



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์การประมง)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์การประมง

ชีววิทยาประมง

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การผันแปรลักษณะทางฟีโนโลยี และมวลชีวภาพของสาหร่ายทะเลสีเขียว *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützing) Taylor ที่พบบริเวณชายฝั่งทะเล จังหวัดชลบุรี และระยอง และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จากสารสกัดโพลีแซคคาไรด์

Variations in Phenology and Biomass of the Green Seaweed *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützing) Taylor Occurs on the Coast of Chon Buri and Rayong Provinces and Antimicrobial Activity of Extracted Polysaccharides

นางผู้วิจัย นางสาวโศรดากรณ์ พิมลา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์อณรงค์ จีระภัทร์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์จารุมาศ เมฆสัมพันธ์, Ph.D.)

กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ศรีสม สุวรรณวงศ์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ณรงค์ วีระไวทยะ, M.S.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การผันแปรลักษณะทางฟีโนโลยี และมวลชีวภาพของสาหร่ายทะเลสีเขียว *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor ที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัด ชลบุรี และระยอง และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จากสารสกัดโพลีแซคคาไรด์

Variations in Phenology and Biomass of the Green Seaweed *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor Occurs on the Coast of Chon Buri and Rayong Provinces and Antimicrobial Activity of Extracted Polysaccharides

โดย

นางสาวโศรดากรณ์ พิมลา

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรการประมง)

พ.ศ. 2552

โสทรดากรณ์ พิมพ์ลา 2552: การผันแปรลักษณะทางฟีโนโลยี และมวลชีวภาพของสาหร่ายทะเลสีเขียว *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor ที่พบบริเวณ ชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรีและระยอง และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จากสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ ปรินญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรจารย์การประมง) สาขาวิทยาศาสตร์การประมง ภาควิชาชีววิทยา ประมง ปรธานกรรมการที่ปรึกษา: รองศาสตราจารย์อ๋องงค์ จีระภัทร์, Ph.D. 140 หน้า

การศึกษาลักษณะทางฟีโนโลยี และมวลชีวภาพของ *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor ในบริเวณแนวหินปะการัง หาดแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี (แสมสาร) และจากบ่อซีเมนต์ร้าง บริเวณหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (EMDEC) ตำบลเพ จังหวัดระยอง (บ้านเพ) สุ่มเก็บตัวอย่างตามแนว transect ในกรอบพื้นที่ 25×25 เซนติเมตร จำนวน 20 จุด พร้อมน้ำทะเลทุกเดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 พบว่าตัวอย่างสาหร่ายที่ศึกษาใน บริเวณแสมสาร ทดสัสมัลักษณะอวบน้ำ มีขนาดใหญ่และแตกแขนงเป็นพุ่มแน่น ในขณะที่ตัวอย่างสาหร่ายจาก บ้านเพทดสัสมัลักษณะบอบบางและแตกแขนงน้อยกว่า ลักษณะทางฟีโนโลยีของตัวอย่างจากแสมสารและบ้าน เพ มีความผันแปรตามช่วงเวลาและปัจจัยแวดล้อม ยกเว้นระยะห่างของแขนง ($p < 0.05$) ตัวอย่างสาหร่ายที่ศึกษา บริเวณแสมสาร พบว่ามีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ในช่วงที่มวลชีวภาพสูงสุดในเดือนเมษายน 2549 (185.25 ± 55.03 g dry wt m^{-2}) และความเข้มข้นอินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูงสุดในรอบปี และมวล ชีวภาพมีค่าต่ำสุดในช่วงเดือนกรกฎาคม 2548 (57.49 ± 39.96 g dry wt m^{-2}) ในทางตรงข้าม ตัวอย่างสาหร่ายจาก บ้านเพมีมวลชีวภาพสูงสุดในเดือนกรกฎาคม (119.78 ± 71.75 g dry wt m^{-2}) และต่ำสุดในเดือนกันยายน 2548 (76.91 ± 47.16 g dry wt m^{-2})

ในการศึกษาครั้งนี้ตัวอย่างสาหร่ายที่เก็บรวบรวมได้นำมาสกัดสารโพลีแซคคาไรด์เพื่อตรวจวัด ปริมาณและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดและซัลเฟต) ของสารสกัดหยาบ ปริมาณสาร สกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์และองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากตัวอย่างที่เก็บจากแสมสารและบ้านเพ มี ความผันแปรตามระยะเวลาไม่ชัดเจน ($p > 0.05$) ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และซัลเฟตของตัวอย่างที่เก็บจากแสมสาร มีค่าตั้งแต่ 0.66 ± 0.08 ถึง 0.87 ± 0.09 , 30.27 ± 0.02 ถึง 35.94 ± 0.58 และ 7.92 ± 0.01 ถึง 8.03 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่สาหร่ายจากบ้านเพ มีปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซค คาไรด์ คาร์โบไฮเดรต และซัลเฟตอยู่ในช่วง 0.56 ± 0.05 ถึง 0.61 ± 0.05 , 31.87 ± 1.23 ถึง 37.31 ± 1.12 และ 7.66 ± 0.04 ถึง 7.68 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าปริมาณซัลเฟตตลอดทั้งปีของสารสกัดหยาบโพลีแซค คาไรด์ในสาหร่ายจากแสมสารมีค่ามากกว่าสารสกัดจากบ้านเพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ในการศึกษา ครั้งนี้สารสกัดที่ได้นำมาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ แบคทีเรียแกรมบวก 1 ชนิด แบคทีเรีย แกรมลบ 6 ชนิด เชื้อรา 1 ชนิดและยีสต์ 1 ชนิด ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ แสดง ความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus subtilis* และเชื้อยีสต์ *Candida albicans* โดยสามารถ ยับยั้งได้ที่มีความเข้มข้น 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

Soradakorn Phimla 2009: Variations in Phenology and Biomass of the Green Seaweed *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophyssa* (Sonder ex Kützinger) Taylor Occurs on the Coast of Chon Buri and Rayong Provinces and Antimicrobial Activity of Extracted Polysaccharides. Master of Science (Fisheries Science), Major Field: Fisheries Science, Department of Fishery Biology. Thesis Advisor: Associate Professor Anong Chirapart, Ph.D. 140 pages.

Phenology and biomass of *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophyssa* (Sonder ex Kützinger) Taylor were observed at coral reef area along Haad Samaesan, Ampho Sattahip in Chon Buri province (Samaesan) and from abandoned cement tanks on the shorefront of the Eastern Marine Fisheries Research and Development Center (EMDEC), Phe district in Rayong province (Ban Phe). The specimens were collected in a quadrat of $25 \times 25 \text{ cm}^2$ in area (20 replication) placed randomly along transect lines. The sample of alga and seawater were collected monthly from July 2005 to June 2006. This study thallus of plant from the Samaesan site was wide spreading with long and coarse branching stolon similar to Ban Phe specimens, which had slightly branch with long thin stolon. The phenological characters of the Samaesan and Ban Phe plants were varied depending on period and environmental factors, but not for the length of frond interval ($p < 0.05$). At the Samaesan site fertile plant was found when the alga biomass reached to a maximum value in April 2006 ($185.25 \pm 55.03 \text{ g dry wt m}^{-2}$) and dissolved inorganic nitrogen was highest. The biomass was declined and gave a minimum value in July 2005 ($57.49 \pm 39.96 \text{ g dry wt m}^{-2}$). In contrast, biomass at the Ban Phe site reached to a maximum value in July 2005 ($119.78 \pm 71.75 \text{ g dry wt m}^{-2}$), and decreased to a minimum value in September 2005 ($76.91 \pm 47.16 \text{ g dry wt m}^{-2}$)

In this study the collected alga was also used for extraction of the polysaccharide. Yield and chemical compositions (total carbohydrate and sulfate content) in the crude extracts were determined. Yield and chemical compositions of the crude extracted polysaccharide of the Samaesan and the Ban Phe algae was slightly varied which depend on season ($p > 0.05$). Yield, total carbohydrate and sulfate content in the Samaesan crude extract were varied of 0.66 ± 0.08 to 0.87 ± 0.09 , 30.27 ± 0.02 to 35.94 ± 0.58 and 7.91 ± 0.01 to $7.91 \pm 0.01 \%$, respectively. While those of the Ban Phe samples ranged from 0.56 ± 0.05 to 0.61 ± 0.05 , 31.87 ± 1.23 to 37.31 ± 1.12 and 7.66 ± 0.04 to $7.68 \pm 0.00 \%$, respectively. Sulfate content of the crude extracted from the Samaesan alga was significant higher than that of Ban Phe ($p < 0.05$). This study antimicrobial activity of the crude polysaccharide was assayed against one species of gram-positive and six species of gram-negative bacteria, one species of fungi and one species of yeast. The result showed that the extract was able to inhibit growth of *Bacillus subtilis* and the yeast *Candida albicans* at concentration of 0.64 mg/ml .

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง ในความกรุณาของคณาจารย์ที่ให้คำปรึกษาช่วยเหลือ ชี้แนะ และแก้ไขข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง รศ.ดร. อนงค์ จีระภัทร์ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือในด้านเอกสารและให้คำปรึกษา ฝึกฝนให้ข้าพเจ้ารู้จักคิด มองและแก้ปัญหาทุกอย่างให้ผ่านพ้นไปด้วยดี และขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. จารุมาศ เมฆสัมพันธ์ ที่กรุณาให้ความรู้แนวทางในการคิดและเขียน และความคิดในทางที่ดีเพื่อเป็นกำลังใจให้มุ่งมั่นไปสู่จุดมุ่งหมายอยู่เสมอ รศ.ดร. ศรีสม สุวรรณวงศ์ ที่กรุณาให้โอกาสและคำสั่งสอนอันมีค่าในการเรียนและการทำงานทั้งในปัจจุบันและในอนาคต รวมทั้ง ผศ.ดร. จินตนา สและน้อย ผู้แทนบัณฑิตที่กรุณาให้คำแนะนำต่างๆเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. นิตติ ชูเชิด ที่กรุณาให้ใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการปฏิบัติการด้านชีววิเคราะห์ ที่หน่วยวิจัยธุรกิจเฉพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ขอบคุณสถาบันสุขภาพสัตว์น้ำในความอนุเคราะห์เชื้อแบคทีเรีย ขอบคุณ ดร. จันทนา ไพรบูรณ์ ที่ให้คำแนะนำและความสะดวกในการใช้เครื่องมือที่ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อวิจิตและคุณแม่สฤณ พิมลา ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ตั้งแต่เริ่มแรกจนถึงปัจจุบัน ทั้งยังเป็นแรงบันดาลใจและกำลังใจตลอดมา ขอบคุณเพื่อนและน้องๆ ในห้องปฏิบัติการสาหร่ายและพรรณไม้น้ำ ในความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลภาคสนาม รวมทั้งคนอื่นๆที่ได้เอื้อนาม ณ ที่นี้ซึ่งมีส่วนในการทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

โสธดากรณ์ พิมลา

พฤษภาคม 2552

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	31
อุปกรณ์	31
วิธีการ	33
ผลและวิจารณ์	39
ผล	39
วิจารณ์	77
สรุปและข้อเสนอแนะ	85
สรุป	85
ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	88
ภาคผนวก	101
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์สมบัติของน้ำทะเล	102
ภาคผนวก ข วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบางประการของสารสกัดหยาบ	
โพลีแซคคาไรด์	117
ภาคผนวก ค ข้อมูลแสดงคุณสมบัติ น้ำ ลักษณะทางฟิโนโลยี มวลชีวภาพและ	
สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์	124
ภาคผนวก ง ตารางวิเคราะห์ทางสถิติ	130
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	140

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ลักษณะของแหล่งอาศัยของสาหร่ายสกุล <i>Caulerpa</i> ที่พบในประเทศไทย	9
2	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งสตูล จังหวัดสตูล ปี 2540-2549	16
3	ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบ้านเพ จังหวัดระยอง ปี 2540-2549	19
4	องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายสกุล <i>Caulerpa</i> และสาหร่ายทะเลสีเขียวบางชนิด	29
5	สรุปลักษณะรวมแล้วและการปรากฏของไฟรินอยด์ในสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ เปรียบเทียบกับ <i>Caulerpa</i> ชนิดที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน	55
6	ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ	76

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ก1	คุณสมบัติของน้ำในจุดสำรวจแสมสาร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	125
ก2	คุณสมบัติของน้ำในจุดสำรวจบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	126
ก3	ลักษณะทางฟิโนโลยี (mean±S.D.) (มิลลิเมตร) ของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ในจุดสำรวจแสมสาร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	127
ก4	ลักษณะทางฟิโนโลยี (mean±S.D.) (มิลลิเมตร) ของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ในจุดสำรวจบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	128
ก5	มวลชีวภาพ (mean±S.D.) ของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ , ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และปริมาณซัลเฟต (mean±S.D.) ในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บได้ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	129
ง1	ค่าทางสถิติเปรียบเทียบลักษณะทางฟิโนโลยีของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่กรกฎาคม 2548 ถึงมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจแสมสาร	131
ง2	ค่าทางสถิติเปรียบเทียบลักษณะทางฟิโนโลยีของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ	132
ง3	ค่าทางสถิติเปรียบเทียบลักษณะทางฟิโนโลยีของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2548	133

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง4 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจ แสมสาร	134
ง5 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ	134
ง6 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึง ตุลาคม 2548	134
ง7 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจแสมสาร	135
ง8 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ	135
ง9 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548	135
ง10 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลี แซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจแสมสาร	136
ง11 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลี แซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือน กรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ	136
ง12 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลี แซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ระหว่างจุด สำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548	136

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
ง13 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จาก สำหรับ <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึง มิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจแสมสาร	137
ง14 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จาก สำหรับ <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึง ตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ	137
ง15 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จาก สำหรับ <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ระหว่างจุดสำรวจแสมสาร และบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548	137
ง16 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติสีน้ำกับลักษณะฟิโนโลยีของสำหรับ <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ในจุดสำรวจแสมสาร ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*) และ 99 (**)	138
ง17 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติสีน้ำกับมวลชีวภาพของสำหรับ <i>Caulerpa</i> <i>racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ในจุดสำรวจแสมสาร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*) และ 99 (**)	139
ง18 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติสีน้ำกับปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จาก สำหรับ <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ในจุดสำรวจแสมสาร ตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*) และ 99 (**)	139

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 ลักษณะทลัสดของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh var. <i>macrophysa</i> (Sonder ex Kützting) Taylor	7
2 ส่วนที่ใช้ศึกษาลักษณะทางฟีโนโลยีของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i>	35
3 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษาจุดสำรวจแสมสาร แนวหินปะการังชายฝั่งแสมสาร จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2548 ถึงมิถุนายน 2549	40
4 ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ท่อระบายน้ำทิ้ง จากชุมชนและฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยตรงในจุดสำรวจแสมสาร	41
5 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ใกล้เคียง และบ่อซีเมนต์ร้าง จุดสำรวจบ้านเพ ชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง	42
6 ค่าอุณหภูมิผิวน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	43
7 ค่าความขุ่นน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	44
8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	45
9 ค่าความเค็มของน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	46
10 ค่าความเป็นด่างของน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	47
11 ค่าความกระด้างของน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	48
12 ค่าความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (DIN) ในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
13	ค่าความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	50
14	ลักษณะทลัสของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> จากจุดสำรวจ แสมสารและจุดสำรวจบ้านเพ	53
15	ลักษณะราวมวลของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> จากจุดสำรวจ แสมสารและจุดสำรวจบ้านเพ	54
16	ลักษณะทลัสที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ และท่อเพื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ในจุดสำรวจแสมสาร	54
17	ความยาวแขนงของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	56
18	ระยะห่างของแขนงของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	57
19	ความยาวไรโซมิด์ของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	58
20	ระยะห่างของไรโซมิด์ของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	60
21	ความยาวราวมวลของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	61
22	เส้นผ่าศูนย์กลางราวมวลของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่ เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	62
23	มวลชีวภาพของสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	64

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	66
25	ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	69
26	ปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549	69
27	การเกิดโซนไฮโดรไลซิสเมื่อทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก <i>Bacillus subtilis</i> ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและจุดสำรวจบ้านเพ	74
28	การเกิดโซนไฮโดรไลซิสเมื่อทดสอบกับเชื้อยีสต์ <i>Candida albicans</i> ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย <i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophyssa</i> ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและจุดสำรวจบ้านเพ	75
ภาพผนวกที่		หน้า
ข1	กราฟมาตรฐานของปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	120
ข2	กราฟมาตรฐานของความเข้มข้นโพแทสเซียมซัลเฟต	123

การผันแปรลักษณะทางฟีโนโลยี และมวลชีวภาพของสาหร่ายทะเลสีเขียว *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh. var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor ที่พบบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรี และระยอง และการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ จากสารสกัดโพลีแซคคาไรด์

Variations in Phenology and Biomass of the Green Seaweed *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh. var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor Occurs on the Coast of Chon Buri and Rayong Provinces and Antimicrobial Activity of Extracted Polysaccharides

คำนำ

สาหร่ายสกุล *Caulerpa* เป็นที่รู้จักกันทั่วไปในชื่อ สาหร่ายพวงองุ่น สาหร่ายเมียดพริกไทย สาหร่ายใบเลื่อย ตามแต่ลักษณะของรากลัส (ramulus) ที่มีลักษณะต่างๆ บางชนิดกลม บางชนิดแบน หรือเป็นเส้นเหมือนขนนก (กาญจนภาพักษ์, 2527) ในอดีต ประเทศไทยเคยมีรายงานพบสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ถึง 19 ชนิด (Lewmanomont *et al.*, 1995) แพร่กระจายบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกและตะวันตกของอ่าวไทย ได้แก่ในจังหวัด ตรัง จันทบุรี ระยอง ชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร ถึงสุราษฎร์ธานี และชายฝั่งทะเลอันดามันในจังหวัด ระนอง ภูเก็ต กระบี่ และตรัง โดยเฉพาะตามเกาะต่างๆ ในประเทศไทยสาหร่ายสกุล *Caulerpa* เป็นสาหร่ายที่มีการใช้ประโยชน์มาเป็นเวลานาน ในหลายจังหวัดภาคใต้ที่มีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเล โดยนิยมนำมาบริโภคเป็นผักจิ้ม นำมาต้ม หรือนำมาทำเป็นสลัด โดยเฉพาะ *Caulerpa racemosa* var. *corynephora* ที่มีการวางขายตามตลาดสดในจังหวัดภูเก็ต กระบี่ และตรัง สาหร่ายสกุล *Caulerpa* บางชนิด เช่น *Caulerpa lentillifera* นำมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำในฟาร์มต่างๆ (ศิริวรรณ, 2538; วราภรณ์ และคณะ, 2547; วลีรัตน์และพุทธ, 2547) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาวิจัย ทางด้านปริมาณ โครงสร้าง และองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ที่มีคุณสมบัติยับยั้งเชื้อไวรัสที่ก่อให้เกิดโรคในมนุษย์ (Ghosh *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004) เพื่อใช้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม ทางการแพทย์และทางการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

สาหร่ายสกุล *Caulerpa* มีลักษณะรูปร่างเปลี่ยนแปลงได้ง่ายตามสภาวะแวดล้อมที่แตกต่าง กัน มีความหลากหลายของรูปร่างมากและบางชนิดถูกจำแนกไว้หลายวาไรตี้ (varieties) ลักษณะ

รูปร่างที่หลากหลาย ทำให้ยากต่อการจำแนกชนิดของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ให้ชัดเจนได้ (Hodgson *et al.*, 2004) อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีข้อมูลการศึกษาวิจัยในด้านนี้ไม่มากนัก ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงมีเป้าหมาย เพื่อศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการผันแปรของลักษณะทางฟีโนโลยีและมวลชีวภาพของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่พบแพร่กระจายบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดชลบุรีและระยอง รวมทั้งศึกษาแนวทางเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากตัวอย่างสาหร่ายที่ศึกษา ในแง่การใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆทางการประมง การศึกษาค้นคว้านี้จะทำให้ได้ข้อมูลพื้นฐานเพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดการทรัพยากรและพัฒนาการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ของไทยต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการแปรผันทางฟีโนโลยีของสาหร่ายทะเลสีเขียว *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง
2. เพื่อศึกษาการแปรผันของมวลชีวภาพของสาหร่ายทะเลสีเขียว *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง
3. เพื่อศึกษาแนวทางการใช้ประโยชน์จากสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ในแง่การใช้เป็นสารยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคต่างๆ ทางการประมง

การตรวจเอกสาร

1. การจัดหมวดหมู่ของสาหร่าย

การจำแนกหมวดหมู่ของสาหร่ายในอดีตมักใช้รูปร่างลักษณะที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน จัดรวมไว้ในหมู่เดียวกันหรือดูตามสีที่ปรากฏออกมาให้เห็นจึงแบ่งได้เป็นสาหร่ายสีเขียว สีน้ำตาล และสีแดง แต่พบว่าการใช้สีในการแบ่งนั้นไม่แน่นอน สาหร่ายบางชนิดเห็นสีไม่ชัดเจนสาหร่ายสีเขียวอาจไม่เป็นสีแดง เนื่องจากรงควัตถุถูกทำลายไป หรือถูกรงควัตถุอื่นคลุมหรือบังไว้ ดังนั้นจึงมีหลักเกณฑ์และลักษณะที่สำคัญในการแบ่งคือ ชนิดของรงควัตถุ อาหารสะสม การเคลื่อนไหว องค์ประกอบของผนังเซลล์ และรายละเอียดเฉพาะอย่างอื่นๆ (Bold และ Wynne, 1978)

กาญจนภานัน (2527) ให้ความหมายของ “สาหร่าย” ว่า หมายถึง พืชชั้นต่ำที่ตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า “algae” หรือ alga (เอกพจน์) ซึ่งมีคลอโรฟิลล์ (chlorophyll) แต่ไม่มีส่วนที่เป็นราก ลำต้น และใบที่แท้จริง มีขนาดเล็กมาก ประกอบด้วยเซลล์เพียงเซลล์เดียว ซึ่งมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า ไปจนถึงขนาดใหญ่ ประกอบด้วยเซลล์จำนวนมาก อาจเป็นเส้นสาย หรือมีลักษณะคล้ายพืชชั้นสูง โดยมีส่วนที่คล้ายราก ลำต้น และใบ รวมเรียกว่า ทัลลัส (thallus) ส่วนสาหร่ายทะเล (seaweed) หมายถึง สาหร่ายขนาดใหญ่ (macroscopic) ได้แก่สาหร่ายทะเลสีเขียว สาหร่ายทะเลสีน้ำตาล สาหร่ายทะเลสีแดง ที่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ซึ่งแยกออกจากสาหร่ายขนาดเล็ก ทั้งหมดและแยกออกจากแพลงก์ตอนพืชที่ลอยลอยอยู่ (Waaland, 1977; Lobban and Harrison, 1995) เป็นพืชที่อาศัยอยู่บริเวณชายฝั่งทะเลถึงที่ลึกที่มีแสงส่องถึง (สมถวิล, 2540)

2. โครงสร้างของสาหร่ายทะเลสีเขียว

2.1 รงควัตถุ

รงควัตถุของสาหร่ายสีเขียวอยู่ในคลอโรพลาสต์ที่มีรูปร่างต่างๆ ซึ่งประกอบไปด้วย คลอโรฟิลล์เอ และ บี แอลฟา เบตา และแกมมาแคโรทีน แซนโทฟิลล์ โดยเฉพาะลูเทอิน (lutein) วิโอตาแซนทิน (violaxanthin) นีโอแซนทิน (neoxanthin) ที่มีมากกว่าแซนโทฟิลล์ชนิดอื่นๆ

2.2 พลังเซลล์

พลังงานเซลล์มี 2 ชั้น พลังชั้นในเป็นพวกเซลล์โลส และพลังงานชั้นนอกเป็นเพกติน บางสกุลอาจมีสารจำพวกไคติน หินปูนหรือซิลิกาหุ้มอยู่ภายนอกอีกชั้นหนึ่ง

2.3 อาหารสะสม

อาหารสะสมซึ่งเป็นผลจากการสังเคราะห์แสง จะได้สารประกอบโพลีแซคคาไรด์ (polysaccharide) เป็นส่วนใหญ่โดยจะสะสมไว้ที่ผนังเซลล์ เช่น กลูแคน (glucan) ไซแลน (xylan) แมนแนน (mannan) และกาแลคแทน (galactan) โดยมีส่วนประกอบในปริมาณที่แตกต่างกัน ทำให้มีการศึกษาถึงองค์ประกอบจากการวิเคราะห์ทางเคมีร่วมกับการใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนในการจำแนกหมวดหมู่ของสาหร่าย และในสาหร่ายสีเขียวจะสะสมไว้ที่ไพรินอยด์ในรูปของแป้ง (starch) ซึ่งประกอบด้วย อะไมโลส (amylose) และอะไมโลเพกติน (amylopectin) หรือสะสมในรูปของน้ำมัน (fat) ในชนิดที่ไม่มีไพรินอยด์ (กาญจนาภรณ์, 2527)

ในสาหร่ายสกุล *Caulerpa* นั้น แขนงที่ประกอบด้วยรากลัสซึ่งมีรูปร่างต่างกันในแต่ละชนิดอย่างเห็นได้ชัดนั้น ช่วยให้สามารถจัดจำแนกในระดับชนิดของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ได้ง่าย แต่ในบางชนิดที่รูปร่างและรูปแบบการเจริญของแขนงที่สร้างรากลัสมีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพแวดล้อม (Hodgson *et al.*, 2004) ทำให้เกิดความสับสนและความผิดพลาดในการแยกชนิดของสาหร่ายทะเลในสกุล *Caulerpa* โดยเฉพาะ *Caulerpa racemosa* ซึ่งเป็นชนิดที่รู้จักกันดีว่ามีความผันแปรสูง และอาจมีรูปแบบการเจริญหรือรูปร่างของรากลัสที่ใกล้เคียงกับ *Caulerpa* ชนิดอื่น (Taylor, 1972) ดังนั้น นอกจากจะมีการจัดจำแนกตามลักษณะรูปร่างของรากลัสที่แตกต่างกันแล้ว ในชนิดที่มีความคล้ายคลึงกันมาก จนอาจทำให้เกิดความสับสนทางอนุกรมวิธานเช่นที่พบใน *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa microphysa* และ *Caulerpa lentillifera* จึงสามารถใช้ลักษณะการปรากฏและรูปร่างของไพรินอยด์บนคลอโรพลาสต์เป็นเกณฑ์อีกอย่างในการแยกชนิดของสาหร่ายในสกุลนี้ด้วย (Coppejans and Meinesz, 1988)

3. การจำแนกชนิดตามหลักอนุกรมวิธาน

การจัดลำดับทางอนุกรมวิธานของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* มีการจัดลำดับ (Silva, 1982) ไว้ดังต่อไปนี้

Division : Chlorophyta

Class : Chlorophyceae

Order : Caulerpales

Family : Caulerpaceae

Genus : *Caulerpa*

4. ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

สาหร่ายสกุล *Caulerpa* มีลักษณะทลัสเป็นท่อนติดต่อกันตลอด ประกอบด้วยไรซอยด์ทำหน้าที่ยึดเกาะ และทอดแขนงซึ่งมีลักษณะคล้ายไหล เรียกว่า สโตลอน (stolon) ออกเป็นระยะๆ ส่วนที่ทำหน้าที่สังเคราะห์แสงมีลักษณะคล้ายใบ เรียกว่า รามูลัส (ramulus) มีรูปร่างลักษณะต่างๆ บางชนิดกลม บางชนิดแบน หรือเป็นเส้นเหมือนขนนก ทลัสมีขนาดเล็กใหญ่ต่างๆ กัน บางชนิดอาจยาวถึง 1 เมตร มีทราเบคิวลา (trabecula) ซึ่งเป็นส่วนของผนังเซลล์ชั้นในยื่นเข้าไปในช่องเซลล์ (cell cavity) มีลักษณะเหมือนตาข่ายประสานกัน โดยมีได้ปิดกั้นการไหลเวียนของโปโตพลาสต์ภายในเซลล์ สาหร่ายสกุลนี้มักขึ้นอยู่ตามพื้นทรายปนโคลนหรือขึ้นบนซากปะการัง (กาญจนภาชน์, 2527)

Taylor (1972) ได้บรรยายลักษณะของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* (ภาพที่ 1) ไว้ดังนี้ ทลัสประกอบด้วยสโตลอนขนาดใหญ่ที่แตกแขนงได้ เป็นพุ่มหนาแน่นมาก ในทลัสแก่ ส่วนแขนงของทลัสที่ตั้งตรงสูง 1.0-5.0 เซนติเมตรประกอบด้วยรามูลัส ลักษณะเกือบหรือครึ่งวงกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5-4.0 มิลลิเมตร มีก้านสั้นๆ เรียงตัวกันเป็นข้อเหมือนข้อพรักไทย ไรซอยด์เกิดด้านล่างเป็นระยะๆ ขึ้นบนก้อนหินหรือซากปะการัง ในเขตน้ำขึ้นน้ำลง



ภาพที่ 1 ลักษณะทลลัสของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor

5. นิเวศวิทยาและการแพร่กระจาย

5.1 แหล่งอาศัย

โดยปกติสาหร่าย *Caulerpa racemosa* สามารถพบได้หลากหลายพื้นที่ยึดเกาะ ทั้งทราย โคลน หิน ตามแนวหญ้าทะเลเก่า มักพบที่ความลึก 0-50 เมตร (Capiomont *et al.*, 2005) โดยเฉพาะ *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ที่มักขึ้นได้ดีและแพร่กระจายได้เร็วในพื้นที่ยึดเกาะที่เป็นแนวหญ้าทะเลเก่า โดยเฉพาะแนวของ *Posidonia oceanica* (Ruitton *et al.*, 2005b) ในบางพื้นที่พบมากตามพื้นที่ทรายใต้อาควาเรียมในระดับต่ำกว่าระดับน้ำทะเลต่ำสุด ที่สำคัญคือจะพบในบริเวณที่ห่างไกลจากพื้นที่รับน้ำจืดจากชายฝั่ง (Pickering and Mario, 1999) และจากการศึกษาของ Ceccherelli *et al.* (2002) พบว่า *Caulerpa taxifolia* และ *Caulerpa racemosa* ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนมีการเจริญและแพร่กระจายได้รวดเร็วในพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพืชน้ำตื้น เช่น ในบริเวณแนวหญ้าทะเล

ในประเทศไทยจะพบสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ขึ้นบนก้อนหินและซากปะการังในเขตน้ำขึ้นน้ำลง (Lewmanomont *et al.*, 1995; Chirapart and Lewmanomont, 2003; กาญจนภาชน์ และคณะ 2550) หรือในคลองสาขาทามป่าชายเลน ตามพื้นโคลนเลน หรือโคลนปนทราย และอาจพบขึ้นตามรากแสม โกงกาง (กาญจนภาชน์, 2519) พบได้ในบริเวณน้ำทะเลค่อนข้างใส คลื่นลมไม่รุนแรงนัก

มักพบที่ความลึก 2-5 เมตร (อนันต์ และคณะ, 2526; นัยนา, 2529; กาญจนภาชน์ และคณะ, 2550) ซึ่งบางชนิดมีลักษณะแหล่งอาศัยและพื้นที่การเจริญเฉพาะชนิดดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับชนิดนี้มีการเจริญเติบโตหนาแน่นในบริเวณที่มีปริมาณสารประกอบอนินทรีย์ในโตรเจนที่ละลายน้ำ (แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท) และธาตุอาหารอนินทรีย์อื่นๆสูง และขึ้นอยู่ได้ในช่วงความเค็มค่อนข้างแคบ (stenohaline) โดยสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วงความเค็ม 30-40 ‰ (Toma, 1987; Horstman, 1983; อนันต์ และคณะ, 2526; นิสราภรณ์, 2544) และในปัจจุบันนิยมนำสาหร่าย *Caulerpa lentillifera* มาใช้ในการบำบัดน้ำจึงมักพบสาหร่ายชนิดนี้ตามฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะฟาร์มกุ้ง เพราะแม้พื้นโคลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะดูเหมือนเป็นวัสดุเกาะที่ไม่มีความมั่นคง แต่ถ้ากระแสน้ำไม่รุนแรงพื้นดินโคลนก็จะเป็นวัสดุยึดเกาะที่ดีได้ เพราะนอกจากไรโซด์ของสาหร่าย สามารถยึดเกาะได้แล้ว โคลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งยังเป็นแหล่งธาตุอาหาร (nutrient) ให้สาหร่ายชนิดนี้ได้อีกด้วย เนื่องจากน้ำในดินจะมีไอออนของธาตุอาหารละลายอยู่ใน soil solution และมีการแลกเปลี่ยนไอออนกับน้ำได้ตลอดเวลา ดินเลนที่มีอินทรีย์วัตถุสะสมตกค้างอยู่มากเมื่อถูกย่อยสลายแล้วธาตุอาหารจากดินจะถูกปลดปล่อยไปสู่มวลน้ำทำให้สาหร่ายสามารถดูดธาตุอาหารเหล่านั้นไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้ หากมีการนำมาเพาะเลี้ยงขยายพันธุ์ในพื้นที่ดินเลนจากบ่อเลี้ยงกุ้งทะเลแล้ว นอกจากจะสามารถขยายปริมาณได้เป็นอย่างดีแล้ว สาหร่ายยังสามารถช่วยให้มีการบำบัดดินเลนเหล่านั้นได้อีกทางหนึ่ง (สันติ และคณะ 2546)

ตารางที่ 1 ลักษณะของแหล่งอาศัยของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ที่พบในประเทศไทย

ชนิดของสาหร่ายสกุล <i>Caulerpa</i>	แหล่งอาศัย	ความลึก	ที่มา
<i>Caulerpa ambigua</i> (Okamura)	แนวปะการัง	-	Lewmanomont (1988)
<i>Caulerpella ambigua</i> (Okamura) Prud' home van Reine et Lokhorst	ซากปะการัง	2-3 เมตร	กาญจนาภรณ์ และคณะ (2550)
<i>Caulerpa fastigiata</i> Mont f. <i>minor</i> Weber van Bosse	พบตามแนวโขดหินปน ทรายบริเวณน้ำตื้น	-	Lewmanomont and Ogawa (1995)
	แนวปะการังปนทราย	2-4 เมตร	Schmidt (1900-1916)*
<i>C. filiformis</i> (Harvey) J. Agardh	-	2-4 เมตร	Schmidt (1900-1916)*
<i>C. freycineetti</i> Agardh var. <i>typical</i> Weber van Bosse	-	2-4 เมตร 2-4 เมตร	Schmidt (1900-1916)*
var. <i>pectinata</i> Weber van Bosse	แนวปะการังปนทราย		Schmidt (1900-1916)*
<i>C. lentillifera</i> J. Agardh	พื้นโคลนปนทราย	-	Lewmanomont and Ogawa (1995)
	ในบ่อพักน้ำตามฟาร์ม เลี้ยงสัตว์น้ำ	-	นิสราภรณ์ (2544)
var. <i>longistipitata</i> Weber van Bosse	ตามแนวโขดหินที่บริเวณ น้ำตื้น	-	Dawson (1954)*
<i>C. maxicana</i> Sonder ex Kützting	แนวปะการัง	-	Lewmanomont (1988)
	ตามแนวโขดหินบริเวณ น้ำลงต่ำสุด	-	Lewmanomont and Ogawa (1995)
<i>C. microphysa</i> (Weber van Bosse) feldmann	แนวปะการัง	-	Lewmanomont (1988)
	ตามแนวโขดหินและเศษ ซากปะการัง หรือทราย หยาบในเขตน้ำขึ้นน้ำลง	-	Lewmanomont and Ogawa (1995); Chirapart and Lewmanomont (2003)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดของสาหร่ายสกุล <i>Caulerpa</i>	แหล่งอาศัย	ความลึก	ที่มา
<i>C. peltata</i> Lamouroux	ตามแนวโขดหินที่บริเวณน้ำตื้น บริเวณป่าชายเลน	- -	Schmidt (1900-1916)* กาญจนภาชน์ (2519)
<i>C. plumaris</i> (Forsskål) C. Agardh			
f. <i>longipes</i> Weber van Bosse	แนวปะการังปนทราย	2-4 เมตร	Schmidt (1900-1916)*
<i>C. racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh			
var. <i>uvifera</i> Weber van Bosse	ตามแนวหินและซากปะการังใน เขตน้ำขึ้นน้ำลง ปะปนกับ <i>C.</i> <i>racemosa</i> (Forsskål) J. Agardh	1-3 เมตร	ข้อมูลจากการเก็บตัวอย่างของ ผู้ศึกษา
var. <i>corynephora</i> (Montagne) Weber van Bosse	เจริญในบริเวณปากแม่น้ำ ตาม พื้นโคลนปนทรายตามแนวป่า ชายเลน	-	Lewmanomont and Ogawa (1995)
var. <i>macrophysa</i> (sonder ex Kützing) Taylor	ตามแนวหินและซากปะการังใน เขตน้ำขึ้นน้ำลง	-	Lewmanomont and Ogawa (1995); พ้วน (2535)
var. <i>peltata</i> (Lamouroux) Eubank	เจริญบนหินหรือกรวด หรือ ทรายบริเวณน้ำใส และบนพื้น โคลนในบริเวณน้ำขุ่น บนซากปะการัง	- 2-3 เมตร	Lewmanomont and Ogawa (1995) กาญจนภาชน์ และคณะ (2550)
<i>C. serrulata</i> (Forsskål) J. Agardh	แนวปะการัง พบบนพื้นทรายหรือซาก ปะการัง	- -	Lewmanomont (1988) Lewmanomont and Ogawa (1995)
<i>C. sertularioides</i> (S.G.Gmelin) Howe	แนวปะการัง พบบนพื้นทรายปะปนกับซาก ปะการัง	- -	Lewmanomont (1988) Lewmanomont and Ogawa (1995)

