวกัน ปริมาณ 3,6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส จะเพิ่มขึ้น เช่น การทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii กับเบส สามารถลดปริมาณซัลเฟตจากร้อยละ 2.84 ลงจนเหลือเพียงร้อยละ 0.62 และปริมาณ 3,6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส เพิ่มจากร้อยละ 33.35 เป็นร้อยละ 40.14 เมื่อให้วุ้นทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 25 เป็นระยะเวลา 3 วัน สำหรับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata และ P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน

ตาราง 17 แสดงปริมาณซัลเฟต และปริมาณ 3.6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ของวุ้นที่สกัดได้จาก P. changii P. fastigiata และ P. fisheri ตามวิธีที่ 1 และ 4

ความเข้มข้นของเบส (%)	ปริมาณซัลเฟต (%)			ปริมาณ 3,6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส (%)		
	P. changii	P. fastigiata	P. fisheri	P. changii	P. fastigiata	P. fisheri
วิธีที่ 1						
0	1.84	2.41	3.47	33.35	35.94	30.66
วิธีที่ 4						
3	1.81	1.29	-	35.58	37.43	-
5	1.59	1.05	2.21	36.33	40.78	33.75
10	1.51	0.66	1.35	38.04	41.31	34.72
15	0.83	0.49	1.20	39.01	41.12	32.54
20	0.65	0.41	1.09	40.60	41.14	36.08
25	0.62	0.33	0.88	40.14	42.10	36.79

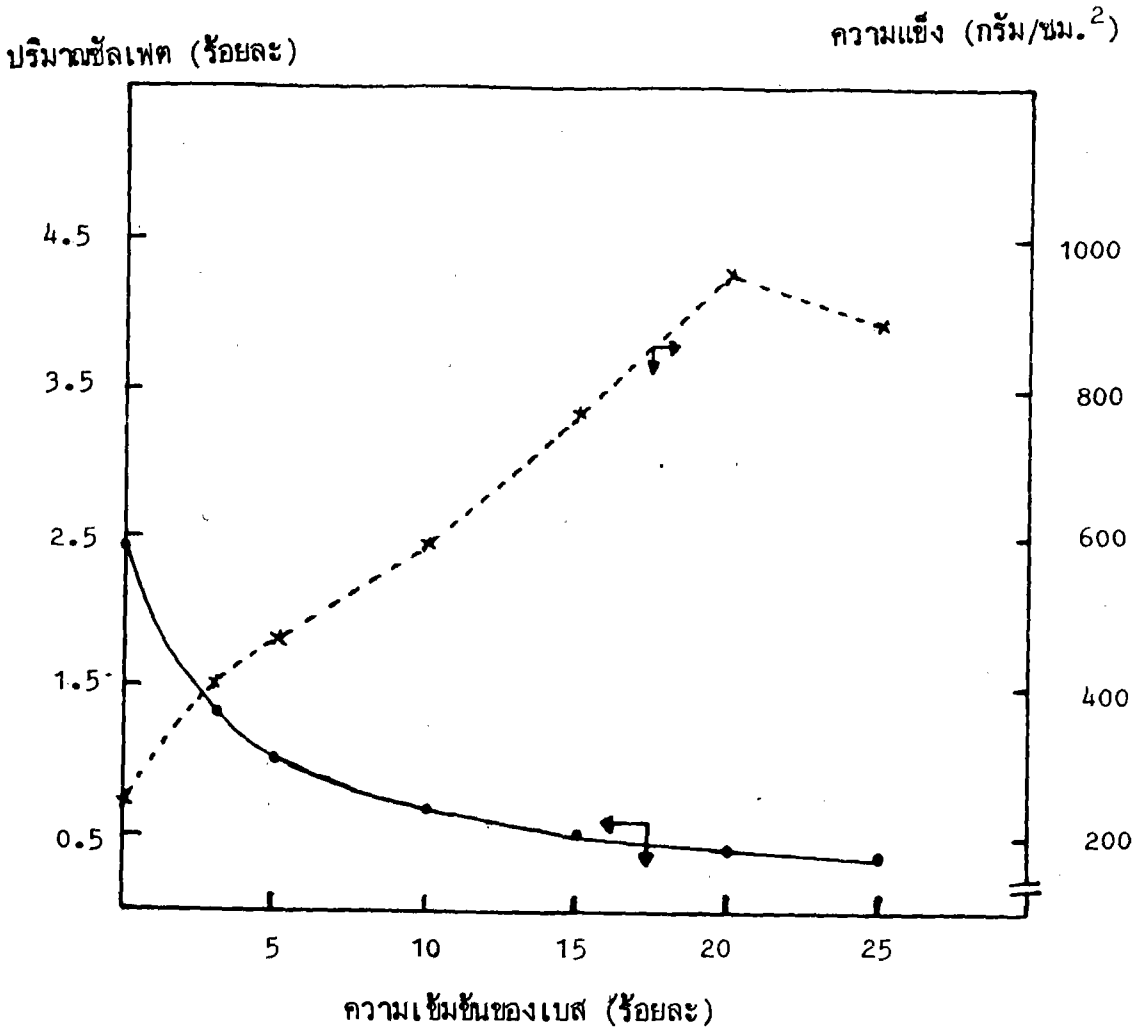


ภาพประกอบ 16 แสดงผลของการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นกับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่มีต่อปริมาณซัลเฟต

———— P. changii

*- - - - - - - P. fastigiata

▲—·—·—·—▲ P. fisheri



ภาพประกอบ 17 แสดงผลการทำปฏิกิริยาระหว่างวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigata กับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ที่มีต่อปริมาณซัลเฟตและความแข็งของวุ้น

ตาราง 18 แสดงคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย *P. changii* ตามวิธีที่ 1 และ 4

	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)						
	0	3	5	10	15	20	25
% ash	4.21	2.49	2.36	2.01	1.88	1.85	1.80
% moisture	17.42	16.08	17.51	15.71	18.25	18.11	18.00
% transmittance	63	72.2	72.2	74	74	75	75
% protein	1.4	-	-	-	0.96	-	-
gelation temperature (℃)	33.5	36.0	36.0	35.5	37.5	36	36
melting temperature (℃)	83	84	85	85	87	89	90
ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})	201	362	430	545	668	674	682

ตาราง 19 แสดงคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย *P. fastigiata* ตามวิธีที่ 1 และ 4

	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)						
	0	3	5	10	15	20	25
% ash	3.04	1.73	1.66	1.45	1.30	1.28	1.25
% moisture	16.11	16.46	17.63	17.07	17.01	18.15	18.78
% transmittance	59.4	62.2	63.8	64	64	68.2	68.2
% protein	1.57	-	-	-	-	-	-
gelation temperature (℃)	34	36.5	37	37.5	37.5	38	38
melting temperature (℃)	92	94	95	97	98	98	99
ความแข็ง* (กรัม/ซม.^{2})	243	404	460	586	769	948	883

*สารละลายมีความเข้มข้นร้อยละ 1

ตาราง 20 แสดงคุณสมบัติบางประการของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fisheri ตามวิธีที่ 1 และ 4

	ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (%)					
	0	5	10	15	20	25
% ash	3.90	2.93	2.27	2.14	2.04	1.98
% meisture	16.14	16.61	17.59	16.72	18.53	18.96
% transmittance	62.4	69	70	69.5	70	71.2
% pretein	1.55	-	-	0.91	-	-
gelation temperature (℃)	34	37	36.5	37	39	39.5
melting temperature (℃)	81	85	85.5	86	91	97
ความแข็ง (กรัม/ซม.^{2})	224	452	527	624	732	763

ตาราง 18 19 และ 20 แสดงคุณสมบัติบางประการของวุ้น วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P changii P. fastigiata และ P. fisheri ซึ่งพบว่ามีคุณสมบัติแตกต่างกันไป เช่น ความใสของวุ้น (% transmittance) วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii มีค่าความใสดีกว่า วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata และ P. fisheri โดยมีค่าความใสร้อยละ 63, 59.4 และ 63.4 ตามลำดับ สำหรับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายชนิดเดียวกันจะมีค่าความใสไม่เท่ากัน เมื่อใช้สภาวะในการสกัดวุ้นต่างกัน วุ้นจากสาหร่าย P. changii สกัดโดยวิธีที่ 1 มีค่าความใสร้อยละ 63 ถ้าสกัดวุ้นโดยวิธีที่ 4 เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบส เป็นร้อยละ 3, 5, 10, 15, 20 และ 25 ค่าความใส เป็นร้อยละ 72.2, 72.2, 74, 74, 75 และ 75 ตามลำดับ สำหรับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata และจากสาหร่าย P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน

ปริมาณเถ้า (% ash) วุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1 จากสาหร่าย P. changii มีปริมาณเถ้าร้อยละ 4.21 ซึ่งมีค่าสูงกว่า วุ้นที่สกัดได้จาก P. fastigiata และ P. fisheri มีปริมาณร้อยละ 3.04 และ 3.90 ตามลำดับ วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายชนิดเดียวกัน จะมีปริมาณเถ้าไม่เท่ากัน หากใช้สภาวะในการสกัดวุ้นแตกต่างกัน เช่น การสกัดวุ้นตามวิธีที่ 4 จากสาหร่าย P. changii เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบส เป็นร้อยละ 3, 5, 10, 15, 20 และ 25 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าเป็นร้อยละ 2.49, 2.36, 2.01, 1.88, 1.85 และ 1.80 ตามลำดับ สำหรับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata และ P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน

สำหรับปริมาณโปรตีน วุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1 จากสาหร่าย P. changii มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 1.4 ในขณะที่วุ้นสกัดได้ตามวิธีที่ 4 แล้วนำมาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 15 ปริมาณโปรตีน จะลดลงเป็นร้อยละ 0.96

อุณหภูมิการเกิดเจล วุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1 มีอุณหภูมิการเกิดเจลต่ำกว่าวุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 4 วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ตามวิธีที่ 1 มีอุณหภูมิการเกิดเจล 33.5 องศาเซลเซียส ส่วนวุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 4 จะมีอุณหภูมิการเกิดเจลสูงขึ้น เช่น ทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 มีอุณหภูมิการเกิดเจล 36 องศาเซลเซียส วุ้นจากสาหร่าย P. fastigiata และ P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน

อุณหภูมิการหลอมเหลว วุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1 มีอุณหภูมิการหลอมเหลวต่ำกว่าวุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 4 วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ตามวิธีที่ 1 มีอุณหภูมิการหลอมเหลว 83 องศาเซลเซียส ส่วนวุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 4 เมื่อใช้ความเข้มข้นของเบสร้อยละ 15 จะมีอุณหภูมิการหลอมเหลว เป็น 87 องศาเซลเซียส วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata และ P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อพัฒนากรรมวิธีในการสกัดวุ้นและพัฒนาคุณภาพของวุ้นที่สกัดได้ ให้มีคุณภาพเทียบเท่ามาตรฐานของวุ้นที่จำหน่ายตามท้องตลาด

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้สาหร่ายทะเลสีแดง Polycavernosa changii จากอ่าวเลน Polycavernosa fastigiata จากแหลมหิน จังหวัดตราด ที่เก็บรวบรวมจากธรรมชาติ และ Polycavernosa fisheri จากสถานเพาะเลี้ยงที่เกาะยอ ของภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล

ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น

1. วัตถุดิบ สาหร่ายทะเลสีแดง P. changii P. fastigiata และ P. fisheri
2. ทดลองการสกัดวุ้น โดยทำการทดลองสกัดวุ้น เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณสารบางชนิดในวุ้นที่สกัดได้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

1. หาความแข็งของวุ้น
2. วัดความโปร่งใสของวุ้น
3. อุณหภูมิการเกิดเจล
4. อุณหภูมิการหลอมเหลว
5. หาความชื้น
6. หาปริมาณเถ้า

7. หาปริมาณซัลเฟต

8. หาปริมาณโปรตีน

9. หาปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

ตอนที่ 1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดวุ้น

1. วิธีการที่เหมาะสมในการสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเล P. changii คือ วิธีที่ 4 โดยใช้เวลาในการสกัดวุ้นเป็นเวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 30 และนำวุ้นที่สกัดได้มาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นระหว่างร้อยละ 15 - 20 เป็นเวลา 2 ถึง 3 วัน จะได้ปริมาณวุ้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 24 ถึง 31 ความแข็งของวุ้น อยู่ระหว่าง 443 ถึง 509 กรัม/ซม.^{2} ดังแสดงในตาราง 14

2. วิธีการสกัดวุ้นจากสาหร่าย P. fastigiata เพื่อให้ได้วุ้นที่มีคุณภาพดีควรใช้วิธีการสกัดตามวิธีที่ 4 โดยใช้สภาวะในการสกัดเช่นเดียวกับสาหร่าย P. changii แล้วนำวุ้นที่สกัดได้มาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 15 ถึง 20 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน ได้ปริมาณวุ้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 26 ถึง 27 ความแข็งของวุ้นอยู่ในช่วง 908 ถึง 944 กรัม/ซม.^{2} ดังแสดงในตาราง 12

3. วิธีการสกัดวุ้นจากสาหร่าย P. fisheri เพื่อให้ได้วุ้นที่มีคุณภาพดี ควรใช้วิธีการสกัดตามวิธีที่ 4 โดยใช้สภาวะเดียวกับ P. changii แล้วนำวุ้นที่สกัดได้มาทำปฏิกิริยากับเบส ที่มีความเข้มข้น ประมาณร้อยละ 15 ถึง 20 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จะได้ปริมาณวุ้น ประมาณร้อยละ 21 ความแข็งของวุ้นอยู่ในช่วง 653 ถึง 992 กรัม/ซม.^{2} ดังแสดงในตาราง 12

4. การสกัดวุ้นตามวิธีที่ 3 โดยแช่สาหร่าย P. changii ในกรดไฮโดรคลอริคที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 0.03 อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ล้างสาหร่ายจนหมดกรด และสกัดโดยใช้เวลา 2 ชั่วโมง อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำ เท่ากับ 1 ต่อ 30 จะได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 52 ความแข็งของวุ้น 160 กรัม/ซม.^{2} สำหรับสาหร่าย P. fisheri ควรแช่ในกรดไฮโดรคลอริค นาน 45 นาที จะได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 42 ความแข็งของวุ้น 150 กรัม/ซม.^{2} ดังแสดงในตาราง 11

