5833

การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายทะเล *Polycavernosa fisheri*

ปริญญานิพนธ์

ของ

กำพล จันทร์สุวรรณศร

27 ก.ย. 2535

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ
มีนาคม 2535

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

180836

คณะกรรมการควบคุม และคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน
(ดร. ยุวดี นาคะผดุงรัตน์)

.....กรรมการ
(ผศ. สุวลี จันทร์กระจ่าง)

.....กรรมการ
(ผศ. ทรรศนียา ศักดิ์ดี)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน
(ดร. ยุวดี นาคะผดุงรัตน์)

.....กรรมการ
(ผศ. สุวลี จันทร์กระจ่าง)

.....กรรมการ
(ผศ. ทรรศนียา ศักดิ์ดี)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผศ.ดร. ธารารัตน์ ศุภศิริ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศ. ดร. สมพร บัวทอง)

วันที่ 6 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2535

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอน้อมรำลึกถึงพระคุณ บิดา มารดา ที่ให้การสนับสนุนและให้โอกาสในการศึกษา ขอขอบพระคุณ ดร.ยุวดี นาคะผดุงรัตน์ ซึ่งเป็นอาจารย์ควบคุมปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้คำปรึกษา และช่วยแก้ไขอุปสรรคต่างๆในระหว่างการทำวิจัย จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ผศ.สุวลี จันทร์กระจ่าง ผศ.ดร.ธารารัตน์ ศุภศิริ ผศ.ทรรศนียา ศักดิ์ดี และ ศ.กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและแนะนำเป็นอย่างดี ขอขอบคุณคุณสุชาติ ว่องไว ที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในระหว่างการเก็บตัวอย่างสาหร่าย

ท้ายที่สุดผู้วิจัยขอขอบคุณ พี่ๆ และเพื่อนๆ ทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือแนะนำในเรื่องต่างๆ จนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

กำพล จันทร์สุวรรณศร

มีนาคม 2535

สารบัญ

บทที่ หน้า

1 บทนำ..... 1
1.1 วุ้น (agar)..... 1
1.2 อะกาโรไฟท์ (agarophyte)..... 5
1.3 สาหร่ายสกุล Gracilaria..... 8
1.3.1 รูปร่างลักษณะของสาหร่ายสกุล Gracilaria..... 8
1.3.2 สภาพนิเวศน์และการกระจายของสาหร่ายสกุล Gracilaria..... 9
1.3.3 วัฏจักรชีวิตของสาหร่ายสกุล Gracilaria..... 9
1.4 ปัจจัยของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย..... 12
1.4.1 ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย. 12
1.4.2 ผลของความเค็มของน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย..... 14
1.4.3 ผลของความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย..... 16
1.4.4 ผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย..... 17
1.4.5 ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย..... 18
1.4.6 ผลของสารอาหารในน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย..... 18

บทที่ หน้า

1.4.7 ผลของสภาวะแวดล้อมต่างๆที่มีต่อปริมาณโปรตีนและ
คาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย..... 20

ความสำคัญของการวิจัย..... 23
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 23
ขอบเขตของการวิจัย..... 23
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..... 24

2 วิธีการวิจัย..... 25
2.1 อุปกรณ์..... 25
2.2 การเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ..... 25
2.3 การศึกษาอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต
ของสาหร่าย..... 26
2.4 การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรต
ของสาหร่ายซึ่งเลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม..... 28
2.5 การกำจัดสีและอบแห้งสาหร่าย..... 29
2.6 การหาปริมาณโปรตีนของสาหร่าย..... 29
2.7 การหาปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย..... 31

บทที่ หน้า

3 ผลการวิจัย..... 33
3.1 ผลของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จของโปรวาโซไลน์และน้ำทะเลธรรมดาต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 34
3.2 ผลของระยะเวลาการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 37
3.3 ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 39
3.4 ผลของความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 41
3.5 ผลของความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 43
3.6 ผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 45
3.7 ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 48
3.8 ผลของความเข้มข้นของไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 50
3.9 ผลของความเข้มข้นของฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 52
3.10 การเจริญเติบโตและอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ซึ่งเลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม..... 54

บทที่ หน้า

4 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ..... 58

บรรณานุกรม..... 65
ภาคผนวก..... 72
ประวัติย่อของผู้วิจัย..... 75

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 ข้อมูลการนำเข้าวุ้นจากต่างประเทศของประเทศไทย..... 4

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ หน้า

1 โครงสร้างของอะกาโรไบโอส..... 2

2 โครงสร้างของอะกาโรไบโอส ซึ่ง 3,6-anhydro-α-L-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย L-galactose sulfate..... 2

3 โครงสร้างของอะกาโรไบโอส ซึ่ง β-D-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย D-galactose sulfate..... 3

4 โครงสร้างของอะกาโรไบโอส ซึ่ง β-D-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย 4,6-O-(1-carboxyethylidene)-D-galactopyranose..... 3

5 วัฏจักรชีวิตของสาหร่ายสกุล Gracilaria..... 11

6 วิธีการเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ..... 28

7 บริเวณแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 33

8 ก.สาหร่ายที่เก็บจากแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติ
ข.สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จนาน 6 สัปดาห์..... 35

9 ผลของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จและน้ำทะเลธรรมดาต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 36

10 ผลของระยะเวลาการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 38

11 ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri... 40

12 ผลของความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri 42

13 ผลของความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 44

ภาพประกอบ หน้า

14 ผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 46

15 ผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 47

16 ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 49

17 ผลของความเข้มข้นของไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 51

18 ผลของความเข้มข้นของฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 53

19 ผลของสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri..... 55

20 อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม..... 56

21 อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษา..... 57

บทที่ 1

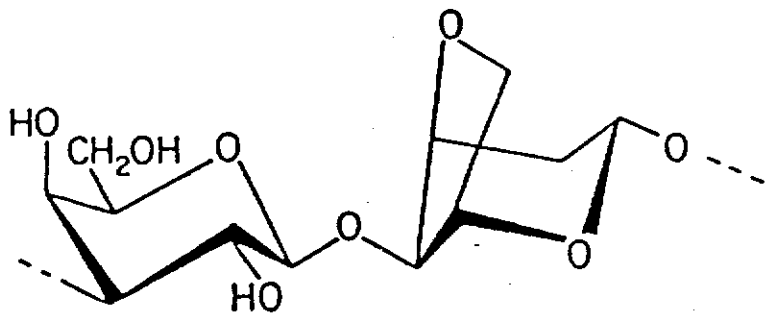
บทนำ

สาหร่าย (algae) เป็นพืชชั้นต่ำที่โครงสร้างของมันยังไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปเป็นลำต้น ราก และใบอย่างแท้จริงเหมือนพืชชั้นสูงทั่วไป ด้วยเหตุนี้จึงเรียกโครงสร้างของสาหร่ายว่า "ทัลลัส" (thallus) นอกจากโครงสร้างโดยทั่วไปแล้ว การเจริญเติบโตของสาหร่ายยังแตกต่างจากพืชมีท่อลำเลียงทั้งหลาย กล่าวคือไซโกตจะพัฒนาไปเป็นทัลลัสโดยตรง ไม่ต้องมีการพัฒนาไปเป็นเอมบริโอ (embryo)ก่อน (สมศักดิ์ แสนสุข. 2519) ในเซลล์ของสาหร่ายมีรงควัตถุชนิดต่างๆเช่น คลอโรฟิลล์(chlorophyll) คาโรทีนอยด์ (carotenoid) ไฟโคบิลิน (phycobilin) ไฟโคอิริทริน (phycoerythrin)เป็นต้น สาหร่ายจะใช้รงควัตถุเหล่านี้รับพลังงานแสงมาใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง และนำพลังงานไปใช้ในการสร้างสารประกอบต่างๆ ทำให้สาหร่ายที่มีรงควัตถุเหล่านี้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างอิสระไม่ต้องพึ่งพาสารอาหารจากซากพืชซากสัตว์หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ในสาหร่ายจะมีสารพวก algal polysaccharides ซึ่งเป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่สาหร่ายสะสมไว้โดยจะอยู่ในรูปของเมือก (mucilage) ซึ่งมีปริมาณของโพลีแซคคาไรด์ร้อยละ 10 ถึง 65 ของน้ำหนักแห้ง ปริมาณนี้จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับเผ่าพันธุ์ (genera) และสภาวะแวดล้อมที่สาหร่ายเจริญเติบโต (สุรจิต วรรณจันทร์. 2523)

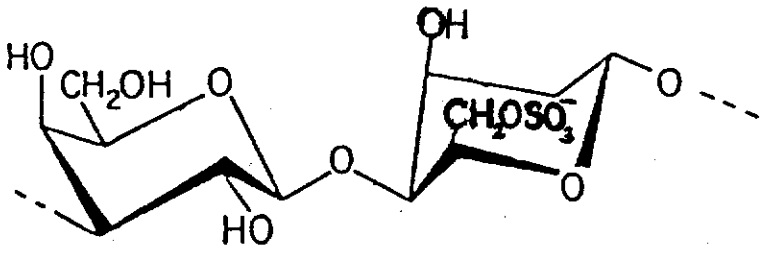
1.1 วุ้น (agar)

วุ้นเป็นสารประกอบคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่งที่พบในสาหร่าย มีสมบัติต่างจากคาร์โบไฮเดรตที่ได้จากพืชทั่วๆไป และจัดเป็นสารประกอบไฟโคคอลลอยด์ (phycocolloid) ชนิดหนึ่ง วุ้นประกอบด้วยโพลีแซคคาไรด์เชิงซ้อนสองชนิดคือ อะกาโรส (agarose) และ อะกาโรเพคติน (agaropectin) อะกาโรสเป็นโพลิเมอร์ของอะกาโรไบโอส (agarobiose) ซึ่งเป็น disaccharide ประกอบด้วย 1,3-linked-β-D-galactopyranose และ 1,4-linked 3,6-anhydro-α-L-galactopyranose (ภาพประกอบ 1) ส่วนอะกาโรเพคตินเชื่อกันว่าเป็นสารที่มีโครงสร้างแบบเดียวกับอะกาโรส

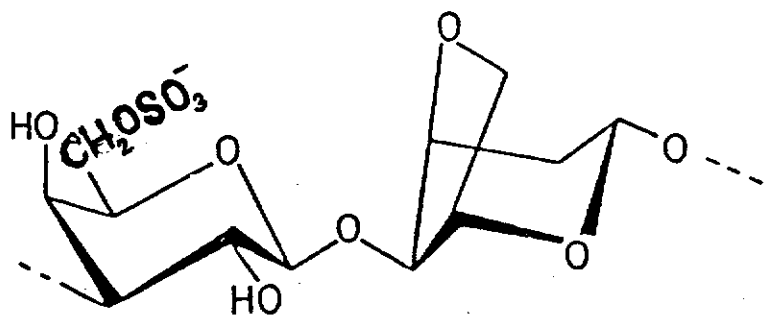
เว้นแต่บางโมเลกุลของ 3,6-anhydro-α-L-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย L-galactose sulfate(ภาพประกอบ 2) และบางโมเลกุลของ β-D-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย D-galactose sulfate(ภาพประกอบ 3) หรือ 4,6-O-(1-carboxy-ethylidene)-D-galactopyranose(ภาพประกอบ 4) (Percival and Mcdowell. 1967; Trainor. 1978)



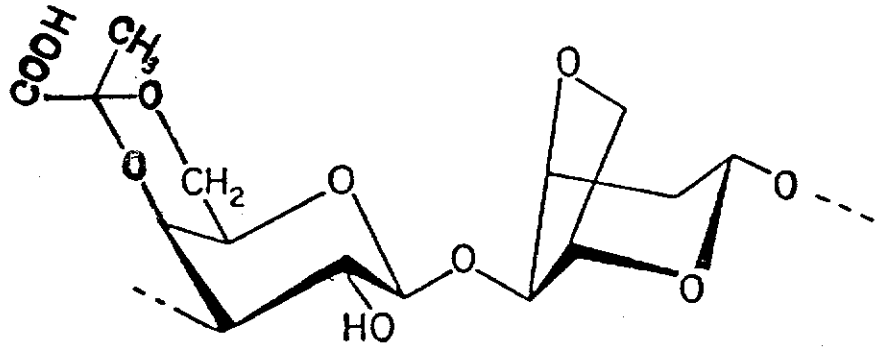
ภาพประกอบ 1 โครงสร้างของอะกาโรไบโอส (Lobban and Wynne. 1981)



ภาพประกอบ 2 โครงสร้างของอะกาโรไบโอสซึ่ง 3,6-anhydro-α-L-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย L-galactose sulfate



ภาพประกอบ 3 โครงสร้างของอะกาโรไบโอสซึ่ง β-D-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย D-galactose sulfate



ภาพประกอบ 4 โครงสร้างของอะกาโรไบโอสซึ่ง β-D-galactopyranose ถูกแทนที่ด้วย 4,6-O-(1-carboxyethylidene)-D-galactopyranose

คุณภาพของวุ้นขึ้นกับสมบัติต่างๆคือ ความหนืด (viscosity) ความแข็งของวุ้น (gel strength) ความคงรูปได้ทั้งในน้ำและในลักษณะ emulsion เมื่อละลายวุ้นในน้ำร้อนจะได้สารละลาย หากสารละลายเย็นตัวลงจะเกิดเป็นเจลที่คงรูป ด้วยคุณลักษณะนี้เอง ทำให้มีการนำวุ้นมาใช้ประโยชน์มากเช่น ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร กระดาษ ยา เครื่องสำอาง ใช้ในงานวิเคราะห์ทางชีวเคมี ทางการแพทย์ ใช้เป็นสารตัวกลาง (medium) สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ การเพาะเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ เป็นต้น

ในแต่ละปีประเทศไทยมีการนำเข้าวุ้นจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก เมื่อพิจารณาจากข้อมูลในตาราง 1 จะเห็นได้ว่าแนวโน้มการนำเข้าวุ้นมีปริมาณสูงขึ้นเรื่อยๆทุกปี

ตาราง 1 ข้อมูลการนำเข้าวุ้นจากต่างประเทศของประเทศไทย (กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2527-2533)

ปี พ.ศ.	ปริมาณ (กิโลกรัม)	มูลค่า (บาท)
2527	259,216	87,978,473
2528	234,131	95,333,822
2529	251,869	108,242,906
2530	276,768	112,926,343
2531	262,447	111,101,724
2532	274,777	129,396,344
2533	346,563	199,320,780

ประเทศที่ส่งวุ้นเป็นสินค้าเข้าประเทศไทยมีหลายประเทศเช่น ชิลี ญี่ปุ่น ไต้หวัน จีน เกาหลีใต้ สหรัฐอเมริกา เป็นต้น(กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์. 2527-2533) ประเทศเหล่านี้ล้วนแล้วแต่มีอาณาเขตทางทะเลเช่นเดียวกับประเทศไทย และสามารถจัดหาสาหร่ายซึ่งใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตวุ้นเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตวุ้นได้อย่างเพียงพอตลอดทั้งปี ต่างกับประเทศไทย ที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่งปีสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตสาหร่ายจากแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติได้เพียงหนึ่งครั้ง คือในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายนเท่านั้น นอกนั้นจะพบสาหร่ายได้น้อย เนื่องจากสาหร่ายมีการชะงักการเจริญเติบโตซึ่งเป็นผลมาจากสภาวะแวดล้อม และปัจจัยทางนิเวศน์วิทยาที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายเท่าที่ควร (วนิดา วัชรโศภิษฐกุล. 2532)

1.2 อะกาโรไฟท์ (agarophyte)

อะกาโรไฟท์เป็นสาหร่ายทะเลสีแดงที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการสกัดวุ้นซึ่งจัดอยู่ในดิวิชั่นโรโดไฟตา(Division Rhodophyta) คลาสโรโดไฟซี(Class Rhodophyceae) มีอยู่หลายสกุล (Genus) สำหรับสกุลที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตวุ้นได้แก่

Gelidium พบได้ในประเทศ ชิลี สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เม็กซิโก (Glicksman. 1987) ไต้หวัน (Rodriguez and Santelices. 1987) โมร๊อคโค (Faraj and others. 1987) นอร์เวย์(Rueness and Tananger. 1984) ออสเตรเลีย (Baker. 1984) และ จีน (Wang, Pan and Chen. 1984)

Gracilaria พบได้ในประเทศ ชิลี แอฟริกาใต้ บลาซิล อาร์เจนติน่า จีน ไต้หวัน (Santelices and Doty. 1989) สหรัฐอเมริกา ญี่ปุ่น เม็กซิโก (Glicksman.1987) อิสราเอล (Friedlander and others.1987) ฝรั่งเศส (Christiaen and others. 1987) ไทย (Abbott. 1987) นอร์เวย์ กานา นิวซีแลนด์ มาเลเซีย (Mclachlan and Bird.1986) แคนาดา อิตาลี อังกฤษ (Bird

and Mclachlan.1986) จาไมก้า(Prasad. 1986) อินเดีย คิวบา (Bird and Mclachlan. 1984) ปานามา (Hay and Norris. 1984) และ ฟิลิปปินส์ (Trono and Azanza-Corrales.1981)

Pterocladia พบได้ในประเทศ นิวซีแลนด์ (Luxton and Courtney. 1987) สหรัฐอเมริกา (Rodriguez and Santelices. 1987) จีน (Wang, Pan and Chen. 1984) อิสราเอล(Lundberg. 1981) และ โปรตุเกส (Fralick and Andrade. 1981)

Ahnfeltia พบได้ในประเทศ ญี่ปุ่น (Lobban and Wynne. 1981) ชิลี (Westermeier. 1981) และ สหรัฐอเมริกา (Peats. 1981)

Ceramium พบได้ในประเทศ ชิลี (Westermeier. 1981) และ จีน (Tseng, Zhou and Pan. 1981)

Gelidiella พบได้ในประเทศ อิสราเอล (Lundberg. 1981) และ อินเดีย (Rao. 1968)

Campylaephora พบได้ในประเทศ จีน (Tseng, Zhou and Pan. 1981)

Acanthopeltis พบได้ในประเทศ ญี่ปุ่น (ประมุข เพ็ญสุต. 2525)

สาหร่ายที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการผลิตวุ้นมากที่สุด คือสาหร่ายสกุล Gelidium และ Gracilaria ซึ่งวุ้นที่ได้จากสาหร่ายสกุล Gelidium มีคุณภาพดีกว่าวุ้นที่ได้จากสาหร่ายสกุล Gracilaria แต่มีการใช้สาหร่ายสกุล Gracilaria เพื่ออุตสาหกรรมการผลิตวุ้นปริมาณมากกว่า เนื่องจากสาหร่ายสกุล Gracilaria สามารถเพาะเลี้ยงเพื่อป้อนอุตสาหกรรมการผลิตวุ้นได้มากกว่าสาหร่ายสกุล Gelidium(Patwary and Van der meer. 1983) สำหรับในประเทศไทยจะพบสาหร่ายให้วุ้นที่สำคัญ คือ สาหร่ายสกุล Gracilaria และสกุล Polycavernosa โดยที่สาหร่ายสกุล Polycavernosa เป็นสาหร่ายสกุลใหม่ซึ่งแยกออกจากสาหร่ายสกุล Gracilaria ดังนั้น

สาหร่ายทั้งสองจึงมีความคล้ายคลึงกันมาก ซึ่งในปี ค.ศ.1963 Chang และ Xia ได้แยกสาหร่าย Polycavernosa chang et xia ออกจากสาหร่าย Gracilaria Grevillle (Xia and Abbott. 1985)

จากการสำรวจสาหร่ายทั้งสองสกุลในประเทศไทย พบว่ามีสาหร่ายสกุล Gracilaria 9 ชนิดคือ

1. Gracilaria tenuistipitata Chang & Xia
2. Gracilaria firma Chang & Xia
3. Gracilaria irregularis Abbott
4. Gracilaria salicornia (C. Agardh) Dawson
5. Gracilaria eucheumoides Harvey
6. Gracilaria textorii (Suringar) De Toni
7. Gracilaria urvillei (Montagne) Xia & Abbott
8. Gracilaria sp. 1
9. Gracilaria sp. 2

สาหร่ายสกุล Polycavernosa 6 ชนิดคือ

1. Polycavernosa fisheri Xia & Abbott
2. Polycavernosa changii Xia & Abbott
3. Polycavernosa fastigiata Chang & Xia
4. Polycavernosa percurrens Abbott
5. Polycavernosa ramulosa Chang & Xia
6. Polycavernosa sp.

(กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ และคนอื่นๆ 2534)

1.3 สาหร่ายสกุล Gracilaria

1.3.1 รูปร่างลักษณะของสาหร่ายสกุล Gracilaria

สาหร่ายสกุล Gracilaria มีทัลลัสตั้งตรงเป็นรูปเรียวยาว ทรงกระบอก กลมหรือแบน อวบน้ำ ลักษณะของทัลลัสมีตั้งแต่บอบบาง อ่อนนุ่ม หักง่าย เปราะ ไปจนกระทั่งเหนียวเหมือนพังผืดหรือกระดูกอ่อน ผิวของทัลลัสอาจจะเรียบหรือหยาบก็ได้ การเจริญเติบโตเกิดได้ 2 ทางคือ การเจริญเติบโตที่เซลล์ปลายยอด (apical cell) และการแตกแขนงด้านข้าง ทัลลัสมักขึ้นเป็นพุ่มจากฐานโดยที่โคนของทัลลัสมีฐานกลมแบนเรียกว่า "โฮลด์ฟาสท์" (holdfast) ทำหน้าที่ยึดเกาะกับวัตถุใต้น้ำ การแตกแขนงอาจจะเป็น 2 ง่าม (dichotomous) แตกแบบไม่เป็นระเบียบ แตกเป็นหลายแขนงอย่างไม่มีกฎเกณฑ์แผ่ขยายออกไปเรื่อยๆ หรือมีการแตกแขนงข้างออกจากแขนงหลักทุกๆช่วงความยาว เนื่องจากสาหร่ายสกุล Gracilaria เป็นสาหร่ายสีแดงที่มีการกระจายอย่างกว้างขวางทั่วโลก ดังนั้นจึงมีสี ขนาด และรูปร่างที่แตกต่างกันไป สีมีตั้งแต่สีแดง-ดำ แดง น้ำตาล น้ำตาล-แดง ชมพู ม่วงเข้ม สีแดง-ม่วง เทา เขียว เหลือง หรือใส เมื่อตากแห้งจะเป็นสีดำ เทา หรือน้ำตาล ความยาวของทัลลัสมีตั้งแต่ 4 เซนติเมตร ถึง 3.5 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 0.5 ถึง 4.0 มิลลิเมตร (Taylor. 1979; Lee. 1980; Santelices and Doty. 1989)

สารสีของสาหร่ายสกุลGracilaria ประกอบด้วยคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ ดี ไฟโคบิลิน เช่น อาร์-ไฟโคอิริทริน (R-phycoerythin) อาร์-ไฟโคไซยานิน (R-phycocyanin) ซี-ออลโลไฟโคไซยานิน (c-allophycocyanin) เป็นต้น (Lee. 1980) คาโรทีนอยด์ เช่น เบตา-คาโรทีน (β-carotene) แอนเทอราแซนติน (antheraxanthin) เป็นต้น (Brown and Mclachlan. 1982)

1.3.2 สภาพนิเวศน์และการกระจายของสาหร่ายสกุล Gracilaria

สาหร่ายสกุล Gracilaria มีกระจายอยู่ทั่วโลกทั้งในเขตร้อน และเขตอบอุ่น ซึ่งประมาณกันว่ามีถึง 160 ชนิด (Patwary and Van der meer. 1983; Santelices and Doty. 1989) ในธรรมชาติสาหร่ายสกุล Gracilaria จะปรากฏอยู่บริเวณน้ำขึ้น-น้ำลง(intertidal zone) และบริเวณที่อยู่ใต้น้ำตลอดเวลา(subtidal zone) โดยจะพบเกาะอยู่กับวัตถุในน้ำ เช่น กรวด หินขนาดเล็ก เปลือกหอย เชือกอวน ปะการัง หินโสโครก หรืออาจอยู่เป็นอิสระไม่เกาะกับวัตถุใดๆ โดยอาจจะลอยตามผิวน้ำหรือมีบางส่วนจมอยู่ในทราย สาหร่ายสกุล Gracilaria บางชนิดอยู่บริเวณป่าชายเลนซึ่งเป็นบริเวณน้ำกร่อย มักพบเกาะกับรากไม้ หรืออาจมีบางส่วนจมอยู่ในโคลน สาหร่ายสกุล Gracilaria บางชนิด เช่น Gracilaria cylindrica สามารถอยู่ในน้ำลึกถึง 110 เมตร (Taylor. 1979) สาหร่ายที่อยู่บริเวณน้ำขึ้น-น้ำลง จะต้องสามารถทนต่อความแห้งแล้งและอุณหภูมิที่สูงๆได้ดี และสาหร่ายที่อยู่ในน้ำลึกจะต้องมีความสามารถสังเคราะห์แสงได้ดีในสภาวะที่มีแสงน้อย

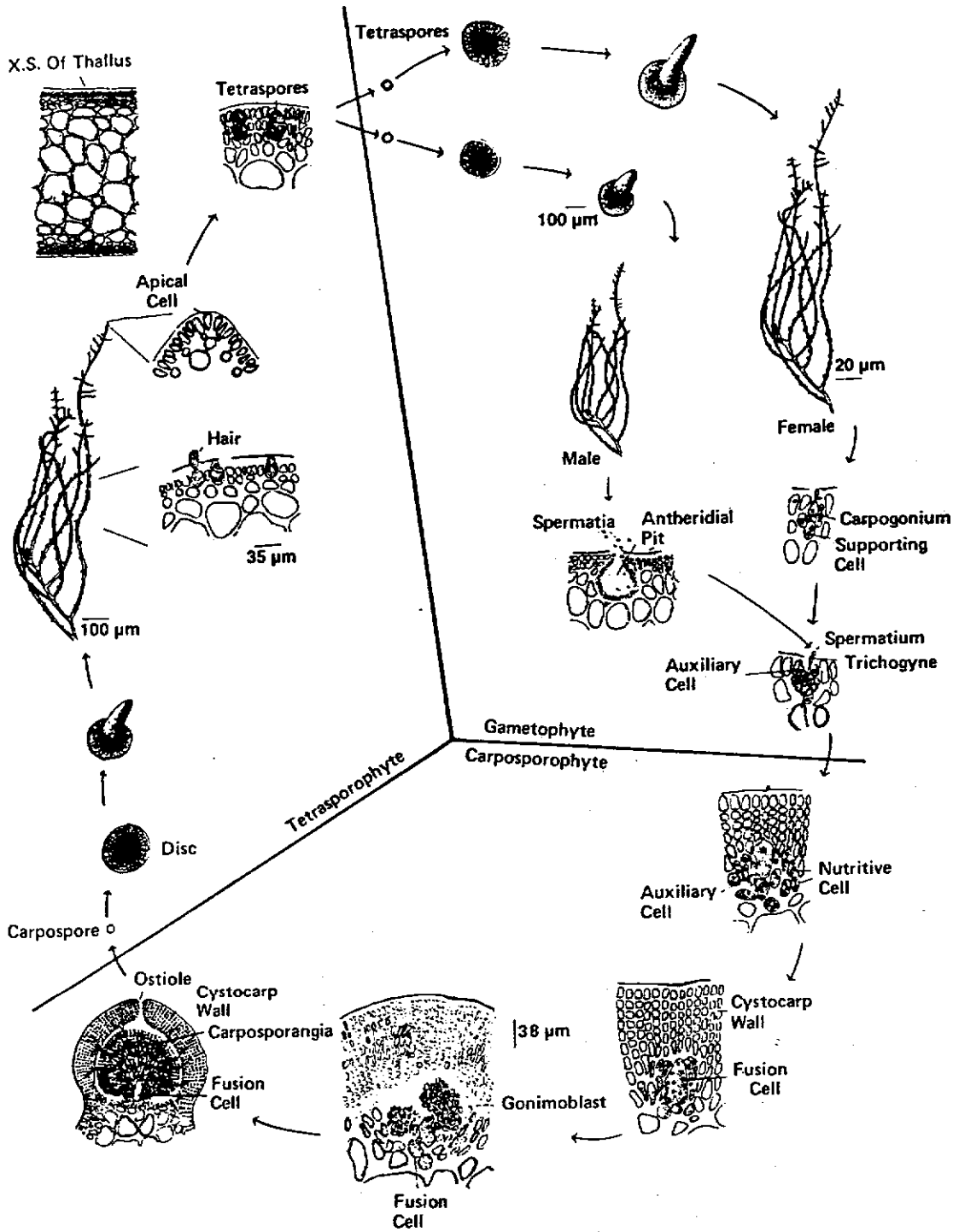
สำหรับในประเทศไทยมักจะพบสาหร่ายสกุล Gracilaria และสาหร่ายสกุล Polycavernosa ได้ทั่วไปบริเวณน้ำตื้นหรือชายหาดที่มีลมพัดไม่แรงมากนัก สาหร่ายทั้งสองชนิดนี้อาจจะขึ้นรวมกับสาหร่ายชนิดอื่นหรือขึ้นตามลำพังชนิดเดียวก็ได้โดยอิสระ หรือยึดเกาะกับก้อนกรวด หิน หรือเปลือกหอย โดยใช้โฮลด์ฟาสท์เป็นที่ยึดเกาะ นอกจากนี้ยังสามารถพบได้ตามป่าชายเลนโดยจะอยู่บริเวณน้ำตื้นพื้นเป็นทรายปนโคลน ความลึกไม่เกิน 1 ถึง 2 เมตร

1.3.3 วัฏจักรชีวิตของสาหร่ายสกุล Gracilaria

สาหร่ายสกุล Gracilaria มีวัฏจักรชีวิตเป็นแบบสลับเรียกว่า "ไทรเฟสิค" (triphasic type) มี 3 ระยะคือ ระยะแกมีโตไฟท์ (gametophyte phase) มีจำนวนโครโมโซมเป็นแบบแฮพลอยด์ ระยะคาร์โปสปอร์โรไฟท์ (carposporo-

phyte phase) และระยะเททระสปอร์โรไฟท์ (tetrasporophyte phase) มีจำนวนโครโมโซมเป็นแบบดิพลอยด์ (Patwary and Van der meer. 1984)

การสืบพันธุ์ของสาหร่ายสกุล Gracilaria มีทั้งแบบไม่อาศัยเพศ (asexual) โดยการสร้างเททระสปอร์(tetraspore) บนทัลลัสเททระสปอร์โรไฟท์ และแบบอาศัยเพศ(sexual) โดยการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมียบนทัลลัสแกมีโตไฟท์ต่างทัลลัสกัน แกมีโตไฟท์เพศผู้จะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้เรียกว่า "สเปอร์มาเทียม"(spermatium) ขึ้นภายในแอนเทอร์ริเดียล พิท(antheridial pits) ส่วนแกมีโตไฟท์เพศเมียจะสร้างเซลล์สืบพันธุ์เพศเมียเรียกว่า "คาร์โปโกเนียม"(carpogonium) อยู่บนคาร์โปโกเนียล ฟิลาเมนต์ (carpogonial filament) เมื่อเวลาสืบพันธุ์สเปอร์มาเทียมจะหลุดลอยตามน้ำมาผสมกับคาร์โปโกเนียมบนทัลลัสเพศเมียได้เป็นไซโกต เมื่อไซโกตแบ่งตัวแบบไมโตซิส (mitosis) ได้คาร์โปสปอร์ (carpospore) ซึ่งอยู่ในคาร์โปสปอร์แรนเจีย(carposporangia) และมีเซลล์ป้องกันอยู่รอบๆเรียกว่า "เพริคาร์พ"(pericarp) เจริญอยู่บนทัลลัสเพศเมีย ระยะนี้เรียกว่า "ระยะคาร์โปสปอร์-โรไฟท์" เมื่อทัลลัสคาร์โปสปอร์โรไฟท์เจริญเต็มที่จะมีลักษณะเป็นตุ่มกลมๆ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 มิลลิเมตร อยู่ตามผิวทัลลัสเรียกว่า "ซิสโตคาร์พ"(cystocarp) เมื่อคาร์โปสปอร์แก่จะหลุดออกจากซิสโตคาร์พทางออสติโอล(ostiole) ไปงอกเป็นทัลลัสดิพลอยด์ใหม่เรียกว่า "เททระสปอร์โรไฟท์" มีรูปร่างลักษณะคล้ายกับทัลลัสแกมีโตไฟท์และมีขนาดใกล้เคียงกับทัลลัสแกมีโตไฟท์เพศเมีย เมื่อทัลลัสเททระสปอร์โรไฟท์โตเต็มที่จะสร้างเททระสปอร์ขึ้นภายในเททระสปอร์แรนเจียม(tetrasporangium) โดยมีการแบ่งตัวแบบไมโอซิส(meiosis)ได้เททระสปอร์ที่มีโครโมโซมเป็นแฮพลอยด์ซึ่งจะงอกเป็นทัลลัสแกมีโตไฟท์เพศผู้และเพศเมียอย่างละเท่าๆกัน (ประมุข เพ็ญสุต. 2525; Lee. 1980; Santelices and Doty. 1989)



ภาพประกอบ 5 วัฏจักรชีวิตของสาหร่ายสกุล Gracilaria (Lee, 1980)

1.4 ปัจจัยของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย

ในอุตสาหกรรมการผลิตวุ้นจากสาหร่ายทะเล นอกจากการพัฒนาทางกระบวนการแปรรูปสาหร่ายทะเลและการปรับปรุงพันธุ์แล้ว การศึกษาปัจจัยของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย เช่น อุณหภูมิ ความเข้มแสง ปริมาณธาตุอาหารในน้ำทะเล เป็นต้น เป็นสิ่งที่ควรกระทำควบคู่กันไปด้วย เพื่อจะให้ได้สาหร่ายที่มีคุณภาพดีและมีปริมาณเพียงพอกับความต้องการตลอดทั้งปี (Patwary and Van der meer.1983; Yang and Wang. 1983)

1.4.1 ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย

จากการที่สาหร่ายทะเลสกุล Gracilaria ที่เกิดในธรรมชาติมีมากกว่า 160 ชนิด กระจายอยู่ทั่วโลก ทั้งในเขตร้อนและเขตอบอุ่น สาหร่ายแต่ละชนิดย่อมเจริญเติบโตในที่มีอุณหภูมิเหมาะสมแตกต่างกัน ในเขต subtropical โดยเฉพาะบริเวณชายฝั่งที่มีน้ำขึ้น-น้ำลง จะพบสาหร่ายได้น้อยในฤดูร้อนเนื่องจากอุณหภูมิโดยเฉลี่ยของฤดูร้อนมักจะสูงกว่า 30 องศาเซลเซียส ในขณะที่สาหร่ายส่วนใหญ่มักจะเจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 20 ถึง 30 องศาเซลเซียส (Mclachlan and Bird. 1986) และถ้าเลี้ยงสาหร่ายที่อุณหภูมิต่ำสาหร่ายจะเจริญเติบโตน้อยมาก เช่น การศึกษาสาหร่าย Gracilaria tikvahiae โดยเลี้ยงที่อุณหภูมิ 15, 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด ซึ่งเกิดจากการที่สาหร่ายมีการพักตัวเมื่ออยู่ในที่อุณหภูมิต่ำ (Lapointe, Dawes and Tenore. 1984)

การศึกษาสาหร่าย Gracilaria sp. ในประเทศชิลี โดยเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของสาหร่ายซึ่งเริ่มเลี้ยงโดยมีความหนาแน่น 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เปรียบเทียบกับที่มีความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร พบว่าสาหร่ายทั้งสองตัวอย่างมีการเจริญเติบโตดีที่สุดในฤดูใบไม้ผลิและต้นฤดูร้อน โดยสาหร่ายที่เลี้ยงเมื่อมีความหนาแน่น 2 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 100 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และสาหร่ายที่เลี้ยงเมื่อมีความหนาแน่น 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ย 87 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (Edding, Macchiavello and Black. 1987)

ส่วนผลของอุณหภูมิที่มีต่อการเจริญเติบโต ปริมาณวุ้น และความแข็งของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 ซึ่งเป็นสาหร่ายที่ให้วุ้นที่มีความแข็งสูง(high gel strength) พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส และ 15 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ในขณะที่สาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส มีปริมาณวุ้นต่ำกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 24 และ 15 องศาเซลเซียส แต่สาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส จะให้วุ้นที่มีค่าความแข็งสูงที่สุด (Bird. 1988)

ส่วนการศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณและคุณภาพของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่าย Gracilaria verrucosa ในประเทศฝรั่งเศส พบว่าวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส มีปริมาณวุ้นร้อยละ 35.7 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย และมีปริมาณ 3,6-anhydrogalactose ซึ่งเป็นองค์ประกอบของวุ้นที่บ่งบอกถึงคุณภาพของวุ้นเท่ากับ 396 มิลลิกรัมต่อกรัมของวุ้น ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส ปริมาณวุ้นร้อยละ 14.6 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย และมีปริมาณ 3,6-anhydrogalactose เท่ากับ 272 มิลลิกรัมต่อกรัมของวุ้น (Christiaen and others. 1987)

จากการเก็บตัวอย่างสาหร่าย Gracilaria verrucosa HBOI Strain G-16 จากธรรมชาติในแต่ละฤดูกาลตลอดระยะเวลา 4 ปี แล้วนำมาสกัดวุ้นและวัดความแข็งของวุ้น พบว่าสาหร่ายที่เก็บในช่วงฤดูร้อนจะมีความแข็งอยู่ในช่วง 700 ถึง 1,000 กรัมต่อตารางเซนติเมตร ซึ่งสูงกว่าวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายที่เก็บในช่วงฤดูหนาว ซึ่งมีความแข็งของวุ้นอยู่ในช่วง 400 ถึง 500 กรัมต่อตารางเซนติเมตร แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละฤดูกาลมีผลต่อคุณภาพของวุ้น (Bird, Strumski and Ryther. 1989)

Lapointe และคณะ ได้อธิบายว่า การที่อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญชนิดหนึ่งที่ควบคุมความสามารถในการดูดซับ(uptake)ไนเตรท และการเก็บสะสมในรูปของสารประกอบไนโตรเจนชนิดต่างๆ เช่น