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ชนิดของสาหร่ายสกุล <i>Caulerpa</i>	แหล่งอาศัย	ความลึก	ที่มา
<i>C. crassifolia</i> (C. Agardh) J. Agardh	พบบนพื้นทราย บริเวณน้ำใส	8-10 เมตร	Lewmanomont and Ogawa (1995)
	บนพื้นทราย	2-3 เมตร	กาญจนภานัน และคณะ (2550)
<i>C. cupressoides</i> (Vahl) C. Agardh	พบบนซากปะการังที่ทับถมอยู่บน พื้นโคลนปนทราย โดยพบสูงกว่า บริเวณน้ำตื้นต่ำสุด	-	Lewmanomont and Ogawa (1995)
	บนซากปะการัง	2-3 เมตร	กาญจนภานัน และคณะ (2550)
<i>C. taxifolia</i> (Vahl) C. Agardh	พบบนโขดหินบริเวณตื้นกว่าน้ำตื้น ต่ำสุด	-	Lewmanomont and Ogawa (1995)
<i>C. scalpelliformis</i> (R. Brown.) Agardh.	-	16 เมตร	Schmidt (1900-1916)*
<i>C. sedoides</i> (R. Brown) Agardh.	แนวปะการังปนทราย	2-4 เมตร	Schmidt (1900-1916)*
<i>C. urvilliana</i> Montagne var. <i>typical</i> f. <i>tristica</i> Weber van Bosse	แนวปะการังปนทราย	2-4 เมตร	Schmidt (1900-1916)*
<i>C. verticillata</i> J. Agardh	แนวปะการังน้ำตื้น	-	Schmidt (1900-1916)*
	แนวปะการัง	-	Lewmanomont (1988)
	ป่าชายเลน		กาญจนภานัน (2519)
	พบบนหิน ตามพื้นโคลนปนทราย บริเวณชายฝั่งหรือแอ่งน้ำขัง	-	Lewmanomont and Ogawa (1995)

หมายเหตุ * อ้างตาม Lewmanomont *et al.* (1995)

5.2 วงจรชีวิต

กาญจนภาชน์ (2527) ได้กล่าวว่าสาหร่ายสกุล *Caulerpa* มีวัฏจักรชีวิตเป็นแบบดิพลอนติก คือตลอดวัฏจักรชีวิตมีแต่ต้นดิพลอยด์เท่านั้น การลดจำนวนโครโมโซมเกิดขึ้นในระยะสร้างแกมีต มีการสืบพันธุ์ทั้งแบบอาศัยเพศและไม่อาศัยเพศ แต่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศจะพบเฉพาะในบางชนิดเท่านั้น

5.2.1 การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (asexual reproduction)

การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศในสาหร่ายสกุล *Caulerpa* โดยการแบ่งเซลล์ของรามีลัสและทาลัสที่ขาดหรือหลุดลอยมาจากพื้นที่ยึดเกาะ ซึ่งแต่ละรามีลัสหรือทาลัสที่ขาดหลุดออกมาสามารถทำหน้าที่คล้ายอวัยวะช่วยในการสืบพันธุ์และเจริญเติบโตและสร้างเซลล์สืบพันธุ์ต่อไปได้ (Renoncourt and Meinesz, 2002) ส่วนมากการสืบพันธุ์แบบนี้มักพบในสภาพที่มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตต่ำเช่นในบ่อเลี้ยง (Shokita *et al.*, 1991)

5.2.2 การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (sexual reproduction)

การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เกิดในช่วงที่อากาศอบอุ่นในฤดูใบไม้ผลิถึงฤดูร้อน ซึ่งจะเห็นบนผิวของทาลัสที่โตเต็มที่มีลักษณะรูปร่างเป็นรูปดาบอย่างชัดเจน ระยะนี้ภายในไซโตพลาสซึมจะมีการเคลื่อนที่ของแกมีตซึ่งมีขนาด 2 เส้น ทั้งเพศผู้และเพศเมียและจะถูกปล่อยออกมาโดยจะสังเกตเห็นคล้ายกลุ่มควันสีเขียว (Panayotidis and Uljevi, 2001; Shokita *et al.*, 1991) ทาลัสที่ปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ออกมาแล้วจะเหี่ยวและสลายไปในที่สุด

5.3 การแพร่กระจาย

สาหร่ายสกุล *Caulerpa* พบแพร่กระจายทั่วไปบริเวณชายฝั่งทะเลเขตร้อนและทะเลเขตอบอุ่นทั่วโลก (Dawes, 1998) โดยพบขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งปะการัง แนวหินตามชายฝั่งทะเล เป็นที่คาดว่าสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ทั่วโลกมีทั้งหมด 73 ชนิด (Jacobs, 1994) จากรายงานการแพร่กระจายในต่างประเทศพบสาหร่ายสกุล *Caulerpa* มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางบริเวณตะวันตกของเขตรินโด-แปซิฟิก ในประเทศฟิลิปปินส์มีรายงานว่าพบสาหร่ายสกุล *Caulerpa* มากกว่า 30 ชนิด (Trono and Fortes, 1988) ในประเทศญี่ปุ่นพบการแพร่กระจายของ *Caulerpa lentillifera* ตามริม

ชายหาดจาก Hateruma ถึงเกาะโอกินาวา (Shokita *et al.*, 1991) นอกจากนี้ในออสเตรเลียพบการแพร่กระจายของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ประมาณ 20 ชนิดในเขตร้อนทางตอนเหนือของออสเตรเลีย (Lewis, 1987) แต่ Schaffelke *et al.* (2002) รายงานถึงการแพร่กระจายทั้งในเขตร้อน-กึ่งร้อนโดยจำกัดอยู่ในทางตอนใต้และในเขตอบอุ่น *Caulerpa taxifolia* ชนิดที่พบที่เป็นสายพันธุ์ดั้งเดิม ซึ่งในอดีตมีรายงานตั้งแต่ชายฝั่งของ Broome ทางตะวันตกของออสเตรเลียย้อนขึ้นไปทางเหนือจนถึง Shouthport ของรัฐ Queensland และ รอบๆ เกาะ Lord Howe และในปัจจุบันมีรายงานเป็นครั้งแรกถึงการแพร่กระจายของ *Caulerpa taxifolia* สายพันธุ์ดั้งเดิม บริเวณชายฝั่งทางตอนใต้ของรัฐ New South Wales บริเวณทะเลสาบ Macquarie และสายพันธุ์ใหม่ สำหรับสาหร่าย *Caulerpa taxifolia* และ *Caulerpa racemosa* พบมากจนกลายเป็นชนิดเด่นในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งส่งผลกระทบต่อประเทศแถบชายฝั่งเมดิเตอร์เรเนียน เนื่องจากการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและสามารถเจริญเติบโตได้ตลอดทั้งปี ทั้งยังเจริญได้ในหลากหลายพื้นที่ยึดเกาะจนทำให้ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตอื่นลดต่ำลงและยังเกิดการแทนที่หญ้าทะเล *Posidonia oceanica* ซึ่งเป็นชนิดดั้งเดิม (Gacia *et al.*, 1996a; Ruitton *et al.*, 2005a)

สำหรับในประเทศไทยพบสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ถึง 19 ชนิด (Lewmanomont *et al.*, 1995) แพร่กระจายทั้งในบริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย ได้แก่ในจังหวัดตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี (กรมวิทยาศาสตร์, 2502ก; พรพรรณ, 2528; พ้วน, 2535; กาญจนภาณุ และคณะ, 2550) จากรายงานการสำรวจบริเวณชายฝั่งอ่าวบ้านเพ จังหวัดระยองพบว่า *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* นั้นพบมากในช่วงฤดูหนาว คือในเดือน ธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ โดยจะพบขึ้นอยู่บนก้อนหินในช่วงน้ำลง (พ้วน, 2535) และในบริเวณเกาะครามและเกาะใกล้เคียง จังหวัดชลบุรีมีรายงานสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ถึง 4 ชนิด โดยเฉพาะ *Caulerpa racemosa* var. *peltata* ที่พบแพร่กระจายอยู่ตามบริเวณชายหาด กระงะ หาดหน้าบ้าน หาดขาม หาดเจ๊ก และหาดต้นเลียบ ของเกาะคราม (กาญจนภาณุ และคณะ, 2550) ชายฝั่งตะวันตกของอ่าวไทยบริเวณจังหวัดเพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช ถึงสงขลา (กรมวิทยาศาสตร์, 2502ข; อนันต์ และคณะ, 2526; นัยนา, 2529; Mayakun and Prathep, 2005) และชายฝั่งทะเลอันดามันในจังหวัดระนอง ภูเก็ต กระบี่ และตรัง โดยเฉพาะตามเกาะต่างๆ และมหาสมุทรอินเดียบางส่วน (กรมวิทยาศาสตร์, 2502ข; อนันต์ และคณะ, 2526; นัยนา, 2529; Chirapart and Lewmanomont, 2003)

6. ลักษณะบริเวณพื้นที่ศึกษา

6.1 จังหวัดชลบุรี

6.1.1 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดชลบุรีตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของไทย หรือฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทยระหว่างละติจูดที่ 12-13 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 100-102 องศาตะวันออก มีพื้นที่ประมาณ 4,483.60 ตารางกิโลเมตร มีชายฝั่งทะเลนับตั้งแต่อำเภอเมืองถึงอำเภอสัตหีบ มีความยาวชายฝั่งประมาณ 160 กิโลเมตร เป็นที่ตั้งของแหล่งอุตสาหกรรม การขยายพื้นที่จากโครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออก (eastern seaboard) ที่ทำให้เกิดการขยายตัวของนิคมอุตสาหกรรมและอุตสาหกรรม การขนส่ง ท่าเรือน้ำลึก ในบริเวณแหลมฉบัง (แหวด, 2538) ชุมชน เกษตรกรรม การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ โดยเฉพาะการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้แก่ หอยนางรม หอยแมลงภู่ และกุ้งกุลาดำ (มณจันทร์, 2542) ตลอดจนเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญในระยะเวลาที่ผ่านมา มีการพัฒนาและการขยายตัวของกิจกรรมต่างๆ อย่างรวดเร็ว การเพิ่มขึ้นของโรงแรม บังกะโล รีสอร์ท ตามการขยายตัวของกิจกรรมการท่องเที่ยวในบริเวณชายหาดต่างๆ ส่วนตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ เป็นพื้นที่ติดทะเล ประชาชนประกอบอาชีพประมง รับจ้าง และค้าขาย ตำบลแสมสารอยู่ห่างจากอำเภอสัตหีบไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ มีชายฝั่งทะเลเป็นแนวยาวทางด้านทิศใต้และทิศตะวันตก พื้นที่ส่วนมากประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในเขตราชการทหารเรือ ชายฝั่งทะเลยังมีสภาพสวยงาม ประชาชนประกอบอาชีพทางการประมง เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ รวมทั้งให้บริการการท่องเที่ยวมีเรือรับจ้างพานักท่องเที่ยวดูน้ำปูะการัง

6.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

เนื่องจากจังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดที่ติดชายทะเลจึงมีลักษณะภูมิอากาศเป็นแบบมรสุมเขตร้อน ในช่วงฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน ถึงเดือนกุมภาพันธ์ อยู่ในช่วงอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มีอากาศแห้งแล้งและหนาวเย็น ช่วงฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม ไปจนถึงเดือนพฤษภาคม เป็นฤดูเปลี่ยนมรสุมครั้งแรก จะมีอากาศร้อนจัดในเดือนเมษายน ส่วนช่วงฤดูฝนเริ่มตั้งแต่เดือนมิถุนายน ถึงเดือนตุลาคม ได้รับอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทำให้มีฝนตกชุกโดยทั่วไป ฝนตกหนักในเดือนตุลาคม (กรมควบคุมมลพิษ, 2547ก)

6.1.3 คุณภาพน้ำทะเล

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7/2542 กล่าวว่าคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งในจังหวัดชลบุรี ที่ตรวจวัดตั้งแต่ปี 2540 ถึง 2545 มีค่าเป็นไปตามมาตรฐาน คุณภาพน้ำโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ดี ดัชนีคุณภาพน้ำทั่วไปมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานฯ ยกเว้นในบางพื้นที่พบปริมาณออกซิเจนละลายต่ำกว่ามาตรฐาน (ไม่ต่ำกว่า 4 มิลลิกรัมต่อลิตร) (กรมควบคุมมลพิษ, 2547ก) ซึ่งส่วนมากมักเป็นแหล่งชุมชน บริเวณปากคลอง ปากแม่น้ำ บริเวณท่าเรือขนส่งปลา หรืออ่าวที่มีกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้ง เป็นต้น พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์เพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง ได้แก่ บริเวณอ่าวชลบุรี อ่างศิลา ศรีราชา และพบว่าในบางพื้นที่ที่มีปริมาณธาตุอาหารสูง คือบริเวณอ่าวชลบุรีมีปริมาณไนเตรท และไนโตรเจนสูงในช่วงต้นปี คือเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนพื้นที่ใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรม ได้แก่ นิคมอุตสาหกรรมแหลมฉบัง คุณภาพน้ำทะเลโดยรวมอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เป็นบริเวณที่มีปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจนทั้งในรูปของไนเตรท ไนโตรเจน และแอมโมเนียสูงกว่าบริเวณอื่นโดยเฉพาะในช่วงเดือนตุลาคม-พฤศจิกายน ซึ่งเป็นช่วงเปลี่ยนมรสุมหรือต้นมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ นอกจากนี้ยังมีปัญหาเกี่ยวกับสารแขวนลอยในปริมาณสูงในช่วงมรสุมตะวันตกเฉียงใต้อีกด้วย การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำทะเล เช่น ปรอท มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ส่วนปริมาณโครเมียม ทองแดง และแคดเมียม ส่วนใหญ่ตรวจพบการปนเปื้อนในปริมาณต่ำกว่าค่าขีดจำกัด สำหรับการปนเปื้อนของตะกั่ว โครเมียมเฮกซะวาเลนต์ และสังกะสี ยังต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานฯ ส่วนเหล็ก และแมงกานีส พบการปนเปื้อนเกินค่ามาตรฐานฯ บริเวณท่าเรือแหลมฉบัง พื้นที่ใช้ประโยชน์เพื่อการกีฬาทางน้ำ ได้แก่ พื้นที่นาเกลือ สัตหีบ ชongเสมสาร มีคุณภาพน้ำทะเลโดยทั่วไปอยู่ในเกณฑ์ดี การปนเปื้อนของปริมาณโลหะหนักตรวจพบในบริเวณนี้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนบริเวณท่าเรือสัตหีบ พบว่าคุณภาพน้ำบางประการมีค่าเกินมาตรฐาน (ตารางที่2) โดยอุณหภูมิมีค่าเกินมาตรฐาน ในช่วงฤดูร้อนของปี 2541 ความเป็นกรดเป็นด่าง มีค่าไม่เป็นไปตามมาตรฐาน ในช่วงฤดูร้อน ที่ระยะ 100 และ 500 เมตร ของปี 2544 และในช่วงฤดูร้อนที่ระยะ 100 เมตร ของปี 2545 ความเค็มมีค่าเกินมาตรฐาน ในช่วงฤดูร้อนและฤดูฝน ที่ระยะ 100 เมตร ของปี 2543

ตารางที่ 2 ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งสตูล จังหวัดสตูล ปี 2540-2549

ด/ป	สถานีเก็บ ตัวอย่าง	ตะกอน							
		อุณหภูมิ	แขวน	pH	ความ	NO ₂ ⁻ -N	NO ₃ ⁻ -N	NH ₃ -N	PO ₄ ³⁻
		(°C)	ลอย		เค็ม	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)	(µg/l)
			(mg/l)		(‰)				
	ค่ามาตรฐาน	≤33	-	7-8	≤33	-	-	400	-
10/40	ท่าเรือสตูล	29.9	4.0	8.5	28.2	10.0	10.0	3.0	<0.9
06/40	ท่าเรือสตูล	30.9	9.0	7.2	31.5	10.0	10.0	90.0	1.0
10/40	ท่าเรือสตูล	30.9	8.4	8.5	27.6	10.0	20.0	4.0	2.0
03/41	ท่าเรือสตูล	34.0	0.0	7.8	32.6	1.0	<0.7	8.1	<0.9
06/41	ท่าเรือสตูล	31.9	0.0	7.1	30.3	5.0	54.0	10.0	<0.9
05/42	ท่าเรือสตูล	30.0	106.0	8.2	27.6	3.0	67.0	100.0	10.0
08/42	ท่าเรือสตูล	30.3	80.0	8.0	27.2	3.0	50.0	100.0	10.0
03/43	ท่าเรือสตูล ¹	29.0	4.0	8.1	35.0	50.0	10.0	130.0	10.0
	ท่าเรือสตูล ²	29.0	2.0	8.1	33.0	100.0	10.0	160.0	10.0
06/44	ท่าเรือสตูล ¹	30.5	6.3	8.9	30.0	1.0	8.0	<1.4	4.0
	ท่าเรือสตูล ²	30.5	11.7	8.9	30.0	1.0	12.0	<1.4	1.0
10/44	ท่าเรือสตูล ¹	31.0	4.2	8.3	30.0	<0.7	5.0	<1.4	<0.9
	ท่าเรือสตูล ²	30.0	1.6	8.3	30.0	<0.7	<0.7	<1.4	<0.9
02/45	ท่าเรือสตูล ¹	30.0	5.5	8.6	30.0	1.0	5.0	<1.4	2.0
	ท่าเรือสตูล ²	29.0	3.6	8.5	30.0	1.0	6.0	<1.4	2.0
04/47	ท่าเรือสตูล	31.3	-	7.7	30.0	1.0	10.0	<1.0	3.0
	ช่องแสมสาร	31.0	-	7.8	30.1	1.0	31.0	<1.0	1.0
07/47	ท่าเรือสตูล	30.3	-	7.7	30.8	<0.5	5.0	<1.0	3.0
	ช่องแสมสาร	30.1	-	7.4	30.7	<0.5	30.0	<1.0	3.0
03/48	ท่าเรือสตูล	30.1	-	8.2	32.7	<1.0	28.0	305.0	3.0
	ช่องแสมสาร	30.1	-	8.2	32.4	<1.0	5.0	<1.0	7.0
07/48	ท่าเรือสตูล	30.1	-	8.1	31.3	7.0	<1.0	95.0	4.0
	ช่องแสมสาร	29.7	-	8.1	31.8	6.0	32.0	44.0	3.0
03/49	ท่าเรือสตูล	30.1	-	7.9	32.1	2.1	<1.0	1.0	3.0
	ช่องแสมสาร	30.3	-	7.9	32.6	4.3	<1.0	2.0	28.0

หมายเหตุ ท่าเรือสตูล¹ : เก็บตัวอย่างที่ระยะ 100 เมตร

ท่าเรือสตูล² : เก็บตัวอย่างที่ระยะ 500 เมตร

ที่มา: ปรับปรุงมาจากกรมควบคุมมลพิษ (2547ก)

6.2 จังหวัดระยอง

6.2.1 ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดระยอง ตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย ระหว่างละติจูดที่ 12-13 องศาเหนือ และลองจิจูดที่ 101-102 องศาตะวันออก พื้นที่ชายฝั่งทะเลของจังหวัดระยองเริ่มตั้งแต่อำเภอแกลงถึงอำเภอประแสร์ มีความยาวชายฝั่งตามแนวตะวันออก-ตะวันตก ประมาณ 100 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 3,552 ตารางกิโลเมตร หรือ 2,220,000 ไร่ จังหวัดระยองมีลักษณะภูมิประเทศเป็นเทือกเขาในด้านตะวันออก และตอนกลาง มีพื้นที่ลาดเชิงเขาและที่ราบระหว่างหุบเขา จนถึงที่ราบลุ่มแม่น้ำ ด้านตะวันออกบรรจบกับที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเลด้านทิศตะวันตก มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 3 เมตร (กรมควบคุมมลพิษ, 2547ข) พื้นที่ชายฝั่งส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่พัฒนาเพื่อการอุตสาหกรรม ชุมชน เกษตรกรรม เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แหล่งทรัพยากร ตลอดจนเป็นสถานที่ท่องเที่ยวที่สำคัญ ดังเช่น ในพื้นที่อำเภอบางตาพูดเป็นพื้นที่เป้าหมายเพื่อพัฒนาเป็นพื้นที่อุตสาหกรรมและท่าเรือน้ำลึก ตามโครงการพัฒนาชายฝั่งตะวันออกตามบริเวณชายหาด จะมีการขยายตัวกิจการที่รองรับการท่องเที่ยว ท่าเรือ เพื่อเข้าไปยังเกาะต่างๆ เช่น เกาะเสม็ด หรือบังกะโล ร้านอาหาร ในบริเวณใกล้กับอุทยานแห่งชาติเขาแหลมหญ้า หาดแม่รำพึง พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำ ทั้งยังมีการเพิ่มขึ้นของแหล่งชุมชน ที่พักอาศัย รวมถึงเป็นแหล่งชุมชนที่ประกอบอาชีพทางการประมงได้แก่บริเวณท่าเทียบเรือประมง และสะพานปลาบ้านเพ รวมทั้งพื้นที่ขยายตัวเพื่อรองรับการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง การเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

6.2.2 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดระยองมีลักษณะภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อนลมทะเลพัดผ่านตลอดปี ในช่วงฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน จนถึงเดือนกุมภาพันธ์ อุณหภูมิไม่ลดต่ำมาก เพราะเขื่อนอยู่ปลายมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและไอลู่นจากลมทะเล ช่วงฤดูร้อน อยู่ระหว่างปลายเดือนกุมภาพันธ์ ไปจนถึงปลายเดือนเมษายน ระยะเวลานี้มีลมตะวันออกเฉียงใต้และลมเฉื่อยจากทะเลในตอนบ่ายพัดมาร่วมกับลมตะวันออกเฉียงใต้ จึงทำให้ลมมีกำลังแรงมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ชายฝั่งทะเลระยอง ในระยะเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนเมษายน จึงมีคลื่นลมค่อนข้างแรงในตอนบ่ายและเย็น ทำให้อุณหภูมิไม่สูง อากาศจึงไม่ร้อนมากนัก ส่วนช่วงฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคม ไปจนถึงเดือนตุลาคม ฝนตกหนักในเดือน สิงหาคม กันยายน และ ตุลาคม ซึ่งฝนตกมากในช่วงนี้ เนื่องจาก

ได้รับลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในอ่าวไทย และพายุดีเปรสชัน ที่ได้เคลื่อนตัวมาจากทะเลจีนใต้ที่ฝั่งเวียดนาม และพัดมาทางทิศตะวันตกเข้าสู่พื้นที่จังหวัดในภาคตะวันออก (กรมควบคุมมลพิษ, 2547ข)

6.2.3 คุณภาพน้ำทะเล

คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งในจังหวัดระยองที่ตรวจวัดตั้งแต่ปี 2540 ถึง 2545 ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 7/2542 กล่าวว่า คุณภาพน้ำส่วนใหญ่มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานฯ โดยมีค่าแอมโมเนียและธาตุอาหารมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำชายฝั่ง โดยตรวจพบมีค่าน้อย ค่าความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ มีค่าไม่เป็นไปตามมาตรฐาน เช่นบริเวณสะพานปลาที่มีความเป็นกรดเป็นด่าง ในช่วงฤดูร้อนที่ระยะ 500 เมตร ของปี 2540 (ตารางที่ 3) และบริเวณตลาดบ้านเพ ที่พบออกซิเจนละลายต่ำกว่ามาตรฐาน ในช่วงฤดูร้อนที่ระยะ 100 เมตร ของปี 2544 (กรมควบคุมมลพิษ, 2547ข)

ตารางที่ 3 ข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบ้านเพ จังหวัดระยอง ปี 2540-2549

ด/ป	สถานีเก็บ ตัวอย่าง	อุณหภูมิ (°C)	ตะกอน		pH	ความ เค็ม (‰)	NO ₂ ⁻ -N (µg/l)	NO ₃ ⁻ -N (µg/l)	NH ₃ -N (µg/l)	PO ₄ ³⁻ (µg/l)
			แขวน ลอย (mg/l)							
	ค่ามาตรฐาน	≤33	-	7-8	≤33	-	-	-	400	-
06/40	สะพานปลา	31.6	3.0	8.3	27.2	10.0	130.0	9.0	1.0	
10/40	สะพานปลา	32.2	0.5	8.6	30.3	10.0	30.0	<1.4	1.0	
03/41	สะพานปลา	29.6	<1.0	8.2	32.6	<0.7	8.0	9.0	<0.9	
06/41	สะพานปลา	31.7	5.0	8.1	32.3	1.0	57.0	17.0	<0.9	
06/42	สะพานปลา	28.2	198.0	8.0	31.9	5.7	50.0	100.0	72.0	
08/42	สะพานปลา	33.0	102.0	8.5	33.0	3.0	50.0	100.0	100.0	
02/43	ตลาดบ้านเพ	29.4	1.0	8.2	30.7	90.0	30.0	310.0	40.0	
06/44	ตลาดบ้านเพ	32.0	28.4	8.3	22.0	9.0	30.0	15.0	69.0	
10/44	ตลาดบ้านเพ	32.5	3.0	8.4	28.5	<0.7	6.0	<1.4	1.0	
02/45	ตลาดบ้านเพ ¹	30.0	3.7	8.0	30.0	1.0	17.1	<1.4	10.0	
	ตลาดบ้านเพ ²	29.0	2.8	8.0	30.0	1.0	2.0	1.4	1.0	
04/47	ตลาดบ้านเพ	30.9	-	7.9	29.5	7.0	69.0	384.0	46.0	
07/47	ตลาดบ้านเพ	32.1	-	7.9	30.8	<0.5	5.0	<1.0	3.0	
03/48	ตลาดบ้านเพ	30.9	-	8.0	33.0	1.7	7.0	2.0	4.0	
07/48	ตลาดบ้านเพ	31.0	-	7.6	32.5	14.0	28.0	39.0	160.0	
03/49	ตลาดบ้านเพ	30.7	-	8.0	32.3	3.0	18.0	136.0	18.0	

หมายเหตุ ตลาดบ้านเพ¹ : เก็บตัวอย่างที่ระยะ 100 เมตร

ตลาดบ้านเพ² : เก็บตัวอย่างที่ระยะ 500 เมตร

ที่มา: ปรับปรุงมาจากกรมควบคุมมลพิษ (2547ข)

7. สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโต มวลชีวภาพและการผันแปรทางฟีโนโลยีของสาหร่าย สกุล *Caulerpa*

การเจริญเติบโตของสาหร่ายแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ฤดูกาล แสง อุณหภูมิ ธาตุอาหารที่มีอยู่ในทะเลตลอดจนความเหมาะสมของที่อยู่อาศัย (Chapman, 1964) สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย ได้แก่

7.1 ปัจจัยทางกายภาพ

7.1.1 แสง

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีคุณสมบัติเป็นทั้งคลื่น (wave) และอนุภาค อนุภาคพลังงานของแสงเรียกว่าโฟตอน (photon) ชนิดของแสงที่มีผลต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงคือ visible light ซึ่งเป็นแสงที่ตามองเห็น แสงที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงมากที่สุดคือแสงสีแดงและแสงสีน้ำเงิน และแสงที่มีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสงน้อยที่สุดคือ แสงสีเขียว แสงที่อยู่ในช่วง visible light นี้สามารถกระตุ้น biological molecule และทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากโมเลกุลไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงขึ้นได้ อิเล็กตรอนที่ถูกกระตุ้นนี้อาจกลับมาที่ระดับพลังงานปกติ ทำให้มีการคายพลังงานในรูปของความร้อน หรือหลุดจากอะตอมไปยังตัวรับอิเล็กตรอน (ศรีสม, 2549) แสงเป็นปัจจัยจำกัดที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายเพื่อให้ได้พลังงานไปใช้ในการสร้างเนื้อเยื่อ โดยธรรมชาติแล้วสาหร่ายแต่ละชนิดมีความต้องการแสงแตกต่างกันไป *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* จะไวต่อความเข้มแสงมาก ในธรรมชาติถ้าพบสาหร่ายชนิดนี้ในบริเวณความเข้มแสงมาก คลอโรฟิลล์ในราวมัลลัสจะหดรวมอยู่ระหว่างสโตรมาตัม แสงยังเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างของ *Caulerpa* โดยมีรายงานว่าเมื่ออัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ($SA:V$ ratio) และอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุด (P_{max}) ลดลง ความซับซ้อนของทาลัสจะเพิ่มขึ้น (Gacia *et al.*, 1996b)

7.1.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์ของสิ่งมีชีวิต อุณหภูมิจะมีผลกระทบต่อการสังเคราะห์แสง โดยอุณหภูมิที่สูงกว่า 25 องศาเซลเซียส จะทำให้การสังเคราะห์แสงของพืช C3 เช่นพวกสาหร่ายลดลงเนื่องจากเกิด photorespiration (ศรีสม,

2549) นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำยังมีผลต่อกระบวนการเมแทบอลิซึม และมีผลต่อกระบวนการ active uptake สำหรับแต่ละชนิดจะมีอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตแตกต่างกันไปตามชนิดของสาหร่าย เช่น อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับสาหร่ายสีเขียวอยู่ระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามสาหร่ายบางชนิดสามารถเติบโตได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม จากรายงานการทดลองในห้องปฏิบัติการของ Horstman (1983) ถึงกิจกรรมการสังเคราะห์แสงของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* โดยวัดอัตราการแลกเปลี่ยนออกซิเจน พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายอยู่ในช่วงระหว่าง 28-34 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 34 องศาเซลเซียส มีการแลกเปลี่ยนออกซิเจนสูงสุด และที่อุณหภูมิของน้ำสูงกว่า 38 องศาเซลเซียส การสังเคราะห์แสงของสาหร่ายลดลง Gacia et al. (1996a) ได้ทดลองโดยเก็บ *Caulerpa taxifolia* จากทางตอนเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนในฤดูร้อนและฤดูหนาวแล้วนำมาเลี้ยงเปรียบเทียบที่อุณหภูมิตั้งแต่ 5-40 องศาเซลเซียส ตัวอย่างสาหร่ายสามารถสังเคราะห์แสงได้ในช่วงอุณหภูมิ 5-35 องศาเซลเซียส ในทางตรงข้ามที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส อัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายจะมีค่าเป็นลบทั้งหมด และสาหร่ายที่เก็บมาจากช่วงฤดูหนาวมีอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ($16 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ ODW h}^{-1}$) ในขณะที่ที่ลึกลับที่เก็บมาจากช่วงฤดูร้อนนั้นมีอัตราการสังเคราะห์แสงที่เท่าๆกันในช่วงอุณหภูมิ 15-35 องศาเซลเซียส ($8-12 \text{ mg O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ ODW h}^{-1}$) แสดงให้เห็นว่า *Caulerpa taxifolia* ที่พบทางตอนเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนนั้นจำกัดการเจริญอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 10-12 องศาเซลเซียส

7.1.3 ความขุ่นของน้ำ

ปริมาณแสงสว่างที่ส่องผ่านลงไปใต้น้ำ เมื่อแสงตกกระทบผิวน้ำ แสงจะไม่ส่องผ่านลงไปถึงท้องน้ำทั้งหมด เนื่องจากแสงบางส่วนจะสะท้อนกลับ บางส่วนจะถูกดูดกลืน ความเข้มของแสงนอกจากจะขึ้นอยู่กับระดับความลึกแล้วยังขึ้นอยู่กับปริมาณสารแขวนลอยในน้ำด้วย น้ำที่มีความขุ่นมากทำให้แสงส่องผ่านได้น้อยสาหร่ายจะมีการสังเคราะห์แสงน้อยลง ซึ่งในธรรมชาติแล้วสาหร่ายแต่ละชนิดมีความต้องการความแสงที่ส่องผ่านลงใต้น้ำแตกต่างกันไป ซึ่งความขุ่นของน้ำมีผลต่อการแพร่กระจายของสาหร่าย โดยพบในน้ำที่มีความขุ่นต่ำพบว่า *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* สามารถเจริญได้ที่ความลึกถึง 20 เมตร (Carpionmont et al., 2005) แต่ในสาหร่ายบางชนิดที่มีความไวต่อแสงมากถ้าในสภาพธรรมชาติมีความเข้มแสงมากเกินไป เนื่องจากความขุ่นของน้ำต่ำจะทำให้คลอโรฟิลล์ในรากลูสหดรวมกันและสังเคราะห์แสงน้อยลง (Gacia et al., 1996b) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* ที่เก็บมาโดยยังปกคลุม

ด้วยโคลนสามารถมีชีวิตอยู่ได้นานและมีความเสียหายน้อยกว่าสาหร่ายที่เก็บมาโดยไม่มีโคลนปกคลุม (Horstman, 1983)

7.2 ปัจจัยทางเคมี

7.2.1 ความเค็ม

ความเค็ม หมายถึงปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของไอออนที่ละลายอยู่ในน้ำ (dissolved ions) ความเค็มมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) หรือส่วนในล้านส่วน (part per million) โดยมีตัวย่อ ppm แต่นิยมใช้โดยทั่วไปว่า (part per thousand) หรือ ppt (ชโลและพรเลิศ, 2547) โดยความเค็มมีผลต่อกระบวนการออสโมซิสระหว่างน้ำกับสาหร่ายเมื่อความเค็มในน้ำเปลี่ยนแปลงมีผลทำให้ water potential ในน้ำทะเลเปลี่ยนแปลงไปด้วย ทำให้สาหร่ายได้รับความเครียดเกิดการถ่ายเทเข้าออกของน้ำและไอออนทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และออร์แกเนลล์ รวมทั้งเอนไซม์ถูกทำลาย (Lobban and Harrison, 1995) และสาหร่ายในสกุล *Caulerpa* จัดเป็นสาหร่ายที่มีความทนทานต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มต่ำและขึ้นอยู่กับช่วงความเค็มค่อนข้างแคบ (stenohaline) จากการทดลองเลี้ยงสาหร่าย *Caulerpa lentillifera* ภายใต้สภาวะควบคุมในห้องปฏิบัติการ ที่ระดับความเค็ม 20 30 และ 40 ‰ พบว่าสาหร่ายที่เลี้ยงด้วยความเค็ม 30 ‰ มีอัตราการเจริญสูงกว่าที่เลี้ยงด้วยความเค็ม 40 ‰ และ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้เลยเมื่อเลี้ยงที่ความเค็ม 20 ‰ สรุปว่าความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Caulerpa lentillifera* คือที่ 30 ‰ (นิสราภรณ์, 2544) และจากรายงานการทดลองใช้เกลือในการควบคุมการแพร่กระจายของ *Caulerpa taxifolia* ที่เป็นปัญหาใน New South Wales ประเทศออสเตรเลีย พบว่าที่ความเข้มข้นของเกลือ 50 100 150 และ 200 กิโลกรัมต่อตารางเมตร มีผลยับยั้งการเจริญของสาหร่าย *Caulerpa taxifolia* โดยวัดจากความหนาแน่นของแขนงที่ลดลงถึง 70-95 เปอร์เซ็นต์ ภายใน 1 สัปดาห์ และไม่พบการเจริญของสาหร่าย *Caulerpa taxifolia* เป็นระยะเวลานานกว่า 6 เดือน ในขณะที่หญ้าทะเล *Zostera capricorni* ซึ่งเจริญในพื้นที่เดียวกันได้รับผลกระทบจากการทดลองนี้เพียง 20 เปอร์เซ็นต์ (Glasby et al., 2005)