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ปริมาณสารบางชนิดในวุ้นที่สกัดได้ เพื่อตรวจสอบคุณภาพ

ในการศึกษาครั้งนี้ วุ้นที่นำมาวิเคราะห์ ได้มาจากสาหร่ายที่เก็บเกี่ยวรวบรวมในฤดูกาลต่าง ๆ จากสาหร่ายที่ใช้สกัดในตอนที่ 1

1. การกำจัดซัลเฟตในวุ้น โดยให้วุ้นทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่า การสกัดวุ้นตามวิธีที่ 1 จากสาหร่าย P. changii มีปริมาณซัลเฟต ร้อยละ 2.84 เมื่อนำวุ้นมากำจัดซัลเฟตด้วยเบส ที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 3 , 5 , 10 , 15 , 20 และ 25 ตามลำดับ ตามวิธีการสกัดที่ 4 พบว่า ปริมาณซัลเฟตลดลงไป ตามความเข้มข้นของเบสที่ใช้ กล่าวคือ ปริมาณซัลเฟตจะลดลงเป็นร้อยละ 1.81 , 1.59 , 1.51 , 0.83 , 0.65 และ 0.62 ตามลำดับ สำหรับวุ้นที่สกัดได้จาก P. fastigiata และ P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน

2. ปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส วุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1 จากสาหร่าย P. changii มีปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ร้อยละ 33.35 เมื่อนำวุ้นมากำจัดซัลเฟตด้วยเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ตามวิธีสกัดที่ 4 พบว่า ปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น จากผลการศึกษาพบว่า หากใช้เบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 3 , 5 , 10 , 15 , 20 และ 25 ปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส มีค่าเป็นร้อยละ 33.35 , 35.58 , 36.33 , 38.04 , 39.01 และ 40.14 ตามลำดับ สำหรับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. fastigiata และ P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน ดังแสดงในตาราง 17

3. คุณภาพของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายทั้ง 3 สายพันธุ์ สามารถปรับปรุงคุณภาพจากเกรด 3 เป็นเกรดพิเศษ ตามเกณฑ์มาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่น (ตาราง 1) จากตาราง 16 วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii ตามวิธีที่ 1 มีคุณสมบัติทั่วไปดังนี้ คือ ปริมาณความชื้น ร้อยละ 17.42 ปริมาณเถ้า ร้อยละ 4.21 ปริมาณโปรตีน ร้อยละ 1.4 ความแข็งของวุ้น 201 กรัม/ซม.^{2} เมื่อพิจารณาเทียบกับมาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่น วุ้นที่สกัดได้จัดอยู่ในเกรด 3 แต่เมื่อสกัดวุ้นตามวิธีที่ 4 โดยให้วุ้นทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน พบว่า วุ้นจะมีคุณภาพดีขึ้น เช่น เมื่อนำวุ้นมาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 15 คุณสมบัติของวุ้นที่ได้ พบว่ามีปริมาณเถ้า ร้อยละ 1.88 ปริมาณความชื้น ร้อยละ 18.25 ปริมาณโปรตีน ร้อยละ 0.96 ความแข็ง 668 กรัม/ซม.^{2} เมื่อพิจารณาเทียบกับมาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่น วุ้นที่สกัดได้จัดอยู่ในเกรดพิเศษ สำหรับวุ้นที่สกัดได้จาก

สาหร่าย P. fastigiata และ P. fisheri สามารถปรับปรุงคุณภาพให้เป็นเกรดพิเศษ เมื่อนำวุ้นมากำจัดซัลเฟตด้วยเบส ตามวิธีที่ได้ศึกษามาแล้ว

อภิปรายผล

ในการทดลองสกัดวุ้นจากสาหร่าย P. changii P. fastigiata และ P. fisheri ในตอนที่ 1 โดยใช้สาหร่าย P. changii พบว่า เมื่อสกัดวุ้นตามวิธีที่ 1 ได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 40 ความแข็งของวุ้น 160 กรัม/ซม.^{2} วุ้นที่สกัดได้จากตอนที่ 1 ไม่เพียงพอในการวิเคราะห์คุณภาพ จึงสกัดวุ้นจากสาหร่าย P. changii ซึ่งเก็บรวบรวมในฤดูกาลที่ต่างกัน เมื่อใช้สภาวะในการสกัดเช่นเดียวกัน ได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 46 ความแข็ง 201/ซม.^{2} ซึ่งคุณสมบัติของวุ้นอาจแตกต่างกันขึ้นอยู่กับฤดูกาล และสภาพแวดล้อม (Yang. 1980 : 737 - 742)

สำหรับการสกัดวุ้น โดยนำวุ้นที่สกัดได้มาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 15 ถึง 20 เป็นระยะเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้อง พบว่า วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย P. changii จะได้ปริมาณวุ้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 24 ถึง 29 ความแข็งของวุ้นเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 462 ถึง 509 กรัม/ซม.^{2} แต่ถ้าทำการทดลอง โดยนำสาหร่าย P. changii มาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 0.5 ถึง 2 ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะได้ปริมาณวุ้นอยู่ในช่วง ร้อยละ 24 ถึง 25 ความแข็งของวุ้นเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง ร้อยละ 244 ถึง 304 กรัม/ซม.^{2} ซึ่งวุ้นที่ได้จัดอยู่ในเกรด 1 แทม (Tam. 1981 : 463) ทำการทดลองสกัดวุ้นจากสาหร่ายซึ่งเก็บรวบรวมจากสงขลา โดยนำสาหร่ายมาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 2 ถึง 4 จะได้ปริมาณวุ้น อยู่ในช่วง 34 ถึง 38 ความแข็งของวุ้นเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 180 ถึง 200 กรัม/ซม.^{2}

ผลการศึกษาคุณสมบัติของวุ้นที่สกัดได้ตามวิธีที่ 1 พบว่า วุ้นจากสาหร่าย P. changii มีปริมาณซัลเฟต ร้อยละ 2.84 และปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ร้อยละ 33.35 ความแข็งของวุ้น 201 กรัม/ซม.^{2} เมื่อนำวุ้นมาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ ร้อยละ 3 ถึง 25 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน พบว่า ปริมาณซัลเฟตลดลงจากร้อยละ 1.81 ถึง 0.62 ฉะนั้น ปริมาณซัลเฟตถูกกำจัดออกไป ร้อยละ 36.27 ถึง 78.17 ตามความเข้มข้นของเบสที่เพิ่มขึ้น (ตาราง 17 และตาราง 21) ส่วนปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 35.58 ถึง 40.14 ฉะนั้น ปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส เพิ่มร้อยละ 6.69 ถึง 20.36 ตามความเข้มข้นของเบสที่เพิ่มขึ้น

ตาราง 21 แสดงร้อยละของซัลเฟตที่ถูกกำจัดออกไป , ร้อยละของ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ที่เพิ่มขึ้น และร้อยละของเถ้าที่ลดลง