รงควัตถุและโปรตีน เป็นต้น สาหร่ายที่อยู่ที่อุณหภูมิต่ำจะมีความสามารถในการดูดซับไนโตรเจนต่ำลง และจะมีการเก็บสะสมในรูปของสารประกอบต่างๆไว้ในเซลล์เพื่อที่จะพักตัว(Lapointe, Dawes and Tenore.1984) นอกจากนี้อุณหภูมิยังมีผลต่อการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายอีกด้วย โดยการศึกษาในสาหร่าย Gracilaria tikvahiae พบว่าอัตราการสังเคราะห์-แสงของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นเมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 5 ถึง 25 องศาเซลเซียส อัตราการ-สังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะสูงสุดเมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 ถึง 35 องศาเซลเซียส และอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะเริ่มลดลงเมื่อเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37.5 องศาเซลเซียส (Penniman and Mathieson. 1985)

1.4.2 ผลของความเค็มของน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย

จากการศึกษาสาหร่ายให้วุ้นจากแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติในประเทศไทย ในช่วงระยะเวลา 1 ปี พบว่าสาหร่ายมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันไป โดยจะพบสาหร่ายน้อยมากในฤดูฝน และจะมีปริมาณมากขึ้นในช่วงฤดูหนาวและฤดูร้อน จึงทำให้คาดกันว่าสภาวะแวดล้อมที่เปลี่ยนไปมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากที่สุด น่าจะได้แก่ความเค็มของน้ำทะเล(ประมุข เพ็ชรสุต. 2525) แต่จากการศึกษาสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 โดยเลี้ยงสาหร่ายในสภาวะแวดล้อมที่ควบคุมได้ 4 ชนิด คือ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ปริมาณธาตุไนโตรเจน และความเค็มของน้ำทะเล พบว่าความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย(17 และ 33 ส่วนในพัน) มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายน้อยที่สุด คือสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 และ 33 ส่วนในพัน มีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันไม่มากนัก แต่ความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายจะมีผลต่อปริมาณวุ้นและค่าความแข็งของวุ้น โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 ส่วนในพัน มีปริมาณวุ้นสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 33 ส่วนในพัน และค่าความแข็งของวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 33 ส่วนในพัน มีค่าสูงกว่าวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 ส่วนในพัน (Bird. 1988)

จากการศึกษาผลของความเค็มของน้ำทะเลต่อการอยู่รอด และการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล Gracilaria 17 ชนิด พบว่าสาหร่ายส่วนใหญ่สามารถอยู่รอดได้ในช่วงความเค็มของน้ำทะเล 15 ถึง 60 ส่วนในพัน และสาหร่ายบางชนิดสามารถอยู่รอดได้ในน้ำทะเลที่มีความเค็มเพียง 8 ส่วนในพัน อย่างไรก็ตามระดับความเค็มของน้ำทะเลที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่ายจะอยู่ในช่วง 15 ถึง 38 ส่วนในพัน (Bird and Mclachlan. 1986)

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงสาหร่าย Gracilaria tikvahiae ให้มีความเค็มลดลงจากเดิมคือ 26 ส่วนในพัน ให้เหลือเพียง 16 ส่วนในพัน จะมีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายไม่มากนัก แต่มีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของสาหร่ายอย่างเห็นได้ชัด โดยอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะลดลงจากเดิมประมาณร้อยละ 50 ในช่วง 4 ชั่วโมงแรก ซึ่งเป็นผลมาจากการเกิด hypo-osmotic shock สำหรับอัตราการหายใจของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณร้อยละ 37 ในช่วง 4 ชั่วโมงแรก และเมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง อัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจจะใกล้เคียงกับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 26 ส่วนในพัน (Lapointe, Rice and Lawrence. 1984)

การศึกษาผลของความเค็มของน้ำทะเลและอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ช่วงเวลา แต่ละช่วงเวลามีอุณหภูมิเฉลี่ยแตกต่างกันคือ 23, 29 และ 31 องศาเซลเซียส ในแต่ละช่วงเวลาที่ทำการทดลองจะเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทะเลที่มีความเค็มแตกต่างกันคือ 17, 25 และ 33 ส่วนในพัน เมื่อสัปดาห์ที่ 4 นำสาหร่ายส่วนหนึ่งที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 และ 25 ส่วนในพัน ลงเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 33 ส่วนในพัน ทำการเลี้ยงต่ออีก 2 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิเฉลี่ย 31 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีอุณหภูมิเฉลี่ย 23 และ 29 องศาเซลเซียส โดยในทุกๆช่วงเวลาที่ทำการทดลอง สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 ส่วนในพัน

มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 25 และ 33 ส่วนในพัน และเมื่อนำสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 ส่วนในพัน ลงเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 33 ส่วนในพัน พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในสภาวะควบคุม (17 ส่วนในพัน) และสาหร่ายที่เปลี่ยนจากการเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 25 ส่วนในพัน ไปเป็น 33 ส่วนในพัน มีผลการทดลองไม่แน่นอนคือ ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 23 องศาเซลเซียส สาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากสาหร่ายที่เลี้ยงในสภาวะควบคุม (25 ส่วนในพัน) ที่อุณหภูมิเฉลี่ย 29 องศาเซลเซียส สาหร่ายมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในสภาวะควบคุม และที่อุณหภูมิเฉลี่ย 31 องศาเซลเซียส สาหร่ายมีการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในสภาวะควบคุม (Daugherty and Bird. 1988)

1.4.3 ผลของความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

จากรายงานการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างของน้ำทะเล ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Gracilaria tikvahiae โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทะเลที่ไม่การควบคุมความเป็นกรด-ด่าง เปรียบเทียบกับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีการควบคุม pH ให้เท่ากับ 8.0 ตลอดเวลาทดลอง เมื่อทำการเลี้ยงนาน 60 วัน พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่ไม่มีการควบคุมความเป็นกรด-ด่าง มีการเจริญเติบโตต่ำ คือมีน้ำหนักประมาณ 620 กรัมของน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ในขณะที่สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีการควบคุม pH ให้เท่ากับ 8.0 มีการเจริญเติบโตสูงกว่า คือมีน้ำหนักประมาณ 900 กรัมของน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร (Debusk and Ryther. 1984) ซึ่งการที่น้ำทะเลมี pH สูงกว่า 8.0 จะมีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลงด้วย (Blinks. 1963; Ryther and Debusk. 1982) และจากผลการทดลองเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria ในแทงค์ที่มีการถ่ายเทของน้ำทะเลต่ำ ซึ่งมีผลทำให้น้ำทะเลมี pH สูงขึ้น พบว่าสาหร่ายจะมีผลผลิตลดลง (Lapointe and Ryther. 1979)

1.4.4 ผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

ความหนาแน่นของสาหร่ายเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ซึ่งสาหร่ายแต่ละชนิดมีความสามารถในการเจริญเติบโตได้ดีในที่มีความหนาแน่นของสาหร่ายแตกต่างกัน จากการศึกษาผลของความหนาแน่นของสาหร่ายที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Gracilaria tikvahiae 5 สายพันธุ์ โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายในบ่อขนาด 0.9x0.6x0.3 เมตร น้ำหนักเริ่มต้นของสาหร่ายเท่ากับ 10 กรัม เมื่อครบทุกๆ 2 สัปดาห์ นำสาหร่ายออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้น ชั่งน้ำหนักของสาหร่ายทุกๆ สัปดาห์ ทำการศึกษานาน 6 สัปดาห์ พบว่าหลังจากที่มีการนำสาหร่ายออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นแล้ว สาหร่ายทั้ง 5 สายพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อทำการศึกษาสาหร่ายโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลอง พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายทั้ง 5 สายพันธุ์ มีแนวโน้มลดลงตลอดเวลาทำการทดลอง (Patwary and Van der meer. 1983)

การทดลองเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria sp. ในบ่อซิเมนต์ขนาด 200 ลิตร โดยให้สาหร่ายมีความหนาแน่นต่างๆกันคือ 2, 4, 6 และ 8 กิโลกรัมต่อตารางเมตร และให้สารอาหาร $NaNO_3$ และ NaH_2PO_4 สัปดาห์ละ 1 ครั้ง จนครบเวลา 5 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุดคือ 127.1 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน และสาหร่ายที่เลี้ยงที่ความหนาแน่น 6 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีอัตราการเจริญเติบโตต่ำสุดคือ 95 กรัมต่อตารางเมตรต่อวัน นอกจากนี้ยังพบว่าที่ความหนาแน่นของสาหร่ายต่ำกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จะพบสาหร่าย epiphyte หลายชนิดเช่น Ectocarpus, Giffordia, Enteromorpha เป็นต้น สาหร่าย epiphyte เหล่านี้จะมีผลยังยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล Gracilaria (Edding, Macchiavello and Black. 1987)

1.4.5 ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย

ความเข้มแสงเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล Gracilaria ซึ่งจากการศึกษาสาหร่ายสกุล Gracilaria 6 ชนิด ในประเทศปานามา พบว่าในฤดูที่มีลมพัดแรงจัด (dry-season) สาหร่ายจะมีปริมาณลดลง ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ลมพัดแรงจัดทำให้น้ำทะเลมีความขุ่นสูง ปริมาณแสงที่ผ่านลงไปยังพื้นทรายเบื้องล่างซึ่งเป็นที่อยู่ของสาหร่ายจึงมีปริมาณลดลง (Hay and Norris. 1984) และจากการศึกษาสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 โดยเลี้ยงในที่มีความเข้มแสง 465 และ 250 $\mu Em^{-2} \cdot S^{-1}$ ปรากฏว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในที่มีความเข้มแสง 465 $\mu Em^{-2} \cdot S^{-1}$ มีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในที่มีความเข้มแสง 250 $\mu Em^{-2} \cdot S^{-1}$ (Bird. 1988)

การเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria foliifera V. Angustissma ในที่มีความเข้มแสงต่างๆกัน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายมีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่สาหร่ายได้รับอย่างเป็นเส้นตรง คือสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงต่ำสุด(87 $ly \cdot day^{-1}$) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.07 $doublings \cdot day^{-1}$ ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงสูงสุด(383 $ly \cdot day^{-1}$) มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเท่ากับ 0.41 $doublings \cdot day^{-1}$ และสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงสูงๆ จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ไฟโคอิริทริน และธาตุไนโตรเจนน้อยกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสงต่ำกว่า (Lapointe. 1981; Lapointe, Dawes and Tenore. 1984)

1.4.6 ผลของสารอาหารในน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่าย

ธาตุที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโต และคุณภาพของสาหร่ายมีหลายชนิด เช่น C, H, O, N, P, K, Ca, Mg เป็นต้น โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อสาหร่ายมาก ธาตุไนโตรเจนในน้ำทะเลจะอยู่ในรูปของสารประกอบไนเตรท ไนไตรท์ และอัมโมเนีย ส่วนธาตุฟอสฟอรัสในน้ำทะเลจะอยู่ในรูปของสารประกอบฟอสเฟต โดยเป็น HPO_4^{2-}, PO_4^{2-} และ $H_2PO_4^-$ ปริมาณสารอาหารในน้ำทะเล

จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโต การควบคุมทางชีวเคมี การสืบพันธุ์ การพัฒนารูปร่าง และการกระจายของสาหร่าย (สนม วันเพ็ญ. 2530) จากการเก็บตัวอย่างสาหร่าย Gracilaria verrucosa มาศึกษาในห้องปฏิบัติการ โดยการตัดท่อนสาหร่ายบริเวณแขนงปลายยอด (apical segments) แล้วนำมาเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของไนเตรทต่างๆกัน พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 79 ไมโครกรัมของไนโตรเจนต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุด คือ 0.03 ต่อวัน (Bird. 1984)

การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารอาหารในน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Gracilaria sp. โดยสารอาหารที่ใช้คือ $NaNO_3$ และ NaH_2PO_4 ความเข้มข้นของสารอาหารทั้งสอง เป็นอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสต่างๆกัน ให้สารอาหารสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ใช้สาหร่ายเริ่มต้นหนัก 1 กิโลกรัมต่อตารางเมตร เมื่อทำการศึกษานาน 7 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 8:1 มีการเจริญเติบโตสูงสุด นอกจากนี้ยังศึกษาปริมาณวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายก่อนทำการทดลอง เปรียบเทียบกับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายหลังทำการทดลอง พบว่าวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายก่อนทำการทดลอง มีปริมาณใกล้เคียงกับวุ้นที่สกัดได้จากสาหร่ายหลังทำการทดลอง และสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 8:1, 20:1 และ 25:1 มีปริมาณวุ้นลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่ออัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเพิ่มขึ้น (Edding, Macchiavello and Black. 1987) สำหรับการทดลองในสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีไนโตรเจนอย่างเพียงพอ(enriched) มีอัตราการเจริญเติบโตและปริมาณวุ้นสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่ขาดธาตุไนโตรเจน (starved) (Bird. 1988)

1.4.7 ผลของสภาวะแวดล้อมต่างๆที่มีต่อปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย

นอกจากการศึกษาผลของสภาวะแวดล้อมต่างๆที่มีต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพของสาหร่ายแล้ว การเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของสาหร่ายในขณะที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตก็เป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะจะทำให้ทราบถึงองค์ประกอบทางชีวเคมีของสาหร่ายในขณะที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตและยังสามารถใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงคุณภาพของสาหร่าย

อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายที่อยู่ในธรรมชาติจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย รูปร่างของสาหร่าย และฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป เช่น การศึกษาอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Gracilaria domingensis , Gracilaria verrucosa และ Gracilaria cervicornis ในประเทศจาไมก้า เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายทุกๆเดือนตลอดระยะเวลา 1 ปี มาทำการศึกษา พบว่าสาหร่าย Gracilaria domingensis และ Gracilaria cervicornis ซึ่งเป็นสาหร่ายที่มีรูปร่างลักษณะคล้ายคลึงกัน จะมีอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตใกล้เคียงกัน ส่วนสาหร่าย Gracilaria verrucosa มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตสูงกว่าสาหร่าย Gracilaria domingensis และ Gracilaria cervicornis สำหรับสาหร่ายทั้ง 3 ชนิดนี้ มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตสูงสุดในช่วงเดือนเมษายนถึงพฤษภาคม และต่ำสุดในช่วงเดือนกรกฎาคม (Prasad.1986)

จากการศึกษาปริมาณวุ้น โปรตีน และ คาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Gracilaria blodgettii จากจังหวัดสงขลา และสาหร่าย Gracilaria confervoides จากจังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าสาหร่าย Gracilaria blodgettii มีปริมาณวุ้นร้อยละ 19.21 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย ความแข็งของวุ้นที่สกัดได้เท่ากับ 184.50 ths·m/m ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 60.34 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย ปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.80 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย ส่วนสาหร่าย Gracilaria confervoides มีปริมาณวุ้นร้อยละ 35.16 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย ความแข็งของวุ้นที่สกัดได้เท่ากับ 183.75 ths·m/m

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 69.03 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย ปริมาณโปรตีนร้อยละ 7.37 ต่อน้ำหนักแห้งของสาหร่าย (วลัย วราโห. 2525)

การศึกษาสาหร่ายเขากวาง (Gracilaria sp.) ที่อยู่ในระยะแกมีโตไฟท์ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมกราคมถึงพฤษภาคม และสาหร่ายที่อยู่ในระยะคาร์โปสปอร์โรไฟท์ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน โดยเก็บตัวอย่างจากจังหวัดตราด เมื่อนำสาหร่ายมาศึกษาปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต พบว่าสาหร่ายที่อยู่ในระยะแกมีโตไฟท์ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.02 ถึง 8.39 ต่อน้ำหนักแห้งและมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 79.81 ถึง 87.61 ต่อน้ำหนักแห้ง ส่วนสาหร่ายที่อยู่ในระยะคาร์โปสปอร์โรไฟท์ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 4.38 ถึง 8.69 ต่อน้ำหนักแห้ง และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 81.52 ถึง 87.71 ต่อน้ำหนักแห้ง สำหรับสาหร่ายผมนาง (Gracilaria verrucosa) ที่อยู่ในระยะแกมีโตไฟท์และระยะคาร์โปสปอร์โรไฟท์ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในช่วงเดือนมกราคมถึงมิถุนายน โดยเก็บตัวอย่างจากจังหวัดสงขลา เมื่อทำการศึกษาปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต พบว่าสาหร่ายที่อยู่ในระยะแกมีโตไฟท์มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 8.16 ถึง 18.16 ต่อน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 72.78 ถึง 83.66 ต่อน้ำหนักแห้ง ส่วนสาหร่ายที่อยู่ในระยะคาร์โปสปอร์โรไฟท์ มีปริมาณโปรตีนร้อยละ 10.66 ถึง 18.01 ต่อน้ำหนักแห้ง และปริมาณคาร์โบไฮเดรตร้อยละ 74.21 ถึง 80.16 ต่อน้ำหนักแห้ง (ประมุข เพ็ญสุต. 2525)

การศึกษาสาหร่ายสีแดงสกุล Eucheuma เป็นสาหร่ายที่ให้สารคาร์รา-จีแนน (carrageenan) ซึ่งเป็นสารไฟโคคอลลอยด์ชนิดหนึ่ง พบว่าในช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปริมาณโปรตีนของสาหร่ายจะสูง แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายจะต่ำ โดยที่อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายจะอยู่ในช่วง 1/10 ถึง 1/15 และช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตน้อย อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายจะอยู่ในช่วง 1/25 ถึง 1/50 (Dawes, Lawrence and Cheney. 1974)

180836

การศึกษาผลของสภาวะแวดล้อมต่างๆ ที่มีต่อปริมาณโปรตีน และคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Gracilaria verrucosa พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 79 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงที่สุดคือ 0.03 ต่อวัน และมีอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.42 นอกจากนี้ยังพบอีกว่า เมื่อเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของไนเตรทสูงขึ้นในช่วง 8 ถึง 104 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายจะมีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 0.17 ถึง 0.64 สำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของไนเตรทสูงที่สุดคือ 204 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร มีอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตเท่ากับ 0.51 นอกจากการทดลองในห้องปฏิบัติการแล้ว ได้ทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายจากแหล่งที่อยู่ธรรมชาติมาทำการศึกษาปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต พบว่าสาหร่ายมีอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตสูงสุดประมาณ 0.41 ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนธันวาคมถึงมกราคม โดยเป็นช่วงเดือนที่น้ำทะเลมีอุณหภูมิและความขุ่นต่ำที่สุด ในขณะที่ความเข้มข้นของ inorganic nitrogen ในน้ำทะเลมีความเข้มข้นสูงที่สุด (Bird. 1984)

Lapointe และคณะ ได้ทำการศึกษาการเจริญเติบโต ปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และคาร์บอน ของสาหร่าย Gracilaria tikvahiae โดยทำการเลี้ยงสาหร่ายที่อุณหภูมิ 15, 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด แต่มีปริมาณโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไนโตรเจน และคาร์บอนสูงสุด ซึ่งได้อธิบายว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในที่อุณหภูมิต่ำมีการพักตัวและเก็บสะสมสารต่างๆที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์เพิ่มมากขึ้น (Lapointe, Dawes and Tenore.1984)

ความสำคัญของการวิจัย

1. ผลการวิจัยทำให้ทราบถึงสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของสาหร่าย

2. เพื่อทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการนำสาหร่ายจากแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการให้อยู่รอด เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

2. เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

3. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

4. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเล เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษา เปรียบเทียบกับของสาหร่ายที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาสภาวะแวดล้อมต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

2. ศึกษาอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

3. ศึกษาอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเล เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษา

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ทราบถึงวิธีการนำสาหร่ายจากแหล่งที่อยู่ตามธรรมชาติ มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการให้อยู่รอดและมีการเจริญเติบโต เพื่อใช้ในการศึกษาต่อไป

2. ทราบถึงอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมต่างๆที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

3. ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

บทที่ 2
วิธีการวิจัย

2.1 อุปกรณ์

2.1.1 สาหร่ายทะเล Polycavernosa fisheri จากจังหวัดปัตตานี ผศ.สุวลี จันทร์กระจ่าง ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ให้ความอนุเคราะห์เรื่องตัวอย่าง และตัวอย่างนี้ได้รับการวิเคราะห์พันธุ์โดย ศ.กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.1.2 ภาชนะใช้เลี้ยงสาหร่ายคือ ขวดรูปชมพู่(Erlenmeyer flasks) ขนาด 5,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีจุกยางที่มีท่อนำก๊าซเสียบอยู่ และตู้กระจกเลี้ยงปลา

2.1.3 เครื่องวัดความเค็ม (salinity refractometer)

2.1.4 เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่าง (pH-meter)

2.1.5 เครื่องวัดแสง (photocell illuminometer)

2.1.6 เครื่องปั๊มอากาศ (air pump)

2.1.7 หม้อนึ่งความดัน (autoclave)

2.1.8 เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (spectrophotometer)

2.1.9 เดสสิคเคเตอร์ (desiccator)

2.1.10 Hand homogenizer

2.1.11 เครื่องปั่นผสม (Vortex mixer)

2.2 การเลี้ยงสาหร่ายในห้องปฏิบัติการ

นำสาหร่าย Polycavernosa fisheri มาล้างทำความสะอาดด้วยน้ำประปา แล้วนำลงเลี้ยงในตู้กระจกเลี้ยงปลาที่มีน้ำทะเลซึ่งมีความเค็ม 25 ถึง 30 ส่วนในพัน ในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และได้รับแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 40 วัตต์ เป็นเวลานาน 12 ชั่วโมงต่อวัน โดยทำการเลี้ยงอย่างน้อย 2 สัปดาห์ ก่อนนำไปใช้ศึกษาต่อไป และจะเปลี่ยนน้ำทะเลทุกๆ 2 สัปดาห์

2.3 ศึกษาอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลจากข้อ 2.2 มาซับน้ำให้แห้งด้วยกระดาษซับ แล้วชั่งน้ำหนักให้ได้ 3 กรัม นำลงเลี้ยงในขวดรูปชมพู่ซึ่งมีอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จของโปรวาโซไลน์ (Provasoli's enriched seawater media) (Mclachlan. 1973) ปริมาตร 2,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ดังแสดงในภาพประกอบ 6 เติม streptomycin ลงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จให้มีความเข้มข้น 0.05 กรัมต่อลิตร ปั๊มอากาศผ่านท่อนำก๊าซที่เสียบอยู่ เมื่อครบแต่ละสัปดาห์ นำสาหร่ายมาซับน้ำให้แห้งด้วยกระดาษซับ แล้วชั่งน้ำหนักพร้อมกับเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเมื่อครบแต่ละสัปดาห์ ทำการศึกษานาน 6 สัปดาห์ สภาวะแวดล้อมต่างๆที่ทำการศึกษามีดังนี้

2.3.1 สารอาหาร ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จของโปรวาโซไลน์ กับในน้ำทะเลธรรมดา

2.3.2 ระยะเวลาการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่มีการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ หนึ่งครั้งต่อสองสัปดาห์ หนึ่งครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ และ สองครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์

2.3.3 อุณหภูมิ ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส กับสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง

2.3.4 ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ที่มีความเค็มต่างๆกันคือ 20, 25, 30 และ 35 ส่วนในพัน

2.3.5 ความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ที่มีความเป็นกรด-ด่างต่างๆกันคือ pH7.5, pH7.8, pH8.2 และ pH8.5

2.3.6 ความหนาแน่นของสาหร่าย ศึกษาอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะ(specific growth rate)ของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ โดยนำสาหร่ายออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นคือ 3 กรัม ทุกๆ 2 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่เลี้ยงโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลอง

สูตรคำนวนอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย

$$\mu = \frac{\log_{10} (B/B_o)\ 3.32}{\Delta t}$$

เมื่อ μ คือ อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย(มีหน่วยเป็น doublings·day^{-1})

B_o คือ น้ำหนักสดเริ่มต้นของสาหร่าย

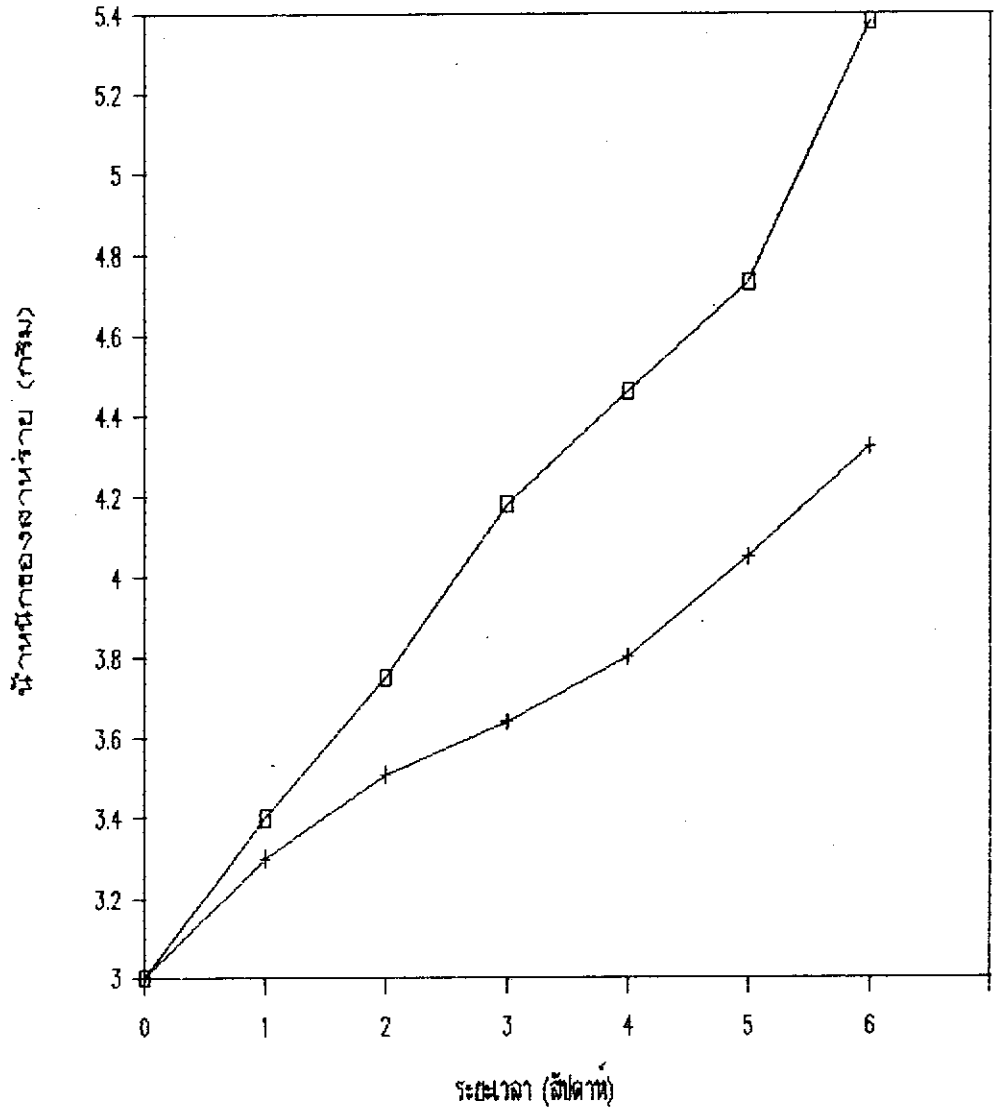
B คือ น้ำหนักสดสุดท้ายของสาหร่ายเมื่อวันที่ t

Δt คือ จำนวนวันที่ทำการทดลอง(7 วัน)(Lapointe and Rice and Lawrence. 1984)

2.3.7 ความเข้มแสง ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่ได้รับแสงที่มีความเข้มต่างๆกันคือ 650, 400, 300 และ 200 ลักซ์ (Lux)

2.3.8 ความเข้มข้นของไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ที่มีปริมาณสารประกอบโซเดียมไนเตรท ($NaNO_3$)ความเข้มข้นต่างๆกันคือ 2.40, 1.60, 0.82 และ 0.20 มิลลิโมลต่อลิตร

2.3.9 ความเข้มข้นของฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ที่มีปริมาณสารประกอบไดโซเดียมกลีเซอโร-ฟอสเฟต (disodium glycerophosphate) ความเข้มข้นต่างๆกัน โดยเปรียบเทียบเป็นอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 35:1, 25:1, 15:1 และ 5:1

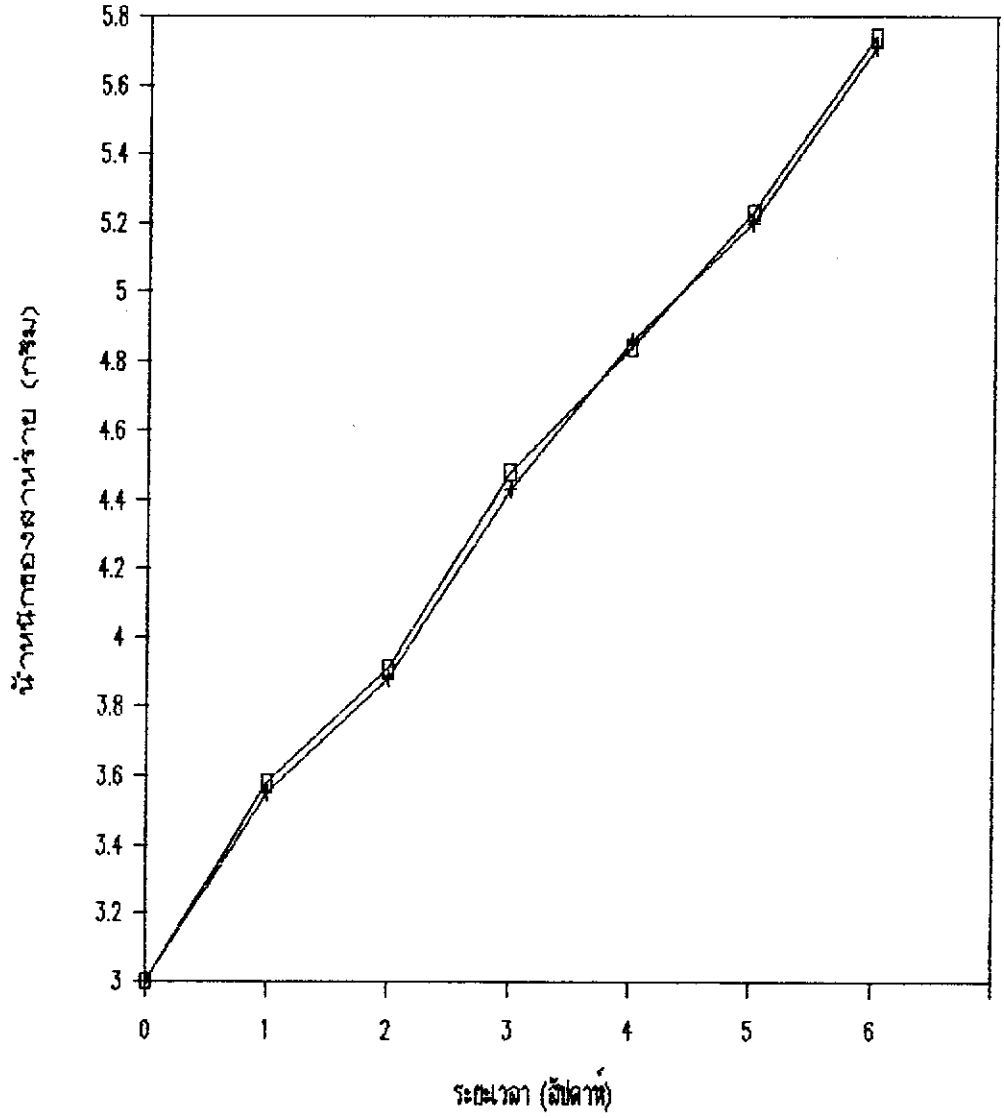


ภาพประกอบ 9 ผลของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จและน้ำทะเลธรรมดาต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

= อาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ = น้ำทะเลธรรมดา

3.2 ผลของระยะเวลาการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย เปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จหนึ่งครั้งต่อสองสัปดาห์ หนึ่งครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ และสองครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ โดยเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเป็น 30 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 8.2 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 10 พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จหนึ่งครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ และสองครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันมาก โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จหนึ่งครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์มีน้ำหนัก 5.74 กรัม และสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จสองครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ มีน้ำหนัก 5.71 กรัม ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จหนึ่งครั้งต่อสองสัปดาห์ มีการเจริญเติบโตได้ดีในช่วงสัปดาห์ที่ 1 เท่านั้น หลังจากนั้นสาหร่ายจะเริ่มอ่อนแอ มีน้ำหนักลดลง และเน่าตายไปในที่สุด

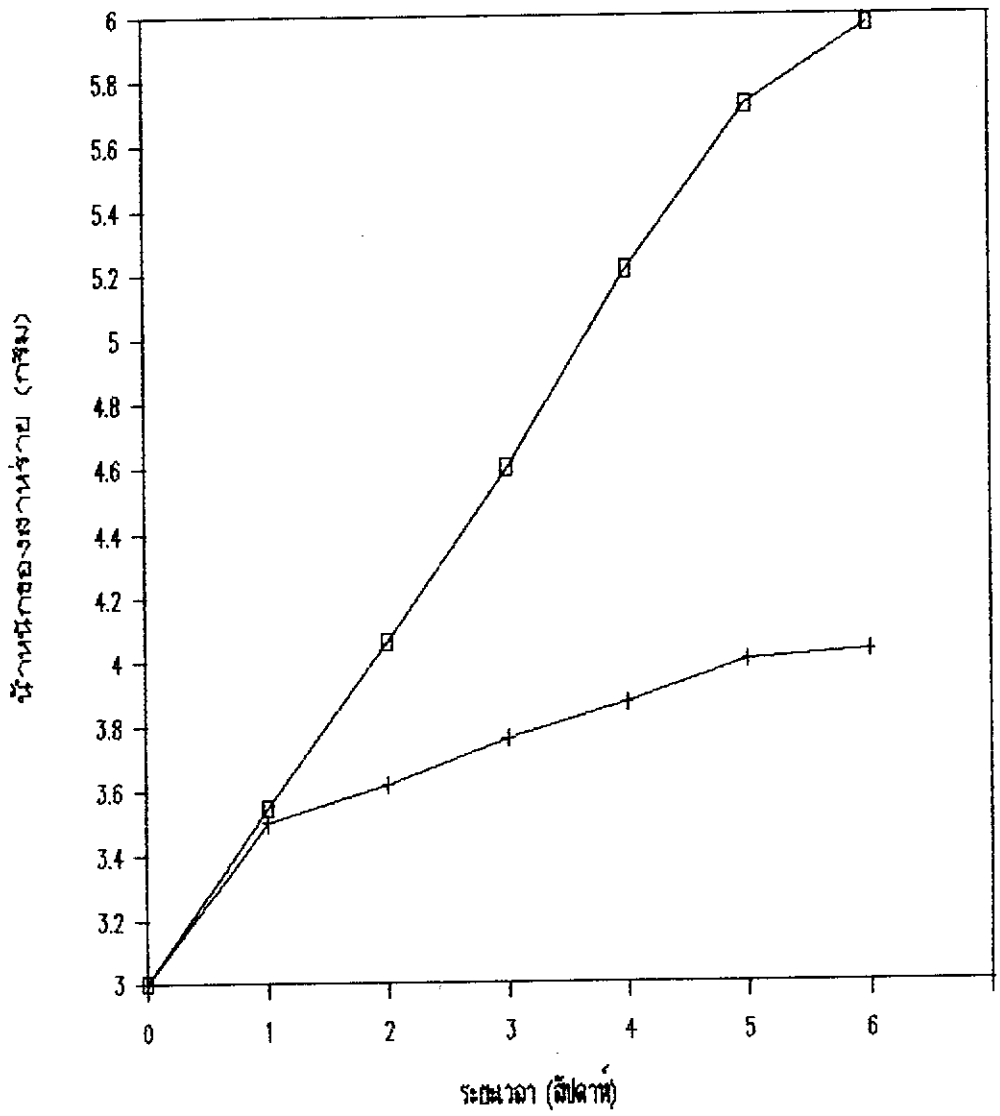


ภาพประกอบ 10 ผลของระยะเวลาการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

= หนึ่งครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ = สองครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์

3.3 ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเป็น 30 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 8.2 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 11 พบว่าในสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายทั้งสองตัวอย่างมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน หลังจากสัปดาห์ที่ 1ไปแล้ว สาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิห้องอย่างเห็นได้ชัด โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีน้ำหนัก 5.97 กรัม และสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิห้องมีน้ำหนัก 4.03 กรัม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลองสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.14