7.2.2 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) หมายถึงความเข้มข้นของไฮโดรเจนไอออนในน้ำ pH ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวันมีผลต่อการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ในแหล่งน้ำและมีผลต่อการ

สังเคราะห์แสง มีรายงานพบว่าเมื่อ pH ของน้ำลดต่ำลงจนถึง 7.5 นั้นทำให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลง (นิสราภรณ์, 2544)

7.2.3 ธาตุอาหาร

ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชมีหลายธาตุและสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มตามปริมาณความต้องการของพืชได้แก่ มหาธาตุ (macronutrients) ประกอบด้วย 9 ธาตุคือ คาร์บอน ออกซิเจน ไฮโดรเจน ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โปรแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและกำมะถัน ส่วนจุลธาตุซึ่งเป็นธาตุที่พืชต้องการเพื่อการเจริญเติบโตในปริมาณเพียงเล็กน้อยโดยต้องการน้อยกว่า 100 ไมโครกรัม/น้ำหนักแห้งของพืช 1 กรัม พืชต้องการมหาธาตุในปริมาณมากเพราะ มหาธาตุเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างเซลล์พืช และกระบวนการสร้างเซลล์ ซึ่งได้แก่ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ขณะที่จุลธาตุส่วนใหญ่มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์และแต่ละชนิดมีความต้องการจุลธาตุต่างชนิดกันในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (ลิลลี่และศรีสม, 2549) และในสาหร่ายทะเลนั้นพบว่าอัตราการเจริญขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร (นิสราภรณ์, 2544) ซึ่งธาตุอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟต ซึ่งไนโตรเจนมีผลต่อกระบวนการสร้างสารพันธุกรรมของสาหร่าย โดยเป็นองค์ประกอบของนิวคลีโอไทด์ กรดอะมิโน และรงควัตถุบางชนิดเช่น total chlorophyll สาหร่ายจะใช้ไนโตรเจนในรูปของไนเตรท แอมโมเนีย ยูเรีย และกรดอะมิโน แต่จะใช้ในรูปใดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของสาหร่าย (Lobban and Harrison, 1995) และในการเลี้ยงสาหร่าย *Caulerpa lentillifera* โดยใช้ น้ำที่ทิ้งจากการเลี้ยงปลาของนิสราภรณ์ (2544) พบว่าสาหร่ายชนิดนี้มีอัตราการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนสูงสุดในช่วงฤดูร้อนและให้ผลผลิตสูงสุด 40 กรัม/น้ำหนักแห้ง/ตารางเมตร/วัน เมื่อเทียบกับการเลี้ยงโดยใช้น้ำธรรมชาติซึ่งพบว่าสาหร่ายมีการเจริญดีในช่วงแรกเท่านั้น และเมื่อความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (dissolve inorganic nitrogen) มีปริมาณน้อยทำให้อัตราการเจริญของสาหร่ายลดต่ำลงด้วยโดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 18.99 ± 10.00 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน ทดลัสของสาหร่ายยังอ่อนแอและมีโรซอด์น้อยกว่าแบบที่เลี้ยงด้วยน้ำที่ทิ้งจากการเลี้ยงปลาอย่างเห็นได้ชัด แต่จากรายงานของฟ้วน (2535) พบว่าปริมาณไนโตรเจนที่วัดได้ในเดือน ธันวาคม มกราคม และกุมภาพันธ์ มีค่า 0.031 0.002 และ 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และพบการเจริญของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophyta* ในปริมาณน้อยที่สุดในเดือนธันวาคมและมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ ส่วนฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟตที่พบในแหล่งน้ำนั้น พบได้ทั้งในรูปสารประกอบอินทรีย์และสารประกอบอนินทรีย์ฟอสเฟตเช่นกัน ได้แก่สารประกอบ ออร์โธฟอสเฟต เช่น PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- โดยทั่วไปปริมาณฟอสเฟตที่มีอยู่ในแหล่งน้ำมักมีปริมาณน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่

ในแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีฟอสฟอรัสไม่เกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ยงค์, 2531) จากรายงานคุณสมบัติของน้ำในบริเวณอ่าวบ้านเพของพวน (2535) พบว่าปริมาณฟอสเฟตมีค่าระหว่าง 0.004-0.092 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ (0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร) ซึ่งพบสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyta* สูงในเดือนมกราคมถึงเดือนกุมภาพันธ์และพบในปริมาณมากที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ และพบน้อยที่สุดในเดือนธันวาคม นอกจากธาตุอาหารที่ละลายอยู่ในน้ำจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* แล้วสาหร่ายสกุลนี้ยังใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารภายในดิน โดยดูดซึมผ่านทางไรโซด์ที่ใช้ในการยึดเกาะได้แม้ในขณะที่เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชันหรือในดินที่เป็นพิษ (Chisholm and Jaubert, 1997; Ceccherelli and Cinelli, 1997) และดินที่มีธาตุอาหารสูงเช่นดินเลนพื้นบ่อกุ้ง (สันติ และคณะ 2546)

8. การศึกษาทางฟีโนโลยี (phenology)

เนื่องจากสาหร่ายสกุล *Caulerpa* มีรูปร่างลักษณะภายนอกที่เปลี่ยนไปตามแหล่งที่อยู่และสภาวะแวดล้อม เช่น แสง ธาตุอาหาร และอุณหภูมิ (Hodgson *et al.*, 2004) จากการศึกษาของ Williams and Grosholz (2002) ถึงมวลชีวภาพ ความหนาแน่นและขนาดของ *Caulerpa taxifolia* สายพันธุ์ดั้งเดิมของแคลิฟอร์เนียตอนใต้เปรียบเทียบกับ *Caulerpa taxifolia* ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน, ชายฝั่งออสเตรเลีย และชายฝั่งนิวกินีโคเนีย พบว่าความยาวเฉลี่ยของ *Caulerpa taxifolia* เท่ากับ 10.4 ± 0.53 , $3-16$, 6 ± 3.1 และ $2-10$ เซนติเมตร ตามลำดับ และผลการศึกษพบว่า *Caulerpa taxifolia* จากทางตอนใต้ของแคลิฟอร์เนียมีจำนวนปลายแขนง (proliferative tip) สูงและความยาวเฉลี่ยของ *Caulerpa taxifolia* ส่วนหนึ่งมีความยาวคล้ายกับ *Caulerpa taxifolia* จากทะเลเมดิเตอร์เรเนียน จึงเป็นข้อสังเกตว่า *Caulerpa taxifolia* จากแคลิฟอร์เนียส่วนนี้จะเป็นสายพันธุ์เดียวกับ *Caulerpa taxifolia* ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ที่รู้จักกันในชื่อสายพันธุ์ “Aquarium-Mediterranean strain” หรือ “killer algae” เช่นเดียวกับในประเทศออสเตรเลียที่มี *Caulerpa taxifolia* สายพันธุ์ดั้งเดิมอยู่แต่ถูกรุกรานและปะปนโดย Aquarium-Mediterranean strain ในปีเดียวกัน Schaffelke *et al.* (2002) ได้ใช้เทคนิคทางพันธุกรรมมาใช้ในการแยกกลุ่มร่วมกับการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ที่เก็บจากตอนเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนแถบชายฝั่งประเทศฝรั่งเศส และพบว่าลักษณะทางฟีโนโลยีและมวลชีวภาพผันแปรไปตลอดทั้งปีโดยมวลชีวภาพจะลดลงตามอุณหภูมิที่ลดลง *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ยังมีแขนงที่สั้นกว่า ($9-20.5$ มิลลิเมตร) เมื่อเทียบกับ *Caulerpa taxifolia* จากอิตาลี ($5-61$ มิลลิเมตร) และฝรั่งเศส ($25-89$ มิลลิเมตร) และ *Caulerpa prolifera* จากชายฝั่งประเทศฝรั่งเศส ($20-50$ มิลลิเมตร) (Capiomont *et al.*, 2005)

9. การศึกษามวลชีวภาพ

การศึกษาถึงมวลชีวภาพของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ในประเทศไทยรวมไปถึงในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีจำนวนน้อย โดยมากพบการศึกษาอย่างจริงจังในแถบทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เนื่องจากปัญหาการแพร่กระจายอย่างรวดเร็วจนทำให้พืชน้ำตื้นถิ่น และความหลากหลายทางชีวภาพในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนลดลงอย่างรวดเร็ว โดยมีรายงานว่าการศึกษามวลชีวภาพตามฤดูกาลของสาหร่าย *Caulerpa taxifolia* ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนพบว่าสาหร่าย *Caulerpa taxifolia* มีการเจริญเติบโตตลอดทั้งปี โดยมีมวลชีวภาพตั้งแต่ 55-518 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางกิโลเมตร โดยมีมวลชีวภาพสูงที่สุดในช่วงฤดูร้อน และฤดูใบไม้ร่วง แต่ไม่มีรายงานอุณหภูมิ น้ำ โดยพบว่าในช่วงฤดูร้อนมีความแตกต่างอย่างชัดเจนระหว่างพื้นที่ศึกษา 4 จุดที่แยกตามลักษณะการรับคลื่นลม พื้นที่ขี้ดเกาะ และความลึก โดยที่ความลึก 5 เมตร มีมวลชีวภาพตั้งแต่ 203-518 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ขณะที่ความลึก 20 เมตร มวลชีวภาพที่วัดได้เท่ากับ 62-466 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางกิโลเมตร (Thibaut *et al.*, 2004) และยังมีรายงานถึงสาหร่าย *Caulerpa racemosa* ที่พบทางตอนเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนที่ระดับความลึก 20 เมตร ว่ามีการเจริญและมวลชีวภาพที่เปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปีโดยมีค่าตั้งแต่ 10.0 ± 1.5 - 40.1 ± 16.6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และมีปริมาณลดลงในช่วงฤดูหนาว คือในเดือนธันวาคม 2001 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2002 ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิน้ำลดลงต่ำลง 14-16 องศาเซลเซียส และมีมวลชีวภาพสูงสุดในช่วงเดือนสิงหาคม 2002 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (Capiomont *et al.*, 2005) จากรายงานการประเมินการเข้ารุกพื้นที่อย่างรวดเร็วของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ตามแนวชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียนประเทศฝรั่งเศสระหว่างปี 1998 ถึงปี 2004 (Ruitton *et al.*, 2005a) โดยพบเป็นครั้งแรกในปี 1990 ในประเทศลิเบีย (Nizamuddin, 1991 อ้างตาม Capiomont *et al.*, 2005) แต่ตั้งแต่ปี 2004 มีการขยายตัวไปตามชายฝั่งเมดิเตอร์เรเนียนในฝรั่งเศสและโดยรอบบริเวณเป็นระยะทางถึง 83 กิโลเมตร และครอบคลุมพื้นที่ 40,140,000 ตารางเมตร มักจะพบสาหร่ายชนิดนี้ขึ้นปกคลุมที่ระดับความลึก 10-35 เมตร ช่วงที่ตื้นกว่า 10 เมตร และลึกกว่า 40 เมตร จะพบได้น้อยมาก อย่างไรก็ตามพื้นที่ขี้ดเกาะตามแนวหน้าทะเลที่ล้อมโตรม ที่สาหร่ายชนิดนี้เคยมีการปกคลุมอย่างหนาแน่นกลับมีลักษณะตรงกันข้าม โดยบริเวณที่มีหญ้าทะเล *Posidonia oceanica* ขึ้นหนาแน่นและส่วนที่มีแนวสันทรายที่ละเอียดขนาดใหญ่กลับไม่มีสาหร่ายชนิดนี้ขึ้นปกคลุมเลย พื้นที่ที่เป็นหินพบจำนวนเล็กน้อย พื้นที่ตื้นน้ำที่เป็นทรายหยาบมักถูกสาหร่ายชนิดนี้ขึ้นปกคลุมที่ความลึกต่ำกว่า 20 เมตรลงไป พื้นที่ที่ครอบคลุมส่วนใหญ่เป็นบริเวณที่ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมทางการประมงมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัยที่เอื้อประโยชน์ต่อ *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ได้แก่ ภูมิอากาศและ

พื้นที่ยึดเกาะที่เหมาะสม รวมทั้งไม่มีตัวควบคุมทางชีวภาพจึงทำให้มีการแพร่กระจายได้ง่ายในบริเวณนี้

10. การศึกษาสารสกัดโพลีแซคคาไรด์

การใช้ประโยชน์จากผลผลิตทางธรรมชาติโดยเฉพาะพวกสาหร่ายสาหร่ายเป็นที่ยอมรับและมี การศึกษาค้นคว้ากันอย่างแพร่หลายเพื่อใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์ เมื่อมีการศึกษาและพัฒนา สารสกัดจากสาหร่ายทะเลพบว่าสารสกัดจำพวกซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์แสดงผลในการยับยั้งการ เจริญของแบคทีเรียและไวรัส (Smit, 2004) Ghosh *et al.* (2004) ได้ศึกษาถึงองค์ประกอบของ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว ประสิทธิภาพในการยับยั้งกิจกรรมของไวรัส HSV type 1 และ 2 และประสิทธิภาพ ยับยั้งการแข็งตัวของเลือดจากสารสกัดโพลีแซคคาไรด์จาก *Caulerpa racemosa* ที่เก็บจาก ประเทศอินเดีย พบว่ามีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ กลูโคส กาแลกโตส อราบินอส และไซโลส เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนแมนโนสและแรมโนส พบในปริมาณน้อย และสามารถยับยั้ง ได้ 50 % ที่ความเข้มข้น 2.2-4.2 ไมโครกรัมต่อลิตร โดยไม่เป็นพิษต่อเซลล์ แต่ไม่มีผลในการยับยั้งการ แข็งตัวของเลือดเช่นเดียวกับสารสกัดซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์จาก *Caulerpa brachypus* และ *Chaetomorpha latum* และ sulfated xylan ที่สังเคราะห์จาก β -(1,3)-xylan ของ *Caulerpa. brachypus* สามารถยับยั้งไวรัส HSV type 1 ได้สูงสุดจากการทดลองใช้สาหร่ายสีเขียว 11 ชนิด (Lee *et al.*, 2004) โดยประสิทธิภาพในการยับยั้ง HSV type 1 นี้ขึ้นอยู่กับระดับของการเกิดซัลเฟต Mao *et al.* (2006) ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสีเขียว *Ulva conglobata* ที่เก็บมาจากชายฝั่งของ Qingdao Yantai และ Rizhao จากประเทศจีน พบว่าซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์ในแต่ละแหล่งมีปริมาณซัลเฟต 35.20, 23.04 และ 28.06 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่ง Mao *et al.* (2006) สรุปว่า ปริมาณซัลเฟตนี้ แตกต่างกันไปตามแหล่งที่อยู่อาศัยของสาหร่ายสีเขียว *Ulva conglobata* รวมไปถึงองค์ประกอบ ของน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวด้วย แต่ไม่มีรายงานความแตกต่างในแต่ละช่วงเวลา

Khan *et al.* (2005) รายงานว่า galactofucan ในสารสกัดซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย ทะเลสีน้ำตาล *Undaria pinnatifida* สามารถแสดงการยับยั้งกิจกรรมของไวรัส HSV type 1 ใน สาหร่ายสีน้ำตาลบางชนิดสามารถสกัดสาร laminaran ที่มีผลต่อการยับยั้งการแข็งตัวของเลือดได้ ประมาณ 20-40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสาร laminaran ที่มีกลุ่ม sulfate สูงมีผลต่อการยับยั้งได้สูงกว่ากลุ่ม ของ laminaran ที่มีกลุ่ม sulfate น้อยกว่า (Güven *et al.*, 1990) Chirapart *et al.* (2007) ได้ใช้ IR spectra วิเคราะห์หาปริมาณ sulfate ในสารสกัดโพลีแซคคาไรด์จาก *Caulerpa* spp. จากภาคตะวันออก ของประเทศไทย พบว่า สารสกัดโพลีแซคคาไรด์จาก *Caulerpa* spp. ทั้งหมดเป็นสารสกัดที่

ประกอบด้วย sulfated group ในปริมาณสูง โดยเฉพาะ *Caulerpa lentillifera* จากจังหวัดฉะเชิงเทรา และ *Caulerpa* sp. จากจังหวัดระยอง ประกอบด้วย sulfated group เกาะอยู่ที่ตำแหน่ง C-2 และ C-6 ของน้ำตาล galactose ซึ่งพบว่าเป็นองค์ประกอบหลักของสาหร่ายชนิดนี้ ซึ่งรายงานการศึกษาถึงองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* และสาหร่ายทะเลสีเขียวบางชนิดได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

11. การใช้ประโยชน์

สาหร่ายทะเลมีการใช้ประโยชน์มาตั้งแต่ในอดีต โดยเฉพาะตามพื้นที่ชายฝั่งทะเลที่มีการนำสาหร่ายมาใช้เป็นปุ๋ย เป็นสารเร่งการเจริญเติบโต เพิ่มธาตุอาหารในดิน บางพื้นที่นำมาเลี้ยงสัตว์และเป็นส่วนผสมในอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ (Challen and Hemingway, 1965; Booth, 1969; Chapman, 1970) และที่สำคัญมีการนำมาใช้ในการบริโภค (Pickering and Mario, 1999) โดยเฉพาะประเทศในแถบภูมิภาคเอเชียที่มีวัฒนธรรมการรับประทานสาหร่ายมาเป็นเวลานาน (Nisizawa, 2002) ส่วนในประเทศไทยพบว่ามีการใช้ประโยชน์จากสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ในด้านต่างๆดังนี้

11.1 ใช้ในการบำบัดน้ำ

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีการถ่ายเทและหมุนเวียนน้ำทะเลเพื่อใช้ภายในฟาร์ม โดยเฉพาะน้ำที่ผ่านการเพาะเลี้ยงมักมีปริมาณธาตุอาหารสูง ฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำหลายๆแห่งจึงมักใช้สาหร่ายทะเลมาปรับคุณภาพน้ำ (สันติ, 2546; ประยูร และคณะ, 2549) และลดธาตุอาหาร โดยเฉพาะสาหร่าย *Caulerpa lentillifera* เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการดั่งสารประกอบไนโตรเจนจากน้ำมาใช้ในการเจริญเติบโตได้ดีกว่าสาหร่ายชนิดอื่นๆ (ศิริวรรณ, 2538; วราภรณ์ และคณะ, 2547; วลีรัตน์และพุทธ, 2547)

11.2 เป็นอาหารเลี้ยงสัตว์น้ำ

ปัจจุบันฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำทางภาคตะวันออกของประเทศไทยมีการพัฒนาแนวทางในการเลี้ยงกุ้งซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยเลี้ยงกุ้งกุลาดำร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ *Enteromorpha intestinalis* โดยใช้สาหร่ายเป็นแหล่งอาหารในระยะแรกของการเลี้ยง ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการผลิต (ประยูร และคณะ, 2549) หรือเลี้ยงร่วมกันเพื่อให้กินสาหร่ายเป็นอาหารเสริม (บรรจงและบุญ

รัตน์, 2550) นอกจากนี้ยังนำสาหร่ายมาผสมกับอาหารเพื่อเลี้ยงไส้เดือนทะเลที่ใช้ปรับปรุงประสิทธิภาพของดินจากบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (ฉัทธिया, 2547)

11.3 ใช้ในการบริโภค

ประเทศไทยมีสาหร่ายทะเลหลายชนิดที่หาได้ง่ายและสามารถนำมาบริโภคได้ เพราะในสาหร่ายทะเลพบแร่ธาตุและธาตุอาหารที่จำเป็นหลายอย่างที่ไม่พบในพืชบก (กาญจนภาชน์, 2548 ; Hodgson *et al.*, 2004) และในสาหร่ายบางชนิดจะพบว่ามีองค์ประกอบของโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ใช่แป้ง เป็นโพลีแซคคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำและมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายโพลีแซคคาไรด์ชนิดนี้ได้ สาหร่ายทะเลจึงถือว่าเป็นพืชที่มีองค์ประกอบของเส้นใยสูง (Nisizawa, 2002) สำหรับสาหร่ายสกุล *Caulerpa* ในพื้นที่ทางภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทยมีการบริโภคสาหร่ายกันอย่างแพร่หลาย โดยรับประทานในรูปแบบของผักสดนำมายำ ทำเป็นสลัด หรือชุบแป้งทอด (กาญจนภาชน์ และคณะ, 2550) โดยเฉพาะ *Caulerpa lentillifera* และ *Caulerpa racemosa* var. *corynephora* หรือสาหร่ายสาย ที่เป็นที่นิยมเนื่องจากมีความนุ่มและจำด้วยน้ำ *Caulerpa racemosa* var. *corynephora* พบได้ทั่วไปในตลาดภูเก็ต และจากการศึกษาถึงคุณค่าทางโภชนาการของสาหร่าย *Caulerpa lentillifera* ที่นิยมบริโภค มีคาร์โบไฮเดรตเป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนน้อยเป็นพวกไขมัน โปรตีน วิตามิน แร่ธาตุ (นิสราภรณ์, 2544; Nisizawa, 2002; Ratana-arporn and Chirapart, 2006)

11.4 การใช้ประโยชน์จากสารสกัด

นอกจากการใช้ประโยชน์โดยตรงดังที่กล่าวไปข้างต้นแล้ว ในปัจจุบันยังมีการศึกษาพัฒนาการใช้สารสกัดทางธรรมชาติทั้งสารประกอบปฐมภูมิและทุติยภูมิจากสาหร่ายทะเล ในด้านการแพทย์ โดยมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและไวรัส (Smit, 2004; Ghosh *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004; Khan *et al.*, 2005; วณิดา, 2545; โสมลดา และคณะ, 2550) ยับยั้งการแข็งตัวของเลือด (Güven *et al.*, 1990) และการเป็นสารยับยั้งการเกิดอนุมูลอิสระ (Cavas and Yurdakoc, 2005; Chew *et al.*, 2008)

ตารางที่ 4 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายสกุล *Caulerpa* และสาหร่ายทะเลสีเขียวบางชนิด

ชนิดของสาหร่าย	ปริมาณสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ (% w/w)	องค์ประกอบทางเคมี					ที่มา
		คาร์โบไฮเดรตทั้งหมด	เถ้า	โปรตีน	ไขมัน	ซัลเฟต	
		(% w/w)	(% w/w)	(% w/w)	(% w/w)	(% w/w)	
<i>Caulerpa racemosa</i>	-	14.90	42.50	5.60	5.30	-	Dawes and Goddard (1978)
	20.00	33.00	-	5.00	-	9.00	Ghosh <i>et al.</i> (2004)
	-	14.70	47.70	6.90	4.40	9.00	Renaud and Luong-Van (2006)
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>macrophysa</i>	1.16	25.83	-	-	-	5.54	Chirapart <i>et al.</i> (2007)
<i>Caulerpa racemosa</i> var. <i>corynephora</i>	-	-	-	-	-	5.57	Chirapart <i>et al.</i> (2007)
<i>Caulerpa</i> sp.	0.06	38.86	-	-	-	7.40	Chirapart <i>et al.</i> (2007)
<i>Caulerpa lentillifera</i>	0.046-0.049	34.30-86.99	-	-	-	14.67-15.78	Chirapart <i>et al.</i> (2007)
		12.80	48.90	6.60	2.70	-	Renaud and Luong-Van (2006)
	-						

ตารางที่ 4 (ต่อ)

ชนิดของสาหร่าย	ปริมาณสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ (% w/w)	องค์ประกอบทางเคมี					ที่มา
		คาร์โบไฮเดรตรวม (% w/w)	ถั่ว (% w/w)	โปรตีน (% w/w)	ไขมัน (% w/w)	ซัลเฟต (% w/w)	
<i>Codium fragile</i>	6.70	50.50	-	11.30	-	20.30	Ciancia <i>et al</i> (2007)
	-	80.00	-	19.00	-	-	Athukorala <i>et al.</i> , (2007)
<i>Codium vermilara</i>	6.80	48.10	-	16.20	-	30.40	Ciancia <i>et al</i> (2007)
<i>Monostroma angicava</i>	-	-	-	0.00	-	21.80	Mao <i>et al.</i> (2005)
<i>Monostroma latissimum</i>	-	-	-	2.32	-	23.56	Mao <i>et al.</i> (2009)
<i>Ulva pertusa</i>	-	47.00	29.90	1.00	-	17.10	Pengzhan <i>et al.</i> (2003)
<i>Ulva conglobata</i>	-	-	15.41-18.49	3.82-4.51	-	23.04-35.20	Mao <i>et al.</i> (2006)

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์

- 1.1 Quadrat ขนาด 25 x 25 เซนติเมตร
- 1.2 เครื่องวัดความเค็ม (Refracto-salinometer) รุ่น ATAGO s/ Mill-E-Salinity 0 ~ 100
- 1.3 เครื่องวัดระดับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) (pH meter model HI 98107)
- 1.4 เครื่อง spectrophotometer HACH รุ่น DR 2010 และ รุ่น SHIMADZU UV – 160A
- 1.5 เครื่อง rotary evaporator รุ่น BÜCHI Rotavator R 200
- 1.6 เครื่องผสมสาร Vortex รุ่น Genie-2-G560
- 1.7 เครื่องปั่นเหวี่ยงตกตะกอน รุ่น Hettich zentrifugen EBA 20
- 1.8 กระดาษกรอง Whatman ขนาด 11, 8, 0.45 และ 0.02 ไมครอน
- 1.9 dialysis tube รุ่น mambrane Spectra/Pro MWCO : 6-8000
- 1.10 กระดาษทดสอบความไวต่อสารปฏิชีวนะสำเร็จรูป (antimicrobial susceptibility test disc) [Oxoid] บรรจุสาร nystain เข้มข้น 100 unit และ gentamicin เข้มข้น 0.01 มิลลิกรัม

2. สาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa*

ตัวอย่างสาหร่ายที่เก็บจาก แนวหินปะการัง ตำบลเสม็ด อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และ จากบ่อซีเมนต์ร้าง บริเวณชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตำบลเพ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

3. เชื้อจุลินทรีย์

3.1 แบคทีเรียแกรมลบ

<i>Vibrio harveyi</i>	สถาบันสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง
<i>V. parahaemolyticus</i>	สถาบันสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง
<i>V. alginolyticus</i>	TISTR 1572
<i>Aeromonas hydrophilla</i>	TISTR 1321
<i>Escherichia coli</i>	TISTR 780
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	TISTR 781

3.2 แบคทีเรียแกรมบวก

<i>Bacillus subtilis</i>	TISTR 008
--------------------------	-----------

3.3 เชื้อรา

<i>Aspergillus niger</i>	TISTR 3254
--------------------------	------------

3.4 เชื้อยีสต์

<i>Candida albicans</i>	TISTR 5779
-------------------------	------------

* TISTR : Thailand Institute of Scientific and Technology Research
(สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย)

วิธีการ

พื้นที่ศึกษาอยู่ในบริเวณแนวหินปะการัง ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และบริเวณชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตำบลเพ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

แสมสาร = จุดสำรวจที่ 1 แนวหินปะการัง ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี
บ้านเพ = จุดสำรวจที่ 2 ในบ่อซีเมนต์ร้าง หน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตำบลเพ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง

1. การศึกษาปัจจัยแวดล้อมในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyta* จากจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง

เก็บน้ำทะเลใส่ขวดปิดฝาให้สนิทและรักษาไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ตัวอย่างของน้ำส่วนหนึ่งนำไปตรวจวัดความขุ่น ส่วนที่เหลือนำไปกรองผ่านกระดาษกรอง Whatman ขนาด 11 และ 8 ไมครอนเพื่อกำจัดตะกอน แล้วจึงนำมาตรวจวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำ ดังนี้

1.1 ปัจจัยทางกายภาพ

ตรวจวัดอุณหภูมิน้ำโดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ชนิดแอลกอฮอล์ สำหรับปริมาณความขุ่น (turbidity) ของน้ำ ตรวจวัดโดยใช้เครื่อง spectrophotometer HACH รุ่น DR 2010 ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก

1.2 ปัจจัยทางเคมี

ตรวจวัดความเค็มของน้ำทะเล (salinity) โดยใช้เครื่องวัดความเค็ม ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเล (pH) โดยใช้เครื่องวัด pH ค่าความกระด้างของน้ำทะเล (hardness) โดยใช้วิธี EDTA Titration Method ความเป็นด่างของน้ำทะเล (alkalinity) โดยใช้วิธี Titration Method ความเข้มข้นของออร์โทฟอสเฟต โดยวิธี Ascorbic Acid Method ความเข้มข้นของแอมโมเนียโดยใช้วิธี

Koroleff's Indophenol Blue ในไตรท์โดยวิธี Colorimetric Method ในไตรท์โดยวิธี Cadmium Reduction Method และ ตามมาตรฐานของ American Public Health Association (APHA, AWWA and WPCF, 1995) ดังรายละเอียดในภาคผนวก ก จากนั้นนำค่าความเข้มข้นแอมโมเนีย ในไตรท์ และไนเตรท ที่วิเคราะห์ได้มารวมกันให้อยู่ในรูปความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (dissolved inorganic nitrogen, DIN)

2. การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาการผันแปรของลักษณะทางฟีโนโลยี วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบางประการและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์

สาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เก็บได้ บรรจุใส่กล่องโฟมในสภาพเปียกชื้น ที่อุณหภูมิต่ำ ไม่สัมผัสแสงแดดและความร้อนโดยตรง นำตัวอย่างมาล้างด้วยน้ำเค็ม 30-35 % และแยกสาหร่ายชนิดอื่นรวมทั้งเศษทรายออก เพื่อนำไปศึกษาลักษณะทางฟีโนโลยี วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีบางประการและประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์

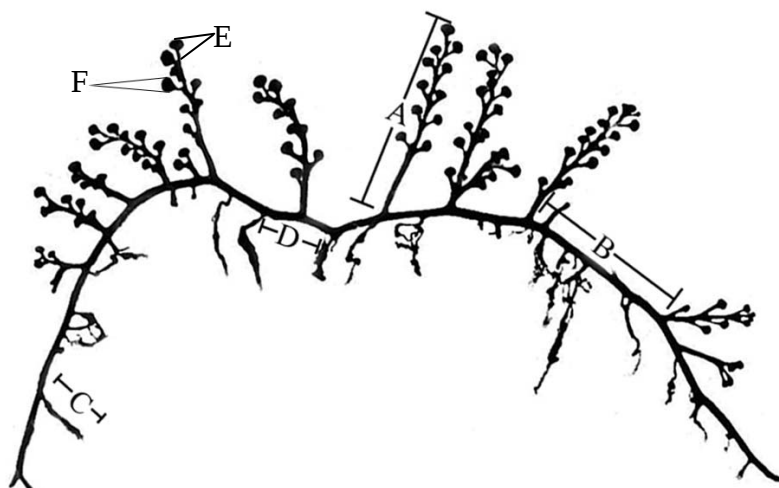
3. การศึกษาการผันแปรทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa*

นำตัวอย่างมาบันทึกภาพและทำให้แห้งบนกระดาษ (herbarium sheet) เก็บไว้ตรวจสอบคุณสมบัติที่สมบูรณ์ของตัวอย่างสาหร่ายสด *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เก็บได้จากแนวปะการัง ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และจากบ่อซีเมนต์ร้าง บริเวณชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตำบลเพ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง จำนวนแห้งละ 20 ตัวอย่างต่อเดือน เพื่อตรวจวัดลักษณะทางฟีโนโลยีตามวิธีของ Capiomont *et al.* (2005) โดยวัดขนาดของความยาวแขนง ระยะห่างของแขนง ความยาวไรซอยด์ ระยะห่างของไรซอยด์ ความยาวราวมัลลัส และเส้นผ่าศูนย์กลางราวมัลลัสด้วยเวอร์เนียคัลลิเปอร์ ดังในภาพที่ 2

4. การศึกษาการผันแปรมวลชีวภาพของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* จากจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง

เก็บตัวอย่างสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* โดยการวาง line transect และสุ่มเก็บตัวอย่างจาก quadrat 25×25 เซนติเมตร จำนวน 20 จุด ครอบคลุมพื้นที่ 10,000 ตารางเมตร

ในแต่ละจุดสำรวจ นำตัวอย่างที่เก็บได้มาทำความสะอาดปราศจากสิ่งปนเปื้อน อีพiphyte เศษหินและทรายออก นำสาหร่ายไปอบที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส จนแห้งสนิทจากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักแห้งเพื่อหามวลชีวภาพ (กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) (Thibaut *et al.*, 2004)



ภาพที่ 2 ส่วนที่ใช้ศึกษาลักษณะทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ได้แก่ ความยาวแขนง (A), ระยะห่างของแขนง (B), ความยาวไรซอมีด์ (C), ระยะห่างของไรซอมีด์ (D), ความยาวราวมูลัส (E) และเส้นผ่าศูนย์กลางราวมูลัส (F)

5. การสกัดสารโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa*

นำตัวอย่างสาหร่ายสดที่ล้างสะอาดด้วยน้ำเค็มไปล้างผ่านน้ำกลั่น ทั้งให้สะอาด น้ำ จากนั้นตัดเป็นชิ้นเล็กๆ นำตัวอย่างไปสกัดสารโพลีแซคคาไรด์โดยใช้น้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:5 (w/v) โดยเขย่าบนเครื่องเขย่าที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แยกส่วนของสารละลายออกโดยการกรองผ่านผ้าขาวบาง และกรองต่อด้วยชุดกรอง millipore filter ผ่านกระดาษกรองขนาด 11, 8 และ 0.45 ไมครอน ตามลำดับ นำสารละลายที่สกัดได้มาทำให้เข้มข้น ด้วยเครื่อง Rotary Evaporator (รุ่น BUCHI Rotavapor R 200) จนเหลือปริมาตรน้อยที่สุด จากนั้นนำสารละลายโพลีแซคคาไรด์ที่ผ่านการกรองและทำให้เข้มข้นแล้วใส่ลง dialysis tube (MWCO 6-8000) แล้วนำไปแช่น้ำกลั่น อัตราส่วน 1:2 (v/v) ของปริมาณสารละลายโพลีแซคคาไรด์ในถุง ทั้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อกำจัดไอออนของเกลือที่ปนเปื้อนอยู่ในตัวอย่างสารละลายสกัด โดยไอออนของเกลือจะแพร่ผ่านถุง dialysis ออกมาละลายในน้ำกลั่น แล้วจึงนำสารละลายสกัดที่อยู่ใน dialysis tube มาทำให้แห้งด้วยเครื่องทำแห้งแบบระเหิด (freeze dryer) ได้สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์แห้ง ชั่งน้ำหนักเพื่อหา

ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ (เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสด) เก็บไว้เพื่อวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด ปริมาณซัลเฟต และทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

6. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Dubois *et al.*, 1956)

นำสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์มาวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด โดยใช้วิธี Phenol sulfuric method ดังแสดงในภาคผนวก ข

7. การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต (Craigie *et al.*, 1984)

นำสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์มาวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต โดยใช้วิธี BaCl_2 turbidimetric ดังแสดงในภาคผนวก ข

8. การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์

จุลินทรีย์ที่นำมาทดสอบแบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ แบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Vibrio harveyii*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *Aeromonas hydrophilla*, *Escherichia coli* และ *Pseudomonas aeruginosa* แบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus subtilis*, เชื้อรา *Aspergillus niger* และยีสต์ *Candida albicans*