ความเข้มข้นของเบส (%)	% ซัลเฟตที่ถูกกำจัดออกไป			% 3,6 - แอนไฮโดรกาแลคโตสที่เพิ่มขึ้น			% เถ้าที่ลดลง		
	P. changii	P. fastigiata	P. fisheri	P. changii	P. fastigiata	P. fisheri	P. changii	P. fastigiata	P. fisheri
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	36.27	46.47	*	6.69	4.15	*	40.85	43.09	*
5	44.01	56.43	36.31	8.94	13.47	10.07	43.94	45.39	24.87
10	46.83	72.61	61.10	14.06	14.94	13.24	52.26	52.30	41.79
15	70.77	79.67	65.42	16.97	14.41	6.13	55.34	57.24	45.13
20	77.11	82.99	68.59	21.74	14.47	17.68	57.24	58.88	49.23
25	78.17	86.31	74.64	20.36	17.14	19.99	57.24	58.88	49.23

*ไม่ได้ทำการวิเคราะห์เพราะขาดวุ้นตัวอย่าง

สำหรับความแข็งของวุ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 362 ถึง 682 กรัม/ซม.^{2} จะเห็นได้ว่า หมู่ซัลเฟตที่เกาะที่คาร์บอน ตำแหน่งที่ 6 ของ L - galactose สามารถถูกกำจัดออกโดยให้วุ้นทำปฏิกิริยากับเบส แล้วเกิดเป็น 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส ทำให้ความแข็งของวุ้นเพิ่มขึ้น วุ้นที่สกัดได้จาก P. fastigiata และ P. fisheri เกิดการเปลี่ยนแปลงในทำนองเดียวกัน

วุ้นจากสาหร่าย P. changii ซึ่งยังไม่ได้ผ่านกระบวนการการกำจัดซัลเฟตด้วยเบสจะมีปริมาณเถ้า ร้อยละ 4.21 (ตาราง 18) เมื่อนำวุ้นมากำจัดซัลเฟตด้วยเบสที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ร้อยละ 3 ถึง 25 จะมีปริมาณเถ้าลดลงจากร้อยละ 2.49 ถึง 1.80 จะเห็นได้ว่า ปริมาณเถ้าลดลงร้อยละ 40.85 ถึง 57.24 ตามความเข้มข้นของเบสที่เพิ่มขึ้น (ตาราง 21) แสดงให้เห็นว่าปริมาณเถ้าของวุ้นลดลง เนื่องจากหมู่ซัลเฟตถูกกำจัดออกไป ในกระบวนการหาเถ้านั้น สารประกอบพวกเกลืออนินทรีย์หรือแคทไอออนต่าง ๆ ไม่สลายตัวขณะเผา เหมือนพวกสารประกอบอินทรีย์ ดังนั้น ถ้าสามารถกำจัดสารประกอบพวกเกลืออนินทรีย์หรือพวกแคทไอออนออกจากวุ้นก่อนมาหาปริมาณเถ้า จะทำให้ปริมาณเถ้าลดลง ข้อมูลจากตาราง 18 , 19 และ 20 แสดงให้เห็นว่า เมื่อปริมาณซัลเฟตลดลง ปริมาณเถ้าของวุ้นจะลดลงเช่นเดียวกัน และปริมาณเถ้าจากสาหร่ายต่างชนิดกันมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากมีองค์ประกอบแตกต่างกัน ฉะนั้น ปริมาณเถ้า เป็นดัชนีอย่างหนึ่งที่บ่งบอกถึงปริมาณสารประกอบอนินทรีย์หรือแคทไอออนในวุ้นได้ทางหนึ่ง

จากตาราง 18 , 19 และ 20 วุ้นซึ่งไม่ได้ผ่านกระบวนการการกำจัดซัลเฟต ซึ่งสกัดได้จากสาหร่าย P. changii P. fastigiata และ P. fisheri มีอุณหภูมิการหลอมเหลว 83 , 92 และ 81 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เมื่อนำวุ้นมากำจัดซัลเฟตด้วยเบสที่มีความเข้มข้น ร้อยละ 15 ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน มีอุณหภูมิการหลอมเหลว เพิ่มขึ้นเป็น 87 , 98 และ 86 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิการหลอมเหลวขึ้นกับปัจจัยหลายชนิด อาทิเช่น ความแข็งของวุ้น ปริมาณซัลเฟต ปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดรกาแลคโตส เป็นต้น กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของปริมาณ 3, 6 - แอนไฮโดร-กาแลคโตส และการลดลงของปริมาณซัลเฟต จะทำให้อุณหภูมิการหลอมเหลวสูงขึ้น (Cote and Hanisak. 1986 : 359 - 366)

ข้อเสนอแนะ

การวิจัยเพื่อพัฒนากรรมวิธีในการผลิตวุ้นจากสาหร่ายทะเลนี้ ควรได้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดในการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป ซึ่งควรได้มีการศึกษาต่อในแนวทางต่าง ๆ ดังนี้

1. ควรศึกษาถึงอิทธิพลของฤดูกาลในการเก็บเกี่ยวสาหร่ายที่มีต่อคุณภาพและปริมาณของวุ้นที่สกัดได้

2. ควรศึกษาถึงกรรมวิธีในการเก็บเกี่ยวสาหร่ายและการตากแห้ง เพื่อให้ได้สาหร่ายที่มีคุณภาพดี และเก็บได้เป็นเวลานาน

3. ควรศึกษาถึงวิธีการสกัดวุ้นโดยใช้ตัวทำละลายชนิดอื่น ๆ นอกจากน้ำ เช่น กรดไฮโดรคลอริค โพลีฟอสเฟต กรดซัลฟูริค และในบัฟเฟอร์ต่าง ๆ เป็นต้น

4. ควรทำการศึกษาวิจัยเพื่อหาเทคนิคการแยกน้ำออกจากวุ้นด้วยวิธีการอื่น เพื่อหลีกเลี่ยงการแช่แข็ง ซึ่งเป็นวิธีการที่สิ้นเปลืองพลังงาน และเป็นข้อจำกัดสำหรับประชาชนในชนบท

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมศุลกากร สถิติการค้าระหว่างประเทศของประเทศไทย 2524 - 2529 กรุงเทพมหานคร

วลัย วราโห การสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลาเรีย วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2525, 109 หน้า

สมบัติ ขอทวีวัฒนา การสกัดเอการ์จากสาหร่ายทะเลภาคใต้ของประเทศไทย วิทยานิพนธ์ วท.ม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2521, 80 หน้า อัดสำเนา

Abbott, I.A. "Some species of Gracilaria and Polycavernosa from Thailand," (Unpublished manuscript, 1987)

A.O.A.C. Official Methods of Analysis of official Agricultural chemists. Washington, D.C. 1984.

Araki, C. "Some Recent Studies on the Polysacchrides of Agaro-phytes," Proc. Fith Int. Seaweed Symp., 3 - 7, 1966.

chapman. Seaweed and their uses. London. 1970. 304 p.

Chemical Abstract 84 (1976 : 800 3z), 104 (1986 : 67689r)

Cote, G.L. and M.D. Hanisak. "Produotion and properties of Native Agars from Gracilaria tikvahiae and other Red Algae," Botanica Marine. Vol 16 : 359 - 366, 1986.

Tam, D.M. and P. Edwards. "Seaweed of Economic Importance in Thailand Part 2 Analysis From Gracilaria," Botanica Martin. Vol 25 : 459 - 465, 1982.