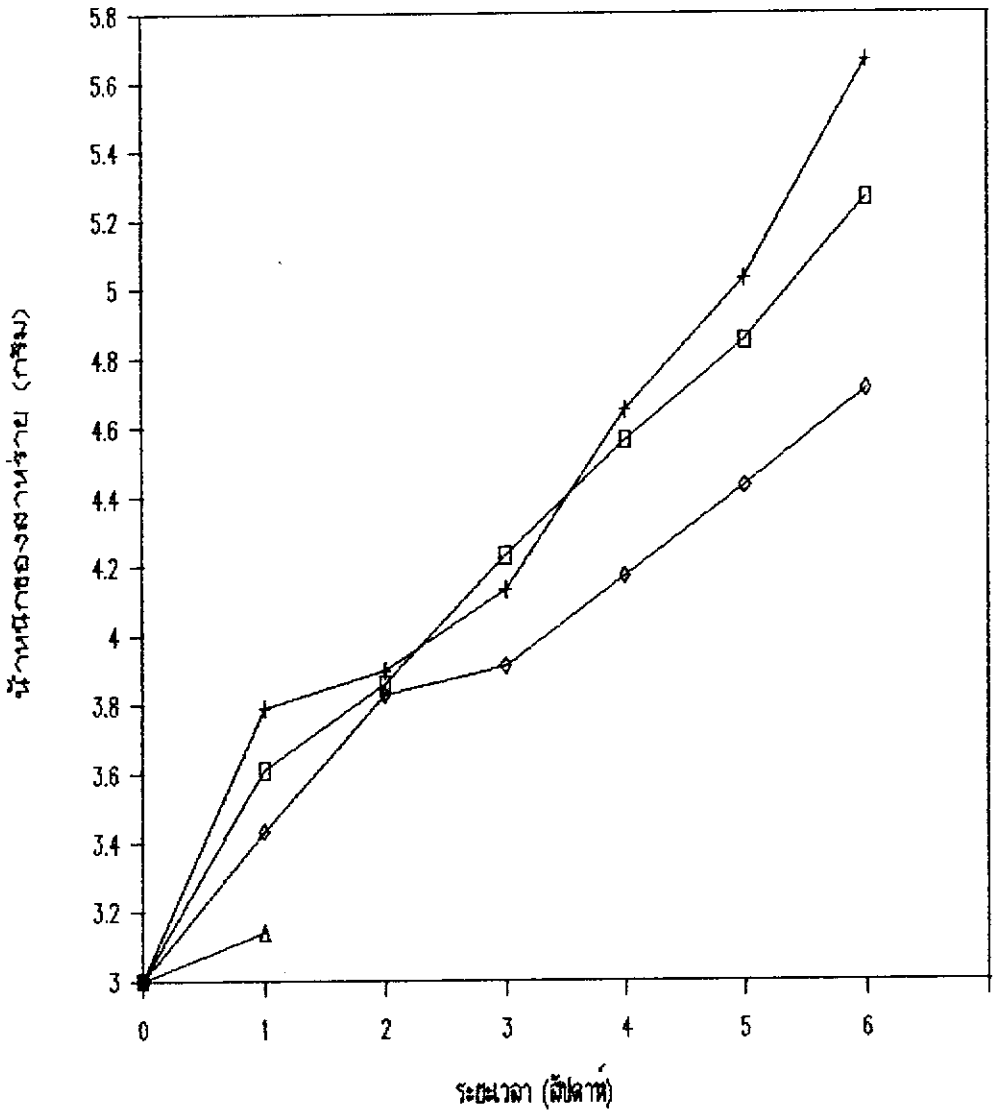


ภาพประกอบ 11 ผลของอุณหภูมิต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

= อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส = อุณหภูมิห้อง

3.4 ผลของความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย เปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 20, 25, 30 และ 35 ส่วนในพัน โดยเลี้ยงสาหร่ายที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 8.2 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 12 พบว่าในช่วง 3 สัปดาห์แรก สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 25 ส่วนในพัน มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างจากสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพันมากนัก แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 4 ไปแล้ว จะเห็นได้ว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 25 ส่วนในพัน มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพัน ในขณะที่สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 20 ส่วนในพัน มีการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 30 ส่วนในพัน โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 25, 20 และ 30 ส่วนในพัน มีน้ำหนัก 5.66, 5.26 และ 4.71 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 25 ส่วนในพัน มีการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 20 และ 30 ส่วนในพัน โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.60 และ 20.17 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 12 ผลของความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

= 20 ส่วนในพัน

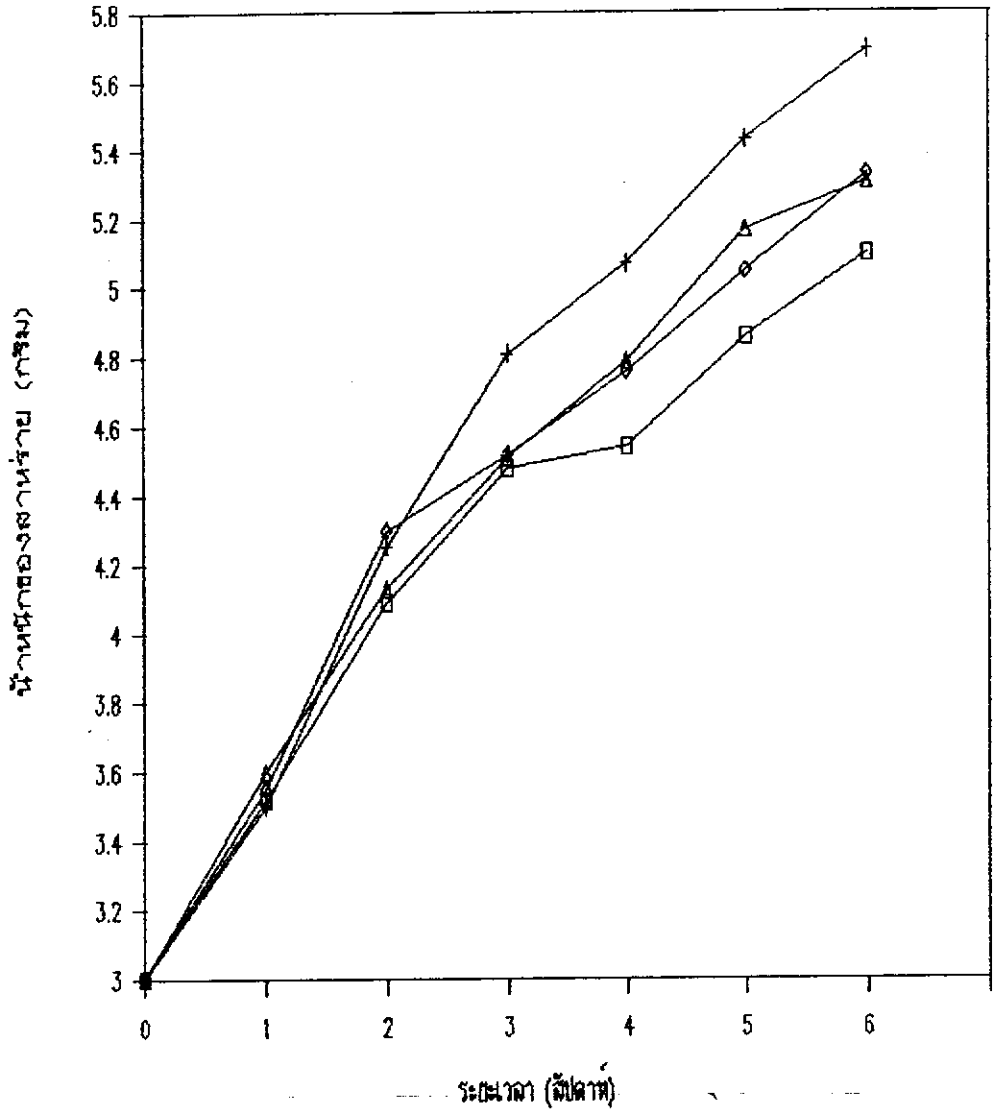
= 25 ส่วนในพัน

= 30 ส่วนในพัน

= 35 ส่วนในพัน

3.5 ผลของความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย เปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 7.5, 7.8, 8.2 และ 8.5 โดยเลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเป็น 25 ส่วนในพัน ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 13 พบว่าในช่วงเริ่มต้นจนถึงสัปดาห์ที่ 2 สาหร่ายทุกตัวอย่างมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ไปแล้ว สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 7.8 มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 8.2 และ 8.5 มีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกัน แต่โดยเฉลี่ยแล้วยังต่ำกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 7.8 และสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 7.5 มีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลองสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 7.8, 8.2, 8.5 และ 7.5 มีน้ำหนักเท่ากับ 5.69, 5.33, 5.31 และ 5.10 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 7.8 มีการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 8.2, 8.5 และ 7.5 โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.75, 7.16 และ 11.57 ตามลำดับ



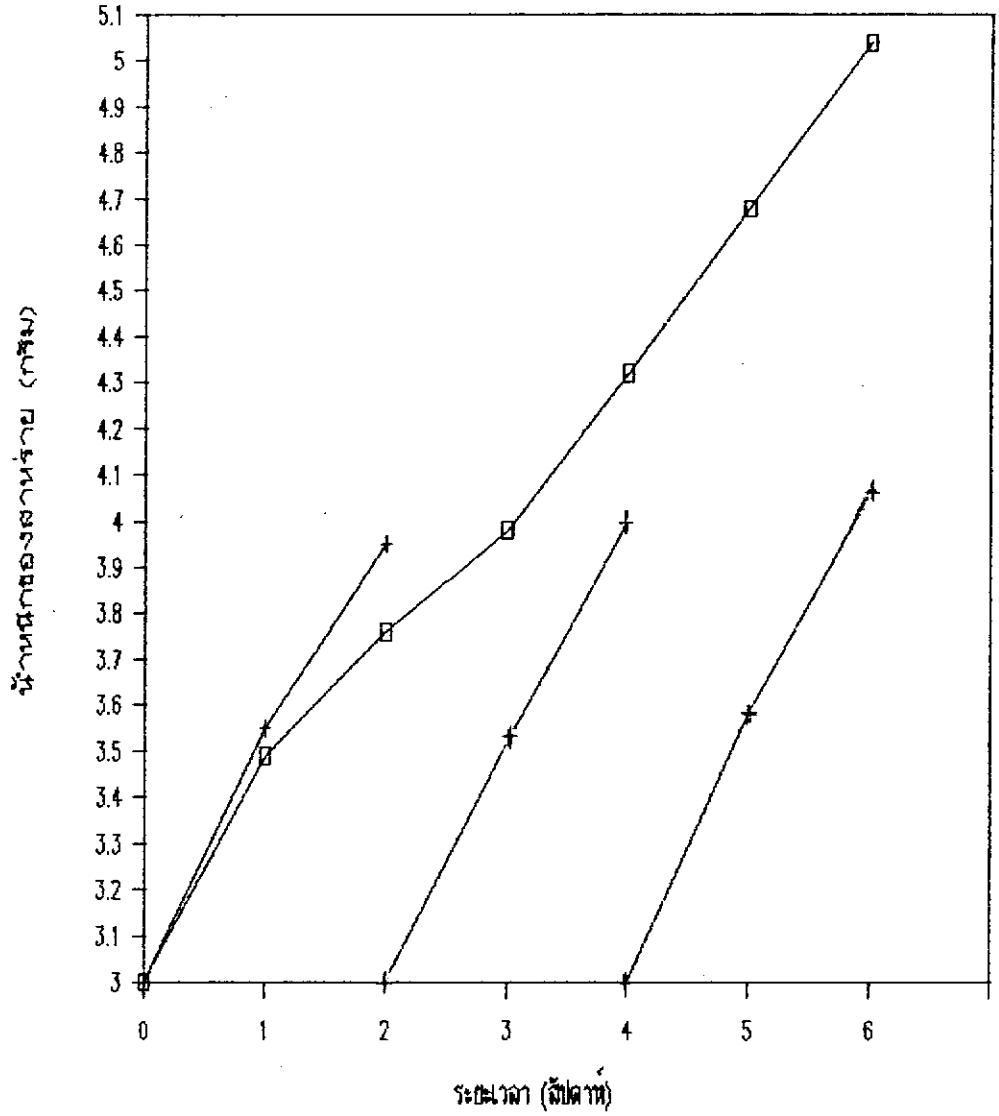
ภาพประกอบ 13 ผลของความเป็นกรด-ด่างของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

□—□ = pH 7.5 -+- = pH 7.8

◇—◇ = pH 8.2 △—△ = pH 8.5

3.6 ผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

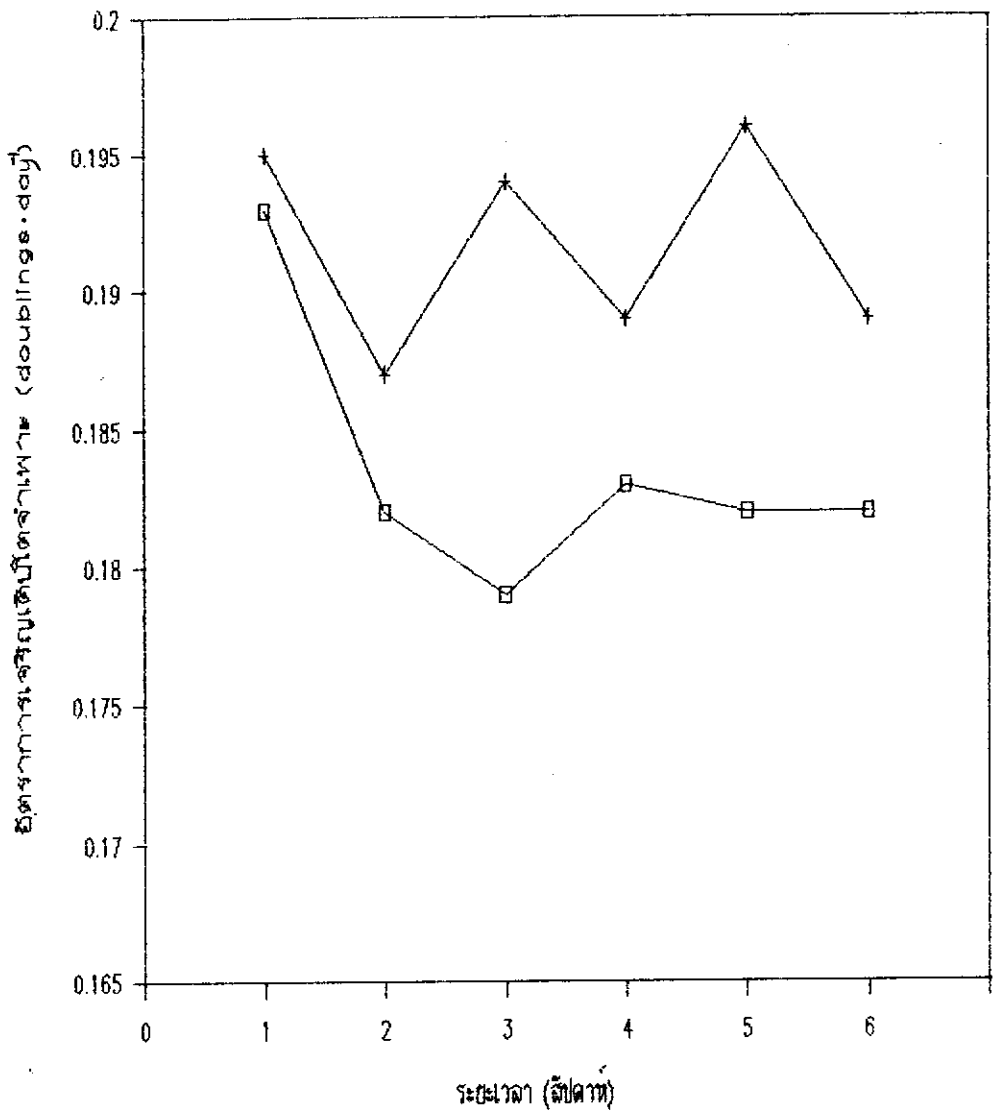
การศึกษาผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยนำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลอง เปรียบเทียบกับสาหร่ายที่มีการนำออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้น (3 กรัม) ทุกๆ 2 สัปดาห์ โดยเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเป็น 25 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 7.8 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 14 และ 15 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำสาหร่ายออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นในสัปดาห์ที่ 2 และ 4 และเลี้ยงต่อไปอีก 1 สัปดาห์ หลังจากนั้นคือสัปดาห์ที่ 3 และ 5 สาหร่ายจะมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงขึ้นเป็น 0.194 และ 0.196 doulbings·day^{-1} ตามลำดับ เมื่อความหนาแน่นของสาหร่ายสูงขึ้น อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะจะลดลง คือที่สัปดาห์ที่ 2, 4 และ 6 อัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่ายจะเท่ากับ 0.187, 0.189 และ 0.189 doulbings·day^{-1} ตามลำดับ ในขณะที่สาหร่ายที่เลี้ยงโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลอง มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะโดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.183 doulbings·day^{-1} ซึ่งต่ำกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการนำออกให้เหลือน้ำหนักเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้น



ภาพประกอบ 14 ผลของความหนาแน่นของสาหร่าย ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

□—□ = ไม่มีการนำสาหร่ายออกตลอดการทดลอง

+—+ = มีการนำสาหร่ายออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นทุกๆ 2 สัปดาห์



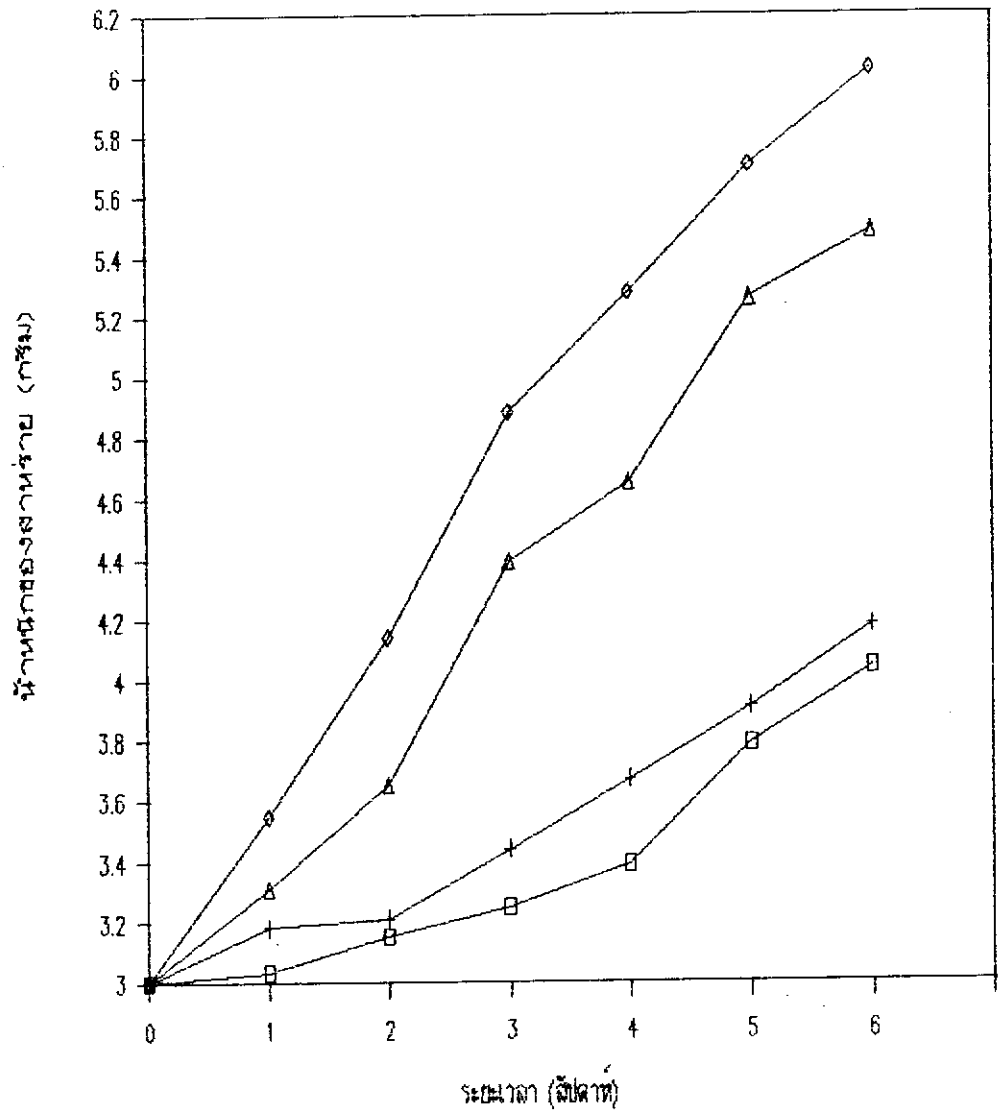
ภาพประกอบ 15 ผลของความหนาแน่นของสาหร่ายต่ออัตราการเจริญเติบโตจำเพาะของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

[]—[] = ไม่มีการนำสาหร่ายออกตลอดการทดลอง

+—+ = มีการนำสาหร่ายออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นทุกๆ 2 สัปดาห์