8.1 การเตรียมเชื้อจุลินทรีย์

เตรียมเชื้อจุลินทรีย์ที่ได้จากหลอดเชื้อแห้งแข็ง (Revival of Freeze-dried culture) จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย และเชื้อแบคทีเรียที่ได้จากสถาบันสุขภาพสัตว์น้ำ กรมประมง มาเพาะบนอาหารแข็งและบ่มในอุณหภูมิที่เหมาะสมกับเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด จนกระทั่งจุลินทรีย์มีความแข็งแรงขึ้น แล้วนำมาขยายในอาหารเหลว Mueller Hinton Broth 100 มิลลิลิตร โดยเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกใช้เวลาเลี้ยง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แบคทีเรียแกรมลบชนิด *Aeromonas hydrophilla* ใช้เวลาเลี้ยง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส สำหรับ *Vibrio harveyii* และ *Vibrio parahaemolyticus* ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคในกุ้งกุลาดำและหอยเป่าฮื้อ ใช้เวลาเลี้ยง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ส่วน *Vibrio alginolyticus* ซึ่งเป็นสาเหตุของ

โรคในกุ้งกุลาดำ ใช้เวลาเลี้ยง 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส สำหรับเชื้อรา *Aspergillus niger* และยีสต์ *Candida albicans* ใช้เวลาเลี้ยง 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เมื่อเชื้อมีอายุครบตามกำหนดแล้วนำมาปั่นล้างเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้เครื่องปั่นตกตะกอนที่ความเร็ว 4,500 rpm ใช้เวลา 30 นาที 1 รอบ และ 10 นาที อีก 2 รอบ จากนั้นนำเชื้อที่ตกตะกอนได้ มาละลายด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์แล้วนำไปวัดค่า Optical density (OD) ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร แล้วปรับสารละลายเชื้อจุลินทรีย์ให้ได้ OD ที่ 0.14 จะได้สารละลายเชื้อจุลินทรีย์เข้มข้น 10^7 cfu/ml ซึ่งจะนำไปใช้ทดสอบต่อไป

8.2 การทดสอบการตอบสนองของเชื้อจุลินทรีย์ต่อสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ด้วยวิธี Disc diffusion (ดัดแปลงจาก วิธีของ Tonguthai *et al.*, 1999)

8.2.1 การเตรียมกระดาศทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

เตรียมสารละลายโพลีแซคคาไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.04, 0.08, 0.16, 0.32 และ 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ หยดสารละลายที่ได้ลงบนกระดาศทรงขนาด 5 มิลลิเมตรที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว ปริมาตร 10 ไมโครลิตร ทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที จนสารละลายซึมเข้ากระดาศจนแห้ง

8.2.2 การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

ใช้ไมโครปิเปตดูดเชื้อจุลินทรีย์ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตรลงบนอาหารแข็ง แล้วใช้สำลีที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเกลี่ยเชื้อให้กระจายทั่วจานเพาะเชื้อ จากนั้นใช้ปากกิลิปที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว คีบกระดาศทรง ที่หยดสารละลายโพลีแซคคาไรด์ไว้แล้ว มาวางลงบนอาหารที่เกลี่ยเชื้อไว้ โดยมีกระดาศทรงที่ไม่ได้หยดสารละลายโพลีแซคคาไรด์ และ กระดาศทดสอบความไวต่อสารปฏิชีวนะสำเร็จรูป เป็นชุดการทดลองควบคุม โดยแต่ละเชื้อแบคทีเรียทำ 3 ซ้ำแล้วนำไปบ่มที่อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะกับเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด ตรวจสอบผลการตอบสนองโดยการวัดขนาดของโซนใส (clear zone) ที่พบในเชื้อจุลินทรีย์แต่ละชนิด เปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยใช้เวอร์เนียคัลลิเปอร์วัดความกว้างของโซนใสจากขอบกระดาศทดสอบเป็นมิลลิเมตร แล้วบันทึกผล

9. การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมมาประมวลผล เพื่อนำเสนอข้อมูลแบบสถิติเชิงพรรณนา โดยทำการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ทดสอบหาความแตกต่างทางสถิติ และทดสอบหาความสัมพันธ์ ในการทดสอบหาความแตกต่างทางสถิติ ทำการวิเคราะห์หาความแตกต่างทางสถิติแบบ One-way ANOVA การทดสอบความสัมพันธ์ ใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ หากพบว่าชุดข้อมูลมีการแจกแจงแบบปกติจะเลือกใช้การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) และหากพบว่าชุดข้อมูลมีการแจกแจงแบบไม่ปกติจะเลือกใช้การวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสเปียร์แมน (Spearman's correlation coefficient) โดยมีเกณฑ์ในการแปลผลระดับความสัมพันธ์ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2547) ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0-0.20	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำมาก
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.21-0.40	มีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำ
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.41-0.60	มีความสัมพันธ์กันในระดับปานกลาง
ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ตั้งแต่ 0.61-0.80	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูง
ค่าสหสัมพันธ์ มากกว่า 0.80	มีความสัมพันธ์กันในระดับสูงมาก

10. สถานที่ทำการศึกษาและทดลอง

แนวหินปะการัง ตำบลแสมสาร อำเภอสัตหีบ จ.ชลบุรี

ชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตำบลเพ อำเภอมือง จังหวัดระยอง

ห้องปฏิบัติการสาหร่ายและพรรณไม้น้ำ อาคารสุภาพมงคลประสิทธิ์ ภาควิชาชีววิทยา ประมง คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

11. ระยะเวลาในการศึกษา

ใช้เวลาเก็บข้อมูลตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ผลและวิจารณ์

ผล

1. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

1.1 แนวหินปะการัง จังหวัดชลบุรี (จุดสำรวจแสมสาร)

ลักษณะพื้นที่โดยทั่วไปเป็นแนวชายหาดที่ประกอบด้วยกรวดเป็นส่วนใหญ่ ต่อด้วยหาดหินสลับกับแอ่งทรายเป็นระยะทางประมาณ 1.5 กิโลเมตร (ภาพที่ 3 a) ถัดออกไปเป็นแนวหินปะการัง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโขดหินปะการังอยู่ในระดับต่ำกว่าน้ำทะเลต่ำสุดในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงเดือนเมษายน (ภาพที่ 3 b) แต่ช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายน แนวปะการังจะโผล่พ้นระดับน้ำทะเลต่ำสุดในเวลากลางวัน (ภาพที่ 3 c) เนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ใกล้กับสนามบินพาณิชย์อุดรธานี ฐานทัพเรือสัตหีบ หมู่เกาะแสมสาร ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวและแหล่งทำการประมงที่สำคัญโดยรอบพื้นที่ จึงสามารถพบทั้งหมู่บ้านชาวประมง ร้านอาหาร ร้านขายของทะเล โดยเฉพาะฟาร์มเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งพบว่ามีการต่อท่อสูบลและปล่อยน้ำจากฟาร์มสู่น้ำทะเลในพื้นที่ศึกษาโดยตรง (ภาพที่ 4 a-f) จากการสำรวจครั้งนี้เป็นระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 จนถึงเดือนมิถุนายน 2549 ในบริเวณพื้นที่ศึกษาพบสาหร่ายสกุล *Caulerpa* 3 ชนิดคือ *Caulerpa microphysa*, *Caulerpa racemosa* var. *uvifera* และ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ซึ่งเก็บรวบรวมตัวอย่างสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ได้เพียง 8 เดือน คือตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม 2548 และเดือนมกราคม ถึงเดือนเมษายน 2549 ส่วนในเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม 2548 ไม่สามารถทำการเก็บตัวอย่างได้ และในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน 2549 นั้นไม่พบการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้

1.2 ชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง (จุดสำรวจบ้านเพ)

ผลการสำรวจในครั้งนี้ พื้นที่บริเวณชายหาดที่ศึกษาส่วนใหญ่เกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นหาดทรายที่เกิดจากการทับถมของดินตะกอน (ภาพที่ 5 a และ b) ในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่ศึกษามีการพัฒนาสิ่งก่อสร้างเพื่อรองรับอุตสาหกรรมท่องเที่ยว และเขื่อนกั้นน้ำเพื่อคมนาคมทางน้ำ และการ

ประมง (ภาพที่ 4 c และ d) ซึ่งในอดีตชายหาดบริเวณนี้มีการแพร่กระจายของสาหร่ายทะเลหลายชนิด (พ้วน, 2535) แต่ปัจจุบันพบสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Lyngbya* spp. สาหร่ายสีน้ำตาล *Sargassum* spp. และ *Padina* spp. สาหร่ายสีแดง *Gracilaria* sp., *Acanthophora* sp., *Hypnea* sp. กลุ่ม Gelidiales และสาหร่ายสีเขียว *Ulva* sp. (syn. *Enteromorpha*), *Neomeris* sp. และ *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* จากการสำรวจเป็นระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 จนถึงเดือนมิถุนายน 2549 พบสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ทั้งหมด 4 เดือน คือ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 และตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 นั้น ไม่พบสาหร่ายชนิดนี้ โดยสามารถพบได้เฉพาะในบ่อซีเมนต์ร้างเท่านั้น (ภาพที่ 5 e และ f) ส่วนบริเวณชายหาดตั้งแต่ริมชายหาดออกไปจนถึงระดับต่ำกว่าน้ำลงต่ำสุดในแต่ละเดือนนั้นไม่พบการกระจายของสาหร่ายชนิดนี้เลย



ภาพที่ 3 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา (a) จุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี ในช่วงเดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนเมษายน 2549 (b) และเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน 2549 (c)



ภาพที่ 4 ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (a และ b) ท่อระบายน้ำทิ้ง (สรชี) จากชุมชนและฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยตรง (c, d, e และ f) ในจุดสำรวจแสมสาร



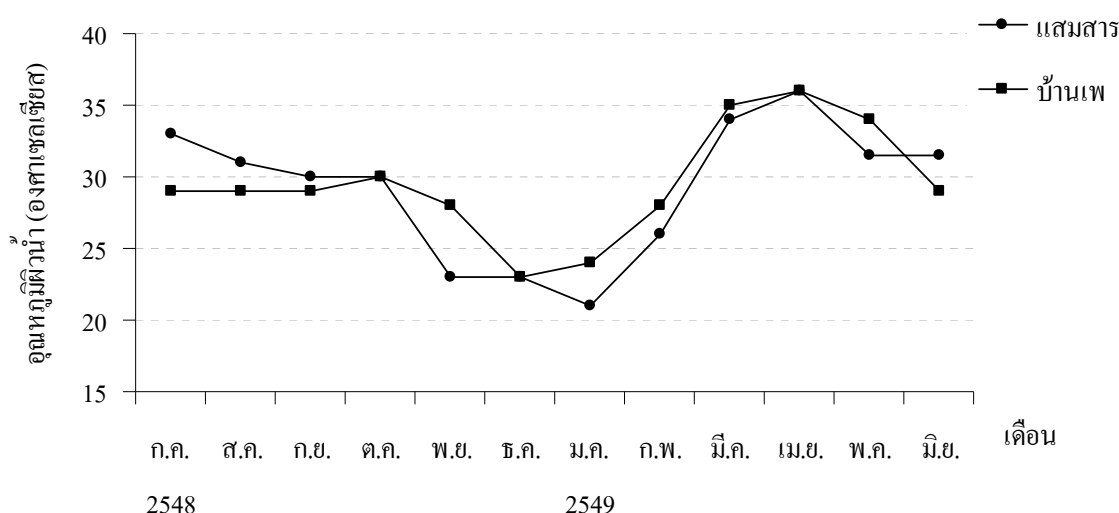
ภาพที่ 5 ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา (a และ b) พื้นที่ใกล้เคียง (c และ d) และบ่อซีเมนต์ร้าง (e และ f) จุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง

2. สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำในบริเวณพื้นที่ที่สำรวจ

สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำมีการผันแปรตามระยะเวลาและตามพื้นที่ศึกษาทั้งสองจุดสำรวจโดยมีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางผนวกที่ ค1 และ ค2

2.1 อุณหภูมิผิวน้ำ (water surface temperature)

ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 พบว่าอุณหภูมิผิวน้ำทั้งสองจุดสำรวจ มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ในช่วงเดือนมีนาคม และเมษายน 2549



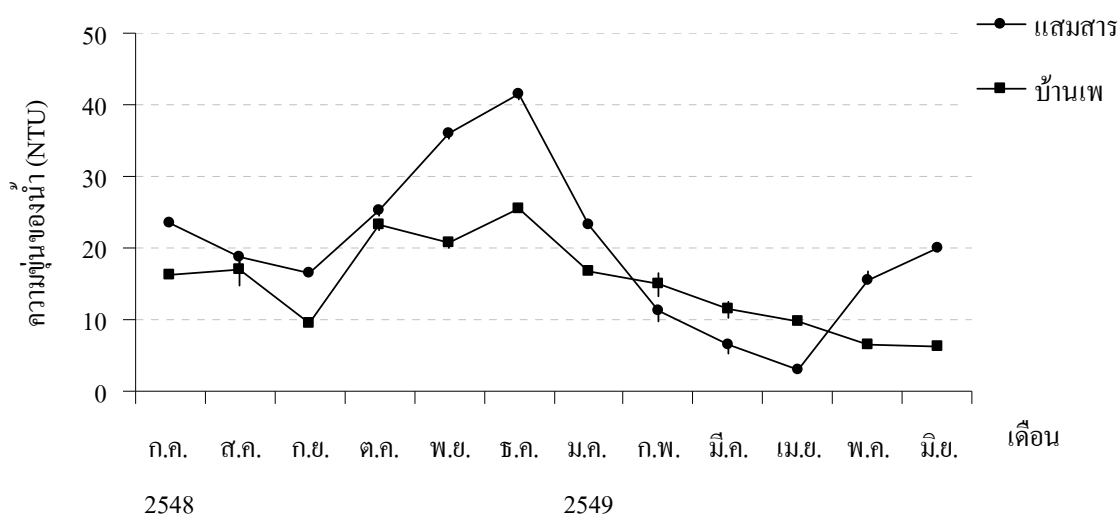
ภาพที่ 6 ค่าอุณหภูมิผิวน้ำในจุดสำรวจแซมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

จากภาพที่ 6 จุดสำรวจแซมสาร มีอุณหภูมิผิวน้ำตลอดทั้งปีอยู่ระหว่าง 21-36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 29.17 ± 4.60 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนมกราคม 2548 (21 องศาเซลเซียส) และ สูงสุดในเดือนเมษายน 2549 (36 องศาเซลเซียส) ส่วนจุดสำรวจบ้านเพ มีอุณหภูมิผิวน้ำตลอดทั้งปีอยู่ระหว่าง 23-36 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี

เท่ากับ 29.5 ± 3.79 องศาเซลเซียส มีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2548 (23 องศาเซลเซียส) และสูงสุดในเดือนเมษายน 2549 (36 องศาเซลเซียส)

2.2 ความขุ่นของน้ำ (turbidity)

ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ความขุ่นของน้ำโดยทั่วไปในบริเวณแสมสารมีแนวโน้มสูงกว่าในบริเวณบ้านเพ (ภาพที่ 7)

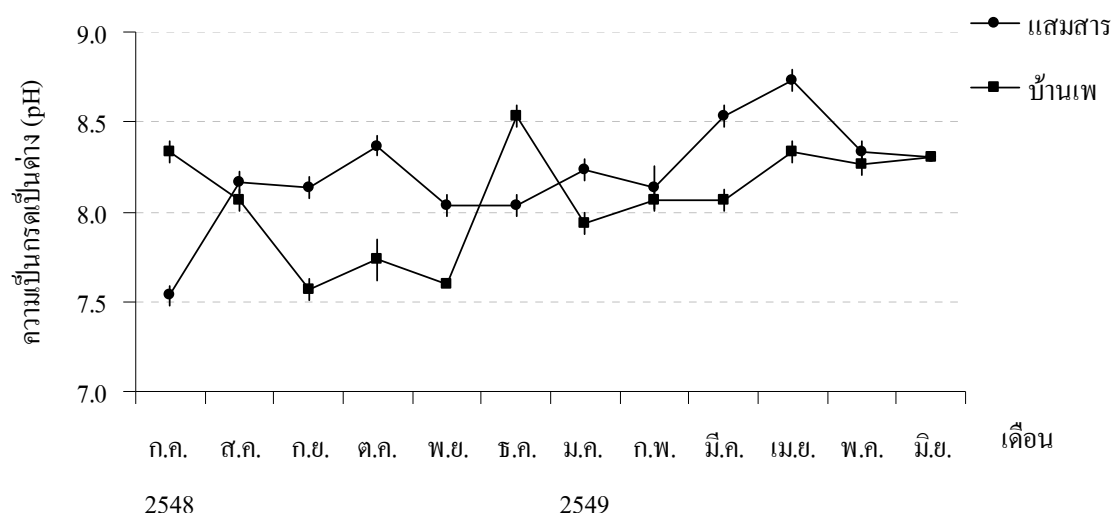


ภาพที่ 7 ค่าความขุ่นน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ความขุ่นของน้ำในบริเวณจุดสำรวจแสมสาร มีความขุ่นของน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุดในเดือนธันวาคม 2548 (41.42 ± 0.18 NTU) และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนเมษายน 2549 (3.00 ± 0.57 NTU) ส่วนบริเวณจุดสำรวจบ้านเพ มีความขุ่นของน้ำมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (25.49 ± 0.25 NTU) ในเดือนธันวาคม 2548 และค่าเฉลี่ยต่ำสุด (6.34 ± 0.52 NTU) ในเดือนมิถุนายน 2549

2.3 ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)

ตลอดระยะเวลาการศึกษาค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในบริเวณจุดสำรวจทั้ง 2 จุด มีค่าระหว่าง 7.5-8.8 โดยมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน (ภาพที่ 8)

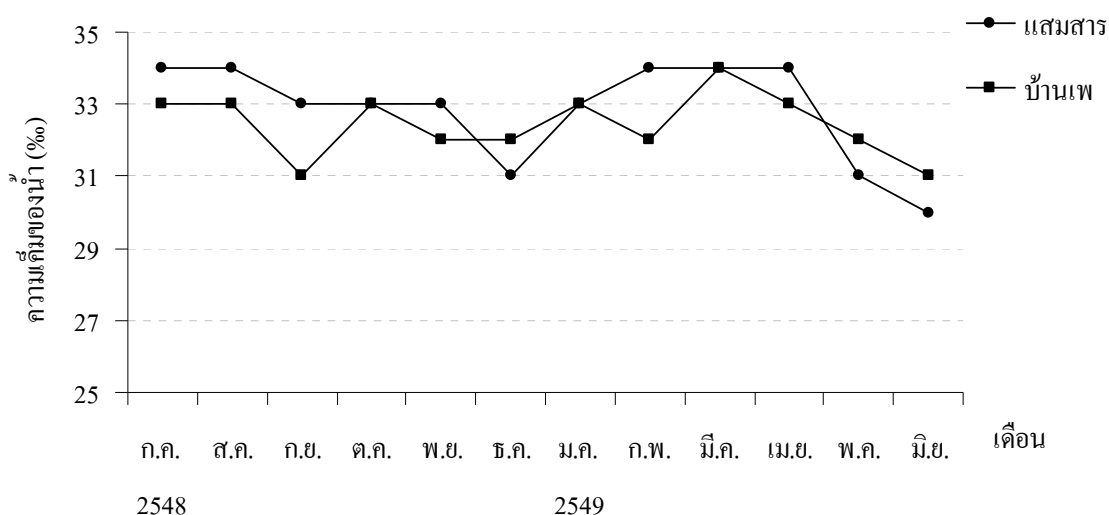


ภาพที่ 8 ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ (pH) ในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือน กรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ในบริเวณจุดสำรวจแสมสาร มีค่าเฉลี่ยความเป็นกรดเป็นด่างสูงสุดเท่ากับ 8.7 ± 0.1 ในเดือนเมษายน 2549 และค่าเฉลี่ยต่ำสุด 7.5 ± 0.1 ในเดือนกรกฎาคม 2548 ส่วนน้ำทะเลบริเวณจุดสำรวจบ้านเพ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 8.5 ± 0.1 ในเดือนธันวาคม 2549 และค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 7.6 ± 0.1 ในเดือนกันยายนและพฤศจิกายน 2548

2.4 ความเค็ม (salinity)

ความเค็มของน้ำในบริเวณจุดสำรวจทั้งสองพื้นที่โดยตลอดทั้งปีความเค็มมีค่าอยู่ระหว่าง 30-34 ‰ (ภาพที่ 9)

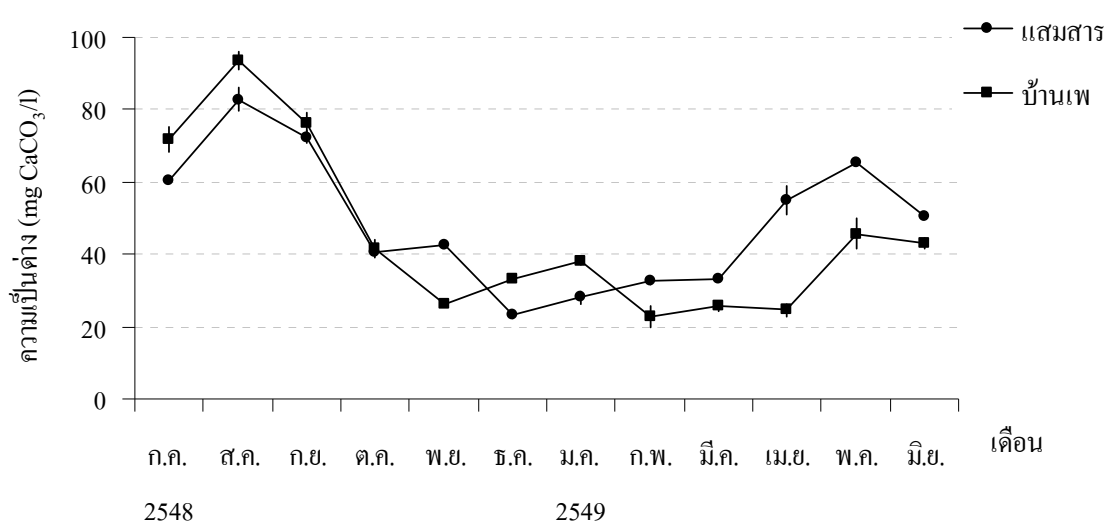


ภาพที่ 9 ค่าความเค็มของน้ำในจุดสำรวจแสมสาร และบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ในบริเวณจุดสำรวจแสมสาร ความเค็มของน้ำมีค่าแปรเปลี่ยนระหว่าง 30-34 ‰ มีค่าความเค็มสูงสุด 34 ‰ ในเดือนกรกฎาคม สิงหาคม 2548 กุมภาพันธ์ มีนาคม และเมษายน 2549 และมีค่าต่ำสุด 30 ‰ ในเดือนมิถุนายน 2549 ในขณะที่บริเวณบ้านเพ ค่าความเค็มมีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 31-34 ‰ มีค่าความเค็มสูงสุด 34 ‰ ในเดือนมีนาคม 2549 และมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 31 ‰ ในเดือนกันยายน 2548 และมิถุนายน 2549

2.5 ความเป็นด่างของน้ำ (alkalinity)

ความเป็นด่างของน้ำทั้งสองพื้นที่ตลอดทั้งปีมีค่าเฉลี่ยความเป็นด่างใกล้เคียงกันและมีแนวโน้มไปในทางเดียวกัน โดยมีค่าสูงในช่วงเดือนกรกฎาคมและสิงหาคม 2548 จากนั้นจะเริ่มลดลงในช่วงเดือนตุลาคม 2548 และกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม 2549 (ภาพที่ 10)

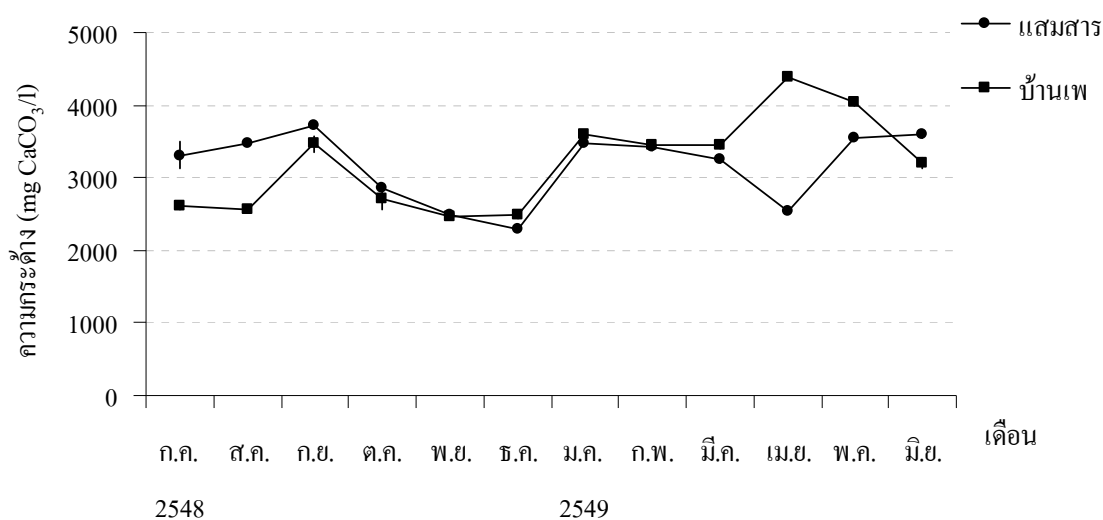


ภาพที่ 10 ค่าความเป็นด่างของน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ความเป็นด่างของน้ำในจุดสำรวจแสมสาร มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 82.92 ± 3.18 มิลลิกรัม CaCO₃ ต่อลิตร ในเดือนสิงหาคม 2548 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 23.05 ± 0.58 มิลลิกรัม CaCO₃ ต่อลิตร ในเดือนธันวาคม 2548 จากนั้นค่อยๆเพิ่มขึ้นจนมีค่าสูงอีกในช่วงเดือนพฤษภาคม 2549 ขณะที่จุดสำรวจบ้านเพมีค่าเฉลี่ยความเป็นด่างของน้ำทะเลสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2548 ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 เท่ากับ 93.47 ± 2.52 และ 22.91 ± 3.03 มิลลิกรัม CaCO₃ ต่อลิตร ตามลำดับ

2.6 ความกระด้างของน้ำ (hardness)

ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษาความกระด้างของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงดังภาพที่ 11

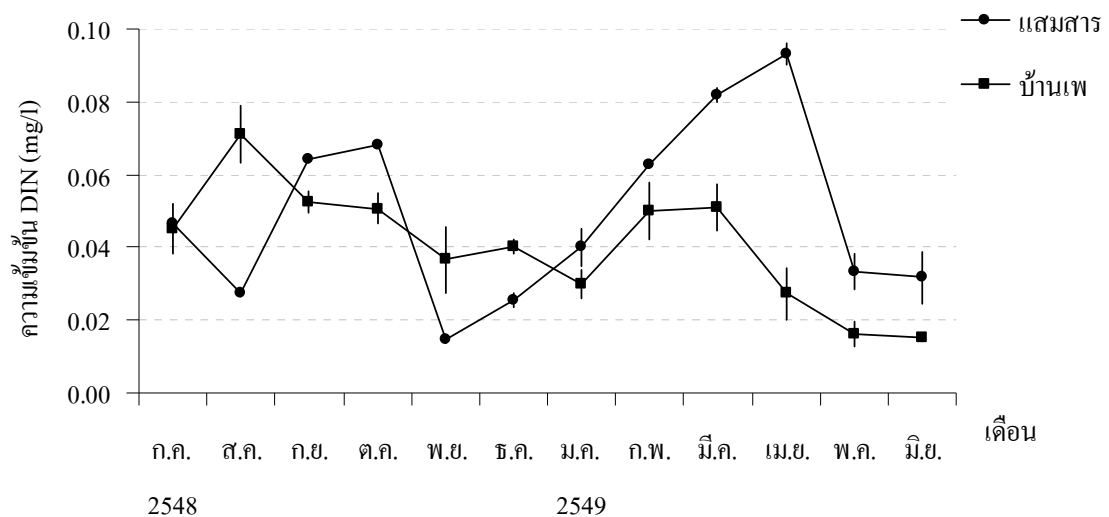


ภาพที่ 11 ค่าความกระด้างของน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

โดยค่าความกระด้างของน้ำในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ $3,708.26 \pm 11.38$ มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร ในเดือนกันยายน 2548 และ $4,390.87 \pm 22.68$ มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร ในเดือนเมษายน 2549 ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยต่ำสุดของความกระด้างของน้ำในบริเวณจุดสำรวจแสมสาร ($2,288.22 \pm 14.42$ มิลลิกรัม CaCO_3 ต่อลิตร) ในเดือนธันวาคม 2548 และบ้านเพเท่ากับ $2,471.64 \pm 13.94$ ในเดือนพฤศจิกายน 2548

2.7 ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (dissolved inorganic nitrogen, DIN)

ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (DIN) ในจุดสำรวจทั้งสองจุดมีการเปลี่ยนแปลงในรอบปี ดังภาพที่ 12

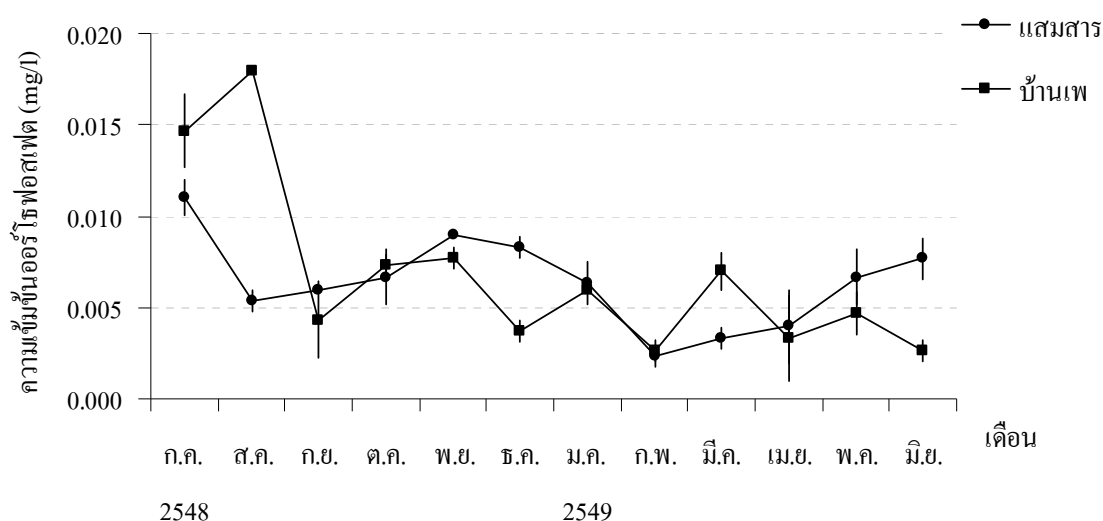


ภาพที่ 12 ค่าความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (DIN) ในจุดสำรวจแซมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำในจุดสำรวจแซมสาร มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.093 ± 0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนเมษายน 2549 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.015 ± 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนพฤศจิกายน 2548 ในขณะที่บริเวณจุดสำรวจบ้านเพ พบว่าความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.071 ± 0.024 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนสิงหาคม 2548 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.015 ± 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนมิถุนายน 2549

2.8 ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (Orthophosphate)

ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตของทั้งสองพื้นที่มีค่าความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตสูงในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงสิงหาคม 2548 อย่างเห็นได้ชัด และค่อยๆลดลงในเดือนถัดไป (ภาพที่ 13)



ภาพที่ 13 ค่าความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

จากภาพที่ 13 ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตในจุดสำรวจแสมสาร มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.011 ± 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร) และต่ำสุด (0.002 ± 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในเดือนกรกฎาคม 2548 และในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 ตามลำดับ ส่วนในจุดสำรวจบ้านเพ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.018 ± 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนสิงหาคม 2548 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.003 ± 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ในเดือนกุมภาพันธ์และเมษายน 2549

3. ความผันแปรทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa*

ลักษณะทางฟีโนโลยีของตัวอย่างสาหร่าย 6 ลักษณะที่ศึกษาได้แก่ ความยาวแขนง ระยะห่างของแขนง ความยาวไรซอยด์ ระยะห่างของไรซอยด์ ความยาวราวมุลล์และเส้นผ่าศูนย์กลางราวมุลล์ พบว่ามีลักษณะแปรผันแตกต่างกันในแต่ละจุดสำรวจ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 ลักษณะรูปร่างภายนอก

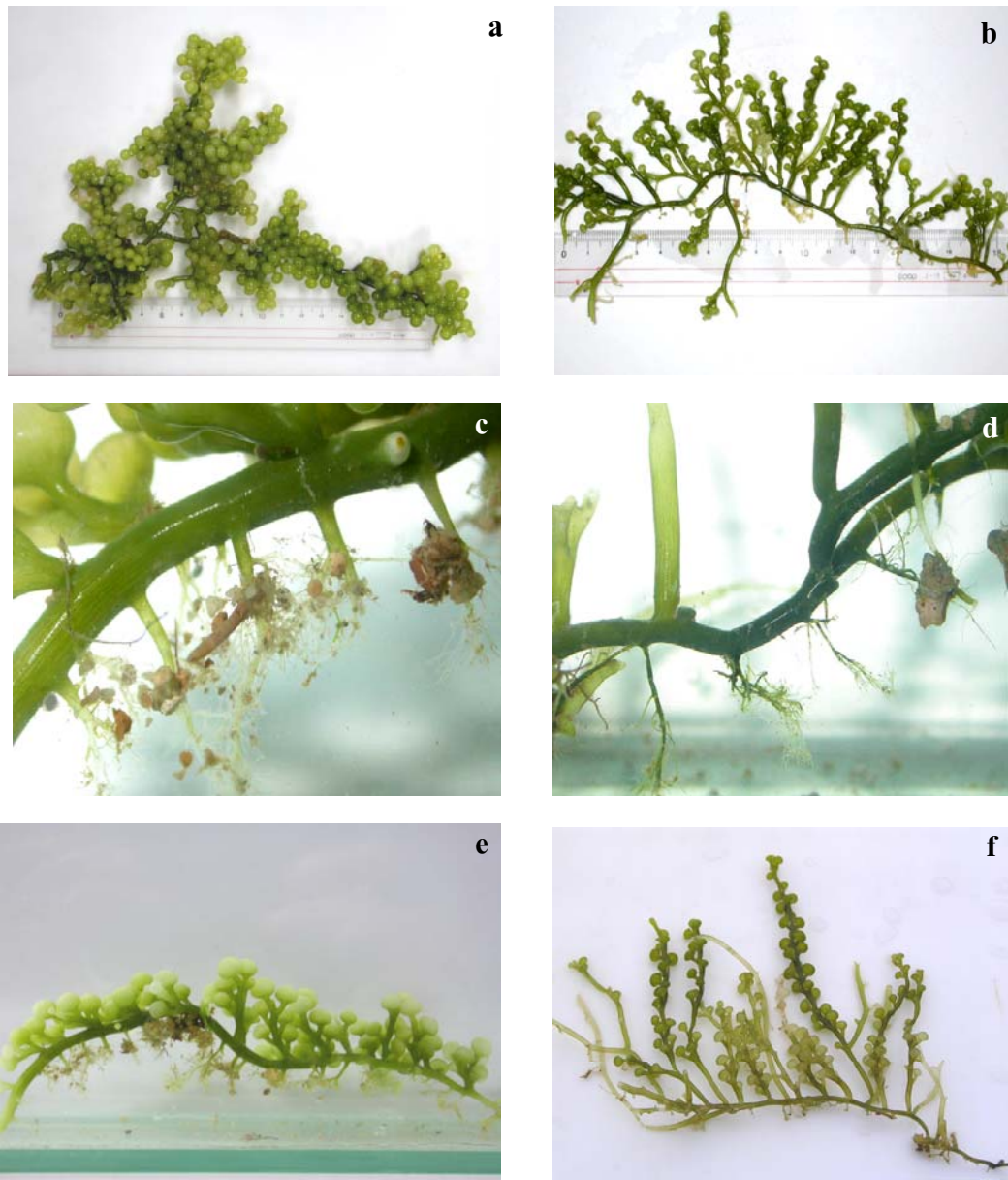
3.1.1 จุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี

ตลอดระยะเวลาการศึกษา พบว่าตัวอย่างสาหร่ายที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสาร ทัลลัสประกอบด้วยสโตรลอนอวบหนา แดกแขนงเป็นพุ่มแน่น และแตกแขนงในแนวระนาบหลายทิศทาง (ภาพที่ 14 a) แต่ในบางเดือนพบว่า ทัลลัสมีสโตรลอนที่ค่อนข้างยืดยาว บอบบางมีการแตกแขนงไม่หนาแน่นมาก มีไรซอยด์ที่ค่อนข้างยาวตรงปลายแตกแขนงเป็นฝอย เกิดที่ด้านล่างของสโตรลอนเป็นระยะ โดยตำแหน่งของไรซอยด์ไม่ตรงกับตำแหน่งของแขนงที่สร้างราวมุลล์เสมอไป (ภาพที่ 14 c) แขนงที่สร้างราวมุลล์เป็นแขนงเดี่ยวตั้งตรงขึ้นจากสโตรลอน (ภาพที่ 14 e) ไม่พบการแตกแขนงซ้อนแขนงประกอบด้วยราวมุลล์ที่มีก้านสั้นๆ รูปวงกลมหรือเกือบกลมคล้ายดอกเห็ด และไม่มีรอยคอดระหว่างก้านชูราวมุลล์และเม็ดราวมุลล์ (ภาพที่ 15 a) ลักษณะภายในเซลล์มีไฟรินอยด์รูปร่างค่อนข้างกลมบนคลอโรพลาสต์ (ภาพที่ 15 c) นอกจากนี้ยังพบทัลลัสที่กำลังสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน 2549 โดยตรงส่วนของราวมุลล์เปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีเขียวเข้มและเป็นลายแบบร่างแห (ภาพที่ 16 a) พร้อมกับมีท่อเล็กๆยื่นออกมาเพื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (ภาพที่ 16 b)

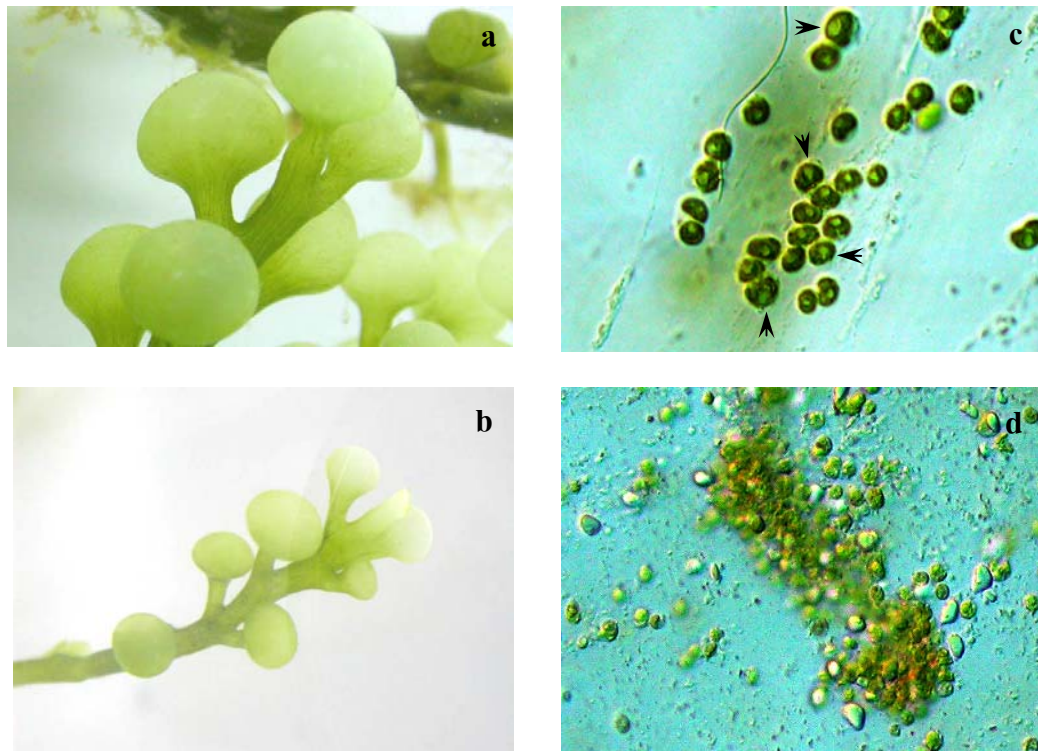
3.1.2 จุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง

ลักษณะของตัวอย่างสาหร่ายที่เก็บจากจุดสำรวจบ้านเพ ทัลลัสประกอบด้วยสโตรลอนและแขนงที่ยืดยาว มีขนาดเล็กและการแตกแขนงไม่แน่น (ภาพที่ 14 b) ไรซอยด์ค่อนข้างสั้นและตำแหน่งของไรซอยด์ไม่ตรงกับตำแหน่งของแขนงเสมอไปเช่นเดียวกับตัวอย่างในจุดสำรวจแสมสาร (ภาพที่ 14 d) แขนงที่สร้างราวมุลล์สั้นกว่าจุดสำรวจแสมสาร (ภาพที่ 14 f) ราวมุลล์มีลักษณะกลมหรือเกือบกลมเช่นเดียวกับราวมุลล์ของตัวอย่างที่พบในจุดสำรวจแสมสาร แต่มีขนาดเล็กกว่า ไม่มีรอยคอดระหว่างก้านชูราวมุลล์และเม็ดราวมุลล์ (ภาพที่ 15 b) และไม่พบว่าสาหร่ายมีการ

สร้างเซลล์สืบพันธุ์ในช่วงใดๆของการเก็บตัวอย่าง และไม่พบไฟรีนอยด์บนคลอโรพลาสต์ในเซลล์
สำหรับ (ภาพที่ 15 d)



ภาพที่ 14 ลักษณะทลัษของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจุดสำรวจ
 แสมสาร (a, c และ e) และจุดสำรวจบ้านเพ (b, d และ f)



ภาพที่ 15 ลักษณะรวมตัวของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่เก็บจากจุดสำรวจ
แสมสาร (a) และจุดสำรวจบ้านเพ (b) และไฟรินอยด์รูปร่างกลมรี (สรชี) ภายในคลอ
โรพลาสต์ของตัวอย่างที่เก็บจากแสมสาร (c) และไม่ปรากฏไฟรินอยด์ในตัวอย่างจาก
บ้านเพ (d)



ภาพที่ 16 ลักษณะทาลัสที่สร้างเซลล์สืบพันธุ์ (a) และท่อเพื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์ (b, สรชี) ของ
สาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแสมสาร

ตารางที่ 5 สรุปลักษณะราวมุลส์และการปรากฏของไฟรินอยด์ในสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพเปรียบเทียบกับ *Caulerpa* ชนิดที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

ลักษณะ	<i>C. racemosa</i> ^a	<i>C. racemosa</i> ^b	<i>C. racemosa</i> ^c	<i>C. racemosa</i> var. <i>macrophysa</i> ^d	<i>C. racemosa</i> var. <i>corynephora</i> ^c	<i>C. racemosa</i> var. <i>peltata</i> ^f	<i>C. lentillifera</i> ^d	<i>C. microphysa</i> ^d
ราวมุลส์	ค่อนข้างกลม	ค่อนข้างกลม	ค่อนข้างกลม	ค่อนข้างกลม	ลักษณะแบน อวบน้ำ	ลักษณะกลมแบน มี	รูปร่างกลม	รูปร่างกลม
	ขนาดปานกลาง	ขนาดเล็ก	ขนาดปานกลาง	ขนาดใหญ่	ตรงปลายเป็นกระเปาะ	ก้านเหมือนใบบัว	มีรอยคอดระหว่าง	มีรอยคอด ระหว่าง
	ช่อราวมุลส์	ช่อราวมุลส์ไม่	ช่อราวมุลส์	ช่อราวมุลส์หนาแน่น	ช่อราวมุลส์ แตกแขนง	หรือหนูนไค้มีก้าน	ราวมุลส์และก้านชู	ราวมุลส์และก้านชู
	หนาแน่น แตก	หนาแน่น แตก	หนาแน่น แตก	แตกแบบสลับรอบ	ด้านข้าง แบบตรงข้าม	เหมือนเห็ด	ช่อราวมุลส์หนาแน่น	ช่อราวมุลส์หนาแน่น
	แบบสลับรอบ	แบบสลับรอบ	แบบสลับรอบ	แกน	กัน	ช่อราวมุลส์ แตก	แตกแขนงแบบสลับ	แตกแขนงสลับรอบ
	แกน	แกน	แกน			แขนงแบบสลับรอบ	รอบแกน	แกน เป็นแขนงสั้นๆ
						แกน		
ไฟรินอยด์	มีไฟรินอยด์	ไม่มีไฟรินอยด์	มีไฟรินอยด์	มีไฟรินอยด์	ไม่มีรายงาน	ไม่มีรายงาน	มีไฟรินอยด์	ไม่มีไฟรินอยด์

หมายเหตุ ^a: จุดสำรวจแสมสาร

^b: จุดสำรวจบ้านเพ

^c: Tayler (1972)

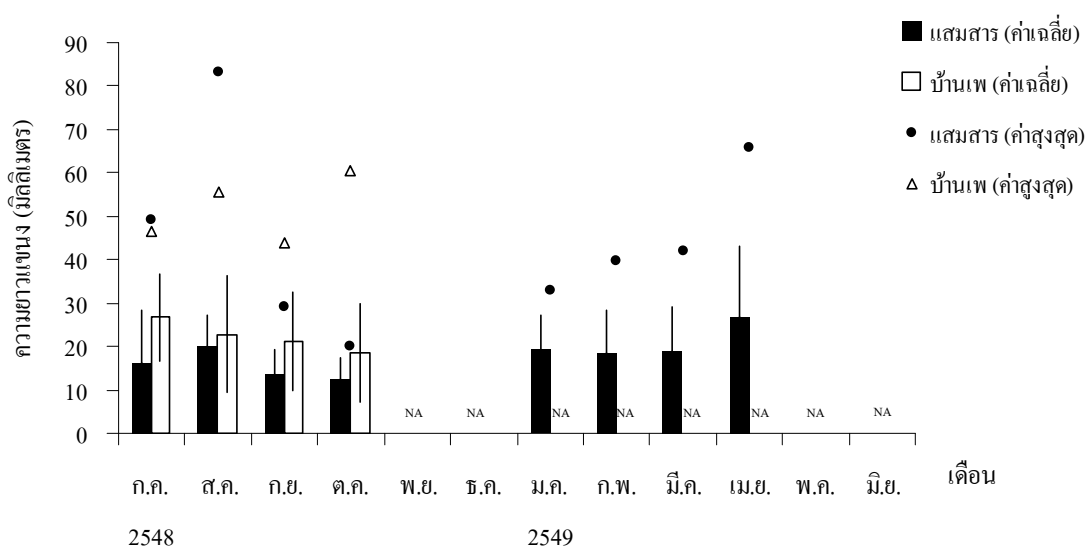
^d: Coppejans and Meinesz (1988)

^e: Lewmanomont and Ogawa (1995)

^f: กาญจนภาชนัน และคณะ (2550)

3.2 ความยาวแขนง

ค่าเฉลี่ยความยาวแขนงของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางผนวกที่ ค3 และ ค4 ในจุดสำรวจแสมสารความยาวแขนงอยู่ในช่วง 2.4-83.3 มิลลิเมตร ซึ่งความยาวเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 18.70 ± 11.91 มิลลิเมตร พบค่าเฉลี่ยสูงสุด (26.68 ± 16.40 มิลลิเมตร) ในเดือนเมษายน 2549 มากเป็น 2 เท่าของเดือนตุลาคม 2548 (12.64 ± 4.61) ที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (ภาพที่ 17) ส่วนในจุดสำรวจบ้านเพ ความยาวแขนงผันแปรอยู่ในช่วง 3.2-60.3 มิลลิเมตร ซึ่งความยาวเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 22.70 ± 11.66 มิลลิเมตร ตลอดระยะเวลาที่ศึกษา ความยาวเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน โดยความยาวแขนงมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (26.69 ± 10.04 มิลลิเมตร) ในเดือนกรกฎาคม 2548 และต่ำสุด (18.61 ± 11.29 มิลลิเมตร) ในเดือนตุลาคม 2548

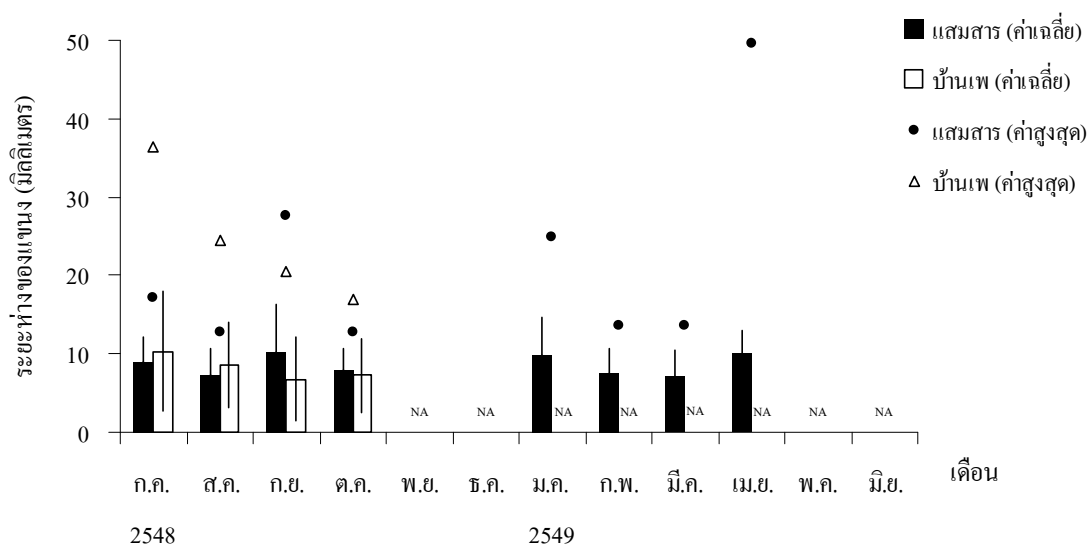


ภาพที่ 17 ความยาวแขนงของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

3.3 ระยะห่างของแขนง

ค่าเฉลี่ยระยะห่างของแขนงของตัวอย่างจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพในแต่ละเดือนมีค่าดังแสดงในตารางผนวกที่ ค3 และ ค4 จุดสำรวจแสมสารมีระยะห่างของแขนงอยู่ในช่วง 1.1-49.5 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยระยะห่างตลอดทั้งปีเท่ากับ 8.77 ± 5.80 มิลลิเมตร โดยระยะห่างของแขนงมีค่าสูงในช่วงฤดูฝนและลดลงจนมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (7.05 ± 0.97 มิลลิเมตร) ในเดือนสิงหาคม 2548 ระยะห่างของแขนงมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจนมีค่าเฉลี่ยระยะห่างแขนงมากที่สุด (10.25 ± 5.98 มิลลิเมตร) ในเดือนกันยายน 2548 (ภาพที่ 18)

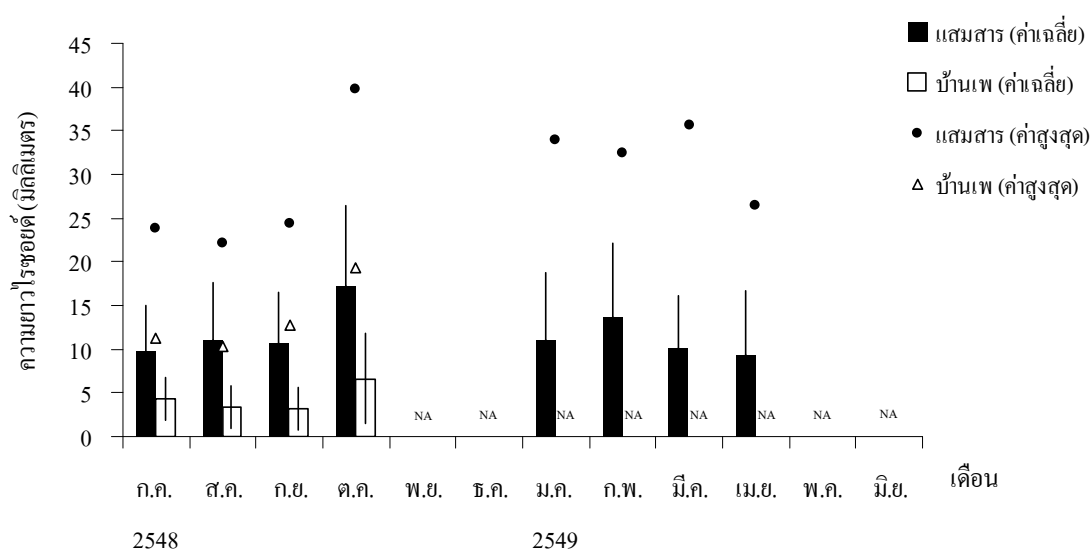
ส่วนจุดสำรวจบ้านเพ ระยะห่างของแขนงอยู่ในช่วง 1.1-36.5 มิลลิเมตร และมีค่าเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 8.27 ± 6.13 มิลลิเมตร ระยะห่างของแขนงเฉลี่ยในแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน ระยะห่างของแขนงมีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด (10.28 ± 7.64 มิลลิเมตร) ในเดือนกรกฎาคมและมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (6.73 ± 5.29 มิลลิเมตร) ในเดือนกันยายน 2548



ภาพที่ 18 ระยะห่างของแขนงของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

3.4 ความยาวไรโซยด์

ความยาวไรโซยด์ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจุดสำรวจ แสมสารและบ้านเพ มีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางผนวกที่ ค3 และ ค4 จุดสำรวจ แสมสารมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-39.7 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยความยาวไรโซยด์โดยตลอดทั้งปีเท่ากับ 11.65 ± 7.74 มิลลิเมตร โดยไรโซยด์ของตัวอย่างที่เก็บได้มีความยาวเพิ่มขึ้นจากเดือนกรกฎาคม 2548 จนมีค่าความยาวเฉลี่ยมากที่สุด (17.31 ± 9.20 มิลลิเมตร) ในเดือนตุลาคม 2548 (ภาพที่ 19)



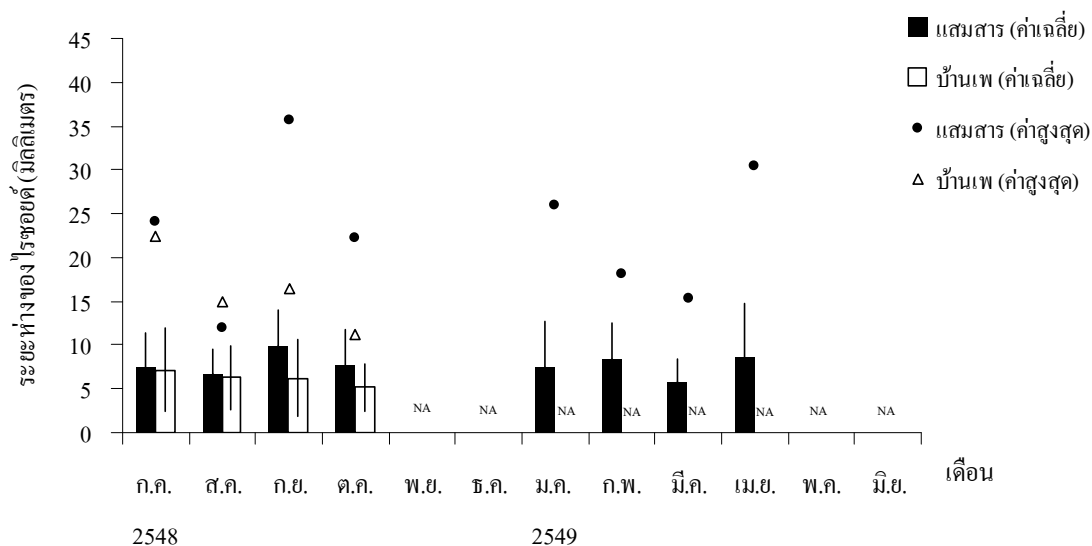
ภาพที่ 19 ความยาวไรโซยด์ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

จากนั้นความยาวเฉลี่ยของไรโซยด์จะลดต่ำลงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2549 จนมีค่าเฉลี่ยความยาวน้อยที่สุดในเดือนเมษายน 2549 (9.47 ± 7.16 มิลลิเมตร) ในช่วงที่อุณหภูมิผิวน้ำและความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (DIN) มีค่าสูงสุดในรอบปี (ภาพที่ 6 และ 12) ความขุ่นของน้ำลดลงจนมีค่าต่ำที่สุดในรอบปี (ภาพที่ 7) ส่วนจุดสำรวจบ้านเพ ความยาวไรโซยด์ของตัวอย่างจากจุดนี้มีค่าในช่วง 1.1-19.3 มิลลิเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยความยาวไรโซยด์ตลอดทั้งปีเท่ากับ 4.35 ± 3.12 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยความยาวไรโซยด์ต่ำสุด (3.23 ± 2.45 มิลลิเมตร) ในเดือนกันยายน 2548 และมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (6.64 ± 5.22 มิลลิเมตร) ในเดือนตุลาคม 2548 ซึ่งเป็นช่วงที่ความเป็นความเค็มของน้ำต่ำสุดในช่วงที่พบสาหร่าย (ภาพที่ 9)

3.5 ระยะห่างของไรชอยด์

ระยะห่างของไรชอยด์ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ มีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางผนวกที่ ค3 และ ค4 จุดสำรวจแสมสารมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-35.7 มิลลิเมตร ค่าเฉลี่ยระยะห่างของไรชอยด์ตลอดทั้งปีเท่ากับ 7.97 ± 5.09 มิลลิเมตร โดยระยะห่างของไรชอยด์มีค่าเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 จนมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (9.89 ± 8.06 มิลลิเมตร) ในเดือนกันยายน 2548 (ภาพที่ 20) ซึ่งเป็นช่วงที่อุณหภูมิผิวน้ำความเค็ม และความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตเริ่มมีแนวโน้มลดลงจากเดือนกรกฎาคม 2548 ความกระด้างของน้ำมีค่าเพิ่มขึ้นจากเดือนกรกฎาคม 2548 ในช่วงนี้ระยะห่างของไรชอยด์เพิ่มขึ้นเล็กน้อย จากนั้นจึงลดลงจนพบว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุดในเดือนมีนาคม 2549 (5.75 ± 2.65 มิลลิเมตร)

ส่วนจุดสำรวจบ้านเพ ระยะห่างของไรชอยด์มีค่าอยู่ในช่วง 1.0-22.5 มิลลิเมตร โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 6.65 ± 4.32 มิลลิเมตร โดยพบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.16 ± 4.75 มิลลิเมตร) ในเดือนกรกฎาคม 2548 และมีค่าเฉลี่ยลดลงในแต่ละเดือน จนมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดในเดือนตุลาคม 2548 (5.21 ± 2.70 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 20) ซึ่งในช่วงนี้ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟตในเดือนตุลาคม 2548 มีค่าต่ำเมื่อเทียบกับเดือนกรกฎาคม 2548 (ภาพที่ 13) ส่วนความกระด้างของน้ำและความเข้มข้นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำนั้นมีค่าใกล้เคียงกับเดือนกรกฎาคม (ภาพที่ 11 และ 12)

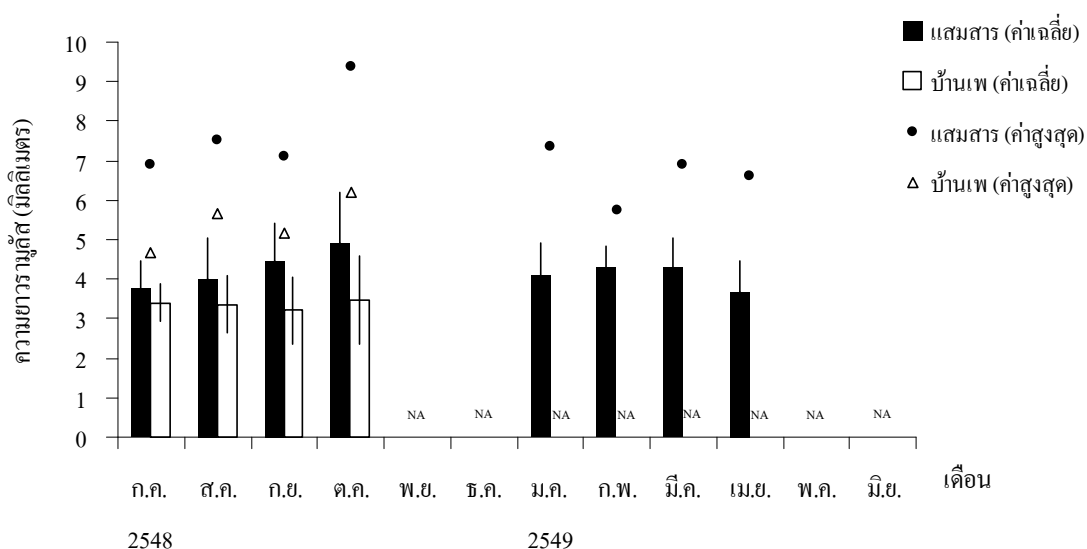


ภาพที่ 20 ระยะห่างของไรซอยด์ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

3.6 ความยาวรากมูลต์

ความยาวรากมูลต์ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจุดสำรวจ แสมสารและบ้านเพ มีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางผนวกที่ ค3 และ ค4 ซึ่งจุดสำรวจ แสมสารมีความยาวรากมูลต์อยู่ในช่วง 2.3-9.4 มิลลิเมตร ค่าความยาวเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 4.33 ± 1.01 มิลลิเมตร รากมูลต์มีความยาวเฉลี่ยในแต่ละเดือนใกล้เคียงกันและมีค่าเฉลี่ยความยาวมากที่สุด (4.92 ± 1.29 มิลลิเมตร) ในเดือนตุลาคม 2548 (ภาพที่ 21) ซึ่งอุณหภูมิผิวน้ำ ความชื้น และความเค็มของน้ำมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ไปจนถึงเดือนตุลาคม 2548 (ภาพที่ 6, 7 และ 10) ความยาวรากมูลต์มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด (3.67 ± 0.78 มิลลิเมตร) ในเดือนเมษายน 2549 เมื่ออุณหภูมิผิวน้ำ ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำ และความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูงที่สุดในรอบปี (ภาพที่ 6, 8 และ 12) ในขณะที่ความกระด้างของน้ำลดลงจากเดือนมีนาคม 2549 (ภาพที่ 11) ส่วนความยาวรากมูลต์ของสาหร่ายในจุดสำรวจบ้านเพ ตลอดทั้งปีมีค่าอยู่ในช่วง 1.2-6.2 มิลลิเมตร ค่าความยาวเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 3.36 ± 0.67 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยความยาวในแต่ละเดือนใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (3.21 ± 0.85 มิลลิเมตร) ในเดือนกันยายน 2548 ซึ่งในช่วงนี้ ความชื้น ความเป็นกรดเป็นด่าง และความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีค่าลดลงจากเดือน

กรกฎาคม แล้วกลับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในเดือนตุลาคม 2548 (ภาพที่ 7, 8 และ 13) ซึ่งเป็นช่วงที่รามีค่าเฉลี่ยความยาวมากที่สุด (3.48 ± 1.11 มิลลิเมตร) (ภาพที่ 21)



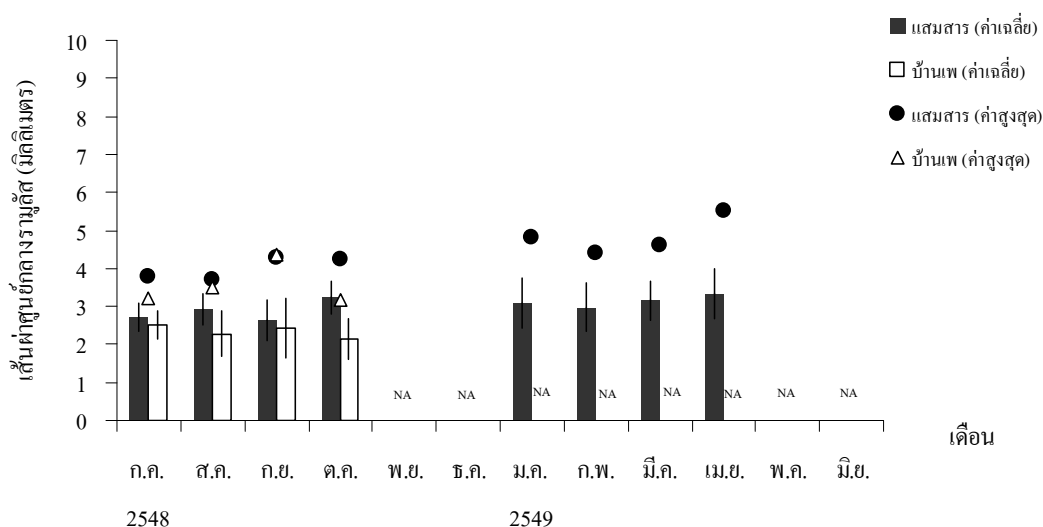
ภาพที่ 21 ความยาวรามีค่าเฉลี่ยของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

3.7 เส้นผ่าศูนย์กลางรามีค่าเฉลี่ย

เส้นผ่าศูนย์กลางรามีค่าเฉลี่ยของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแซมสารและจุดสำรวจบ้านเพ มีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนดังแสดงในตารางผนวกที่ ค3 และ ค4 ซึ่งจุดสำรวจแซมสารมีค่าอยู่ในช่วง 1.1-5.5 มิลลิเมตร และมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 3.12 ± 0.65 ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางมากที่สุด (3.32 ± 0.54 มิลลิเมตร) ในเดือนเมษายน 2549 เมื่ออุณหภูมิผิวน้ำและความเข้มข้นของไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูง ความขุ่นของน้ำทะเลต่ำสุดในรอบปี และเส้นผ่าศูนย์กลางรามีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (2.64 ± 0.66 มิลลิเมตร) ในเดือนกันยายน 2548 (ภาพที่ 22) ซึ่งเป็นช่วงที่ความกระด้างของน้ำมีค่าสูงที่สุดในรอบปี

ส่วนจุดสำรวจบ้านเพ เส้นผ่าศูนย์กลางรามีค่าอยู่ในช่วง 1.0-4.4 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 2.36 ± 0.51 มิลลิเมตร ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่าเส้นผ่าศูนย์กลางรามีค่าเฉลี่ยในแต่

ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 22) ค่าเฉลี่ยเส้นผ่าศูนย์กลางรามีสูงที่สุด (2.50 ± 0.38 มิลลิเมตร) ในเดือนกรกฎาคม 2548 และต่ำสุด (2.15 ± 0.54 มิลลิเมตร) ในเดือนตุลาคม 2548



ภาพที่ 22 เส้นผ่าศูนย์กลางรามีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

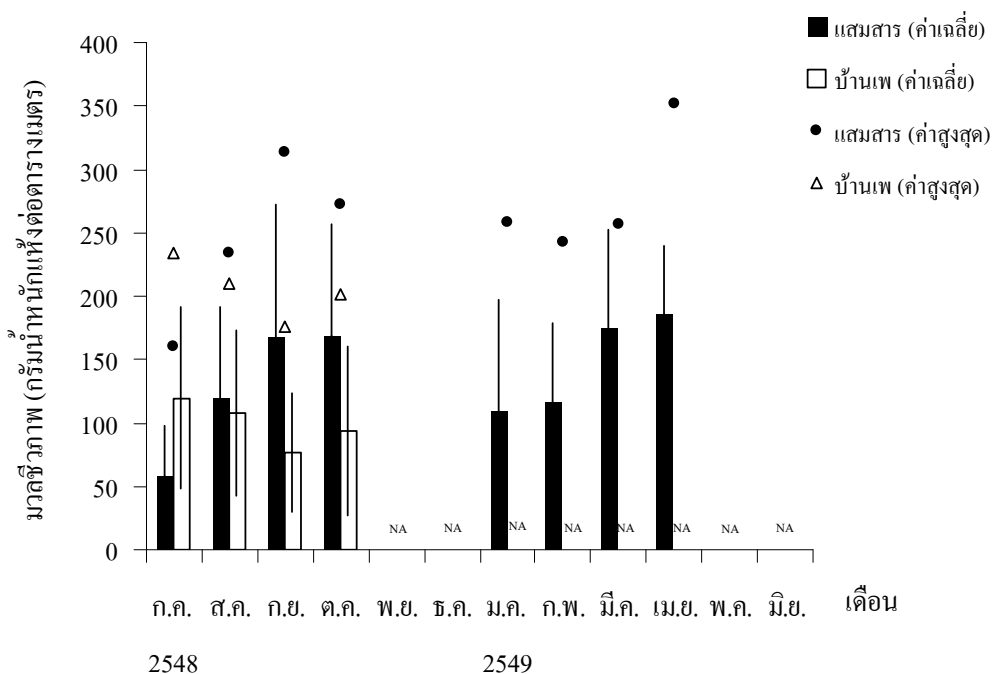
จากผลการศึกษาลักษณะทางฟีโนโลยีต่างๆ ดังกล่าวของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจุดสำรวจแซมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 เมื่อพิจารณาความเปลี่ยนแปลงในแต่ละพื้นที่ โดยนำมาทดสอบความแตกต่างทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยของลักษณะทางฟีโนโลยี ซึ่งประกอบด้วย ความยาวแขนง ความยาวไรโซมด์ ความยาวรามี และเส้นผ่าศูนย์กลางของรามี ในจุดสำรวจแซมสาร มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนค่าเฉลี่ยระยะห่างของแขนงและระยะห่างของไรโซมด์ในแต่ละเดือน มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 1) และเมื่อพิจารณาในจุดสำรวจบ้านเพ ค่าเฉลี่ยความยาวแขนง ความยาวไรโซมด์ ระยะห่างของไรโซมด์ และเส้นผ่าศูนย์กลางของรามี มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนค่าเฉลี่ยของระยะห่างของแขนง และความยาวรามี ในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 2) แสดงให้เห็นว่าลักษณะทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแซมสารและบ้านเพ อาจมีความผันแปรตามสภาวะแวดล้อม ยกเว้นระยะห่างของแขนงที่มีความแตกต่างกันในแต่ละเดือนอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ในช่วงที่ทำการศึกษาดังแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือน มิถุนายน 2549 ซึ่งถือว่าเป็นลักษณะที่ค่อนข้างคงที่ (ตารางผนวกที่ ง3)

4. มวลชีวภาพของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa*

จากการศึกษามวลชีวภาพของสาหร่ายบริเวณหาดแสมสาร จังหวัดชลบุรี และบ้านเพ จังหวัดระยอง เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบว่ามวลชีวภาพมีค่าอยู่ในช่วง 1.18-352.12 และ 1.18-234.55 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยแต่ละเดือนดังแสดงในตารางผนวกที่ ค5

มวลชีวภาพในจุดสำรวจแสมสาร มีค่าเฉลี่ยตลอดปีเท่ากับ 139.29 ± 85.24 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพสูงสุด (185.25 ± 55.03 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ในเดือนเมษายน 2549 และต่ำสุด (57.49 ± 39.96 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ในเดือนกรกฎาคม 2548 ส่วนมวลชีวภาพในจุดสำรวจบ้านเพ มีค่าเฉลี่ยตลอดปีน้อยกว่าจุดสำรวจแสมสาร โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 100.42 ± 64.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร มีค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพสูงสุด (119.78 ± 71.75 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ในเดือนกรกฎาคมและต่ำสุด (76.91 ± 47.16 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ในเดือนกันยายน 2548



ภาพที่ 23 มวลชีวภาพของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของสาหร่ายจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ พบว่าบริเวณแสมสารมี 2 ช่วงระยะเวลาที่ให้มวลชีวภาพสูงสุด คือในช่วงเดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 และในช่วงเดือนมกราคมถึงเมษายน 2549 โดยให้ค่ามวลชีวภาพสูงสุดในเดือนเมษายน 2549 (ภาพที่ 23)

จากการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพในจุดสำรวจแสมสารมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 4) ส่วนในจุดสำรวจบ้านเพ ค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพของแต่ละเดือนมีค่าใกล้เคียงกันโดยช่วงเวลาที่พบสาหร่ายทั้งหมดอยู่ในช่วงฤดูฝน ซึ่งพบว่ามวลชีวภาพของสาหร่ายลดลงจากเดือนกรกฎาคม 2548 จนต่ำสุดในเดือนกันยายน 2548 และจากการทดสอบทางสถิติพบว่ามวลชีวภาพในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 5)