Dodgson, K.S. and R.C. Price. "A Note on the Determination of the ester Sulphate Content of Sulphate Polysaccharides," Biochem. J. 84 : 106 - 110, 1982.

Duck, H.W., K.C. Hong and W. Yaphe. "The agar polysaccharides of Gracilaria species," Carbohyd. Res. 8 : 1 - 9, 1971.

Duriaratnam, M. "Agar from Gracilaria verrucosa (Hudson) papenfus and Gracilaria sjoestedtii kylin from northeast Brasil" Proc. tenth Int. seaweed Symp. 669 - 673, 1981.

Guiseley, K.B. and D. Ronn. "Agarose," Marine Colloide. Division, F M C Corporation, 1 - 34, 1973.

Laserna, E.C. and R.L. Veroy. "Extracts from some red and brown seaweed of the philiphine," Proc. tenth Int. Seaweed Symp. 443 - 448, 1981.

Lowry, O. and Others. "Protein Measurement with the Folen Phenol Reagent," Journal of Biological Chemistry. 193 : 265 - 275, 1951.

Hjerten, S. "A new method for perparation of agarose for gel electrophoresis," Biochimica et Biophysica. 62 : 445 - 449, 1962.

Matsuhasshi, T. "Acid Pretreatment of agarophytes Provides improvement in agar extraction," Journal of food science. 42 : 340 - 396, 1977.

_____ "Effects of polyphosphate on extractability of agar in the cooking process of Seaweed I," Bullenten of the Japanese Society of Scientific fisheries. 37(5) : 441 - 448, 1971.

Matsuhashi, T. "Effects of polyphosphates on extractability of agar in the cooking process of Seaweed II," Bulleton of Japanese Society of Scientific fisheries. 37(5) : 449 - 454, 1971.

Mc Hugh, J.D. "Production, Properties and use of agar," Production and utilization of products from commercial seaweeds. 1 - 49, 1987.

Meer, W. "Agar," Handbook of water soluble gums and Resins. New York, 2 - 41, 1980.

Mori, T. "Seaweed polysaccharides," Advance in carbohydrate chemistry. 316 - 329, 1953.

Okazaki, A. Seaweed and their Uses in Japan. Tokyo Tokai Univ. Press. 1971. 165 p.

Percival, E. "Algal polysaccharides and their biological relation ships," Proc. Fifth Int. Seaweed Symp. 8 - 35, 1965.

Rusell, B. and A. Polson. "A method of preparing agarose," Biochimica et Biophysica Acta. 69 - 74, 1963.

Santos, G.A. and A.S. Doty. "Agar from some HAWIIAN red algae," Acuatic Botany. 6 : 385 - 389, 1983.

Tagawa, S. and Y. Kojima. "The alkali - treatment of mucilage of Gracilaria Verrucosa," Proc. Seventh Int. Seaweed Symp. 447 - 450, 1953.

Ushiyamz, S. "Method for improving the Quality of agar - agar substances in algae," Published patent application. 1 - 3, 1953.

Yang, S. and C.Y. Wang. "Seasonal variation of agar - agar product in Taiwan area," Proc. Tenth Int. Seaweed Symp. 737 - 742, 1981.

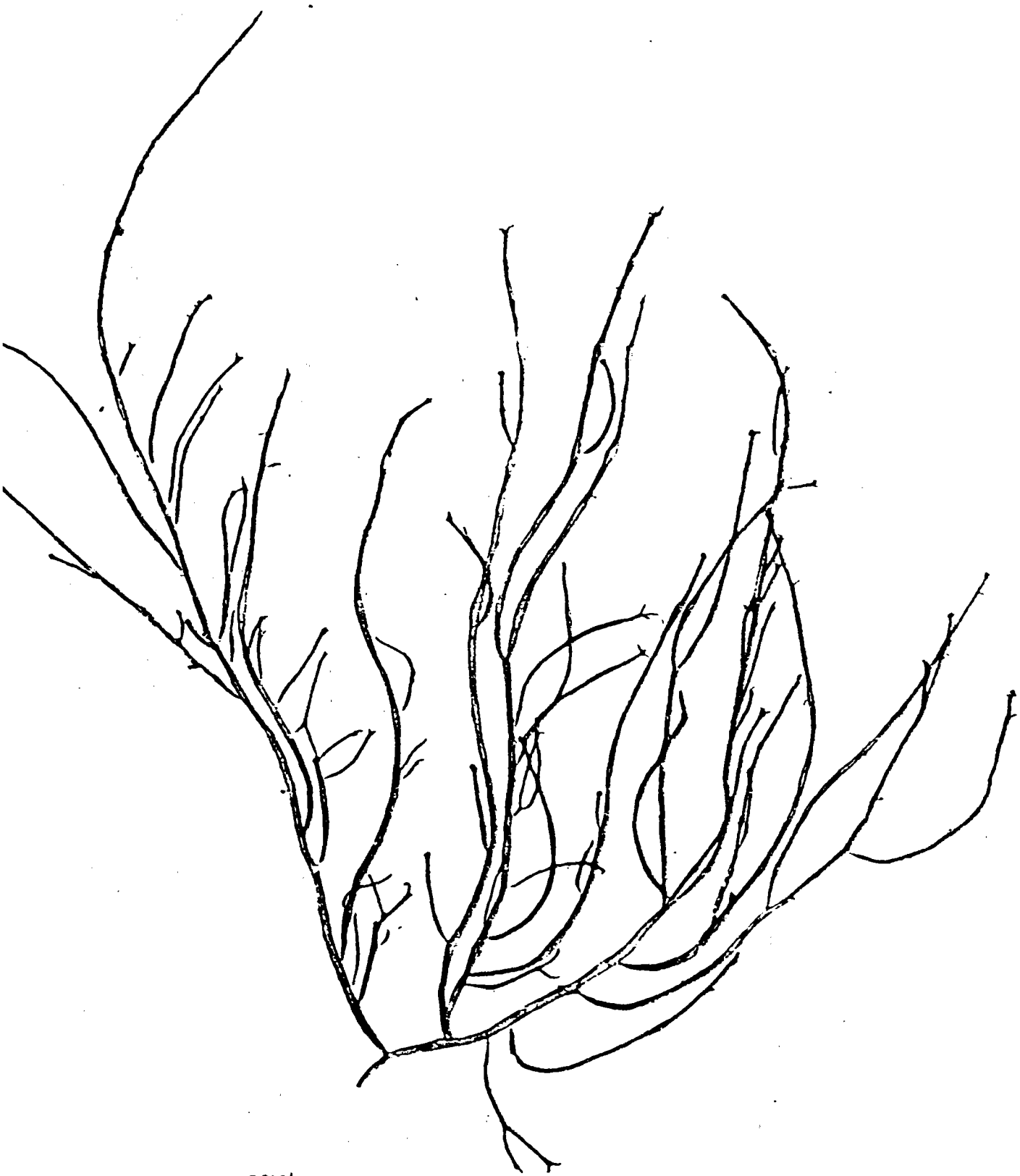
Yaphe W. and G.P. arsenault "Improved Resorcinal Reagent for the Determination at Fructose and of 3,6 - Anhydrogalactose in polysaccharides," Analytical Biochemistry 13 : 143 - 148, 1965.