3.7 ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายเปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 200, 300, 400 และ 650 ลักซ์ โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเป็น 25 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 7.8 และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 16 พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 400 ลักซ์ มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 650, 300 และ 200 ลักซ์ มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าตามลำดับ โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 400, 650, 300 และ 200 ลักซ์ มีน้ำหนักเท่ากับ 6.02, 5.48, 4.18 และ 4.04 กรัม ตามลำดับ ซึ่งสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 400 ลักซ์ มีการเจริญเติบโตมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 650, 300 และ 200 ลักซ์ โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.85, 44.02 และ 49.01 กรัม ตามลำดับ



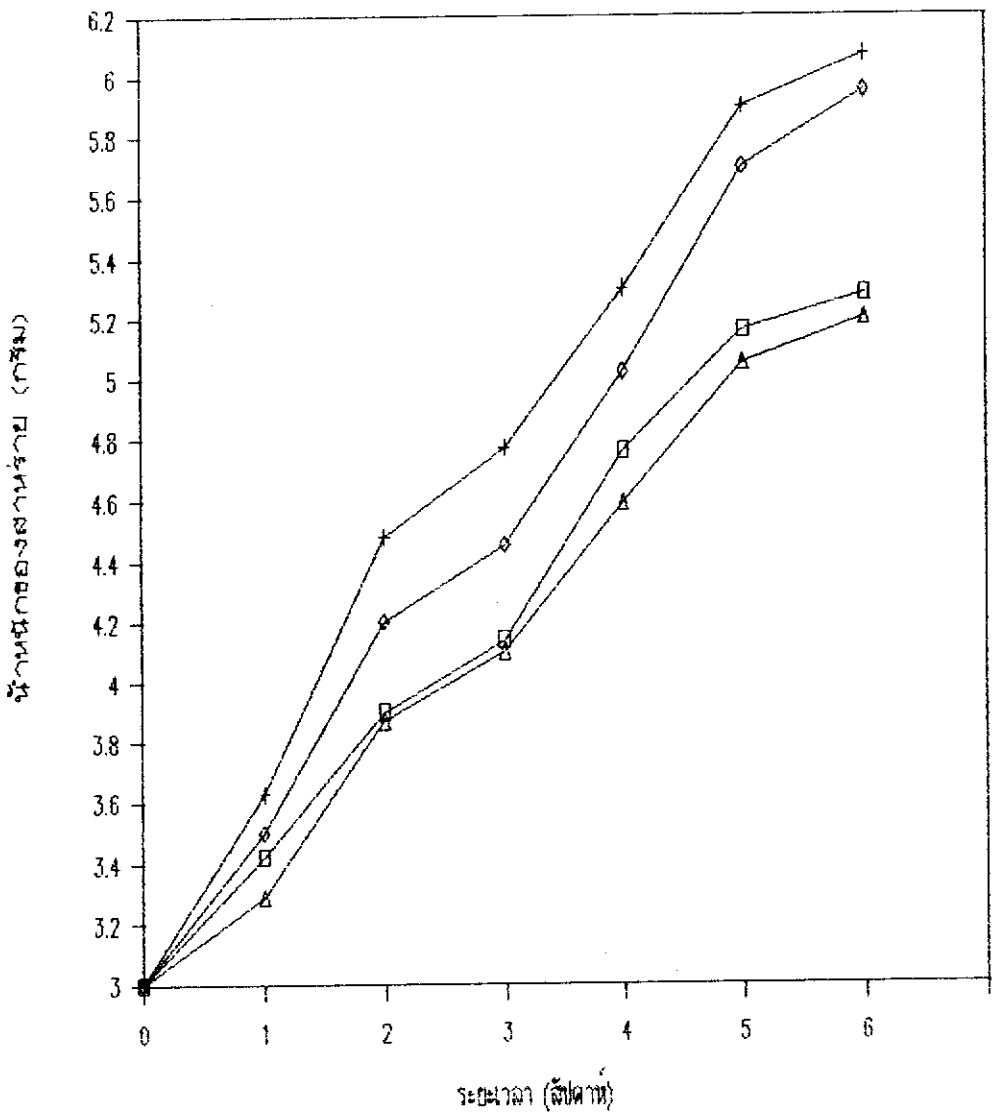
ภาพประกอบ 16 ผลของความเข้มแสงต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

□—□ = 200 ลักซ์ +—+ = 300 ลักซ์

◇—◇ = 400 ลักซ์ △—△ = 650 ลักซ์

3.8 ผลของความเข้มข้นของไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย เปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 0.20, 0.82, 1.60 และ 2.40 มิลลิโมลต่อลิตร โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเป็น 25 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 7.8 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 17 พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดและสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 1.60, 0.20 และ 2.40 มิลลิโมลต่อลิตร มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าตามลำดับ โดยเมื่อสิ้นสุดการทดลอง สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 0.82, 1.60, 0.20 และ 2.40 มิลลิโมลต่อลิตร มีน้ำหนัก 6.07, 5.95, 5.28 และ 5.20 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร มีการเจริญเติบโตสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 1.60, 0.20 และ 2.4 มิลลิโมลต่อลิตร โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.02, 14.96 และ 16.73 ตามลำดับ



ภาพประกอบ 17 ผลของความเข้มข้นของไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

□——□ = 0.20 มิลลิโมลต่อลิตร

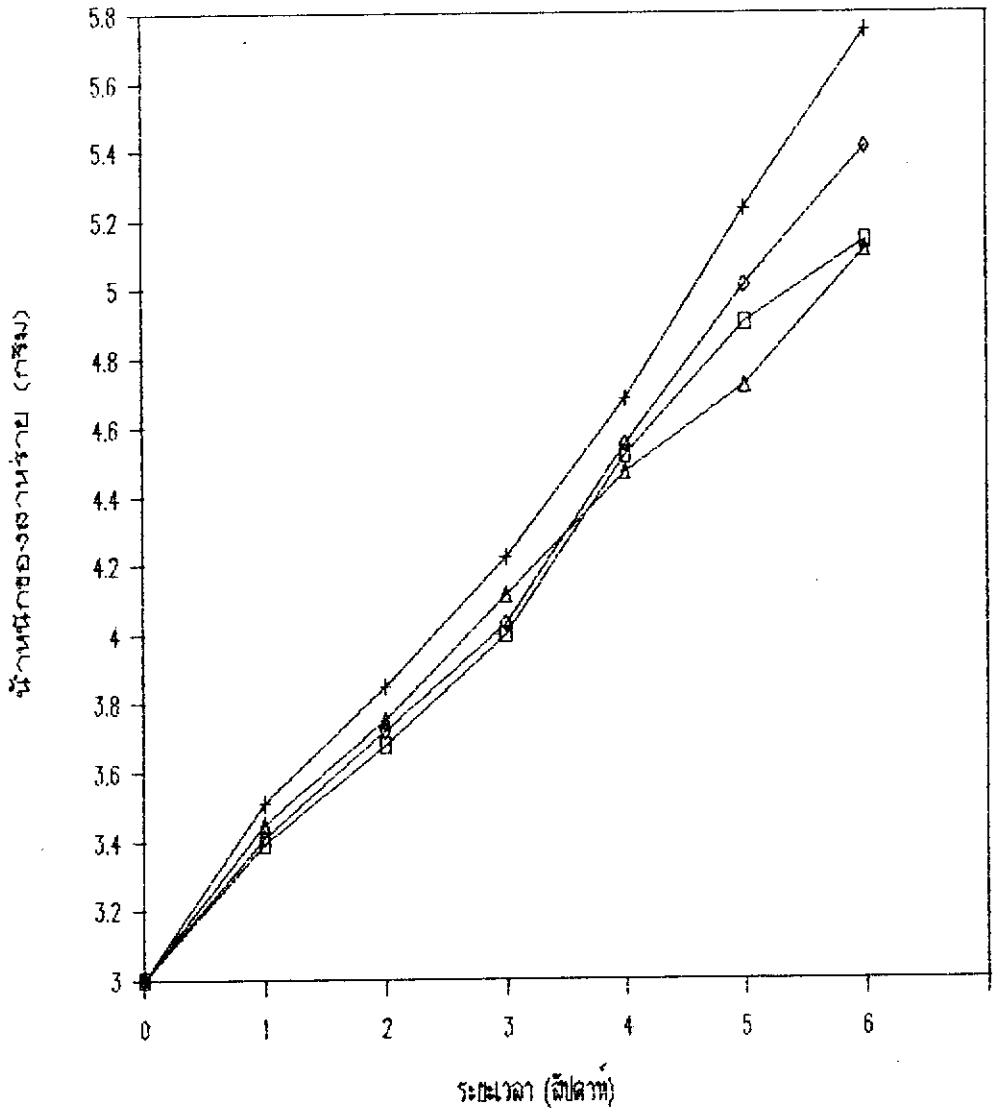
+——+ = 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร

◇——◇ = 1.60 มิลลิโมลต่อลิตร

△——△ = 2.40 มิลลิโมลต่อลิตร

3.9 ผลของความเข้มข้นของฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายเปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตเท่ากับ 0.023, 0.033, 0.055 และ 0.164 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนของฟอสเฟตต่อไนเตรทเท่ากับ 1/35, 1/25, 1/15 และ 1/5 ตามลำดับ โดยที่ความเข้มข้นของไนเตรทที่ใช้ในการทดลองนี้คือ 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งได้ผลการทดลองจากการศึกษา ผลของความเข้มข้นของไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ทำการเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเป็น 25 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 7.8 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 18 พบว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายค่อนข้างน้อย คือสาหร่ายทุกตัวอย่างมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันไม่มากนัก โดยสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตเท่ากับ 0.033 มิลลิโมลต่อลิตร มีการเจริญเติบโตสูงกว่าการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตเท่ากับ 0.023, 0.055, 0.164 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันมาก ปริมาณฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จจึงควรใช้ความเข้มข้น 0.033 มิลลิโมลต่อลิตร หรือเป็นอัตราส่วนของฟอสเฟตต่อไนเตรทเท่ากับ 1/25



ภาพประกอบ 18 ผลของความเข้มข้นของฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri

□——□ = 0.023 มิลลิโมลต่อลิตร

◇——◇ = 0.055 มิลลิโมลต่อลิตร

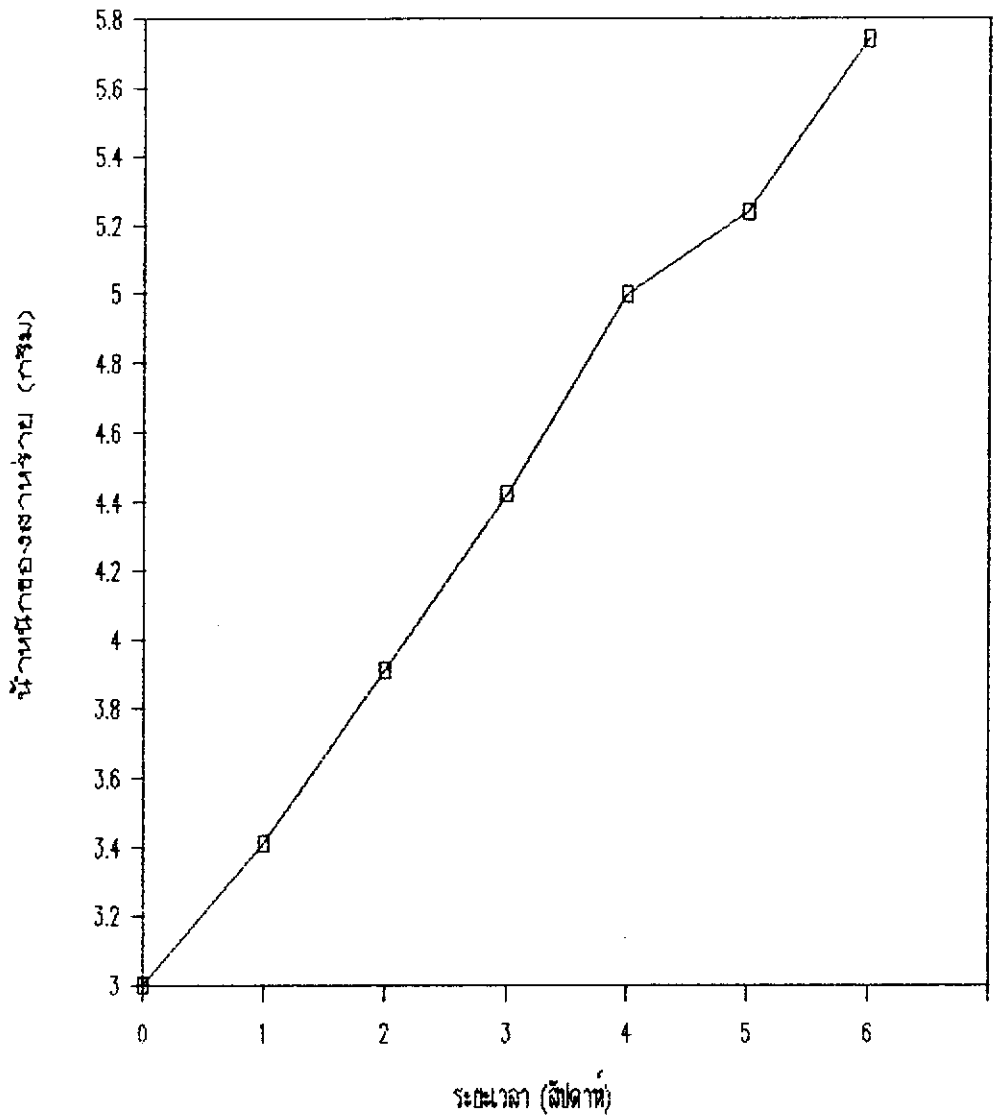
—+—+— = 0.033 มิลลิโมลต่อลิตร

Δ——Δ = 0.164 มิลลิโมลต่อลิตร

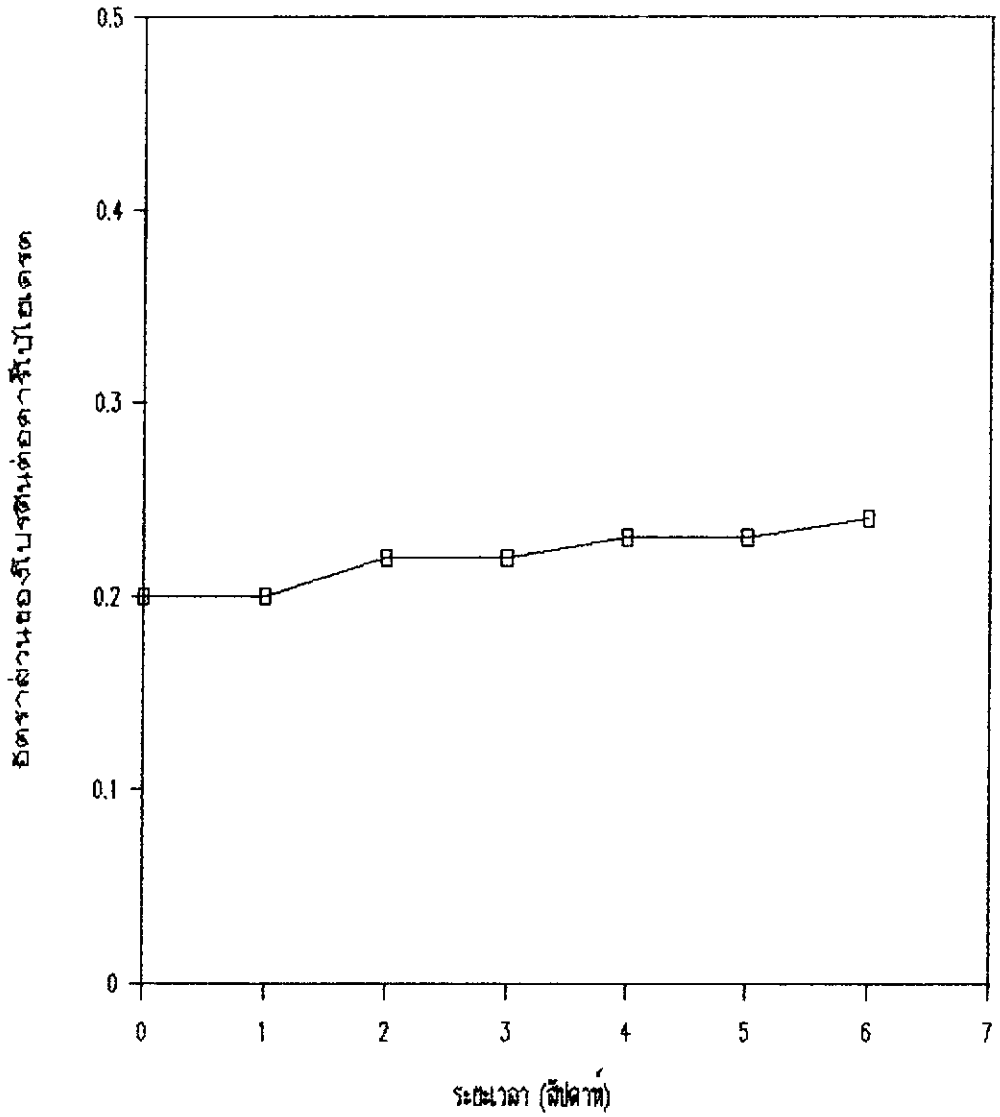
3.10 การเจริญเติบโตและอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ซึ่งเลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม

นำตัวอย่างสาหร่ายที่เตรียมไว้ตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 มาศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงโดยใช้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ที่ได้จากผลการวิจัยข้อ 3.1 ถึง 3.9 โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 25 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 7.8 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ ความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 0.82 และ 0.033 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ และศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายตามวิธีวิจัยข้อ 2.3 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 19 ผลการทดลองพบว่าตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ สาหร่ายมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น โดยเมื่อสัปดาห์ที่ 6 สาหร่ายมีน้ำหนัก 5.74 กรัม ในขณะที่อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าต่ำสุดคือเท่ากับ 0.20 และสูงสุดเท่ากับ 0.24 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 20