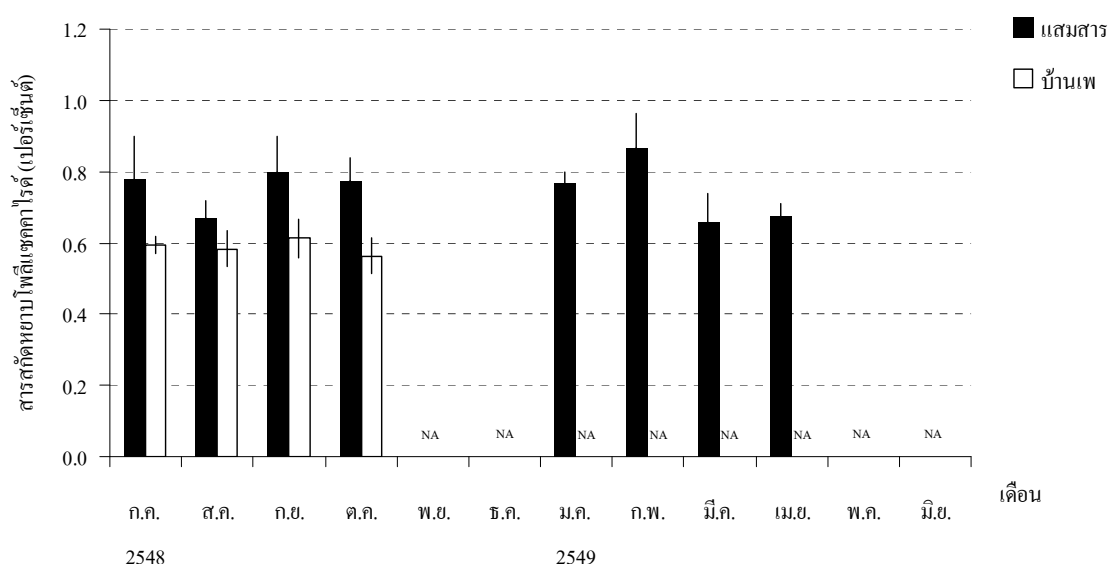
เมื่อพิจารณาค่ามวลชีวภาพในแต่ละพื้นที่ โดยเปรียบเทียบตามระยะเวลาระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 พบว่าค่าเฉลี่ยมวลชีวภาพในจุดสำรวจแสมสารความแตกต่างจากจุดสำรวจบ้านเพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 6)

5. ปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa*

จากการศึกษาปริมาณ และองค์ประกอบทางเคมีในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งได้แก่ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากบริเวณจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 สามารถอธิบายได้ดังนี้

5.1 ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์

ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่าปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแสมสาร โดยมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 0.75 ± 0.10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสาหร่ายสด) และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.87 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 และต่ำสุด (0.66 ± 0.08 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนมีนาคม 2549



ภาพที่ 24 ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

ส่วนในจุดสำรวจบ้านเพ พบว่าปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์มีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 0.59 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสาหร่ายสด) และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (0.61 ± 0.05

เปอร์เซ็นต์) ในเดือนกันยายน 2548 และค่าเฉลี่ยต่ำสุด (0.56 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนตุลาคม 2548 (ตารางผนวกที่ ค5) เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายทะเล *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ในบริเวณจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ จากภาพที่ 24 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณสารสกัดหยาบในจุดสำรวจแสมสารมีการแปรผันเล็กน้อยในตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนเมษายน 2549 โดยที่ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายทั้งในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพมีค่าเฉลี่ยในแต่ละเดือนค่อนข้างใกล้เคียงกัน ซึ่งเมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ในทั้งจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ไม่มีความแตกต่างกันตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ง7 และ ง8) และเมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากในสาหร่ายจุดสำรวจแสมสารมีค่ามากกว่าในสาหร่ายจากจุดสำรวจบ้านเพ อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ง9)

5.2 องค์ประกอบทางเคมีบางประการของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์

5.2.1 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ของตัวอย่างจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ในจุดสำรวจแสมสารมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 30.00 ± 2.35 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (35.94 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนตุลาคม 2548 และต่ำสุด (30.27 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนกันยายน 2548 ส่วนในจุดสำรวจบ้านเพ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 34.27 ± 2.64 เปอร์เซ็นต์ และมีค่าเฉลี่ยสูงสุด (37.31 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนสิงหาคม 2548 และต่ำสุด (31.87 ± 1.23 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนกันยายน 2548 (ตารางผนวกที่ ค5)

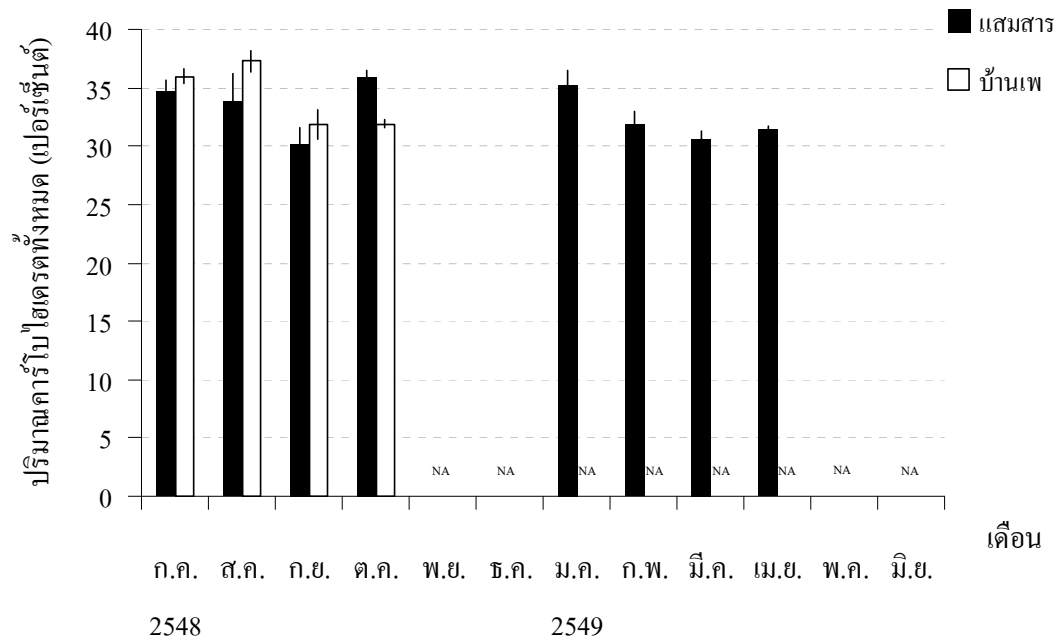
เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงค่าเฉลี่ยปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายในแต่ละพื้นที่ จากภาพที่ 25 พบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดจากตัวอย่างสาหร่ายที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพมีค่าแปรผันตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนเมษายน 2549 ซึ่งในแต่ละเดือน ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากทั้งสองจุดมีความแตกต่างกันตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ง10 และ 11) และพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรต

ทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายในจุดสำรวจแสมสารมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าในจุดสำรวจบ้านเพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ง12)

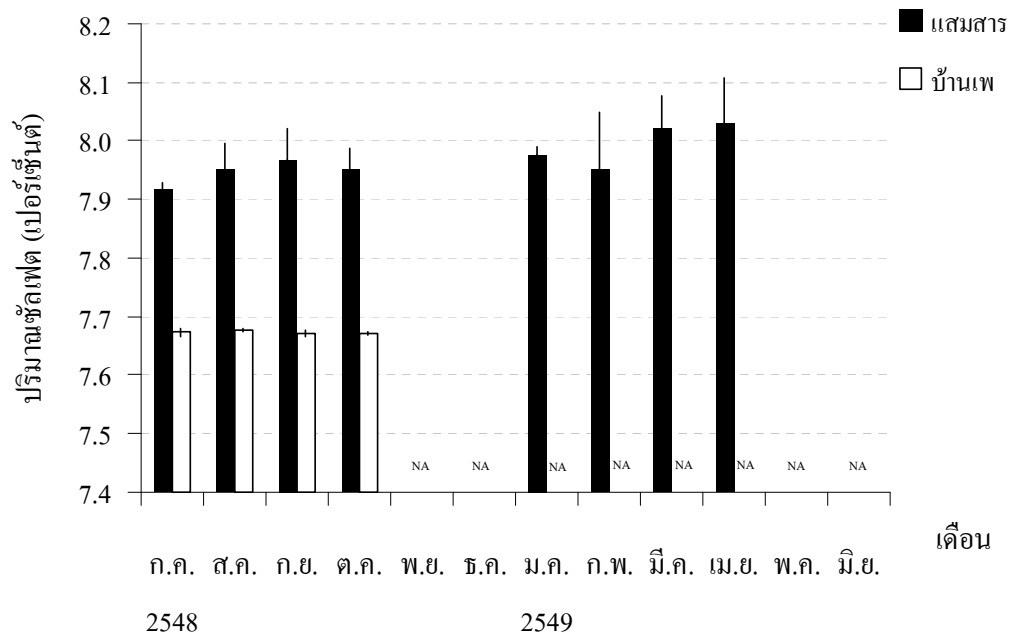
5.2.2 ปริมาณซัลเฟต

ปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ โดยในจุดสำรวจแสมสารมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 7.97 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์ มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (8.03 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนเมษายน 2549 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (7.92 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนกรกฎาคม 2548 ส่วนในจุดสำรวจบ้านเพนั้น ปริมาณซัลเฟตมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปีเท่ากับ 7.67 ± 0.02 เปอร์เซ็นต์ โดยให้ค่าเฉลี่ยสูงสุด (7.68 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนสิงหาคม 2548 และมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด (7.66 ± 0.04 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนตุลาคม 2548 (ตารางผนวกที่ ค5)

เมื่อพิจารณาการปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายในแต่ละพื้นที่จากภาพที่ 26 พบว่าค่าเฉลี่ยปริมาณซัลเฟตในแต่ละเดือนทั้งจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (ตารางผนวกที่ ง13 และ ง14) แต่เมื่อเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตในสารสกัดจากสาหร่ายระหว่างตัวอย่างที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ แล้วกลับพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ง15)



ภาพที่ 25 ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)



ภาพที่ 26 ปริมาณคลอโรฟิลล์ในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 (NA = ไม่มีตัวอย่าง)

6. ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางฟีโนโลยี และมวลชีวภาพกับปัจจัยแวดล้อมของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี

6.1 ความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะทางฟีโนโลยีกับคุณสมบัติของน้ำ

ลักษณะทางฟีโนโลยีมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของน้ำดังแสดงในตารางผนวกที่ 16 โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวแขนงกับคุณสมบัติของน้ำ

จากการทดสอบหาความสัมพันธ์ทางสถิติแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ในเชิงลบในระดับปานกลางของความยาวแขนงกับความขุ่นของน้ำ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ส่วนปัจจัยอื่นๆไม่มีความสัมพันธ์กับความยาวแขนงทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ

6.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของแขนงกับคุณสมบัติของน้ำ

ผลการทดสอบความสัมพันธ์พบว่าทุกปัจจัยไม่มีความสัมพันธ์ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 กับระยะห่างของแขนงทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ

6.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวไรโซยด์กับคุณสมบัติของน้ำ

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ พบว่า ความยาวไรโซยด์มีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางกับความเค็มของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนปัจจัยอื่นๆไม่มีความสัมพันธ์กับความยาวไรโซยด์ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ

6.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างของไรโซยด์กับคุณสมบัติของน้ำ

ระยะห่างของไรโซยด์ไม่มีความสัมพันธ์ กับคุณสมบัติของน้ำ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ

6.1.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวรามูลัสกับคุณสมบัติของน้ำ

ความยาวรามูลัสมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกในระดับปานกลางกับอุณหภูมิ น้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีความสัมพันธ์กับความยาวรามูลัสทั้งในเชิงบวกและในเชิงลบ

6.1.6 ความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางรามูลัสกับคุณสมบัติ น้ำ

เส้นผ่าศูนย์กลางรามูลัส มีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางกับความเป็นกรดเป็นด่าง ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์เชิงลบที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ในระดับสูงและระดับปานกลางกับความกระด้างของน้ำและความเข้มข้นอินทรีย์ในโตรเจนที่ละลายน้ำ ตามลำดับ แรงของความสัมพันธ์ในเชิงบวก มีความสัมพันธ์ในระดับสูงกับอุณหภูมิผิวน้ำ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีความสัมพันธ์ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบกับเส้นผ่าศูนย์กลางของรามูลัส

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับคุณสมบัติ น้ำ

มวลชีวภาพมีความสัมพันธ์ในเชิงลบในระดับปานกลางกับความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวก ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99 ในระดับปานกลางและสูง กับความเป็นกรดเป็นด่างและความเข้มข้นอินทรีย์ในโตรเจนที่ละลายน้ำ ตามลำดับ ส่วนปัจจัยอื่นๆ ไม่มีความสัมพันธ์ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบกับมวลชีวภาพ (ตารางผนวกที่ 17)

7. ความสัมพันธ์ระหว่างสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์และองค์ประกอบทางเคมีกับปัจจัยแวดล้อมของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี

7.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์กับคุณสมบัติ

สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ในจุดสำรวจแสมสารมีความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางกับอุณหภูมิผิวน้ำ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ส่วนปัจจัยอื่นๆไม่มีความสัมพันธ์ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบกับสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ (ตารางผนวกที่ 18)

7.2 ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดโพลีแซคคาไรด์กับคุณสมบัติ (ตารางผนวกที่ 18)

7.2.1 ปริมาณคาร์โบไฮเดรต

จากการทดสอบหาความสัมพันธ์ทางสถิติแสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงลบในระดับปานกลางของปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดกับความเข้มข้นอนินทรีย์ในโตรเจนที่ละลายน้ำ และมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกในระดับปานกลางกับความเข้มข้นออร์โธฟอสเฟตอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยไม่พบว่าปัจจัยอื่นๆมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกและเชิงลบกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

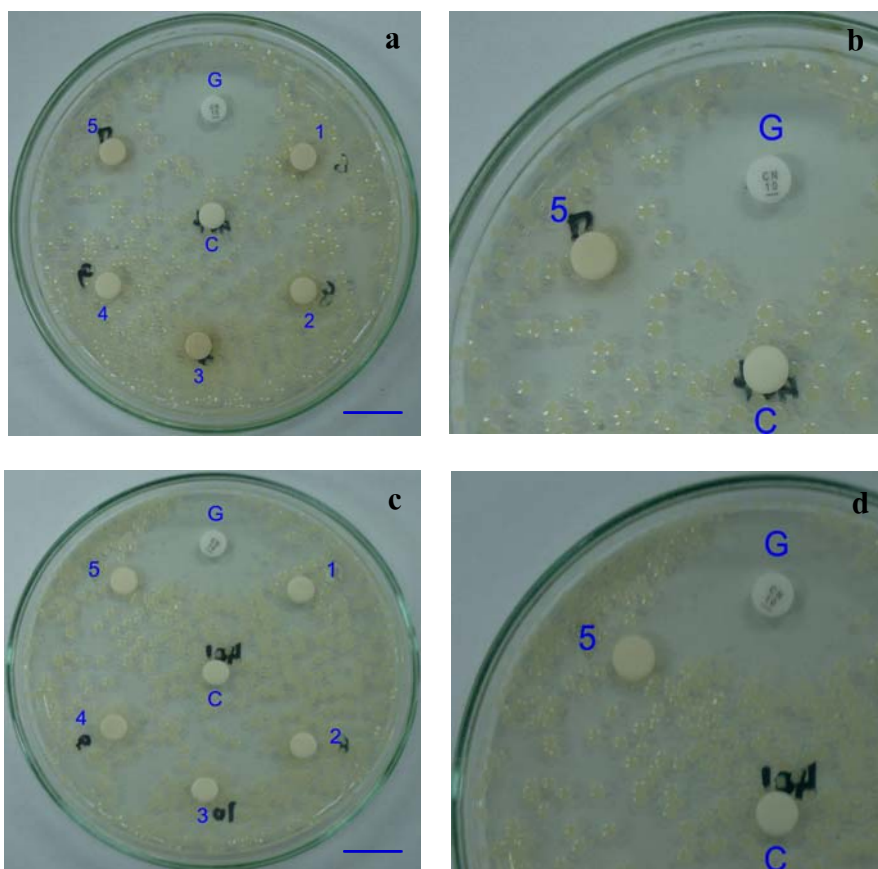
7.2.2 ปริมาณซัลเฟต

ผลการทดสอบหาความสัมพันธ์ทางสถิติแสดงให้เห็นความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับปานกลางของปริมาณซัลเฟตกับความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยไม่พบว่าปัจจัยอื่นๆมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกและเชิงลบกับปริมาณซัลเฟต

8. ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa*

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี และจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง โดยศึกษาความสามารถในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ในระดับความเข้มข้นต่างๆ ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์และเนื่องจากปริมาณสารสกัดหยาบที่ได้ในแต่ละเดือนมีปริมาณน้อย ไม่เพียงพอต่อการทดสอบแยกเป็นแต่ละเดือน ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ สารสกัดหยาบที่นำมาทดสอบ จึงเป็นตัวอย่างสารสกัดรวมของทุกเดือนที่ได้จากตัวอย่างสาหร่ายในแต่ละจุดสำรวจ

การทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเพิ่มจำนวนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยดูจากการเกิดโซนใสรอบแผ่นกระดาษทดสอบ เปรียบเทียบกับกระดาษทดสอบความไวต่อสารปฏิชีวนะสำเร็จรูป (antimicrobial susceptibility test disc) [Oxoid] ที่มีสาร nystain เข้มข้น 100 unit และ gentamicin เข้มข้น 0.01 มิลลิกรัม ผลการทดสอบพบว่าสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ที่ความเข้มข้น 0.04, 0.08, 0.16 และ 0.32 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่เกิดโซนใสเลย ส่วนที่ความเข้มข้น 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ให้ผลในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus subtilis* และ เชื้อยีสต์ *Candida albicans* ได้ ดังเห็นได้จากการเกิดโซนใสรอบแผ่นกระดาษทดสอบขนาด 3.8 มิลลิเมตร (ภาพที่ 27 b) ของสารสกัดจากสาหร่ายที่เก็บจากแสมสาร และ 2.2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 27 d) ของสารสกัดจากสาหร่ายที่เก็บจากบ้านเพ ต่อเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus subtilis* ส่วนผลต่อเชื้อยีสต์ *Candida albicans* นั้น พบว่าเกิดโซนใสขนาด 3.6 มิลลิเมตร (ภาพที่ 28 b) ในกระดาษทดสอบสารสกัดจากสาหร่ายที่เก็บจากแสมสาร และ 2.4 มิลลิเมตร (ภาพที่ 28 d) ในกระดาษทดสอบสารสกัดจากสาหร่ายที่เก็บจากบ้านเพ แต่กลับไม่พบปฏิกิริยาใดๆ ในการทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียแกรมลบ *Vibrio harveyi*, *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, *Aeromonas hydrophilla*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* และเชื้อรา *Aspergillus niger* อย่างไรก็ตามสารสกัดหยาบทั้งจากตัวอย่างสาหร่ายที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ ให้ผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสองชนิดต่ำกว่าสารปฏิชีวนะสำเร็จรูปที่นำมาเปรียบเทียบบ้างแสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 27 การเกิดโซนใสเมื่อทดสอบกับเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus subtilis* ของสารสกัด
หยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่เก็บจากจุด
สำรวจแสมสาร (a และ b) และจุดสำรวจบ้านเพ (c และ d)

หมายเหตุ G: gentamicin เข้มข้น 0.01 มิลลิกรัม

C: control

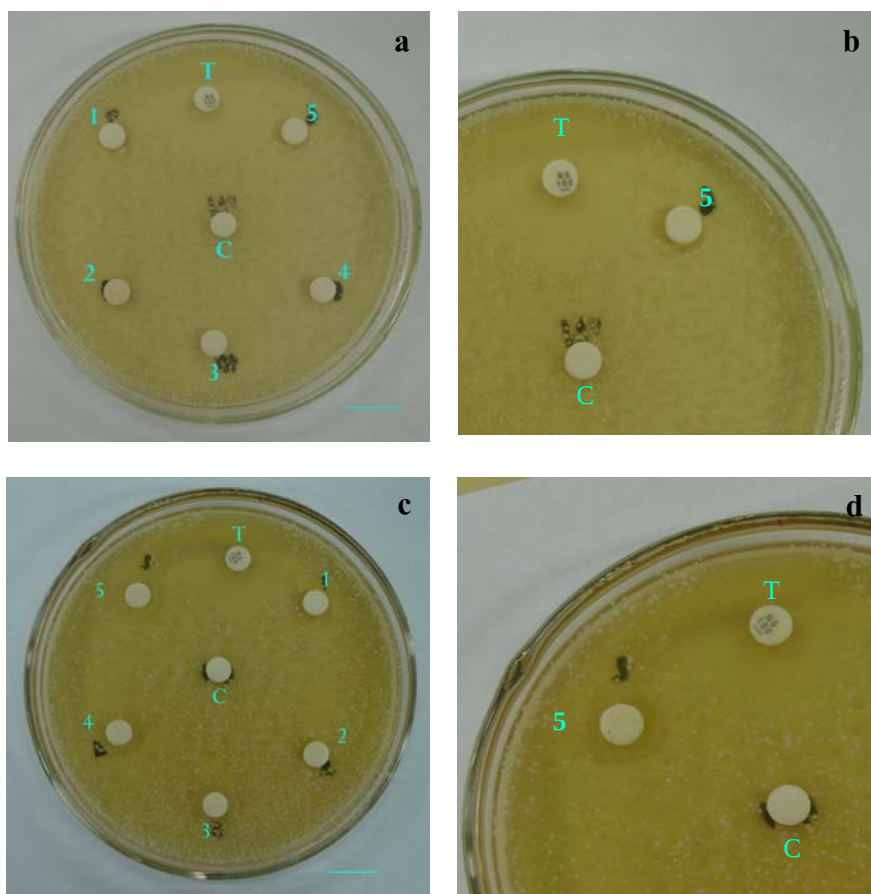
1: สารสกัดเข้มข้น 0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

2: สารสกัดเข้มข้น 0.08 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

3: สารสกัดเข้มข้น 0.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

4: สารสกัดเข้มข้น 0.32 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

5: สารสกัดเข้มข้น 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 28 การเกิดโซนใสเมื่อทดสอบกับเชื้อยีสต์ *Candida albicans* ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสาร (a และ b) และจุดสำรวจบ้านเพ (c และ d)

หมายเหตุ T: nystatin เข้มข้น 100 unit

C: control

- 1: สารสกัดเข้มข้น 0.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
- 2: สารสกัดเข้มข้น 0.08 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
- 3: สารสกัดเข้มข้น 0.16 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
- 4: สารสกัดเข้มข้น 0.32 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร
- 5: สารสกัดเข้มข้น 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 6 ประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ

สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	แบคทีเรียแกรมลบ						แบคทีเรีย แกรมบวก	เชื้อราและยีสต์	
	VH	VP	VA	AH	EC	PSA	BS	AN	CA
Nystain 100 unit	x	x	x	x	x	x	x	+++	+++
Gentamicin 0.01 mg	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	x	x
C1									
0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.64	-	-	-	-	-	-	+	-	+
C2									
0.04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.16	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0.64	-	-	-	-	-	-	+	-	+

หมายเหตุ เชื้อจุลินทรีย์ : VH = *Vibrio harveyii*, VP = *V. parahaemolyticus*, *V. alginolyticus*, AH = *Aeromonas hydrophilla*, BS = *Bacillus subtilis*, EC = *Escherichia coli*, PSA = *Pseudomonas aeruginosa*, AN = *Aspergillus niger* และ CA = *Candida albicans*

C1 = สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสาร แนวหินปะการัง ตำบลแสมสาร อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

C2 = สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เก็บจากจุดสำรวจบ้านเพ ชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตำบลเพ จังหวัดระยอง

+++ = มีการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์มากที่สุด

++ = มีการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์มาก

+ = มีการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์น้อย

- = ไม่มีการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์

x = ไม่ใช้ในการทดสอบ

วิจารณ์

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของน้ำทะเล การผันแปรของลักษณะทางฟิโนโลยี และมวลชีวภาพของสาหร่ายทะเลสีเขียว *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh var. *macrophysa* (Sonder ex Kützinger) Taylor ที่พบบริเวณแนวหินปะการัง ตำบลแสมสาร อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี และที่เจริญอยู่ในบ่อซีเมนต์ร้าง หน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (EMDEC) ตำบลเพ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง เป็นระยะเวลา 12 เดือน พบตัวอย่างสาหร่ายในบริเวณจุดสำรวจแสมสาร ทั้งหมด 8 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2548 และเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน 2549 และในจุดสำรวจบ้านเพพบสาหร่ายชนิดนี้เพียง 4 เดือน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม ถึงตุลาคม 2548

1. ความผันแปรของลักษณะทางฟิโนโลยี

ลักษณะทางฟิโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่พบบริเวณแนวหินปะการัง แสมสาร จังหวัดชลบุรี และในบ่อซีเมนต์ร้าง บริเวณชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก จังหวัดระยอง ทดลัสประกอบด้วยสโตนที่อวบ แดกแขนงเป็นพุ่มแน่นในแนวระนาบหลายทิศทาง มีแขนงที่ตั้งตรงประกอบด้วยรากลึกรูปกลม หรือครึ่งวงกลมโดยไม่มีรอยคอดระหว่างก้านรากลึกรวมและเม็ดรากลึกรวม (ภาพที่ 15 a และ c) ซึ่งเป็นลักษณะของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* (Taylor, 1972) แต่มีความผันแปรของรูปร่างตามฤดูกาล สภาพแวดล้อม และแหล่งอาศัย (Taylor, 1972 ; Coppejans and Meinesz, 1988 และ Hodgson *et al.*, 2004) โดยตัวอย่างที่เก็บจากจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี ซึ่งเป็นชายหาดเปิด ตัวอย่างสาหร่ายมีลักษณะทลัสที่อวบหนา มีขนาดใหญ่ และเป็นพุ่มหนาแน่นมากกว่าตัวอย่างที่พบในจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง (ภาพที่ 14) ซึ่งในอดีตเคยมีรายงานการสำรวจพบ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* บริเวณชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก (พวน, 2535) ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับตัวอย่างจากแสมสารมากกว่าที่พบในตัวอย่างจากบ้านเพ นอกจากนี้ในบริเวณแสมสารพบตัวอย่างในระยะสืบพันธุ์ในเดือนมีนาคมและเดือนเมษายน 2549 (ภาพที่ 16) ในขณะที่ตัวอย่างจากบ้านเพไม่พบว่ามี การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา ทั้งนี้อาจเป็นเพราะสภาวะที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากในบ่อซีเมนต์ร้างที่พบสาหร่ายเป็นแหล่งน้ำกึ่งปิด มีน้ำขังและมีพื้นที่ในการเจริญเติบโตจำกัด (ภาพที่ 5 e และ f) ซึ่ง Shokita *et al.* (1991) กล่าวว่าสาหร่ายสกุล *Caulerpa* จะมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในช่วงฤดูใบไม้ผลิ ถึงฤดูร้อน แต่จะสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศเมื่ออยู่ในสภาพบ่อเลี้ยง ทลัสที่เจริญเต็มที่และ

มีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์เมื่อปล่อยเซลล์สืบพันธุ์แล้วทลัสจะสลายไปภายใน 3 ชั่วโมง และจากรายงานการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่าแกมีตที่ผสมแล้วใช้เวลาในการพัฒนาเซลล์นานกว่า 4 เดือน (Clifton and Clifton, 1999) แต่ในการศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถรายงานถึงระยะเวลาในการเจริญเติบโตเป็นทลัสของแกมีตหลังการผสมได้เพราะหลังจากเดือนเมษายน 2549 ที่พบว่ามีการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ มีฝนตกหนักในช่วงเก็บตัวอย่างในเดือนพฤษภาคมและมิถุนายน 2549 ซึ่งระดับความเค็มน้ำทะเลที่วัดได้ในช่วงนี้ลดต่ำลงจากเดือนเมษายน 2549 รวมถึงระดับน้ำทะเลที่ลดลงต่ำมากในเวลากลางวัน (ภาพที่ 3 c) ทำให้ไม่พบการเจริญของสาหร่ายในพื้นที่ศึกษาซึ่งสันนิษฐานว่าแกมีตของสาหร่ายที่ผสมกันแล้วไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาวะฝั่งแห้ง และมีอุณหภูมิสูงในตอนกลางวัน จึงทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีการแพร่กระจายลงไปในระดับน้ำที่ลึกมากขึ้น โดยอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลต่ำสุด เพราะสาหร่ายสกุลนี้ไม่สามารถทนต่อความเค็มต่ำและการฝั่งแห้งได้นาน (Lobban and Harrison, 1995)

การผันแปรลักษณะทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตามฤดูกาล และสภาพแวดล้อมที่พบในการศึกษาครั้งนี้ สอดคล้องกับรายงานการศึกษา *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ทางตอนเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลเช่นเดียวกัน (Ruitton *et al.*, 2005b) ในการศึกษานี้ตัวอย่างสาหร่ายจากแสมสารที่พบในช่วงฤดูร้อนมีความยาวแขนงและเส้นผ่าศูนย์กลางรากฐานในเดือนเมษายน 2549 มากกว่าในช่วงเดือนอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 11) ซึ่งในช่วงเวลานี้ความขุ่นของน้ำมีค่าต่ำและความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (DIN) มีค่าสูงกว่าช่วงเวลาอื่น ซึ่งทั้งสองปัจจัยมีผลต่อการสร้างและการเจริญของแขนงที่สร้างรากฐานและขนาดของเม็ตรากฐาน (นิสราภรณ์, 2544) แต่ทั้งนี้เมื่อพิจารณาในภาพรวมความยาวแขนงตลอดทั้งปี (18.70 ± 11.91 มิลลิเมตร) กลับมีค่าน้อยกว่าความยาวแขนงของตัวอย่างจากจุดสำรวจบ้านเพ (22.70 ± 11.66 มิลลิเมตร) แต่เม็ตรากฐานมีขนาดใหญ่กว่า ทั้งที่ความขุ่นของน้ำ และความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำในบริเวณแสมสารมีค่าสูงกว่าบ้านเพ ซึ่งเมื่อพิจารณาจากพื้นที่อาศัยของตัวอย่างสาหร่ายที่พบในบ่อซีเมนต์ร้าง สาหร่ายที่พบมีการเจริญตามด้านข้างของบ่อ และไม่ได้รับแสงโดยตรง จึงอาจเป็นไปได้ว่าทลัสของสาหร่ายยืดยาวออกไปเพื่อรับแสงจึงมีผลทำให้เส้นผ่าศูนย์กลางของรากฐานมีขนาดเล็กลงไปด้วย ค่าเฉลี่ยความยาวแขนงของสาหร่ายทั้งสองจุดสำรวจ มีค่าใกล้เคียงกับรายงานการศึกษาลักษณะทางสัณฐานของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่พบแพร่กระจายตามชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของไทย (พ้วน, 2535; Lewmanomont and Ogawa, 1995) แต่มีค่าสูงกว่า *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ที่พบทางตะวันตกเฉียงเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ($6 \pm 0.1 - 18 \pm 0.2$ มิลลิเมตร) ที่รายงานโดย Ruitton *et*

al. (2005b) ในขณะที่สาหร่ายชนิดเดียวกันที่พบแพร่กระจายทางตะวันออกเฉียงใต้ของทะเลเมดิเตอร์เรเนียน ในบริเวณแนวหญ้าทะเลที่ระดับความลึกของน้ำ 22 เมตร มีค่าเฉลี่ยความยาวแขนง 16.2 มิลลิเมตร ตัวอย่างที่ศึกษาจากทั้งสองจุดสำรวจมีความยาวแขนงมากกว่าความยาวแขนงของสาหร่ายทะเล *Caulerpa taxifolia* บริเวณ Cap Martin ชายฝั่งทะเลประเทศฝรั่งเศส ที่พบที่ความลึก 0-3 เมตร แต่ตัวอย่างสาหร่ายจากบริเวณแสมสารมีความยาวแขนงน้อยกว่าตัวอย่างสาหร่าย *Caulerpa taxifolia* ในประเทศฝรั่งเศสที่พบว่าการเจริญในระดับความลึก 9 เมตร ส่วนตัวอย่างจากบ้านเพมีความยาวแขนงใกล้เคียงกับสาหร่ายทะเล *Caulerpa taxifolia* บริเวณ Cape Martin ประเทศฝรั่งเศส ที่พบในระดับความลึก 9 เมตรและ *Caulerpa prolifera* บริเวณ Golfe Juan ประเทศฝรั่งเศส พบที่ความลึก 3 เมตร (Capiomont *et al.*, 2005) สำหรับเส้นผ่าศูนย์กลางรากของตัวอย่างจากบ้านเพ มีค่าใกล้เคียงกับ *Caulerpa lentillifera* ส่วนตัวอย่างจากแสมสารมีขนาดเล็กกว่า *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เคยมีรายงานในประเทศไทย (Lewmanomont and Ogawa, 1995)

3. ความผันแปรของมวลชีวภาพ

มวลชีวภาพของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่พบในแนวหินปะการัง จุดสำรวจแสมสาร และในบ่อซีเมนต์ร้าง จุดสำรวจบ้านเพนั้น มีการผันแปรตามฤดูกาลและสภาพแวดล้อม (Thibout *et al.*, 2004; Capiomont *et al.*, 2005; Ruitton *et al.*, 2005b) ในการศึกษาครั้งนี้ มวลชีวภาพของตัวอย่างสาหร่ายที่พบในจุดสำรวจแสมสารมีค่าสูงตลอดปี และสามารถเติบโตในบริเวณแนวปะการังได้ดี แต่จากรายงานการศึกษา *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียนที่พบว่าการเจริญเติบโตได้ดีและแพร่กระจายอย่างรวดเร็วตามแนวหญ้าทะเลเก่า (Ruitton *et al.*, 2005b) จากการสำรวจในบริเวณชายหาดหน้าศูนย์พัฒนาประมงชายฝั่งภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่จากที่เคยเป็นหาดทรายปนหิน มีแนวสันทราย สลับกับแนวหิน ซึ่งแนวหินเหล่านี้เป็นพื้นที่ที่ยึดเกาะของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ในอดีต แต่ปัจจุบันกลับพบว่าสาหร่ายชนิดนี้เจริญเฉพาะในบ่อซีเมนต์ร้าง เนื่องจากในบริเวณชายหาดหน้าศูนย์ประมงชายฝั่งมีการทับถมของตะกอนมากขึ้นแนวหินที่เคยเป็นที่ยึดเกาะของสาหร่ายที่มีหลากหลายชนิด (พูน, 2535) ในปัจจุบันพบสาหร่ายเพียงบางชนิดเท่านั้นเช่น *Halimeda*, *Neomeris* และ *Padina* พื้นที่บริเวณนี้ได้ถูกตะกอนทับถมไปจนหมด (ภาพที่ 5 a และ b) ตะกอนที่ถูกพัดพามาทำให้น้ำมีความขุ่นมากขึ้นโดยเฉพาะในช่วงมรสุม ส่วนในจุดสำรวจแสมสารเป็นพื้นที่ที่มีการถ่ายเทน้ำจากชุมชน ซึ่งมีทั้งฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและหมู่บ้านชาวประมง (ภาพที่ 4) เช่นเดียวกับบริเวณชายหาดหน้าศูนย์พัฒนาประมงชายฝั่งตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นพื้นที่ประกอบกิจกรรมทางการประมง แต่

มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่เพื่อพัฒนาเป็นสถานที่ท่องเที่ยวทำให้สารอินทรีย์และสารอนินทรีย์จากกิจกรรมเหล่านี้มีการระบายลงสู่ทะเลในบริเวณที่ศึกษา