Yaphe, W. and H.W. Duck. "The relationship between structure and biological Properties of agar," Proc. Seventh Int. Seaweed Symp. 5 - 22, 1971.

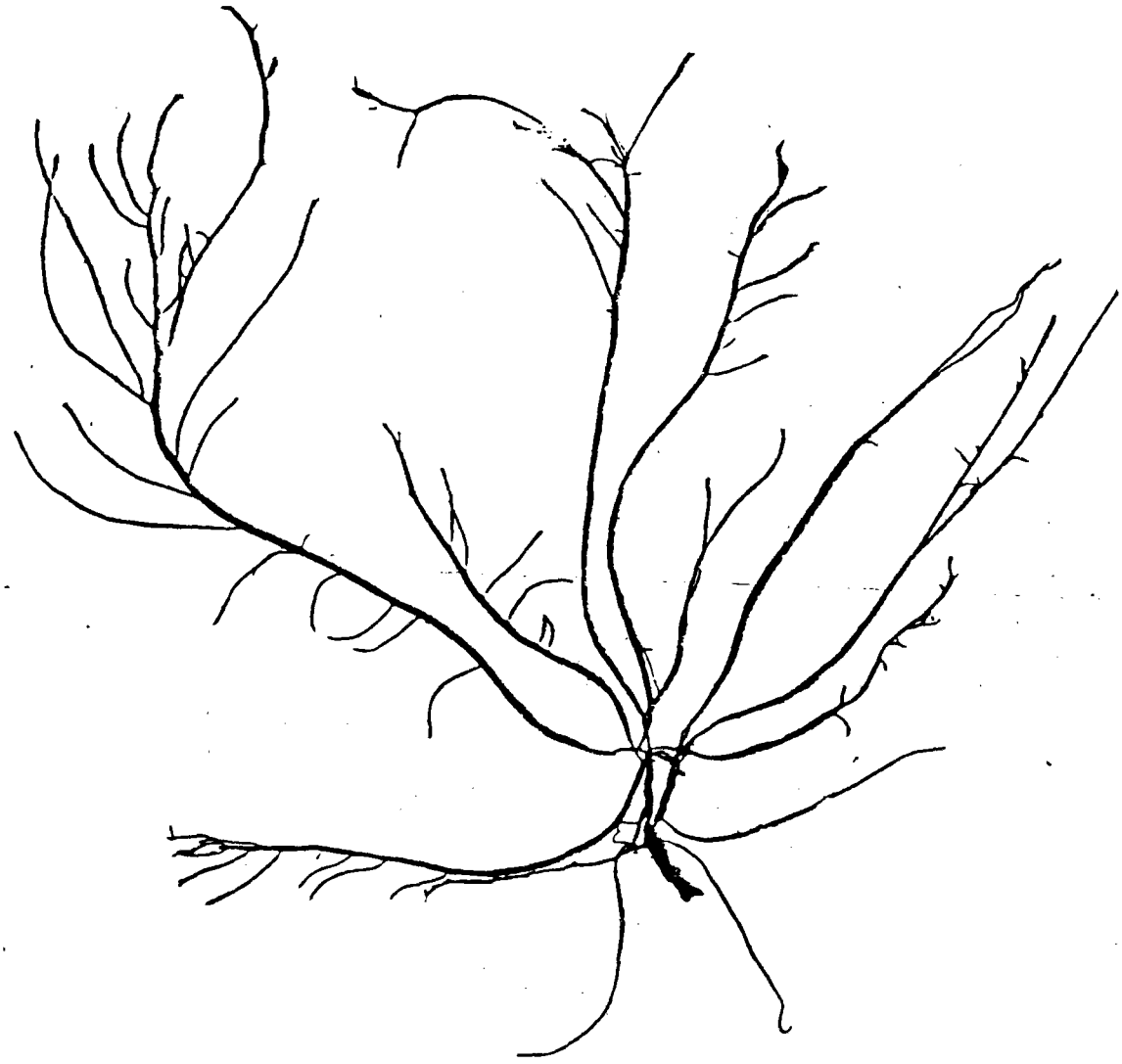
Young, K.S. "An investigation of agar from Gracilaria Spp." Fisheries research beard of canada. 1 - 11, 1974.

Young, K., H.W. Duck and W. Yaphe. "Enzymatic Hydrolysis of agar and properties of bacterial agarose," Proc. Seventh Int. Seaweed Symp. 496 - 472, 1971.