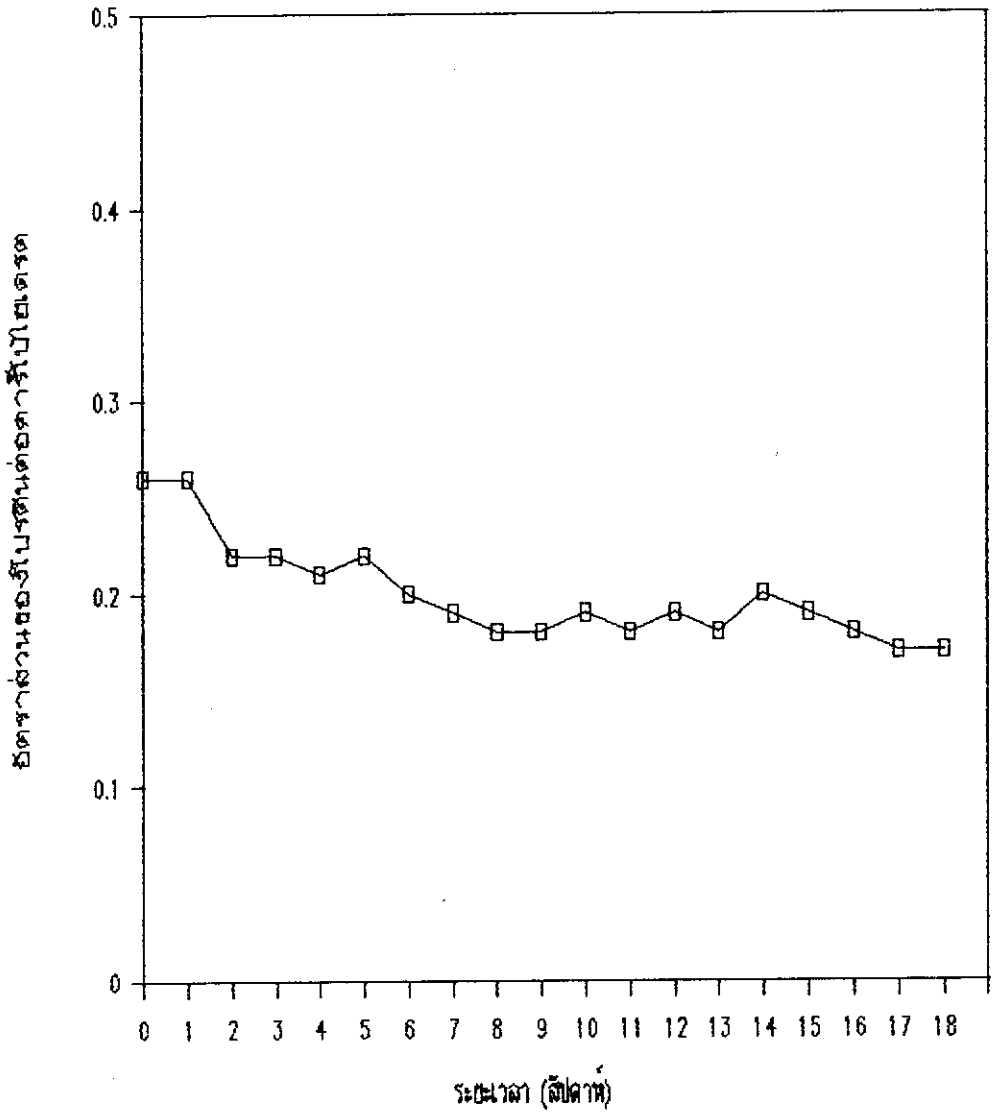
สำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดาในตู้กระจกเลี้ยงปลาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 นอกจากจะมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมแล้ว (จากผลการวิจัยข้อ 3.1) เมื่อทำการเก็บตัวอย่างสาหร่ายแล้วนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต โดยพบว่าตลอดระยะเวลา 18 สัปดาห์ อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายมีแนวโน้มลดลงตลอดเวลา โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.17 และสูงสุดเท่ากับ 0.26 ดังผลแสดงในภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 19 ผลของสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Polycavernosa fisheri*



ภาพประกอบ 20 อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Polycavernoisa fisheri ที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม



ภาพประกอบ 21 อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษา

บทที่ 4

สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่าย เปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จของโปรวาโซไลน์ กับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดา ดังแสดงในภาพประกอบ 9 พบว่าในช่วงสัปดาห์ที่ 1 สาหร่ายทั้งสองมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันมาก หลังจากสัปดาห์ที่ 2 ไปแล้ว สาหร่ายทั้งสองมีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่า อาจมีสาเหตุมาจากการศึกษาครั้งนี้ใช้ขวดรูปชมพู่เป็นภาชนะเลี้ยงสาหร่าย ซึ่งในน้ำทะเลธรรมดามีธาตุอาหารเพียงพอสำหรับสาหร่ายในช่วงต้นๆของสัปดาห์เท่านั้น ในช่วงปลายสัปดาห์ก่อนทำการเปลี่ยนน้ำทะเล ธาตุอาหารในน้ำทะเลธรรมดาจะมีปริมาณลดลง ส่งผลให้สาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดามีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จในช่วงสัปดาห์ที่ 1 เท่านั้น และหลังจากสัปดาห์ที่ 1 ไปแล้ว การเจริญเติบโตของสาหร่ายทั้งสองตัวอย่างจึงแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งหากทำการเลี้ยงสาหร่ายในน้ำทะเลธรรมดา แต่ให้มีการไหลเวียนของน้ำทะเลใหม่ทดแทนตลอดเวลา อาจทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกับสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสาหร่ายสูตรสำเร็จได้

การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายเปรียบเทียบระหว่างสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ หนึ่งครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ กับ สองครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ ดังแสดงในภาพประกอบ 10 พบว่าสาหร่ายทั้งสองตัวอย่างมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่าธาตุอาหารที่มีในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จยังมีปริมาณเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงตลอดเวลา สำหรับการเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จหนึ่งครั้งต่อสองสัปดาห์ พบว่าเมื่อเลี้ยงสาหร่ายได้ประมาณ 2 สัปดาห์ อาหารเลี้ยงสาหร่ายจะเริ่มขุ่นและส่งผลให้สาหร่ายเน่าตาย สาเหตุอาจเกิดจากเมื่อเลี้ยงสาหร่ายในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จนาน 2 สัปดาห์ ธาตุอาหารที่มีในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเริ่มลดลงมากจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต และการอยู่รอดของสาหร่าย แต่อาจจะเพียงพอต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตเล็กๆ เช่น โปรโตซัว หรือแบคทีเรีย

เป็นต้น สิ่งมีชีวิตเล็กๆเหล่านี้ มีการเจริญเติบโตได้ดีมากจึงเป็นสาเหตุให้อาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเริ่มขุ่น รวมทั้งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายและทำให้สาหร่ายเน่าตายไปในที่สุด

ผลการวิจัยจากภาพประกอบ 11 พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิห้องอย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ซึ่งผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการทดลองเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 ที่อุณหภูมิต่างๆกันคือ 15 24 และ 32 องศาเซลเซียส โดยพบว่าที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส สาหร่ายจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงที่สุด และที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส (Bird.1988) และการเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria sp. ในประเทศชิลี พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตได้ดีในฤดูใบไม้ผลิ และต้นฤดูร้อน แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายแต่ละชนิดต้องการอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตแตกต่างกัน (Edding, Macchiavello and Black. 1987)

การที่อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เนื่องมาจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญชนิดหนึ่งที่ควบคุมความสามารถในการดูดซับไนเตรท การเก็บสะสมสารประกอบที่มีไนโตรเจนชนิดต่างๆ รวมไปถึงอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายด้วย (Lapointe, Dawes and Tenore. 1984 ; Penniman and Mathieson. 1985)

ผลการวิจัยจากภาพประกอบ 12 แสดงให้เห็นว่าความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri โดยสาหร่ายจะมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 25 ส่วนในพัน ซึ่งใกล้เคียงกับความเค็มของน้ำทะเลที่อยู่ในแหล่งที่อยู่เดิม (ประมาณ 20-30 ส่วนในพัน) ในการเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 ในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 ส่วนในพัน แล้วนำลงเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 33 ส่วนในพัน พบว่าสาหร่ายมีการเจริญเติบโตสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในสภาวะควบคุม แสดงให้เห็นว่าสาหร่ายแต่ละชนิดมีการเจริญ-

เติบโตได้ดีในน้ำทะเลที่มีความเค็มแตกต่างกัน (Daugherty and Bird. 1988) แต่จากการทดลองของ Bird (Bird.1988) พบว่าสาหร่าย Gracilaria sp. Strain G-16 ที่เลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเค็ม 17 และ 33 ส่วนในพัน มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันไม่มากนัก ซึ่งรายงานการทดลองดังกล่าวคล้ายคลึงกับการทดลองสาหร่าย Gracilaria tikvahiae โดยเมื่อทำการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายจาก 26 ส่วนในพัน ให้เหลือเพียง 16 ส่วนในพัน พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตแตกต่างกันไม่มากนัก แต่การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายจะมีผลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงและอัตราการหายใจของสาหร่าย (Lapointe, Rice and Lawrence. 1984)

ความหนาแน่นเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri เช่นกัน คือสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อเลี้ยงในที่มีความหนาแน่นต่ำ ดังแสดงในภาพประกอบ 15 จากการที่สาหร่ายที่เลี้ยงโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลองมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการนำออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นทุกๆ 2 สัปดาห์ อาจมีสาเหตุมาจากการเลี้ยงสาหร่ายในที่มีความหนาแน่นสูงในภาชนะที่มีพื้นที่จำกัด สาหร่ายที่อยู่บริเวณด้านบนจะบดบังแสงที่จะผ่านไปบริเวณด้านล่าง ทำให้สาหร่ายที่อยู่ด้านล่างได้รับแสงน้อย ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดลง การเจริญเติบโตของสาหร่ายจึงลดลงด้วย สาเหตุอีกประการหนึ่งคือ ในการทดลองนี้เป็นการเลี้ยงสาหร่ายแบบ batch ซึ่งไม่มีการถ่ายเทอาหารเลี้ยงสาหร่ายจนกว่าจะครบ 1 สัปดาห์ เมื่อสาหร่ายมีการขับสารที่เป็นพิษซึ่งเกิดจากขบวนการเมตาบอลิสม (toxic metabolites) ออกมา สารพิษเหล่านี้จะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่าย (Debusk and Ryther. 1984) ซึ่งสาหร่ายที่เลี้ยงโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลอง จะได้รับผลกระทบมากกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการนำออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นทุกๆ 2 สัปดาห์ ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับผลการทดลองเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria tikvahiae ซึ่งเลี้ยงโดยมีการนำออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นทุกๆ 2 สัปดาห์ เปรียบเทียบกับสาหร่ายที่เลี้ยงโดยไม่มี

การนำออกตลอดการทดลอง พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยมีการนำออกให้เหลือเท่ากับน้ำหนักเริ่มต้นทุกๆ 2 สัปดาห์ มีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลอง (Patwary และ Van der meer.1983)

แต่เมื่อพิจารณาผลการทดลองสาหร่าย Gracilaria sp. พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตสูงสุด เมื่อเลี้ยงในบ่อที่มีความหนาแน่น 4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงโดยให้มีความหนาแน่นต่ำหรือสูงกว่า 4 กิโลกรัมต่อตารางเมตร จะมีอัตราการเจริญเติบโตต่ำกว่า สาเหตุที่สาหร่ายที่เลี้ยงที่ความหนาแน่นต่ำมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะต่ำ เป็นผลมาจากสาหร่าย Gracilaria sp. ถูกรบกวนโดยสาหร่าย epiphyte (Edding, Macchiavello and Black. 1987)

ปัจจัยของสภาวะแวดล้อมอีกประการหนึ่ง ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri คือ แสง จากผลการวิจัยซึ่งแสดงในภาพประกอบ 16 พบว่าเมื่อเลี้ยงสาหร่าย Polycavernosa fisheri ภายใต้ความเข้มแสง 200 ลักซ์ จะทำให้สาหร่ายมีการเจริญเติบโตต่ำที่สุด และที่ความเข้มแสง 400 ลักซ์ สาหร่ายจะเจริญเติบโตสูงที่สุด ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 650 ลักซ์ มีการเจริญเติบโตช้ากว่าสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 400 ลักซ์ แสดงให้เห็นว่าการเจริญเติบโตของสาหร่ายขึ้นอยู่กับความสามารถในการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย โดยที่อัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้น และอัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะเริ่มอิ่มตัวที่ระดับความเข้มแสงระดับหนึ่ง (Penniman and Mathieson. 1985)

ความสามารถในการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย นอกจากจะขึ้นกับความเข้มแสงที่สาหร่ายได้รับแล้ว ยังขึ้นกับอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมต่างๆอีกเช่น ความเค็มของน้ำทะเล อุณหภูมิ ปริมาณรงควัตถุชนิดต่างๆในสาหร่าย เป็นต้น (Lapointe. 1981 ; Lapointe, Rice and Lawrence.1984; Penniman and Mathieson.1985) ซึ่งรงควัตถุสำคัญที่พบในสาหร่าย Polycavernosa fisheri คือ คลอโรฟิลล์ เอ และ ไฟโคอิริทริน จะมีปริมาณน้อยเมื่อเลี้ยงสาหร่ายภายใต้ความเข้มแสงสูงๆ (Lapointe, Dawes and Tenore. 1984)

การศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตแตกต่างกัน พบว่าสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีไนเตรทเท่ากับ 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร และฟอสเฟตเท่ากับ 0.033 มิลลิโมลต่อลิตร ดังผลแสดงในภาพประกอบ 17 และ 18 ซึ่งเป็นอัตราส่วนของฟอสเฟตต่อไนเตรทเท่ากับ 1/25 ซึ่งใกล้เคียงกับอัตราส่วนของฟอสเฟตต่อไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่ใช้ในการวิจัยตามวิธีวิจัยข้อ 2.3.1 ถึง 2.3.7 คือมีไนเตรทเท่ากับ 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร และฟอสเฟตเท่ากับ 0.031 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนของฟอสเฟตต่อไนเตรทเท่ากับ 1/26 สำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 1.6 และ 2.4 มิลลิโมลต่อลิตร มีการเจริญเติบโตต่ำกว่า สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร เนื่องจากสาหร่ายจะถูกยับยั้งการเจริญเติบโตเมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทสูง(Edding, Macchiavello and Black. 1987)

ในธรรมชาติปริมาณไนเตรทและฟอสเฟตในน้ำทะเล จะมีปริมาณมากน้อยแตกต่างกันขึ้นกับฤดูกาล(ประมุข เพ็ญสุต.2525) เมื่อนำสาหร่ายจากแหล่งที่อยู่ธรรมชาติมาศึกษาการเจริญเติบโต โดยเลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่สามารถควบคุมความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตได้ มักจะพบว่าสาหร่ายแต่ละชนิดมีการเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตแตกต่างกัน เช่น ผลการทดลองสาหร่าย Gracilaria sp. พบว่าสาหร่ายเจริญเติบโตดีที่สุด เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของ $NaNO_3$ เท่ากับ 0.2 มิลลิโมลต่อลิตร และ NaH_2PO_4 เท่ากับ 25 ไมโครโมลต่อลิตร ซึ่งเป็นอัตราส่วนของไนโตรเจนต่อฟอสฟอรัสเท่ากับ 8:1 (Edding, Macchiavello and Black. 1987) และจากการทดลองเลี้ยงสาหร่าย Gracilaria verrucosa พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงสุดคือ 0.03 ต่อวัน เมื่อเลี้ยงในน้ำทะเลที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 79 ไมโครกรัมไนโตรเจนต่อลิตร และมี KH_2PO_4 ในน้ำทะเลเท่ากับ 20.4 มิลลิกรัมต่อลิตร (Bird.1984)

การที่สาหร่ายแต่ละชนิด มีความสามารถในการดูดซับไนเตรทและฟอสเฟตเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโตแตกต่างกัน เนื่องมาจากสาหร่ายแต่ละชนิดมีรูปร่างลักษณะที่แตกต่างกัน คือสาหร่ายที่มีการแตกแขนงมาก จะมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักของสาหร่ายมาก ทำให้ความสามารถในการดูดซับไนเตรทและฟอสเฟตเพิ่มขึ้น(Patwery and Van der meer. 1983) นอกจากนี้ความสามารถในการดูดซับไนเตรทของสาหร่าย ยังถูกควบคุมโดยความเข้มแสงและอุณหภูมิที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายอีกด้วย (Lapointe, Dawes and Tenore. 1984)

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของไนเตรท ในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ดังแสดงในภาพประกอบ 17 จะสังเกตได้ว่า ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา (6 สัปดาห์) สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทต่างๆกัน มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด เมื่อพิจารณาผลของความเข้มข้นของฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ดังผลแสดงในภาพประกอบ 18 พบว่าตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตต่างๆกัน มีการเจริญเติบโตแตกต่างกันไม่มากนัก ดังนั้นความเข้มข้นของไนเตรทในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ จึงมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายมากกว่าความเข้มข้นของฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ

จากผลการวิจัยข้อ 3.1 ถึง 3.9 จะเห็นได้ว่าสภาวะแวดล้อมที่ใช้เลี้ยงสาหร่ายจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญ-เติบโตกับอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย ที่เลี้ยงในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม กับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดาตามวิธีวิจัยข้อ 2.2 ดังแสดงในภาพประกอบ 20 และ 21 พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม มีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลา 6 สัปดาห์ ดังผลแสดงในภาพประกอบ 19 ในขณะที่อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย ส่วนสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดา

จะเจริญเติบโตได้น้อยกว่า สาหร่ายที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม(จากผลการวิจัยข้อ 3.1) และอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย ยังมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลา 18 สัปดาห์ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการที่ศึกษาในสาหร่าย Eucheuma ซึ่งพบว่า ในช่วงที่สาหร่ายมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ปริมาณโปรตีนของสาหร่ายจะสูงขึ้น แต่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายจะต่ำ (Dawes, Lawrence and Cheney. 1974) แสดงให้เห็นว่าอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย เป็นสิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้

นอกจากนี้ อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายยังเป็นสิ่งบ่งบอกถึงปริมาณวุ้นของสาหร่ายด้วย เนื่องจากวุ้นจัดเป็นสารคาร์โบไฮเดรตชนิดหนึ่ง จึงน่าจะมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตกับปริมาณวุ้นของสาหร่ายในระหว่างที่มีการเจริญเติบโต แต่สำหรับงานวิจัยนี้ ไม่ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตกับปริมาณวุ้นของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ระหว่างที่เลี้ยงที่สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม เนื่องจากในงานวิจัยนี้ ได้ทำการเลี้ยงสาหร่ายโดยใช้ตัวอย่างสาหร่ายหนักเพียง 3 กรัม ซึ่งมีจำนวนไม่เพียงพอที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณวุ้น ผู้วิจัยจึงเห็นว่า น่าจะมีการวางแผนการวิจัยให้ได้สาหร่ายมีจำนวนมากพอที่จะนำไปวิเคราะห์หาปริมาณวุ้น เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตกับปริมาณวุ้นของสาหร่าย

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กาญจนภาชน์ ลิ่วมโนมนต์ และคนอื่นๆ. "การเพาะเลี้ยงสาหร่ายให้วุ้น," ใน อุทยานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 128-132. กรุงเทพ : สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2534.

ประมุข เพ็ญสุต. การศึกษาวุ้นและองค์ประกอบอย่างอื่นในสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลาเรีย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525. ถ่ายเอกสาร.

วนิดา วัชรโคภิษฐกุล. ผลของอัตราส่วนและช่วงความถี่ของการให้ N:P ที่มีต่อการเจริญเติบโตและ ผลผลิตของสาหร่าย Gracilaria firma ที่เพาะเลี้ยงในระบบฟาร์มปิด. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2532. ถ่ายเอกสาร.

วลัย วราโห. การสกัดวุ้นจากสาหร่ายทะเลสกุลกราซิลาเรีย. วิทยานิพนธ์ วท.ม. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525. ถ่ายเอกสาร.

เศรษฐกิจการพาณิชย์,กรม. ข้อมูลสถิติการค้าระหว่างประเทศของไทย. กรุงเทพ : กรมเศรษฐกิจการพาณิชย์, 2527-2533.

สนม วันเพ็ญ. การศึกษาวิธีการรอรับสปอร์ และวัสดุที่เหมาะสมในการเกาะ การงอกและการเจริญเติบโตของสปอร์ในสาหร่ายสกุลกราซิลาเรีย. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530. ถ่ายเอกสาร.