มวลชีวภาพของสาหร่ายในบริเวณแสมสารมีช่วงการเจริญ 2 ช่วง (ภาพที่ 23) คือช่วงแรกระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2548 และช่วงที่สองระหว่างเดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน 2549 โดยมีมวลชีวภาพสูงสุดในช่วงเดือนมีนาคมและเมษายน 2549 เมื่อน้ำทะเลมีความเค็ม 34 ‰ และในภาพรวมตลอดทั้งปีตัวอย่างสาหร่ายในบริเวณแสมสารมีค่ามวลชีวภาพสูงกว่าที่พบในบริเวณบ่อซีเมนต์ร้างอย่างเห็นได้ชัด ตัวอย่างสาหร่ายที่พบทั้งสองแห่งมีการเจริญในช่วงฤดูฝน (เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548) เมื่อความเค็มของน้ำเท่ากับ 33 ‰ ซึ่งใกล้เคียงกับที่เคยมีการศึกษาใน *Caulerpa lentillifera* ที่สามารถเจริญได้ที่ความเค็ม 30-40 ‰ แต่จะเจริญได้ดีที่ความเค็ม 30 ‰ (นิสราภรณ์, 2544; สุวรรณ และคณะ, 2550) การสำรวจในบริเวณจุดสำรวจแสมสารช่วงเดือนพฤษภาคม และมิถุนายนนั้น มีฝนตกหนักตลอดเวลาในช่วงที่เก็บตัวอย่าง และไม่พบตัวอย่างสาหร่ายเจริญในเขตน้ำขึ้น-ลง ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่าในช่วงเดือนพฤษภาคม และมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจแสมสารนั้น สาหร่ายมีการกระจายออกไปเจริญเติบโตนอกแนวปะการังในระดับต่ำกว่าน้ำทะเลต่ำสุด เนื่องจากบริเวณใกล้ชายฝั่ง น้ำที่มีความเค็มต่ำจะทำให้เซลล์ของสาหร่าย *Caulerpa* ชนิดนี้ซึ่งมีความยืดหยุ่นต่ำถูกขาดได้ง่ายและตายไปในที่สุด (Lobban and Harrison., 1995) สอดคล้องกับรายงานของ Horstman (1983) ที่พบว่า *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* ที่มีการสังเคราะห์แสงลดลงเมื่อความเค็มลดลง อย่างไรก็ตาม การศึกษาในครั้งนี้ความสัมพันธ์ (r) ระหว่างคุณสมบัติ น้ำและมวลชีวภาพของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ในจุดสำรวจแสมสารไม่แสดงถึงความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือเชิงลบกับความเค็มของน้ำ ($P < 0.05$) เมื่อความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำมีค่าสูง มวลชีวภาพของสาหร่ายมีค่าสูงเช่นเดียวกัน ซึ่งตรงกับช่วงเดือนมีนาคม และเมษายน 2549 และมวลชีวภาพของสาหร่ายแสดงความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับความเข้มข้นอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ ($P < 0.05$) (ตารางผนวกที่ 17) ผลการศึกษา สอดคล้องกับ Jimenez *et al.* (1996) ซึ่งรายงานว่าสาหร่าย *Caulerpa racemosa* มีอัตราการดูดซับธาตุอาหารไนโตรเจนสูงสุดในช่วงฤดูร้อน และให้ผลผลิตสูงสุด 40 กรัม น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร และสอดคล้องกับรายงานการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Caulerpa lentillifera* ที่เลี้ยงในน้ำทะเลธรรมชาติผสมกับน้ำที่จากการเลี้ยงปลาพบว่าการอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าการเลี้ยงในน้ำทะเลธรรมชาติเพียงอย่างเดียวเพราะน้ำที่จากการเลี้ยงปลาประกอบด้วยธาตุอาหารที่จำเป็น โดยเฉพาะสารประกอบไนโตรเจน และพบว่าเมื่อความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำ (DIN) ลดลง การเจริญเติบโตของสาหร่ายลดลงด้วย (นิสราภรณ์, 2544) นอกจากนี้จากรายงานการทดลองของ Paul and Nys (2008) ที่พบว่า *Caulerpa racemosa* และ *Caulerpa racemosa* var.

laetevirens มีอัตราการเจริญสูงถึง 8 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน มีน้ำหนักเพิ่มเป็น 4 เท่าจากน้ำหนักเริ่มต้นในสภาวะการเลี้ยงที่มีธาตุอาหารไนโตรเจนสูงที่ความเข้มข้นไนโตรเจน 1.4 มิลลิกรัมต่อลิตร ในขณะที่ *Caulerpa lentillifera* มีอัตราการเจริญ 3 เปอร์เซ็นต์ต่อวัน และมีน้ำหนักเพิ่มเป็น 2 เท่าของน้ำหนักเริ่มต้นในระยะเวลา 19 วัน และเมื่อเลี้ยงที่ระดับความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน 4 มิลลิกรัมต่อลิตรทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีอัตราการเจริญเติบโตดีกว่าที่ระดับความเข้มข้นของไนเตรท-ไนโตรเจน 1 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (สันติ, 2546)

นอกจากความเข้มข้นของอนินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำจะมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* แล้ว อุณหภูมิและความเข้มแสงยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายในสกุลนี้ด้วย โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวนี้ขึ้นอยู่กับช่วงระหว่าง 30-35 องศาเซลเซียส (ศรีสม, 2546) จากการศึกษาในครั้งนี้ ในช่วงเมษายน 2549 ที่อุณหภูมิสูงสุด (36 องศาเซลเซียส) เป็นช่วงที่สาหร่ายมีมวลชีวภาพสูงที่สุด (ภาพที่ 23) ในขณะที่ผลการศึกษามวลชีวภาพของ *Caulerpa racemosa* ทางตอนเหนือของทะเลเมดิเตอร์เรเนียนพบว่ามีความมวลชีวภาพสูงที่สุดในช่วงที่อุณหภูมิประมาณ 20 องศาเซลเซียส (Capiomont *et al.*, 2005) ซึ่งอุณหภูมินี้มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงของสาหร่ายแตกต่างกัน ดังเช่นผลการศึกษาของ Gacia *et al.* (1996a) พบว่าค่า P_{max} (Photosynthetic capacity) ที่ตรวจวัดใน *Caulerpa taxifolia* ที่เจริญในเขตอบอุ่นในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน มีค่าสูงสุดที่อุณหภูมิ 17 องศาเซลเซียส รองลงมาที่ 23 องศาเซลเซียส ซึ่งมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับช่วงฤดูหนาวของจุดสำรวจแสมสาร (21 องศาเซลเซียส) และอุณหภูมิมิวน้ำต่ำสุดในรอบปีของจุดสำรวจแสมสารคือในช่วงเดือนมกราคม 2549 (ตารางผนวกที่ ค1) มีค่ามวลชีวภาพที่ต่ำกว่าในช่วงที่อุณหภูมิสูงที่สุดในรอบปี ทั้งนี้ปัจจัยที่อาจมีผลทำให้มวลชีวภาพมีการเปลี่ยนแปลงอีกประการหนึ่งน่าจะเป็นความขุ่นที่มีค่าสูงในช่วงฤดูหนาว และมีค่าต่ำแตกต่างกันเห็นได้ชัดในช่วงฤดูร้อน ซึ่งในช่วงฤดูร้อนน้ำลงในตอนกลางวัน ช่วงน้ำลงเป็นช่วงที่ได้รับแสงเต็มที่เพียงพอต่อการสังเคราะห์แสง ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงที่สูงทำให้สาหร่ายมีการเจริญที่สูง (สมบุญ, 2544; นิตยา, 2549) ตรงข้ามกับรายงานของนิสราภรณ์ (2544) ที่พบว่า อัตราการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* มีค่าสูงที่ความเข้มแสงต่ำ ซึ่งในสภาพธรรมชาติ ความขุ่นของน้ำในช่วงฤดูร้อนของจุดสำรวจแสมสาร ไม่ได้ทำให้สาหร่ายได้รับอันตรายจากความเข้มแสงที่มากเกินไป ทำให้มีมวลชีวภาพสูงที่สุดในรอบปี ซึ่งจากผลการศึกษาไม่พบว่ามีความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและมวลชีวภาพสาหร่ายที่เจริญในบริเวณแสมสาร

เนื่องจากในประเทศไทยและบริเวณใกล้เคียงไม่พบรายงานการศึกษาถึงมวลชีวภาพของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophyta* ที่แพร่กระจายในธรรมชาติ ซึ่งส่วนมากมีการศึกษาใน

ประเทศแถบชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน เนื่องจากปัญหาการเจริญเติบโตและแพร่ขยายอาณาเขตอย่างรวดเร็วจนมีผลกระทบกับสาหร่ายและพืชน้ำชนิดอื่นๆ โดยเฉพาะหญ้าทะเลซึ่งเป็นชนิดดั้งเดิม (Gacia *et al.*, 1996a; Ruitton *et al.*, 2005a) อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาครั้งนี้มวลชีวภาพของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ที่พบทั้งในบริเวณแสมสารและบ้านเพมีค่าเฉลี่ยในทุกๆ เดือนสูงกว่า *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* ที่พบบริเวณชายฝั่งประเทศฝรั่งเศส ในทะเลเมดิเตอร์เรเนียน (Capiomont *et al.*, 2005) ที่ได้รายงานไว้ในปี ค.ศ. 2002 *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* มีมวลชีวภาพสูงสุด (40.1 ± 16.6 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ในช่วงเดือนสิงหาคม เมื่ออุณหภูมิน้ำทะเลอยู่ในช่วง 20-22 องศาเซลเซียส แต่มีค่าต่ำกว่าที่เคยมีรายงานไว้ในบริเวณเดียวกัน ในปี 1999 ซึ่งมีมวลชีวภาพสูงสุด ในช่วงเดือนเดียวกัน (518.4 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) แต่ไม่มีรายงานถึงอุณหภูมิน้ำทะเล (Thibaut *et al.*, 2004)

4. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีบางประการและการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa*

ถึงแม้ในปัจจุบันจะมีการศึกษาสารสกัดโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายอย่างแพร่หลายในสาหร่ายหลายชนิด ทั้งในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีแดง และสาหร่ายสีน้ำตาล ประกอบกับวิธีการที่แตกต่างกัน ทำให้ปริมาณและองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากสาหร่ายแต่ละชนิดแตกต่างกันไปด้วย ในการศึกษาสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์จาก *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* นั้นพบว่ายังไม่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ที่ได้จากการสกัดด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมงนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาและสถานที่ตลอด 12 เดือนที่ทำการศึกษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ 7 – 9) โดยพบว่ามีความเฉลี่ยปริมาณสารสกัดมากที่สุดจากสาหร่ายในจุดสำรวจแสมสารในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำ เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาของ Ghosh *et al.* (2004) ที่รายงานว่า *Caulerpa racemosa* ในประเทศอินเดียให้ปริมาณโพลีแซคคาไรด์ 20 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสกัดด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที (ตารางที่ 4)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ในช่วงที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 30.27 ± 0.02 ถึง 37.31 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์ (ตารางผนวกที่ ค5) ซึ่งใกล้เคียงกับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่มีการศึกษาใน *Caulerpa racemosa* จากชายฝั่งประเทศอินเดีย (33 เปอร์เซ็นต์) (Ghosh *et al.*, 2004) ถึงแม้ว่าจะมีปริมาณสารสกัดหยาบที่น้อยกว่ามาก นอกจากนั้นยังมีค่ามากกว่า

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตจาก *Caulerpa racemosa* (14.7 เปอร์เซ็นต์) และ *Caulerpa lentillifera* (12.8 เปอร์เซ็นต์) จากบริเวณ Darwin Harbour ทางตอนเหนือของออสเตรเลีย (Renaud and Luong-Van, 2006) และมีค่ามากกว่า *Caulerpa racemosa* var. *macrophyta* ที่เคยมีรายงานในสาหร่ายที่ศึกษาในประเทศไทย (25.83 เปอร์เซ็นต์) (Chirapart *et al.*, 2007) แต่จากการศึกษาในครั้งนี้กลับพบปริมาณน้อยกว่าเมื่อเทียบกับสาหร่ายในกลุ่มสีเขียวชนิดอื่น อย่างเช่น *Ulva pertusa* (Pengzhan *et al.*, 2003) *Codium vermilara* (Ciancia *et al.*, 2007) โดยเฉพาะจากรายงานของ Athukorala (2007) ที่พบว่าใน *Codium* มีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4) การศึกษาในครั้งนี้แสดงถึงความแตกต่างของปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดตามระยะเวลาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ง10 และ ง11) ซึ่ง Renaud and Luong-Van (2006) รายงานไว้ว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตจาก *Caulerpa racemosa* และ *Neomeris van-bosseae* Howe มีความแตกต่างกันในช่วงฤดูที่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ในการศึกษานี้กลับไม่พบความแตกต่างระหว่างปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลิแซคคาไรด์จากสาหร่ายระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ (ตารางผนวกที่ ง12)

สำหรับปริมาณซัลเฟตพบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาทั้งในจุดสำรวจแสมสารและจุดสำรวจบ้านเพ (ตารางผนวกที่ ง13 และ ง14) แต่กลับมีความแตกต่างกันของปริมาณซัลเฟตเมื่อเปรียบเทียบกันตามพื้นที่ โดยพบว่าในจุดสำรวจแสมสารมีค่าเฉลี่ยของปริมาณซัลเฟต มากกว่าจุดสำรวจบ้านเพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางผนวกที่ ง15) ในการศึกษาครั้งนี้ ปริมาณซัลเฟตของสารสกัดหยาบจากทั้ง 2 แห่ง มีค่าน้อยกว่าปริมาณซัลเฟต ในสารสกัดโพลิแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyta* จากประเทศอินเดีย (Ghosh *et al.*, 2004) แต่มีค่าใกล้เคียงกับปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลิแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa* ชนิดต่างๆที่เคยมีการศึกษาในประเทศไทย (Chirapart *et al.*, 2007) (ตารางที่ 4)

ปริมาณสารสกัดหยาบโพลิแซคคาไรด์และองค์ประกอบทางเคมีของสาหร่ายนั้นมีความผันแปรไปตามปัจจัยแวดล้อม (Lahaye and Rochas, 1991) และแหล่งที่พบสาหร่าย (Mao *et al.*, 2006) อย่างไรก็ตามในการศึกษาในครั้งนี้ไม่พบที่มีความสัมพันธ์ระหว่างมวลชีวภาพกับปริมาณสารสกัดหยาบโพลิแซคคาไรด์ของสาหร่ายชนิดนี้ในจุดสำรวจแสมสาร แต่พบว่ามีปริมาณสารสกัดหยาบโพลิแซคคาไรด์มีความสัมพันธ์ในเชิงลบกับอุณหภูมิผิวน้ำในจุดสำรวจแสมสาร ($r=-0.47$, $p<0.05$) (ตารางผนวกที่ ง 18) และยังพบว่าปริมาณคาร์โบไฮเดรตของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyta* ในจุดสำรวจแสมสาร มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติของน้ำบางประการ โดยเฉพาะปริมาณธาตุอาหาร (ตารางผนวกที่ ง 18) ซึ่งมีส่วนสำคัญในการสร้างและสะสมโพลิแซคคาไรด์

และคาร์โบไฮเดรตที่เป็นผลผลิตขั้นต้นที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง (Percival and McDowell, 1967)

สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในการศึกษาครั้งนี้มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus subtilis* และเชื้อยีสต์ *Candida albicans* โดยไม่มีผลในการยับยั้งแบคทีเรียแกรมลบ และเชื้อรา แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียน้อยมาก เมื่อเทียบกับสารปฏิชีวนะที่ใช้เปรียบเทียบ เช่นเดียวกับรายงานของ Chotigeat *et al.* (2004) ที่ทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในกุ้งขาวโดยใช้สารสกัดซัลเฟตโพลีแซคคาไรด์กลุ่ม Fucoidan จากสาหร่ายสีน้ำตาล *Sargassum polycystum* แต่ในการศึกษาสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* ที่มีผลในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์นั้นยังไม่พบว่ามีผลที่สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียชนิดใดๆ เท่าที่มีการศึกษาประสิทธิภาพจากสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายสกุล *Caulerpa* นั้นส่วนใหญ่เน้นไปที่การศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งไวรัส ยับยั้งการเจริญตัวของเชื้อเห็บ (Ghosh *et al.*, 2004; Lee *et al.*, 2004) และในการศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ของสาหร่ายสกุล *Caulerpa* จะเน้นการศึกษาในสารประกอบทุติยภูมิมากกว่าสารประกอบปฐมภูมิอย่างสารสกัดโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งจะให้ผลผลิตแตกต่างกัน สารประกอบที่เป็นสารทุติยภูมิจะประกอบด้วยสารจำพวก polyphenol และสารละลายประเภทรงควัตถุ ซึ่งสารในกลุ่มนี้มีรายงานในการทดสอบการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ทั้งแกรมบวกและแกรมลบใน *Caulerpa lentillifera* ที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus* sp. (วนิดา, 2545 โสมลดาและคณะ, 2550) และแบคทีเรียแกรมลบ *Vibrio* sp. โดยไม่มีความแตกต่างของบริเวณที่เกิดการยับยั้ง แต่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งน้อยกว่ายาปฏิชีวนะที่ใช้ในการควบคุมแบคทีเรีย (โสมลดา และคณะ, 2550) และสารสกัดจากสาหร่ายจะมีความสามารถในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกได้ดีกว่า เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของผนังเซลล์ของแบคทีเรียแกรมลบมีความสลับซับซ้อนกว่าแบคทีเรียแกรมบวก (นงค์ลักษณ์และปรีชา, 2539)

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การสำรวจสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากแนวหินปะการัง ตำบล แสมสาร อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี พบตัวอย่างสาหร่ายเจริญตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 และเดือนมกราคมถึงเมษายน 2549 ในขณะที่บริเวณหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทย ฟังตะวันออก ตำบลเพ อำเภอมือ จังหวัดระยองนั้นมีช่วงเวลาเพียง 4 เดือน คือในช่วงเดือน กรกฎาคมถึงตุลาคม 2548 และพบเฉพาะในบ่อซีเมนต์ร้าง ส่วนบริเวณชายหาดนั้นไม่พบการเจริญของสาหร่ายชนิดนี้

สมบัติของน้ำในบริเวณจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี มีอุณหภูมิผิวน้ำในช่วงเดือน มีนาคม และเมษายน 2549 ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำในช่วงเดือนเมษายน 2549 และความเค็มของน้ำในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเมษายน 2549 มีค่าเกินจากมาตรฐานกำหนดไว้ (กรมควบคุม มลพิษ, 2547ก) ส่วนในบ่อซีเมนต์ร้าง ชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทย ฟัง ตะวันออก (EMDEC) จังหวัดระยอง มีอุณหภูมิผิวน้ำในช่วงเดือนมีนาคม เมษายน และพฤษภาคม 2549 และความเค็มของน้ำในเดือนมีนาคม 2549 มีค่าเกินจากมาตรฐานกำหนดไว้ (กรมควบคุม มลพิษ, 2547ข)

ลักษณะรูปร่างภายนอกของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในบริเวณหาดแสมสาร จังหวัดชลบุรี มีท่กลีบอวบใหญ่ แตกแขนงและสร้างรากลึกลงหนาแน่น ภายในเซลล์มีไพรินอยด์ รูปร่างค่อนข้างกลมบนคลอโรพลาสต์ นอกจากนี้ยังพบการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ในเดือนมีนาคม และ เมษายน 2549 สาหร่ายชนิดนี้สร้างเซลล์สืบพันธุ์ในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ซึ่งแตกต่างจาก สาหร่ายชนิดเดียวกันที่เจริญในบ้านเพ ซึ่งมีการแตกแขนงน้อย ท่กลีบยืดยาว มีการสร้างรากลึกลงที่ มีขนาดเล็กและไม่หนาแน่น และเป็นที่น่าสังเกตว่าไม่พบไพรินอยด์บนคลอโรพลาสต์อันเป็น ลักษณะสำคัญของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* และไม่พบการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

จากการศึกษาลักษณะทางฟีโนโลยี ระยะห่างของแขนงเป็นลักษณะที่ได้รับผลกระทบจาก ปัจจัยแวดล้อมน้อย ระยะห่างของการแตกแขนงค่อนข้างคงที่ และไม่มีการแตกแขนงย่อย แม้ใน ลักษณะที่แตกต่างกันของแหล่งที่อยู่อาศัย เช่นในบริเวณที่เป็นชายหาดเปิด แนวหินปะการัง ตำบล

แสมสาร อำเภอมือ จังหวัดชลบุรี และแหล่งน้ำกึ่งปิดเช่นในบ้านเพ ชายหาดหน้าศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงทะเลอ่าวไทยฝั่งตะวันออก ตำบลเพ อำเภอมือ จังหวัดระยอง

มวลชีวภาพของสาหร่ายที่ศึกษาในบริเวณหาดแสมสารมีค่าเฉลี่ยตลอดทั้งปี (139.29 ± 85.24 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) สูงกว่าในจุดสำรวจบ้านเพ (100.42 ± 64.50 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) โดยมีความสม่ำเสมอของมวลชีวภาพมากกว่าและให้มวลชีวภาพสูงสุด (185.25 ± 55.03 กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร) ในเดือนเมษายน 2549

สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดจากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เก็บจากแสมสารและบ้านเพในแต่ละเดือนมีปริมาณไม่แตกต่างกัน โดยตัวอย่างสาหร่ายจากแสมสารให้ปริมาณสารสกัดสูงสุด (0.87 ± 0.09 เปอร์เซ็นต์) ในเดือนกุมภาพันธ์ 2549 ส่วนสาหร่ายจากบ้านเพในปริมาณสูงสุดในเดือนกันยายน 2548 (0.61 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ในทุกเดือนจากแสมสารและบ้านเพมีปริมาณแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณะดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดย มีปริมาณสูงสุดในเดือนตุลาคม 2548 (35.94 ± 0.58 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากบ้านเพที่มีปริมาณสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2548 (37.31 ± 1.12 เปอร์เซ็นต์)

ปริมาณซัลเฟตของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ที่เก็บจากแสมสารและบ้านเพในทุกเดือนมีปริมาณไม่แตกต่างกันทางสถิติ ณะดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยปริมาณซัลเฟตของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บจากแสมสารมีปริมาณสูงสุดในเดือนเมษายน 2549 (8.03 ± 0.06 เปอร์เซ็นต์) ขณะที่บ้านเพมีปริมาณสูงสุดในเดือนสิงหาคม 2548 (7.68 ± 0.00 เปอร์เซ็นต์)

สารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ของสาหร่ายจากทั้งสองแห่งมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรียแกรมบวก *Bacillus subtilis* และ เชื้อยีสต์ *Candida albicans* ที่ความเข้มข้น 0.64 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร เช่นเดียวกัน แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่าสารปฏิชีวนะมาตรฐานที่ใช้เปรียบเทียบ

ข้อเสนอแนะ

Caulerpa racemosa var. *macrophysa* ที่ทำการศึกษาจากทั้งสองแห่งนี้มีการผันแปรของลักษณะทางฟีโนโลยีตามฤดูกาลและปัจจัยแวดล้อม แต่มีเพียงลักษณะของระยะห่างของแขนงที่มีความแน่นอนและไพรินอยด์บนคลอโรพลาสต์ที่ไม่พบในตัวอย่างสำหรับ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากบ่อซีเมนต์ร้าง จังหวัดระยอง อาจเกิดจากความไม่เหมาะสมของปัจจัยแวดล้อม หรืออาจเป็นสาหร่ายในสกุล *Caulerpa* ชนิดอื่น ซึ่งควรต้องมีการยืนยันเพื่อให้เกิดความชัดเจนโดยอาจศึกษาในด้านการแพร่กระจายทางพันธุกรรมเพิ่มเติม โดยเปรียบเทียบกับ *Caulerpa* ในชนิดและแหล่งที่หลากหลายมากกว่านี้

ในแง่ของการใช้ประโยชน์จากสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์นั้นถึงแม้ว่าจะมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียแกรมบวกและยีสต์บางชนิด แต่ยังไม่ให้ผลดีเทียบเท่ากับสารปฏิชีวนะ อย่างไรก็ตามสาหร่ายชนิดนี้ถือว่ามีมวลชีวภาพสูง และสามารถเก็บเกี่ยวได้เกือบตลอดทั้งปี จึงควรนำสาหร่ายชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ในทางอื่นโดยอาจศึกษาเพิ่มเติมในแง่ของความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ หรือยับยั้งการเจริญของไวรัส หรือกับสัตว์น้ำโดยตรง และเพื่อให้ทราบว่าสารประกอบชนิดใดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ที่มีความสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียและยีสต์ นั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงโครงสร้าง และประเภทของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ต่อไปในอนาคต

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. 2547ก. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล: จังหวัดชลบุรี.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมควบคุมมลพิษ. 2547ข. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อมทางทะเล: จังหวัดระยอง.

กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

กรมวิทยาศาสตร์. 2502ก. การสำรวจสาหร่ายทะเลบริเวณชายฝั่งตะวันออกของประเทศไทย. ข่าว

กรมวิทยาศาสตร์ 23: 2-10.

กรมวิทยาศาสตร์. 2502ข. การสำรวจสาหร่ายทะเลทางจังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย. ข่าวกรม

วิทยาศาสตร์ 25: 9-10.

กาญจนภรณ์ ลีวมโนมนต์. 2519. พรรณสาหร่ายบริเวณป่าชายเลน, น. 202-215. ใน รายงานการ

ประชุมปฏิบัติการระบบนิเวศวิทยาทางทรัพยากรธรรมชาติชายเลนครั้งที่ 1. สภาวิจัย

แห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

กาญจนภรณ์ ลีวมโนมนต์. 2527. สาหร่าย. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

กาญจนภรณ์ ลีวมโนมนต์. 2548. บริโภคสาหร่ายได้ประโยชน์อะไร. น. 5. ใน ชมรมคณะ

ปฏิบัติงานวิทยาการ อพ สธ. จุลสารคณะชมรมปฏิบัติงานวิทยาการ อพ สธ. ปีที่ 1. ฉบับ
ที่ 2.

กาญจนภรณ์ ลีวมโนมนต์, ธิดารัตน์ น้อยรักษา และ ชัยรี แก้วสุริยจิต. 2550. หนังสือชุดเกาะ

คราม. เรื่อง สาหร่ายทะเลบริเวณเกาะครามและเกาะใกล้เคียง. บริษัท เวิร์ค สแควร์ จำกัด.
กรุงเทพฯ.

ชลอ ลีมสุวรรณ และ พรเลิศ จันทรรักษ์ชกุล. 2547. อุตุสาหกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. บริษัท เมจิก ฟันบลิเคชั่น จำกัด.

ณัฏฐิยา ชำนาญค้า. 2547. การใช้สาหร่ายทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์ไส้เดือนทะเลสกุล *Capitella*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงลักษณ์ สุวรรณพินิจ และ ปรีชา สุวรรณพินิจ. 2539. จุลชีววิทยาทั่วไป. สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ.

นัยนา เพชรแท้. 2529. อนุกรมวิธานของสาหร่ายทะเลที่เกาะสมุย จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิตยา เล่าหะจินดา. 2549. นิเวศวิทยา: พื้นฐานสิ่งแวดล้อมศึกษา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิสราภรณ์ ภักดีพันธ์. 2544. การเจริญเติบโตและคุณค่าทางอาหารของสาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* J. Agardh. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรจง เทียนส่งรัมย์ และ บุญรัตน์ ประทุมชาติ. 2550. ปูทะเล: ชีววิทยา การอนุรักษ์ทรัพยากร และการเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์แบบยั่งยืน. เอกสารเผยแพร่เครือข่ายวิจัยและพัฒนา “อุตสาหกรรมพืชและสัตว์น้ำ” ชุดที่ 3. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ประยูร หงส์รัตน์, ชลอ ลิมสุวรรณ, นิติ ชูเชิด และ ชัยรี แก้วสุริยจิต. 2549. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่. เอกสารเผยแพร่สำหรับเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง ปี 2549. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ.

พรพรรณ ยังเหลือ. 2528. การสำรวจสาหร่ายทะเลขนาดใหญ่ จังหวัดระยอง ปี 2526-2528. กองสำรวจแหล่งประมง กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

พ้วน เฟ่งเซ่ง. 2535. ศึกษาองค์ประกอบของชนิดของสาหร่ายทะเลที่พบในปัจจุบันกับที่พบในอดีตที่อ่าวเพ จังหวัดระยอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- มณจันทร์ เมฆชน, จารุวรรณ สมศิริ, นันทพร จารุพันธุ์ และ บพิธ จารุพันธุ์. 2542. การศึกษา
คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในภาคตะวันออกของประเทศไทย. สถาบันวิจัยและพัฒนา
แห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยนต์ มุสิก. 2531. กำลังผลิตทางชีวภาพในบ่อปลา. II. คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ.
- ลิลลี่ กาวิตะ และ ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2549. ธาตุอาหารพืช. น. 40-56. ใน ลิลลี่ กาวิตะ, มาลี ณ
นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุริยา ตันติวิวัฒน์. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วนิดา ศรีอินทร์. 2545. **ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสาหร่ายทะเลบางชนิดในการยับยั้ง
แบคทีเรียและการเป็นสารกันเหี่ยว** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วราภรณ์ แก้วไทย, วัลลภ ทิมดี, อาภรณ์ เทพพานิช และ อุทัยรัตน์ รัตนอุบล. 2547. การทดลอง
เลี้ยงสาหร่ายผสมนาง (*Gracilaria fisheries*) สาหร่ายพริกไทย (*Caulerpa lentillifera*)
สาหร่ายมงกุฎหนาม (*Acanthophora spicifera*) ในบ่อดิน. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 23/2547**.
ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจังหวัดสุราษฎร์ธานี กรมประมง, กรุงเทพฯ.
- วลีรัตน์ มุสิกสังข์ และ พุทธ ส่องแสงจินดา. 2547. ประสิทธิภาพและดุลในโตรเจนของการ
บำบัดน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งระบบหมุนเวียนโดยใช้สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J.
Agardh). **เอกสารวิชาการฉบับที่ 71/2547**. สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ กรมประมง,
กรุงเทพฯ.
- แววตา ทองระอา. 2538. ผลกระทบของโครงการพัฒนาชายฝั่งทะเลตะวันออกที่มีต่อคุณภาพน้ำ
ในแหล่งท่องเที่ยวทางทะเล. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- ศิริวรรณ คัดประเสริฐ. 2538. การใช้สาหร่ายทะเลช่วยลดปริมาณสารประกอบไนโตรเจนในน้ำทิ้ง
จากการเลี้ยงกุ้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2549. คาร์บอนเมแทบอลิซึม. น. 97-151. ใน ลิลลี่ กาวิทัះ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และ สุริยา ตันติวิวัฒน์. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมถวิล จิตจวร. 2540. **ชีววิทยาทางทะเล**. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

สมบุญ เตชะภิญญาวัฒน์. 2544. **สรีรวิทยาของพืช**. ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สันติ ปริยะวาทิ. 2546. การใช้สาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) แบบพัฒนา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

สันติ ปริยะวาทิ, พุทธ ส่องแสงจินดา, สถาพร ดิเรกบุษราคม, ปิณฑิพย์ ตันติโชค และ สมหมาย เขียววาริสัจจะ. 2546. สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh). **วารสารการประมง** 56 (5): 443-448.

สุวรรณ วรสิงห์, ธวัช ศรีวิระชัย และ จุฑารัตน์ ศิริสมบัติ. 2550. ผลของระดับความเค็มน้ำทะเลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายหนาม *Acanthophora spicifera* (Vahl) Borgesen 1910 สาหร่ายพวงองุ่น *Caulerpa lentillifera* J. Agardh 1873 และสาหร่ายไส้ไก่ *Enteromorpha clathrata* (Roth) Greville 1830. **เอกสารวิชาการฉบับที่ 25/2550**. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง, กรุงเทพฯ.

โสมลดา ประเสริฐสม, นงนุช เลาหะวิสุทธิ และ อัจฉริ เรืองเดช. 2550. ระดับความเข้มข้นของสารสกัดจากสาหร่ายพวงองุ่น (*Caulerpa lentillifera* J. Agardh) ที่มีผลต่อจำนวนสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แบคทีเรียและการตายของกุ้งขาว (*Penaeus vannamei* Boone, 1931). **เอกสารวิชาการฉบับที่ 24/2550**. สำนักวิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่ง กรมประมง, กรุงเทพฯ.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2547. การเลือกใช้ตัวทดสอบสถิติ

แหล่งที่มา: <http://www.binfodsm@nso.go.th>, 4 เมษายน 2550

อนันต์ สารยา, บรรเจิด ศีลสมรรถ, ขอดชาย วรรณสุต และ มณฑา ลอยชูศักดิ์. 2526. สหรัยที่พบในบริเวณเกาะภูเก็ต. เอกสารวิชาการฉบับที่ 24. กองประมงน้ำกร่อย กรมประมง, กรุงเทพฯ.

APHA, AWWA and WPCF (American Public Health Association, American Water Work Association, and Water Environment Federation). 1995. **Standard Method for the Examination of Water and Wastewater. 19th ed.** American Public Health Association, Washiton, D. C.

Athukorala, Y., K. W. Lee., S. K., Kim and Y. J. Jeon. 2007. Anticoagulant activity of marine green and brown algae collected from Jeju Island in Korea. **Bioresource Technology** 98: 1711-1716.

Bold, H.C. and M.J. Wynne. 1978. **Introduction to the algae.** Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey.

Booth, E., 1969. The manufacture and properties of liquid seaweed extracts, pp. 655-622. *In* **Proceedings of the Sixth International Seaweed Symposium, Santiago, Spain**

Capiomont, A., E. Breugnot. M. den Haan and A. Meinesz. 2005. Phenology of a deep-water population of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* in the northwestern Mediterranean Sea. **Botanica Marina** 48: 80-83.

Cavas, L. and K. Yurdakoc. 2005. An investigation on the antioxidant status of the invasive alga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Sonder) Verlaque, Huisman, et Boudouresque (Caulerpales, Chlorophyta) **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 325: 189-200.

- Ceccherelli, G. and F. Cinelli. 1997. Short-term effects of nutrient enrichment of the sediment and intractions between the seagrass *Cymodocea nodosa* and the introduced green alga *Caulerpa taxifolia* in a Mediterranean bay. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 217: 165-177.
- Ceccherelli, G., L. Piazzzi and D. Balata. 2002. Spead of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 280: 1-11.
- Challen, S.B. and J. C. Hemingway. 1965. Growth of higher plants in reponse to feeding with seaweed extracts. pp 120-128. *In Proceedings of the Fifth International Seaweed Symposium, Halifax, Canada*
- Chapman, V. J. 1964. **The Algae**. University of Auckland, New Zealand.
- Chapman, G. J. 1970. **Seaweed and their Uses**. Methuen and Co. Ltd., London.
- Chew, Y.L., Y. Y. Lim., M. Omar and S. K. Khoo. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. **Food Science and Technology** 41 (6): 1067-1072
- Chirapart, A. and K. Lewmanomont. 2003. Contribution to the knowledge of marine algae from Ranong, the Andaman Sea, coast of Thailand. **Natural History Bulletin of the Siam Society** 51(2): 261-272, 2003
- Chirapart, A., K. Boonprab., J. Priboon., O. Bhumibhamon., J. Phothikasikorn., Y. Akakabe., K. Matsui and T. Kajiware. 2007. Production and compositions of sulfated polysaccharides as physiological active substance from marine algae of Thailand. pp. 121-122. *In. Summary book JSPS-NRCT Unversity Program (1998-2008) on Development of Themotolerant Microbial Resources and Their Applications*. 17-20 October 2007.

Japan Society for the Promotion of Science. (JSPS) and National Research Council of Thailand. (NRCT).

Chisholm, J. R. M and J. M. Jaubert. 1997. Photoautotrophic metabolism of *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the NW Mediterranean. **Marine Ecology Progress Series** 153: 113-123.

Chotigeat, W., S. Tongsupa., K. Supamataya and A. Phongdara. 2004. Effect of fucoidan on Disease resistance of Black Tiger Shrimp. **Aquaculture** 233: 23-30.

Ciancia, M., I. Quintana, M. I. Vizcargüénaga, L. Kasulin, A. de Dios, J. M. Estevez and A. S. Cerezo. 2007. Polysaccharides from the green seaweeds *Codium fragile* and *C. vermilara* with controversial effects on hemostasis. **International Journal of Biological Macromolecules** 41: 641-649.

Clifton, K. E and L. M. Clifton. 1999. The phenology of sexual reproduction by green algae (Bryopsidales) on Caribbean coral reefs. **Journal of Phycology** 35: 24-34.

Coppejans, E. and A. Meinesz. 1988. Marine algae of Papua New Guinea (Madang Prov.) 1. Caulerpaeae (Chlorophyta-Caulerpales). **Blumea** 33 (1): 181-196.