ภาคผนวก

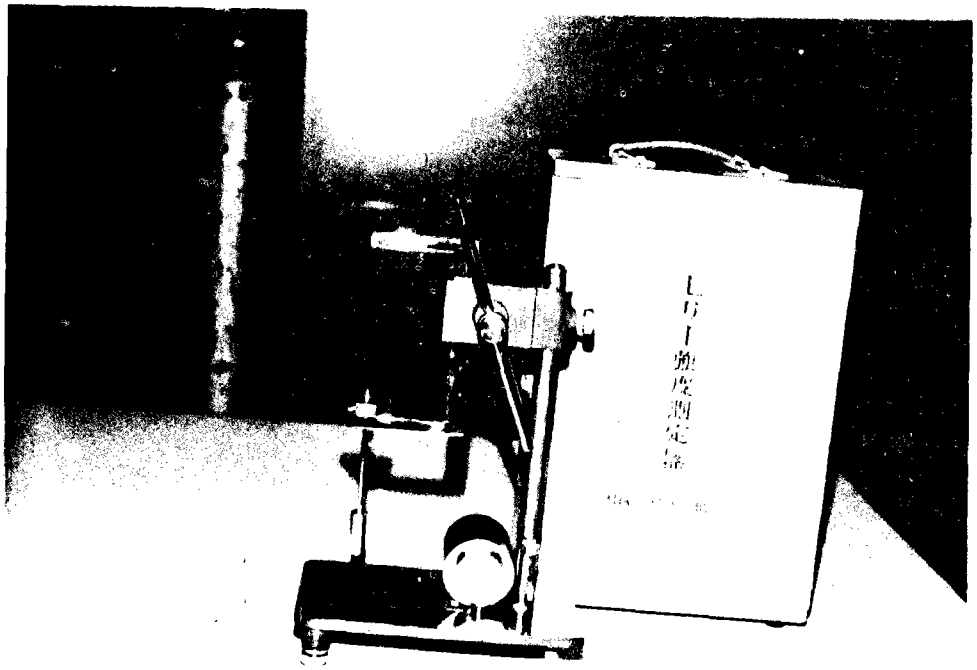


ภาพประกอบ 18 Polycavernosa changii

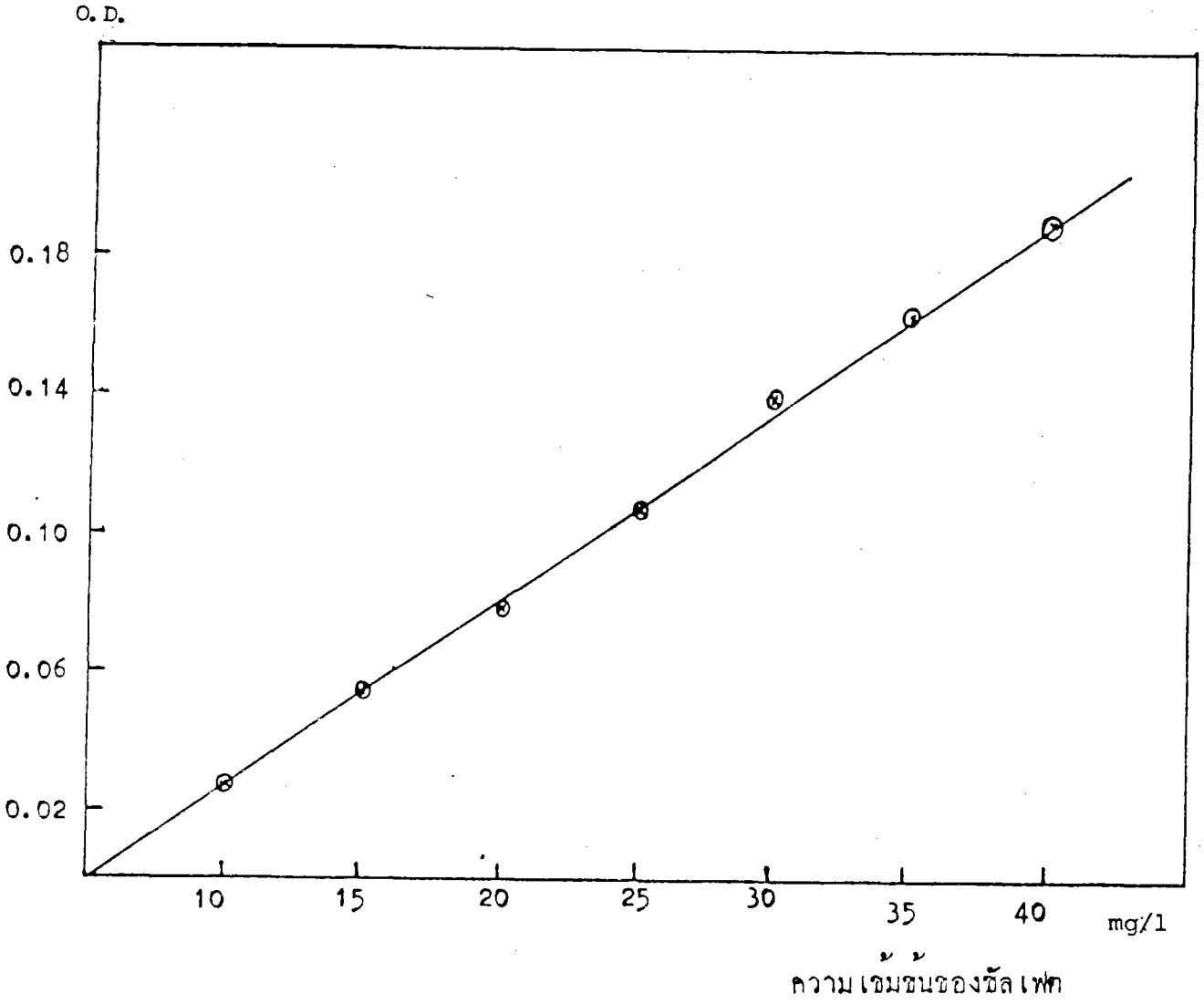


ภาพประกอบ 19 Polycavernosa fastigiata

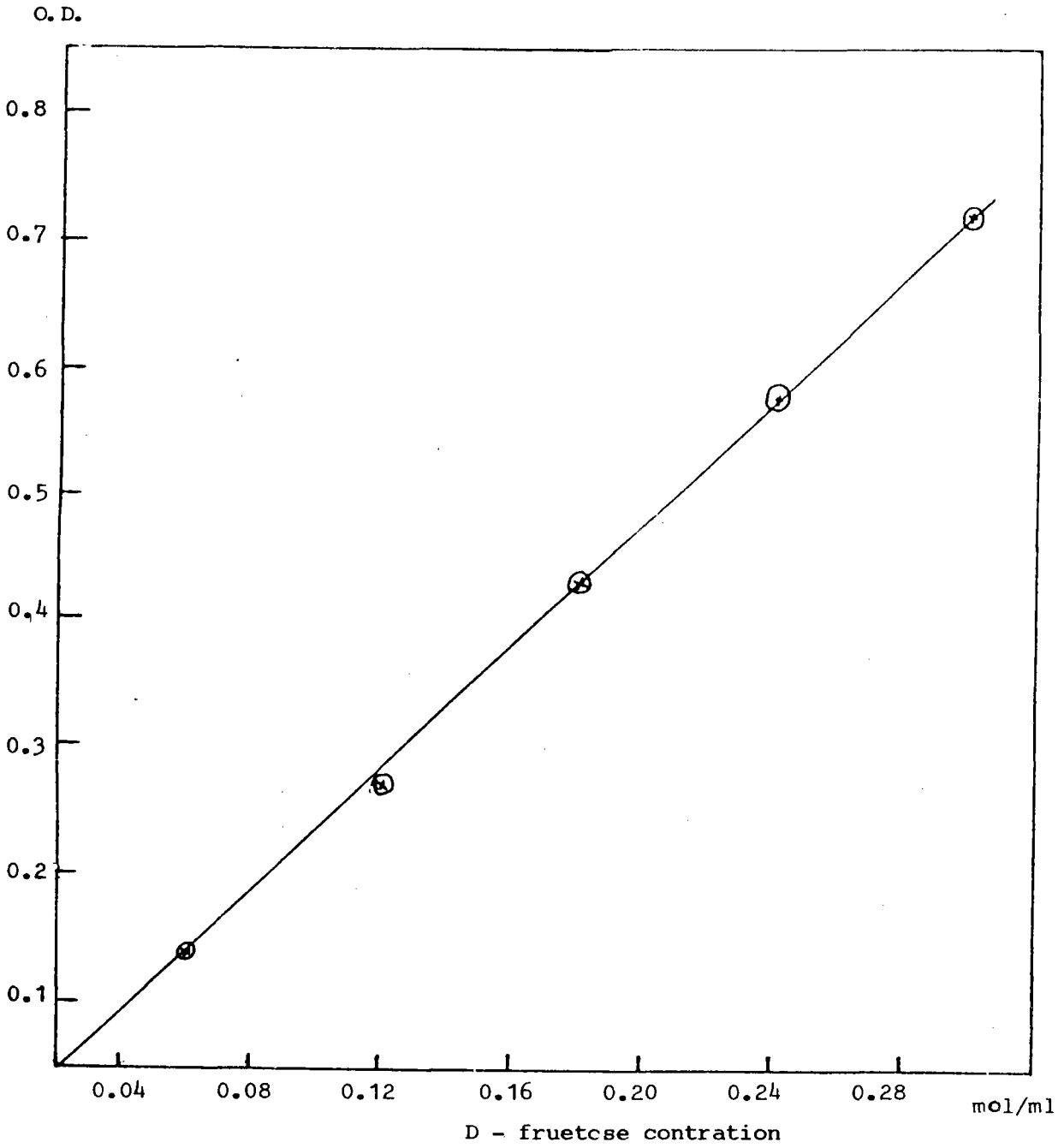
ภาพประกอบ 20 Polycavernosa fisheri



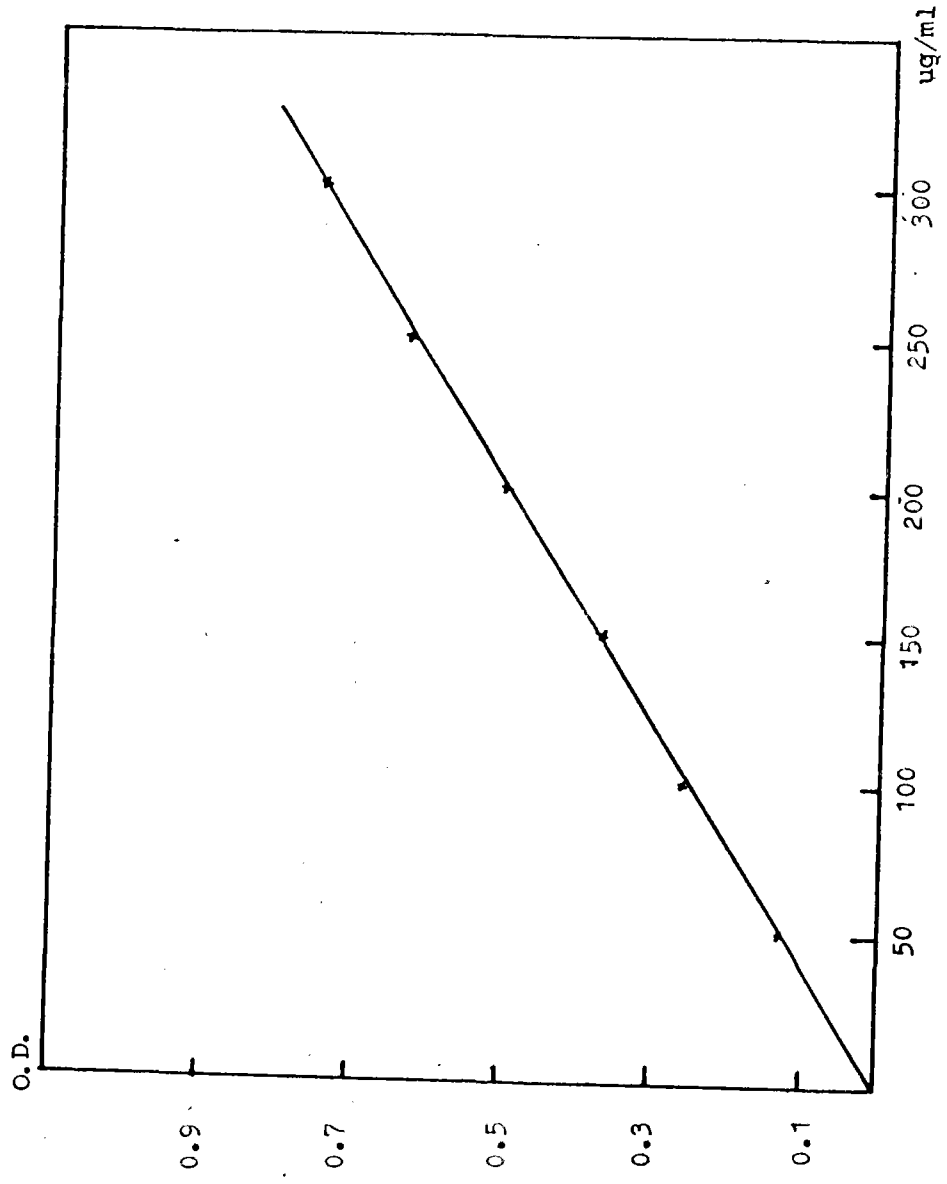
ภาพประกอบ 21 เครื่องมือวัดความแข็งของวุ้น



ภาพประกอบ 22 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณซัลเฟตกับค่าการดูดกลืนแสง



ภาพประกอบ 23 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง D - fruetose กับค่าการดูดกลืนแสง



ภาพประกอบ 24 กราฟมาตรฐานแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโปรตีนกับค่าการดูดกลืนแสง

การพัฒนาขบวนการการสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลสกุลโพลีคาเวอร์โนซาบางชนิดที่มีในประเทศไทย

บทคัดย่อ

ของ

ปวีณา วรรักษ์เสรี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2531

การศึกษานี้มีจุดมุ่งหมายในการพัฒนากระบวนการผลิตวุ้นจากสาหร่ายทะเลที่มีในประเทศ โดยได้ทำการทดลองจากตัวอย่างสาหร่ายทะเลสีแดงของไฟลัม Rhodophyceae ซึ่งได้ถูกจำแนกว่าเป็นสายพันธุ์ Polycavernosa changii จากอ่าวเลน Polycavernosa fastigiata จากแหลมหิน จังหวัดตราด และ Polycavernosa fisheri จากเกาะยอ จังหวัดสงขลา จากผลการทดลองพบว่า สภาวะเหมาะสมในการสกัดวุ้นจากสาหร่าย P. changii ควรใช้เวลาในการสกัดอยู่ในช่วง 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วนสาหร่ายต่อน้ำ เป็น 1 ต่อ 30 สำหรับการกำจัดซัลเฟตออกจากวุ้น ทำได้โดยนำวุ้นที่สกัดได้มาทำปฏิกิริยากับเบสที่มีความเข้มข้นร้อยละ 20 ซึ่งทำให้ได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 29 และความแข็ง 509 กรัม/ซม.^{2} สำหรับ P. fastigiata และ P. fisheri ใช้วิธีการสกัดเช่นเดียวกับ P. changii พบว่าได้ปริมาณวุ้น ร้อยละ 27 และ 21 ตามลำดับ ส่วนความแข็งของวุ้น เป็น 944 และ 992 กรัม/ซม.^{2} ตามลำดับ

วุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายทั้ง 3 พันธุ์ ถ้าหากทำการสกัดตามกระบวนการที่กล่าวมาแล้ว เมื่อนำมาตรวจสอบคุณภาพ พบว่าสามารถจัดอยู่ในเกรดพิเศษ เมื่อเทียบกับมาตรฐานวุ้นบริโภคของญี่ปุ่น

Process Development of Agar Extraction from Some *Polycavernosa spp.* in Thailand

AN ABSTRACT

BY

PAVEENA VORARAKSEREE

Presented in partial fulfillment of the requirements

for the Master of Education degree

at Srinakharinwirot University

February 1988

The main objective of this study is to develop the appropriate method agar extraction from agarophytes in Thailand. The samples of Rhodophyceae were identified as Polycavernosa changii from Ao Len, Polycavernosa fastigiata from Laem Hin of Trat Province and Polycavernosa fisheri from Kaw Yaw, Songkhla Province. The result from this experiments was found that, the appropiate condition for agar extraction of P. changii should be at 95 ℃ for the period of 2 hours and the ratio of the seaweed : water should be 1 : 30 (W/V). The desulfation could be done by the treatment of the agar in 20% alkali soultion. The percentage yield and gel strength of the agar extracted from P. changii were 29 and 509 gm/cm^2 respectively. The same method of extraction was also applied to the samples of P. fastigiata and P. fisheri. It was found that the percentage yields of the extracted agar were 27 and 21 with the gel strength of 944 and 922 gm/cm^2 respectively.

It was also found that the quality of the agar extracted by this developed process could be classified as the superier grade in comparing with the Japanese Standard of Agar.