สมศักดิ์ แสนสุข. ความรู้บางประการเกี่ยวกับสาหร่ายและแนววินิจฉัยสาหร่ายน้ำจืดและน้ำกร่อย. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพ :มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2519.

สุรจิต วรรณจันทร์. การใช้ผลิตภัณฑ์สาหร่ายทะเลในประเทศไทย. กรุงเทพ :ภาควิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523.

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

Baker,J.T. "Seaweeds in Pharmaceutical Studies and Applications," Hydrobiologia. 116-117 : 29-40 ; 1984.

Bird,K.T. "Seasonal Variation in Protein:Carbohydrate Ratios in a Subtropical Estuarine Alga, Gracilaria verrucosa, and the Determination of Nitrogen Limitation Status Using These Ratios," Botanica Marina. 27 : 111-115 ; 1984.

Bird,K.T. "Agar Production and Quality from Gracilaria spp. Strain G-16 Effects of Environmental Factors," Botanica Marina. 31 : 33-39 ; 1988.

Bird,C.J. and J.Mclachlan. "Taxonomy of Gracilaria:Evaluation of Some Aspects of Reproductive Structure," Hydrobiologia. 116-117 : 41-62 ; 1984.

Bird,C.J. and J.Mclachlan. "The Effect of Salinity on Distribution of Species of Gracilaria Grev. (Rhodophyta, Gigartinales):An Experimental Assessment," Botanica Marina. 29 : 231-238 ; 1986.

Bird,K.T., M.Strumski and J.H.Ryther. "Environmental Factors Affecting the Quality of Agar from Gracilaria verrucosa, HBOI Strain G-16," in Abstracts of XIIIth International Seaweed Symposium. Vancouver: A-58 ; 1989.

Blinks,L.R. "The Effect of pH on the Photosynthesis of Littoral Marine Algae," Phycologia. 57 : 127-136 ; 1963.

Brown,L.M. and J.Mclachlan. "Atypical Carotenoids for the Rhodophyceae in the Genus Gracilaria (Gigartinales)," Phycologia. 21(1) : 9-16 ; 1982.

Christiaen,D. and others. "Structures and Functions of the Polysaccharides from the Cell Wall of Gracilaria verrucosa (Rhodophyceae, Gigartinales)," Hydrobiologia. 151-152 : 139-146 ; 1987.

Daugherty,B.K. and K.T.Bird. "Salinity and Temperature Effects on Agar Production from Gracilaria verrucosa Strain G-16," Aquaculture. 75 : 105-113 ; 1988.

Dawes,C.J., J.M.Lawrence and D.P.Cheney. "Ecological Studies of Floridian Eucheuma (Rhodophyta, Gigartinales). III. Seasonal Variation of Carrageenan, Total Carbohydrate, Protein and Lipid," Bulletin of Marine Science. 24(2) : 286-299 ; 1974.

Debusk,T.A. and J.H.Ryther. "Effects of Seawater Exchange, pH and Carbon Supply on the Growth of Gracilaria tikvahiae (Rhodo phyceae) in Large-Scale Cultures," Botanica Marina. 27 : 357-362 ; 1984.

Dubois,M. and others. "Colorimetric Method for Determination of Sugar and Related Substances," Anal. Chemistry. 28 : 305-356. ; 1956.

Edding,M., J.Macchiavello and H.Black. "Culture of Gracilaria sp. in Outdoor Tanks:Productivity," Hydrobiologia. 151-152 : 369-373 ; 1987.

Faraj,A. and others. "Protein and Amino Acids Analysis During Alimentary-agar Extraction from Gelidium sesquipedale," Hydrobiologia. 151-152 : 513-522 ; 1987.

Fralick,R.A. and F.Andrade. "The Growth, Reproduction, Harvesting and Management of Pterocladia pinnata (Rhodophyceae) in the Azores, Portugal," Xth International Seaweed Symposium. Newyork : Walter de Gruyter & Co., : 289-295 ; 1981.

Friedlander,M. and others. "Seasonal Fluctuations of Growth Rate and Chemical Composition of Gracilaria cf. conferta in Outdoor Culture in Israel," Hydrobiologia. 151-152 : 501-507 ; 1987.

Glicksman,M. "Utilization of Seaweed Hydrocolloids in the Food Industry," Hydrobiologia. 151-152 : 31-47 ; 1987.

Hay,M.E. and J.N.Norris. "Seasonal Reproduction and Abundance of Six Sympatric Species of Gracilaria Grev. (Gracilariaceae; Rhodophyta) on a Caribbean Subtidal Sand Plain," Hydrobiologia. 116-117 : 63-94 ; 1984.

Lapointe,B.E. "The Effects of Light and Nitrogen on Growth, Pigment Content, and Biochemical Composition of Gracilaria foliifera V. Angustissima (Gigartinales, Rhodophyta)," J.Phycol. 17 : 90-95 ; 1981.

Lapointe,B.E., C.J.Dawes and K.R.Tenore. "Interactions Between Light and Temperature on the Physiological Ecology of Gracilaria tikvahiae (Gigartinales: Rhodophyta)," Marine Biology. 80 : 171-178 ; 1984.

Lapointe,B.E., D.L.Rice and J.M.Lawrence. "Responses of Photosynthesis, Respiration, Growth and Cellular Constituents to Hypo-Osmotic Shock in the Red Alga Gracilaria tikvahiae," Comp. Biochem. Physiol. 77A, No.1 : 127-132 ; 1984.

Lapointe,B.E. and J.H.Ryther. "The Effects of Nitrogen and Seawater Flow Rate on the Growth and Biochemical Composition of Gracilaria foliifera var.angustissima in Mass outdoor Culture," Botanica Marina. 22 : 529-537 : 1979.

Lee,R.E. Phycology. London : Cambridge University Press, 1980.

Lobban,C.S. and M.J.Wynne. The Biology of Seaweeds. Oxford : Blackwell Scientific Pub., 1981.

Lowry,O.H. and others. "Protein Measurement with the Folin Phenol Reagent," J.of Biological Chemistry. 193 : 265-275 ; 1951.

Lundberg,B. "The Algal Vegetation at a Platform Shore at Mikhmoret," Xth International Seaweed Symposium. Newyork : Walter de Gruyter & Co., : 315-320 ; 1981.

Luxton,D.M. and W.J.Courtney. "New Developments in the Seaweed Industry of New Zealand," Hydrobiologia. 151-152 : 291-293 ; 1987.

Mclachlan,J. "Growth Media-Marine," Handbook of Phycological Methods. P.25-51. London; Cambridge University Press, 1973.

Mclachlan,J. and C.J.Bird. "Gracilaria (Gigartinales,Rhodophyta) and Productivity," Aquatic Botany. 26 : 27-49 ; 1986.

Patwary,M.U. and J.P.Van der meer. "Improvement of Gracilaria tikvahiae (Rhodophyceae) by Genetic Modification of Thallus Morphology," Aquaculture. 33 : 207-214 ; 1983.

Patwary,M.U. and J.P.Van der meer. "Growth Experiments on Autopolyploids of Gracilaria tikvahiae (Rhodophyceae)," Phycologia. 23(1) : 21-27 ; 1984.

Peats,S. "The Infrared Spectra of Carrageenans Extracted from Various Algae," Xth International Seaweed Symposium. Newyork : Walter de Gruyter & Co., : 495-502 ; 1981.

Penniman,C.A. and A.C.Mathieson. "Photosynthesis of Gracilaria tikvahiae Mclachlan (Gigartinales, Rhodophyta) from the Great Bay Estuary, New Hampshire," Botanica Marina. 28 : 427-435 ; 1985.

Percival, E. and R.H.Mcdowell. Chemistry and Enzymology of Marine Polysaccharides. London : Academic Press Inc., 1967.

Prasad,P.V.D. "A Seasonal Study of the Red Seaweeds Solieria tenera and Three Species of Gracilaria from Jamaica," Hydrobiologia. 140 : 167-171 ; 1986.

Rao,M.U. "Agar and Algin-Yielding Seaweeds of India," VIth International Seaweed Symposium. : 716-721 ; 1968.

Rodriguez,D. and B.Santelices. "Patterns of Optical Structure in the Genera Gelidium and Pterocladia (Gelidiaceae, Rhodophyta)," Hydrobiologia. 151-152 : 199-203 ; 1987.

Rueness,J. and T.Tananger. "Growth in Culture of Four Red Algae from Norway with Potential for Mariculture," Hydrobiologia. 116-117 : 303-307 ; 1984.

Ryther,J.H. and T.A.Debusk. Significance of Carbondioxide and Bicarbonate-Carbon Uptake in Marine Biomass Production," IGT symp. Florida : 25-29 ; 1982.

Santelices,B. and M.S.Doty. "A Review of Gracilaria Farming," Aquaculture. 78 : 95-133 ; 1989.

Taylor,W.R. Marine Algae of the Eastern Tropical and Subtropical Coasts of the Americas. Michigan : The University of Michigan Press., 1979.

Trainor,F.R. Introductory Phycology. Newyork : John Wiley & Sons, Inc., 1987.

Trono,G.C. and R.Azanza-Corrales. "The Seasonal Variation in the Biomass and Reproductive States of Gracilaria in Manila Bay," Xth International Seaweed Symposium. Newyork : Walter de Gruyter & Co., : 743-748 ; 1981.

Tseng,C.K., B.Zhou and Z.Pan. "Comparative Photosynthetic Studies on Benthic Seaweeds," Xth International Seaweed Symposium. Newyork : Walter de Gruyter & Co., 515-520 ; 1981.

Wang,Y.C., G.Y.Pan and L.C.M.Chen. "Studies on Agarophytes II. Field observations and Growth of Gracilaria cf. verrucosa (Rhodophyta) in Shantou District, Guangdong, P.R.C.," Botanica Marina. 27 : 265-268 ; 1984.

Westermeier,R. "The Marine Seaweed of Chile's Tenth Region (Valdivia, Osorno, Llanquihue and Chiloe)," Xth International Seaweed Symposium. Newyork : Walter de Gruyter & Co., 215-220 ; 1981.

Xia,B. and I.A.Abbott. "The Genus Polycavernosa Chang et Xia (Gracilariaceae, Rhodophyta): A Comparison with Gracilaria Grev. and a Key to the Species," in Taxonomy of Economic Seaweeds with Reference to Some Pacific and Caribbean Species. P.157-162. California; Sea Grant College Program, 1985.

Yang,S.S. and C.Y.Wang. "Effect of Environmental Factors on Gracilaria Cultivated in Taiwan," Bulletin of Marine Science. 33(3) : 750-766 ; 1983.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

<u>อาหารเลี้ยงสาหร่ายสูตรสำเร็จของโปรวาโซไลน์ (Provasoli's enriched seawater media)</u>

เตรียมสารละลายอาหาร (nutrients) ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ประกอบด้วย

1. $NaNO_3$	3.5 กรัม
2. Na_2 glycerophosphate	0.5 กรัม
3. Trisma-base	5.0 กรัม
4. สารละลาย P-II metals	25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
5. สารละลาย Fe EDTA	25 ลูกบาศก์เซนติเมตร
6. สารละลาย Vitamins	1.0 ลูกบาศก์เซนติเมตร

เตรียมอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จโดยเจือจางสารละลายอาหารให้มีความเข้มข้นร้อยละ 2 ด้วยน้ำทะเล ปรับ pH ให้เท่ากับ 8.2 แล้วนำไปนึ่งในหม้อนึ่งความดัน

<u>สารละลาย P-II metals ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ประกอบด้วย</u>

H_3BO_3	1.14 กรัม
$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	0.05 กรัม
$MnSO_4 \cdot 6H_2O$	0.12 กรัม
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.02 กรัม
$CoSO_4 \cdot 7H_2O$	0.005 กรัม
Na_2 EDTA	1.0 กรัม

สารละลาย Fe EDTA ปริมาตร 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร ประกอบด้วย

$Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$	0.7 กรัม
Na_2 EDTA	0.6 กรัม

สารละลาย Vitamins ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ประกอบด้วย

Vitamin B_1 (thiamine HCl)	0.5 กรัม
Vitamin B_{12}	0.01 กรัม
Biotin	0.005 กรัม

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายกำพล จันทร์สุวรรณศร

เกิดวันที่ 29 เดือน กรกฎาคม พุทธศักราช 2509

สถานที่เกิด เขตป้อมปราบ จังหวัดกรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 7/178 ซอยลาดพร้าว 53 ถนนลาดพร้าว แขวงลาดพร้าว เขตลาดพร้าว จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10230

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2526 มัธยมศึกษาปีที่ 6 ร.ร.ไตรมิตรวิทยาลัย

พ.ศ. 2530 วท.บ (ชีววิทยา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ บางเขน

พ.ศ. 2534 วท.ม (เคมีชีวภาพ) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

การศึกษาการเจริญเติบโตและอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายทะเล *Polycavernosa fisheri*

บทคัดย่อ

ของ

กำพล จันทร์สุวรรณศร

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต วิชาเอกเคมีชีวภาพ
มีนาคม 2535

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำสาหร่าย Polycavernosa fisheri มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ เพื่อศึกษาอิทธิพลของสภาวะแวดล้อมต่างๆ คือ อุณหภูมิ ความเค็ม และ pH ของน้ำทะเล ความหนาแน่นของสาหร่าย ความเข้มแสง ความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟต ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการนาน 6 สัปดาห์ และศึกษาอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย Polycavernosa fisheri ที่ช่วงระยะเวลาต่างๆ ระหว่างการเจริญเติบโต พบว่าสาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ดีเมื่อนำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จของโปรวาโซไลน์ โดยเปลี่ยนอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จหนึ่งครั้งต่อหนึ่งสัปดาห์ เมื่อสิ้นสุดแต่ละการทดลองที่ 6 สัปดาห์ พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่อุณหภูมิห้อง โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 48.14 สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 25 ส่วนในพัน มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเค็ม 20 และ 30 ส่วนในพัน โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.60 และ 20.17 ตามลำดับ สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 7.8 มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มี pH เท่ากับ 8.2, 8.5 และ 7.5 โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.75, 7.16 และ 11.57 ตามลำดับ เมื่อนำสาหร่ายมาเลี้ยงโดยไม่มีการนำออกตลอดการทดลอง พบว่าสาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะเฉลี่ย เท่ากับ 0.183 doublings·day^{-1} ในขณะที่เมื่อเลี้ยงสาหร่ายโดยมีการนำออกให้เหลือน้ำหนักเริ่มต้นทุกๆ 2 สัปดาห์ สาหร่ายมีอัตราการเจริญเติบโตจำเพาะสูงขึ้นเป็นค่าเฉลี่ย เท่ากับ 0.192 doublings·day^{-1} สาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 400 ลักซ์ มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงภายใต้ความเข้มแสง 650, 300 และ 200 ลักซ์ โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 9.85, 44.02 และ 49.01 ตามลำดับ สาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 0.82 มิลลิโมลต่อลิตร มีการเจริญเติบโตดีกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงที่ความเข้มข้นของไนเตรทเท่ากับ 1.6, 0.20 และ 2.4 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ โดยมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 2.02, 14.96 และ 16.73 ตามลำดับ สาหร่ายที่เลี้ยงใน

อาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่มีความเข้มข้นของฟอสเฟตเท่ากับ 0.033 มิลลิโมลต่อลิตร มีการเจริญเติบโตดีกว่าที่เลี้ยงที่ความเข้มข้นของฟอสเฟต เท่ากับ 0.023, 0.055 และ 0.164 มิลลิโมลต่อลิตร ซึ่งมีการเจริญเติบโตใกล้เคียงกันมาก

สาหร่ายที่เลี้ยงโดยใช้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมที่ได้จากผลการวิจัย โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเค็มของน้ำทะเลในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 25 ส่วนในพัน pH ของอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 7.8 ความเข้มแสงเท่ากับ 400 ลักซ์ ความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จเท่ากับ 0.82 และ 0.033 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ เมื่อสิ้นสุดการทดลองที่สัปดาห์ที่ 6 สาหร่ายมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นร้อยละ 91.33 ของน้ำหนักเริ่มต้น และอัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายมีแนวโน้มสูงขึ้นเล็กน้อย โดยมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.20 และสูงสุดเท่ากับ 0.24 สำหรับสาหร่ายที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมดาเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาจะเจริญเติบโตน้อยกว่าสาหร่ายที่เลี้ยงในอาหารเลี้ยงสูตรสำเร็จ ภายใต้สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม โดยพบว่าตลอดระยะเวลา 18 สัปดาห์ อัตราส่วนของโปรตีนต่อคาร์โบไฮเดรตของสาหร่ายมีแนวโน้มลดลง โดยมีค่าต่ำสุดคือ 0.17 และสูงสุดคือ 0.26

A STUDY OF GROWTH AND PROTEIN : CARBOHYDRATE RATIO OF *Polycavernosa fisheri*

AN ABSTRACT

BY

KUMPOL JANSUWANNASORN

Presented in partial fulfillment of requirements for the Master of Science degree in Biological Chemistry

at Srinakharinwirot University

March 1992

Abstract

The red marine algae, Polycavernosa fisheri was cultured in the laboratory in order to determine the effects of various environmental factors i.e. temperature, salinity, pH, algal density, light intensity and various concentrations of nitrogen and phosphate on its growth that determined as an increase in wet weight. In addition, the protein:carbohydrate ratios in Polycavernosa fisheri were also examined at various times during the growth. Each experiment was carried out for 6 weeks. The results showed that Polycavernosa fisheri is able to grow in the Provasoli's enriched media by changing fresh media once a week. The growth of algae at 25 °C is better than that at room temperature by 48.14% increase in wet weight. The algae cultured at the salinity of 25 ppt can grow faster than those at 20 and 30 ppt by 7.60% and 20.17% increase in wet weight, respectively. The growth of algae at pH 7.8 is better than those at pH 8.2, 8.5 and 7.5 with the increases in wet weight of 6.75% , 7.16% and 11.57% , respectively. The cultivation of algae which biomass was reduced to the weight of inoculum biweekly has the specific growth rate of 0.192 doublings·day^{-1} whereas the one without biomass reduction has the specific growth rate of 0.183 doublings·day^{-1}. The growth of algae at the light intensity of 400 lux is higher than those at 650, 300 and 200 lux by 9.85% , 44.02% and 49.01% ,respectively. Its growth at the nitrate concentration of 0.82 mM is faster than those at 1.6, 0.2

and 2.4 mM by 2.02% , 14.96% and 16.73% ,respectively. It was found that the cultivation of algae at the phosphate concentration of 0.033 mM gives an increase in its growth compared to those at 0.023, 0.055 and 0.164 mM.

In conclusion, the most suitable conditions for the cultivation of algae that obtained from this research are at the temperature of 25 °C, salinity of 25 ppt, pH 7.8, light intensity of 400 lux, 0.82 mM nitrate and 0.033 mM phosphate. The algae cultured under the above suitable conditions for 6 weeks has 91.33% increase in wet weight compared to the weight of inoculum. Moreover, during its growth the protein:carbohydrate ratios tend to increase slightly that ranged from 0.20 to 0.24. The algae cultured in natural seawater, being kept as a stock in the laboratory, usually grows much less than that in Provasoli's enriched media. During the 18- week cultivation in natural seawater, the protein: carbohydrate ratios appear to decrease that ranged from 0.17 to 0.26.