Craigie, J. S., Z. C. Wen and J. P. van der Meer. 1984. Interspecific Intraspecific and nutritionally-determined variations in the composition of agar from *Gracilaria* spp. **Botanica Marina** 27: 55-61.

Dawes, C. J. and R. H. Goddard. 1978. Chemical composition of the wound plug and entire plants for species of the coenocytic green algae, *Caulerpa*. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology** 35 : 259-263

Dawes, C. J. 1998. **Marine Botany**. 2nd ed. John Wiley and Sons, Inc. New York.

- Dubois, M., K. A. Gilles., J. K. Hamilton., P. A. Rebers and F. Smith. 1956. Colorimetric Method for Determination of Sugar and Related Substances. **Analytical Chemistry** 28: 350-356
- Gacia, E., C. Rodríguez-Prieto, O Delgado and E. Ballesteros. 1996a. Seasonal light and temperature responses of *Caulerpa taxifolia* from the northwestern Mediterranean. **Aquatic Botany** 53: 215-225.
- Gacia, E., M. M. Littler and D. S. Littler. 1996b. The relationships between morphology and photosynthetic parameters within the polymorphic genus *Caulerpa*. **Journal of Experiment Marine Biology and Ecology** 204: 209-224.
- Ghosh, P., U. Adhikari., P. K. Ghosal., C. A. Pujol., M. J. Carlucci., E. B. Damonte and B. Ray. 2004. In vitro anti-herpetic activity of sulfated polysaccharide fractions from *Caulerpa racemosa*. **Phytochemistry** 65: 3151-3157.
- Glasby, T. M., R. G. Creese and P. T. Gibson. 2005. Experimental use of salt to control the invasive marine alga *Caulerpa taxifolia* in New South Wales, Australia. **Biological Conservation** 122: 573-580.
- Güven, K. C., B. Güvener and E. Güler. 1990. Phamacological activities of marine algae. pp. 67-92. In Akatsuka I. **Introduction to Applied Phycology**. SPB Academic Publishing by, The Hague, Natherlands.
- Hodgson, L. M., H. T. Pham, and. K. Lewmanomont. 2004. Comparison of species composition of *Caulerpa* Lamouroux and *Caulerpella* Okamura from Vietnam, Thailand, and Hawaii. pp. 21-38. In I. A. Abbott and K. J. McDermid, eds. **Taxonomy of Economic Seaweeds**, Vol. IX. California Sea Grant College System.

- Horstman, U. 1983. Cultivation of the green alga, *Caulerpa racemosa*, in tropical waters and some aspects of its physiological ecology. **Aquaculture** 32: 361-371.
- Jacobs, W. P. 1994. *Caulerpa*. **Scientific American** 271 (1-6): 101-105.
- Jimenez del Rio, M., Z. Ramazonov and G. Garcia-Reina. 1996. *Ulva rigida* (Ulvales, Chlorophyta) tank culture as biofilters for dissolved inorganic nitrogen from fish pond effluents, pp. 61-66. In S.C. Lindstrom and D. J. Chapman eds. **Proceeding of the fifteenth International Seaweed Symposium, Belgium**.
- Khan, M. T. H., A. Ather., K. D. Thomson and R. Gambari. 2005. Extract and molecules from medicinal plants against herpes simplex viruses. **Antiviral Research** 67: 107-119.
- Lahaye, M. and C. Rochas. 1991. Chemical structure and physico-chemical properties of agar. **Hydrobiologia** 221: 137-148.
- Lee, J. B., K. Hayashi, M. Maeda and T Hayashi., 2004. Antiherpatic activities of sulfated polysaccharides from green algae. **Planta Medica** 70: 813-817.
- Lewis, J . 1987. **Checklist and Bibliography of Benthic Marine Algae Recorded from Northern Australia. III. Chlorophyta**. Australian Depat. Defence, Defence Science Tech Org. Material research Lab. report 1063.
- Lewmanomont, K. 1988. **Marine algae of coral reef of Thailand**. Thai Fisheries Gazette 41 : 561-568.
- Lewmanomont, K. and H. Ogawa. 1995. **Common Seaweeds and Seagrasses of Thailand**. Faculty of Fisheries. Kasetsart University. Thailand, Bangkok.

- Lewmanomont, K., L. Wongrat and C. Supanwanid. 1995. **Algae in Thailand**. Office of Environmental policy and planning Thailand, Bangkok.
- Lobban, C. S. and P. J. Harrison. 1995. **Seaweed ecology and physiology**. Cambridge University press.
- Mao, W.J., Y. Li, L.G. Wu, H.Q. Wang, Y. Zhang, X.X. Zang and H.J Zhang. 2005. Chemical characterization and radioprotective effect of polysaccharide from *Monostroma angicava* (Chlorophyta) **Journal of Applied Phycology** 17: 349-354
- Mao, W.J., X.X. Zang, Y. Li and H.J Zhang. 2006. Sulfated polysaccharides from marine green algae *Ulva conglobata* and their anticoagulant activity. **Journal of Applied Phycology** 18: 9–14.
- Mao, W.J., H. Y. Li., Y. Li., H. J. Zhang., X. H. Qi., H. H. Sun., Y. Chen and S. D. Guo. 2009. Chemical characteristic and anticoagulant activity of the sulfated polysaccharide isolated from *Monostroma latissimum* (Chlorophyta). **International Journal of Biological Macromolecules** 44 (1): 70-74.
- Nisizawa, K. 2002. **Seaweeds kaiso: bountiful harvest from the seas: sustenance for health & well being by preventing common life-style related diseases**. Japan Seaweed Association. Japan.
- Mayakun, J. and A. Prathep. 2005. Seasonal variations in diversity and abundance of macroalgae at Samui Island, Surat Thani Province, Thailand. **Songklanakarin Journal of Science and Technology** 27 (Suppl. 3): 653-663.
- Panayotidis, P. and A. Uljevi. 2001. Sexual reproduction of the invasive green alga *Caulerpa racemosa* var. *occidentalis* in the Mediterranean Sea. **Oceanologica Acta** 24: 199-203.

- Paul, N.A. and R. de Nys. 2008. Promise and pitfalls of locally abundant seaweeds as biofilters for integrated aquaculture. **Aquaculture** 281: 49-55.
- Pengzhan, Y., Q. Zhang, N. Li, Z. H. Xu, Y. M. Wang and Z. L. Li. 2003. Polysaccharide from *Ulva pertusa* (Chlorophyta) and preliminary studies on their antihyperlipidemia activity. **Journal of Applied Phycology** 15: 21-27.
- Percival., E. and R. H. McDowell. 1967. **Chemistry and Enzymolgy of Marine Algae Polysaccharides**. Academic press Inc. (Londom) Ltd. New York.
- Pickering, T. and S. Mario. 1999. Survey of commercial seaweed in South East Viti Levu (Fiji Island): A Preliminary Study on Farming Potential of Seaweed Species Present in Fiji. **FAO Field Document No. 1**.
- Ratana-arporn, P and A. Chirapart. 2006. Nutritional evaluation of tropical green seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. **Kasetsart Journal** (Natural Science) 40 (Supl.): 75-83.
- Renaud, S. M. and J. T. Luong-Van. 2006. Seasonal variation in the chemical composition of tropical Australian marine macroalgae. **Journal of Applied Phycology** 18: 381-387.
- Renoncourt, L. and A. Meinesz. 2002. Formation of propagules on an invasive strain of *Caulerpa racemosa* (Chlorophyta) in the Mediterranean Sea. **Phycologia** 41: 533-535.
- Ruitton, S., F. Javel., J. M. Culioli., A. Meinesz., G. Pergent and M. Verlaqua. 2005a. First assessment of the *Caulerpa racemosa* (Caulerpales, Chlorophyta) invasive along the French Mediterranean coast. **Marine Pollution Bulletin** 50: 1061-1068.

- Ruitton, S., M. Verlaque and C. F. Boudouresque. 2005b. Seasonal changes of the introduced *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* (Caulerpales, Chlorophyta) at the northwest limit of its Mediterranean range. **Aquatic Botany** 82: 55-70.
- Schaffelke., B., N. Murphy and S. Uthicke. 2002. Using genetic techniques to investigate the sources of the invasive alga *Caulerpa taxifolia* in three new locations in Australia. **Marine Pollution Bulletin** 44 (3): 204-210.
- Shokita, S., K. Kakazu., A. Tomori and T Toma. 1991. **Aquaculture in Tropical Areas Midori shobo**, Japan.
- Silva, P.C. 1982. Chlorophyceae. pp. 133-161. In Parker, S. P. **Synopsis and Classification of Living Organism, vol. 1**. McGraw-Hill, New York.
- Smit, A. 2004. Medicinal and pharmaceutical uses of seaweed natural product: A review. **Jounal of Applied Phycology** 16: 245-262.
- Taylor, W. R. 1972. **Marine algae of the eastern tropical and subtropical coast of the America**. The University of Michigan press.
- Thibaut, T., A. Meinesz and P. Coquillard. 2004. Biomass seasonality of *Caulerpa taxifolia* in the Mediteranean Sea. **Aquatic Botany** 80: 291-297.
- Toma, T. 1987. *Caulerpa lentillifera*, pp. 45-55. In S. Shokito and M. Yamagichi eds. **Aquaculture in Tropical Areas Midori shobo**, Japan.
- Tonguthai., K., S. Chinabut., T. Somsiri., P. Chanratchakool and S. Kanchanakhan. 1999. **Diagnostic Procedures for Finfihs Diseases**. Aquatic Animal Health Research Institute (AAHRI). Department of Fiferies Kasetsart University Campus. Bangkok.

Trono, G. C., Jr. and E. T. Ganzon-Fortes. 1988. **Philippine Seaweed**. National Bookstore Inc. Metro Manila, Philippines.

Waaland, J.K. 1977. **Common Seaweed of the Pacific Coast**. Pacific Search Press/Nature.

Williams, S. L. and E. D. Grosholz. 2002. Preliminary reports from the *Caulerpa taxifolia* invasion in southern California. **Marine Ecology Progress Series** 233: 307-310.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์สมบัติของน้ำทะเล

การเก็บรักษาน้ำตัวอย่าง

เก็บน้ำทะเลใส่ขวดพลาสติกสีขาว นำน้ำตัวอย่างกรองผ่านกระดาษกรองขนาด 0.45 ไมครอน และเก็บรักษาไว้ในตู้แช่แข็งที่ - 20 องศาเซลเซียส และก่อนนำมาวิเคราะห์ให้ทิ้งไว้จนน้ำตัวอย่างมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง

1. วิธีวิเคราะห์ความเป็นด่างของน้ำ โดยวิธี sulfuric acid titrimetric method (APHA, AWWA and WPCF, 1995)

1.1 สารเคมี

1.1.1 สารละลายเมทิลออเรนจ์อินดิเคเตอร์ (methyl orange indicator solution)

ละลาย methyl orange 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

1.1.2 สารละลายฟีนอล์ฟทาเลอินดิเคเตอร์ (phenolphthalein indicator solution)

ละลาย phenolphthalein 0.5 กรัม ใน ethyl alcohol 95 % ปริมาตร 50 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร

1.1.3 สารละลายมาตรฐานโซเดียมคาร์บอเนต (standard sodium carbonate solution)

ความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล

ละลาย anhydrous Na_2CO_3 (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วทำให้เย็นในเดสซิเคเตอร์) จำนวน 1.06 กรัม ในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มจนเดือดแล้วทิ้งให้เย็น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น สารละลายชนิดนี้ต้องใช้ภายในสองชั่วโมงหลังจากเตรียม

1.1.4 สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริก (standard sulfuric acid solution) ความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

เตรียมสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล โดยละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 2.8 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร หลังจากนั้นนำกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล ปริมาตร 200 มิลลิลิตร มาเจือจางในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดและทิ้งไว้ให้เย็นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร จะได้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล

1.2 การเตรียมมาตรฐานสารละลายกรดซัลฟิวริก (standardization sulfuric acid solution)

นำสารละลาย Na_2CO_3 ความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล ปริมาตร 20 มิลลิลิตร เติมน้ำที่ต้มให้เดือดและทิ้งไว้ให้เย็นแล้ว 80 มิลลิลิตร หยด methyl orange indicator solution 4-8 หยด นำไปไทเทรตด้วย สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยา ซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนสีจากสีเหลืองเป็นสีส้ม คำนวณความเข้มข้นในหน่วยนอร์มอล (N) ของกรดซัลฟิวริก

1.3 การวิเคราะห์

การวัด phenolphthalein alkalinity โดยตวงตัวอย่างน้ำมา 100 มิลลิลิตร หยดสารละลายฟีนอล์ฟทาเลอินอินดิเคเตอร์ 2-4 หยด ถ้าตัวอย่างมีสีชมพูแสดงว่ามี phenolphthalein alkalinity จึงไทเทรตด้วย สารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีชมพูเป็นใสไม่มีสี แล้วทำการวิเคราะห์ methyl orange alkalinity ต่อโดยหยดสารละลายเมทิลออเรนจ์อินดิเคเตอร์ 4-8 หยด จะได้สารละลายสีเหลืองใสจากนั้นจึงไทเทรตต่อด้วยสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 นอร์มอล จนสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นสีส้ม นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ความเป็นด่างฟีนอล์ฟธาไลน์ (mg CaCO}_3\text{/l)} = \frac{A * N * 50 * 1,000}{V}$$

$$\text{ความเป็นด่างรวม (mg CaCO}_3\text{/l)} = \frac{B * N * 50 * 1,000}{V}$$

เมื่อ A = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ที่ไทเทรตถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาฟีนอล์ฟธาไลน์ (มิลลิลิตร)

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.02 นอร์มัล ที่ไทเทรตถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาเมทิลออเรนจ์ (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรน้ำตัวอย่างที่ใช้ (มิลลิลิตร)

N = ความเข้มข้นในหน่วยนอร์มัล (N) ของกรดซัลฟิวริกจากการคำนวณ

2. วิธีวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ (APHA, AWWA and WPCF, 1995)

2.1 สารเคมี

2.1.1 สารละลาย NH₄Cl

ละลาย NH₄Cl จำนวน 16.9 กรัม ในแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น (conc. NH₄OH) ปริมาตร 143 มิลลิลิตร จากนั้นละลาย disodium salt EDTA จำนวน 1.179 กรัม และ MgCl₂·6H₂O จำนวน 0.644 กรัม (ถ้าไม่มี MgCl₂·6H₂O สามารถใช้ MgSO₄·7H₂O จำนวน 0.78 กรัม) ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร นำสารทั้งสองตัวผสมกันแล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 250 มิลลิลิตร

2.1.2 สีย้อมโครม แบลค ที อินดิเคเตอร์ (Eriochrome Black T indicator)

ผสม Eriochrome Black T จำนวน 0.5 กรัม กับ NaCl ที่บดละเอียดจำนวน 100 กรัม

2.1.3 สารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต (standard calcium solution) ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์

ละลาย anhydrous CaCO_3 จำนวน 1 กรัม (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และทำให้เย็นในโถดูดความชื้น) ในกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรจนหมด จากนั้นเติมน้ำกลั่นจำนวน 200 มิลลิลิตร นำไปกำจัดคาร์บอนไดออกไซด์อิสระด้วยการต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ประมาณ 5-10 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น ปรับ pH ให้เป็น 7 โดยใช้สารละลาย NH_4OH เข้มข้น 3 นอร์มัล ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร (ซึ่งสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนต 1 มิลลิลิตร มี CaCO_3 จำนวน 1 มิลลิกรัม)

2.1.4 สารละลายมาตรฐาน EDTA (standard EDTA solution) ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์

ละลาย disodium salt EDTA จำนวน 3.723 กรัม ในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปทำปฏิกิริยาโดยการไตเตรทกับสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ โดยวัดปริมาตรของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายมาตรฐาน EDTA ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร และคำนวณมิลลิกรัมของ CaCO_3 โดย 1 มิลลิลิตรของสารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ = 1 มิลลิกรัม CaCO_3

2.2 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

นำน้ำตัวอย่างมา 100 มิลลิลิตร (เนื่องจากเป็นน้ำทะเลที่มีความกระด้างสูงจึงเจือจางน้ำตัวอย่างก่อนวิเคราะห์) ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม buffer solution ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เติมอีริโอโครม แบลค ที อินดิเคเตอร์ (Eriochrome black T indicator) เพียงเล็กน้อย ไตเตรทด้วยสารละลายมาตรฐาน EDTA ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ จนถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาซึ่งสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ความกระด้างของน้ำ (mg CaCO}_3\text{/l)} = \frac{A * B * 1,000}{V}$$

เมื่อ A = มิลลิกรัมของ CaCO₃ จาก สารละลายมาตรฐานแคลเซียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายมาตรฐาน EDTA ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ปริมาตร 1 มิลลิลิตร

B = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐาน EDTA ความเข้มข้น 0.01 โมลาร์ ที่ใช้ไตเตรท (มิลลิลิตร)

V = ปริมาตรตัวอย่างน้ำที่ใช้ (มิลลิลิตร)

3. วิธีวิเคราะห์แอมโมเนีย โดยวิธี Koroleff's Indophenol Blue (APHA, AWWA and WPCF, 1995)

3.1 สารเคมี

3.1.1 น้ำกลั่นแบบ deionize distilled water

3.1.2 phenol reagent

ละลายฟีนอล (C₂H₅OH) จำนวน 38 กรัม และ disodium nitroprusside dehydrate (Na₂Fe(CN)₅NO.2H₂O) ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ใส่ในขวดแก้วสีชาและเก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.1.3 hypochlorite reagent

สารละลายไฮโปคลอไรต์หรือน้ำยาซักผ้าขาวไฮเตอร์ แบบสำเร็จรูป

3.1.4 สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย (standard ammonia solution) ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ละลาย NH_4Cl จำนวน 0.3819 กรัม (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที แล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น) ในน้ำกลั่นปราศจากแอมโมเนียแล้ว ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

3.1.5 สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย (standard ammonia solution) ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร

เจือจางสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

2.3 การวิเคราะห์

2.3.1 การทำกราฟมาตรฐาน

เตรียม blank โดยใช้ น้ำกลั่น จากนั้นเตรียมสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียความเข้มข้น 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเปิดสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 0.5, 1, 1.5, 2.5 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร แล้วเติม phenol reagent จำนวน 1.5 มิลลิลิตร ตามด้วย hypochlorite reagent จำนวน 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปิดฝาให้สนิท ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมงหรือข้ามคืนแล้วนำเฉพาะส่วนของเหลวใส่ในขวดวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานจากค่าความเข้มข้นแอมโมเนียและค่าดูดกลืนแสง

2.3.2 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

ตวงตัวอย่างน้ำ 50 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติม phenol reagent จำนวน 1.5 มิลลิลิตร ตามด้วย hypochlorite reagent จำนวน 1.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันแล้วปิดฝาให้สนิท ทิ้งไว้ 6 ชั่วโมง

หรือข้ามคืนแล้วนำเฉพาะส่วนของเหลวใส่ๆ บนไปวัดค่าดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160A ที่ความยาวคลื่น 630 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานแอมโมเนีย

4. วิธีวิเคราะห์ไนไตรท์ โดยวิธี Colorimetric method (APHA, AWWA and WPCF, 1995)

4.1 สารเคมี

4.1.1 น้ำกลั่นแบบ deionize distilled water

4.1.2 sulfanilamide reagent

ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร จากนั้นเติม sulfanilamide 5 กรัม จนเป็นสารละลายใส แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร

4.1.3 N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution

ละลาย dihydrochloride 0.5 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชาให้พ้นจากแสง

4.1.4 สารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (standard nitrite solution) ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ละลายละลาย NaNO_2 (ที่แห้งสนิทโดยการอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาทีแล้วทำให้เย็นในโถดูดความชื้น) จำนวน 0.4925 กรัม ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร

4.1.5 สารละลายมาตรฐานไนไตรท์ (standard nitrite solution) ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

เจือจางสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

4.2 การวิเคราะห์

4.2.1 การทำกราฟมาตรฐาน

เตรียม blank โดยใช้ น้ำกลั่น จากนั้นเตรียมสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.15, 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานไนไตรท์ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร เติม sulfanilamide จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160 A ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานจากค่าความเข้มข้นไนไตรท์และค่าดูดกลืนแสง

4.2.2 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

ตวงน้ำตัวอย่างมา 50 มิลลิลิตร เติม sulfanilamide จำนวน 1 มิลลิลิตร ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160 A ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานไนไตรท์

5. วิธีวิเคราะห์ไนเตรท โดยวิธี cadmium reduction (APHA, AWWA and WPCF, 1995)

การวิเคราะห์ไนเตรทอาศัยหลักการที่ไนเตรทถูกรีดิวซ์ไปเป็นไนไตรท์เมื่อสัมผัสกับ แคดเมียม (Cd) ดังนั้น การวิเคราะห์จึงทำโดยนำน้ำตัวอย่างไหลผ่านคอลัมน์ที่บรรจุแคดเมียม เคลือบด้วยคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) เมื่อตัวอย่างไหลผ่านคอลัมน์ไนเตรททั้งหมดจะถูกรีดิวซ์เป็น ไนไตรท์ จากนั้นนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีวิเคราะห์ไนไตรท์ต่อไป แต่เนื่องจากปริมาณไนเตรทที่ วิเคราะห์ได้มีปริมาณไนไตรท์บางส่วนที่ปะปนในน้ำตัวอย่างก่อนการรีดิวซ์อยู่แล้ว ดังนั้นต้อง วิเคราะห์ไนไตรท์ในน้ำตัวอย่างควบคู่กันไป แล้วจึงนำค่าไนไตรท์ที่ได้ไปหักออกจากปริมาณไน ไตรท์ที่วิเคราะห์ได้จากน้ำที่ไหลผ่านคอลัมน์ที่บรรจุแคดเมียมเคลือบด้วยคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) จะได้ค่าของไนเตรทที่แท้จริงที่มีอยู่ในน้ำตัวอย่าง

5.1 สารเคมี

5.1.1 น้ำกลั่นแบบ deionize distilled water

5.1.2 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride solution) ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์

ละลาย NH_4Cl จำนวน 100 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้ว

5.1.3 สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (ammonium chloride solution) ความเข้มข้น 0.125 เปอร์เซ็นต์

เจือจางสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ จำนวน 50 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 2,000 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้ว

5.1.4 sulfanilamide reagent

ผสมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (conc. HCl) จำนวน 50 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น ปริมาตร 300 มิลลิลิตร แล้วเติม sulfanilamide จำนวน 5 กรัม ผสมให้เข้ากันแล้วปรับปริมาตรด้วย น้ำกลั่นให้เป็น 500 มิลลิลิตร

5.1.5 N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution

ละลาย dihydrochloride จำนวน 0.500 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บใส่ขวดสีชาในที่มืด เตรียมสารละลายใหม่ทุกๆ เดือน หรือเมื่อสารละลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล

5.1.6 reduction column

ใช้แคดเมียมขนาด 0.5-2.0 มิลลิเมตร น้ำหนักประมาณ 100 กรัม (สำหรับ 2 คอลัมน์) เทลงในสารละลาย copper sulfate pentahydrate ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) ความเข้มข้น 2 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ปริมาตร 500 มิลลิลิตร คนด้วยแท่งแก้วนานประมาณ 5 นาที หรือจนกว่าสีฟ้าของสารละลายจางลงหรือหมดไปและเริ่มมีตะกอนของทองแดงในสารละลาย สารที่ได้เรียกว่าผง cadmium-cooper ล้างผง cadmium-cooper โดยผสมในน้ำกลั่นแล้วคือน้ำกลั่นออกสลับกันประมาณ 10 ครั้ง โดยไม่จำเป็นต้องกรองหรือ centrifuge แล้วจึงบรรจุผง cadmium-cooper ลงในคอลัมน์โดยอุดด้านในคอลัมน์ด้วยใยแก้ว แล้วเติมน้ำกลั่นให้เต็มคอลัมน์ ตามด้วย cadmium-cooper ประมาณ 50 กรัม ล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.125 เปอร์เซ็นต์ เมื่อวิเคราะห์เสร็จเก็บรักษาผง cadmium-cooper ในคอลัมน์ด้วยการเติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.125 ให้เต็ม

5.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

ตวงน้ำตัวอย่างปริมาตร 90 มิลลิลิตร ลงในขวดแก้วจากนั้นเติม สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เทลงในคอลัมน์ปล่อยให้ไหลในอัตรา 5-8 มิลลิลิตรต่อนาที ร่อนน้ำตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ 25-30 มิลลิลิตรแรกทิ้งไป เก็บน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ต่อมาไปวิเคราะห์ เติม sulfanilamide จำนวน 1

มิลลิลิตร ผสมทิ้งไว้ 2 นาที แต่ไม่เกิน 8 นาที แล้วเติม N-(1-naphthyl)-ethylenediamine dihydrochloride solution จำนวน 1 มิลลิลิตร ทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV – 160 A ที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานไนไตรท์ (ในการวัดตัวอย่างจำนวนมากต่อเนื่องกัน สามารถใช้น้ำตัวอย่างที่จะวัดต่อปริมาตร 30 มิลลิลิตร ในการล้างน้ำตัวอย่างเก่าออกจากคอลัมน์ เมื่อหยุดใช้ ล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.125 เปอร์เซ็นต์)

6. วิธีวิเคราะห์ออร์โธฟอสเฟต โดยวิธี Ascorbic acid method (APHA, AWWA and WPCF, 1995)

6.1 สารเคมี

6.1.1 สารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 นอร์มัล

เจือจางกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 70 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้วสีชา

6.1.2 potassium antimonyl tartrate solution

ละลาย potassium antimonyl tartrate ($K(SbO) C_4H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$) จำนวน 1.3715 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้วสีชา

6.1.3 ammonium molybdate solution

ละลาย ammonium molybdate ($(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$) จำนวน 20 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

6.1.4 ascorbic acid solution ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์

ละลาย ascorbic acid จำนวน 1.76 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้วสีชาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

6.1.5 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 500 มิลลิกรัมต่อลิตร

ละลาย KH_2PO_4 จำนวน 0.2195 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

6.1.6 สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 1 มิลลิกรัมต่อลิตร

เจือจางสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

6.2 การวิเคราะห์

6.2.2 การเตรียม combined reagent

ผสมสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 5 นอร์มัล ปริมาตร 50 มิลลิลิตร กับ potassium antimonyl tartrate solution ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ตามด้วย ammonium molybdate solution ปริมาตร 15 มิลลิลิตร และ ascorbic acid solution ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ตามลำดับ (เมื่อเกิดความขุ่นควรตั้งทิ้งไว้ 2-3 นาที จนกระทั่งความขุ่นหายไปจึงผสมต่อ)

6.2.1 การทำกราฟมาตรฐาน

เตรียม blank โดยใช้น้ำกลั่น จากนั้นเตรียมสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 0.02, 0.04, 0.06, 0.08, 0.1, 0.15, 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟตความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร มา 1, 2, 3, 4, 5, 7.5, 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 50 มิลลิลิตร เติม combine reagent ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที

แต่ไม่เกิน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160 A ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปทำกราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นฟอสเฟตและค่าดูดกลืนแสง

6.2.2 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

นำน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตรใส่ในขวดแก้ว หยดสารละลายฟีนอลทาไลน์อินดิเคเตอร์ 1 หยด ถ้ามีสีแดงให้ไตเตรทด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 5 นอร์มัล จนไม่มีสีแดงเดิม combine reagent ปริมาตร 8 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160 A ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานฟอสเฟต

7. การวิเคราะห์ความขุ่น (ตามคู่มือการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำด้วยเครื่อง spectrophotometer HACH รุ่น DR/2010)

7.1 สารเคมี

7.1.1 น้ำกลั่นแบบ deionized distilled water

7.1.2 สารละลายมาตรฐาน formazin (standard formazin solution) ความเข้มข้น 800 NTU

โดยละลาย Formazin stock standard 4000 NTU จำนวน 5 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

7.2 การวิเคราะห์

วัดค่ามาตรฐานความขุ่นจากสารละลาย standard formazin solution ความเข้มข้น 800 NTU โดยค่าความขุ่นที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer HACH รุ่น DR/2010 มีหน่วยเป็น FAU จากนั้นจึงวัดค่าความขุ่นของตัวอย่างน้ำที่ความยาวคลื่น 860 นาโนเมตร จากการวัดด้วย

เครื่อง spectrophotometer HACH รุ่น DR/2010 ได้ค่าความขุ่นที่ของน้ำอยู่ในหน่วย FAU นำไปคำนวณกลับจากค่าความขุ่นที่วัดได้จากสารละลายมาตรฐาน formazin ความเข้มข้น 800 NTU ค่าความขุ่นของน้ำที่ได้จากการวิเคราะห์จะแสดงในหน่วย NTU

ภาคผนวก ข

วิธีการวิเคราะห์ห้อยค์ประกอบทางเคมีบางประการของสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์

1. การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (Dubois *et al.*, 1956)

1.1 สารเคมี

1.1.1 สารละลายฟีนอลความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ (w/v)

โดยละลายสารประกอบฟีนอล 5 กรัมในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.2 กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4)

1.1.3 สารละลายน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ (w/v)

โดยละลายน้ำตาลกลูโคส 0.1 กรัม ด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

1.1.4 สารละลายน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 0.01 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

เจือจางสารละลายน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 0.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรให้ได้ 100 มิลลิลิตร

1.2 วิธีการวิเคราะห์

1.2.1 การทำกราฟมาตรฐาน

เตรียม blank โดยใช้ น้ำกลั่น ปริมาตร 1.0 มิลลิลิตร จากนั้นเตรียมสารละลายน้ำตาลกลูโคสความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร โดยปิเปตสารละลายน้ำตาลกลูโคส 0.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่ 1-7 ตามด้วยน้ำกลั่น ปริมาตร 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4 และ 0.3 มิลลิลิตร ตามลำดับ แล้วเติมสารละลายฟีนอลความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้า

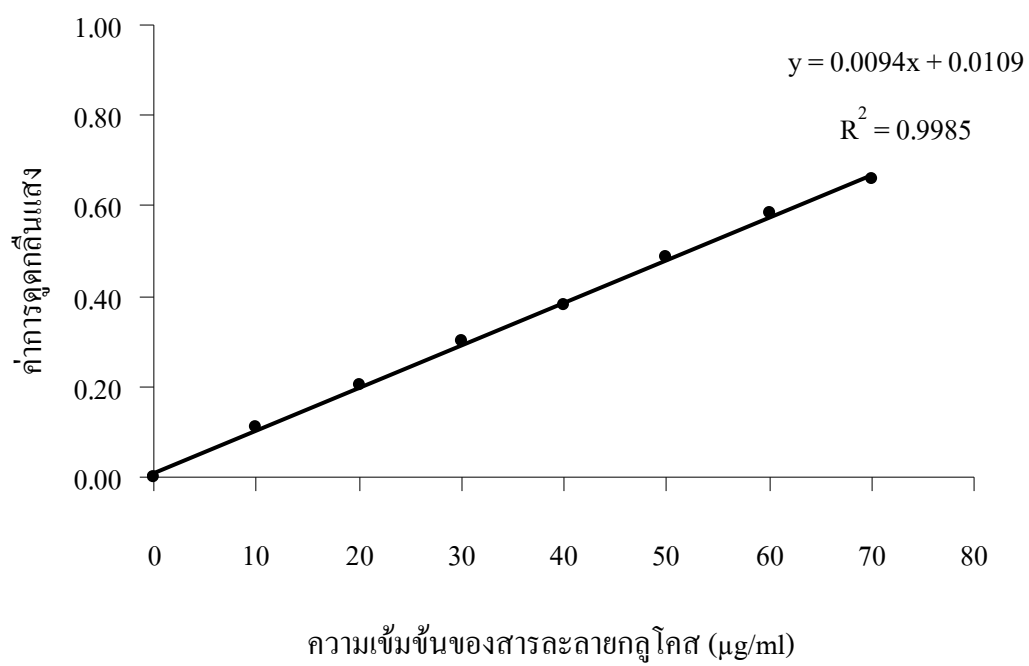
กันอย่างรวดเร็วด้วยเครื่องผสม จากนั้นจึงเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 5 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็วและผสมด้วยเครื่องผสมอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงนำไปวางในน้ำที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160A ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตร ค่าที่ได้นำมาทำกราฟมาตรฐานจากค่าความเข้มข้นของสารละลายกลูโคสกับค่าการดูดกลืนแสง

1.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa*

ละลายตัวอย่างสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ 10 มิลลิกรัม ในน้ำกลั่น 80 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตรโดยให้ความเข้มข้นอยู่ในระดับที่แสดงในกราฟมาตรฐาน จากนั้นปีปเตตสารละลายตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง แล้วจึงเติมสารละลายฟีนอล 5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 1 มิลลิลิตร แล้วผสมให้เข้ากันอย่างรวดเร็วด้วยเครื่องผสมตามด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นปริมาตร 5 มิลลิลิตร อย่างรวดเร็วและผสมด้วยเครื่องผสมอีกครั้ง ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที แล้วจึงนำไปวางในน้ำที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แล้วจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160A ที่ความยาวคลื่น 490 นาโนเมตรแล้วนำค่าที่ได้มาเทียบกับกราฟมาตรฐานแล้วจึงคำนวณปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักตัวอย่างสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{[X] \times B \times 10^{-4}}{W \times V}$$

โดย [X]: ความเข้มข้นน้ำตาลกลูโคสจากกราฟมาตรฐาน
 B: ปริมาตรสุดท้ายเมื่อทำการปรับปริมาตร (100 มิลลิลิตร)
 W: น้ำหนักตัวอย่างสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ (กรัม)
 V: ปริมาตรสารละลายตัวอย่างสารสกัดที่ใช้ในการทดสอบ (1 มิลลิลิตร)



ภาพผนวกที่ ข1 กราฟมาตรฐานของปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด

2. การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟต (Craigie *et al.*, 1984)

2.1 สารเคมี

2.1.1 สารละลาย BaCl_2 gelatin

ละลาย difco bacto gelatin จำนวน 0.6 กรัม ใน Mili Q water อุณหภูมิ 60-70 องศาเซลเซียส ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำไปแช่ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำสารละลายออกมาทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง แล้วจึงเติม $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ จำนวน 2 กรัม ละลายให้เข้ากันเก็บไว้ได้ 2 เดือนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.1.2 สารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้น 50 ไมโครกรัม (S) ต่อมิลลิลิตร

ละลาย K_2SO_4 จำนวน 0.27 กรัมใน Mili Q water ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

2.1.3 กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 นอร์มัล

2.1.4 กรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล

2.2 วิธีการวิเคราะห์

2.2.1 การทำกราฟมาตรฐาน

เตรียมสารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 ไมโครกรัม S ต่อ มิลลิลิตร ปริมาตร 2 มิลลิลิตรลงในหลอดทดลอง จากนั้นแต่ละความเข้มข้นเติม Mili Q water ปริมาตร 18 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 นอร์มัล และ BaCl_2 -gelatin ปริมาตร 2 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ ผสมด้วยเครื่องผสมให้เข้ากัน นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง Spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160A ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ภายใน 20 นาที โดยก่อนวัดให้เขย่าสารให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอีกครั้ง

2.2.2 การวิเคราะห์ปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ที่สกัดได้จาก

สาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa*

ย่อยสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ 15 มิลลิกรัม ด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 2 นอร์มัล ปริมาตร 0.5 มิลลิลิตร ในขวดสีชาปิดฝาเกลียว ที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ตัวอย่างที่ย่อยแล้วไปปรับปริมาตรด้วย Mili Q water เป็น 10 มิลลิลิตร ในขวดเชิงปริมาตร เขย่าให้เข้ากัน ปั่นตกตะกอนตัวอย่างด้วยเครื่องปั่นตกตะกอน ที่ความเร็ว 3,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที แยกส่วนใสออกมา 2 มิลลิลิตร เติม Mili Q water ปริมาตร 18 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.5 นอร์มัล และ BaCl_2 -gelatin ปริมาตร 2 และ 1 มิลลิลิตร ตามลำดับ ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่องผสม นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer รุ่น SHIMADZU UV-160A ที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร ภายใน 20 นาที โดยก่อนวัดให้เขย่าสารให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมอีกครั้ง หาความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐานโดยนำค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้ไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน แล้วจึงคำนวณหาปริมาณซัลเฟตโดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์น้ำหนักสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ตามสูตรดังต่อไปนี้

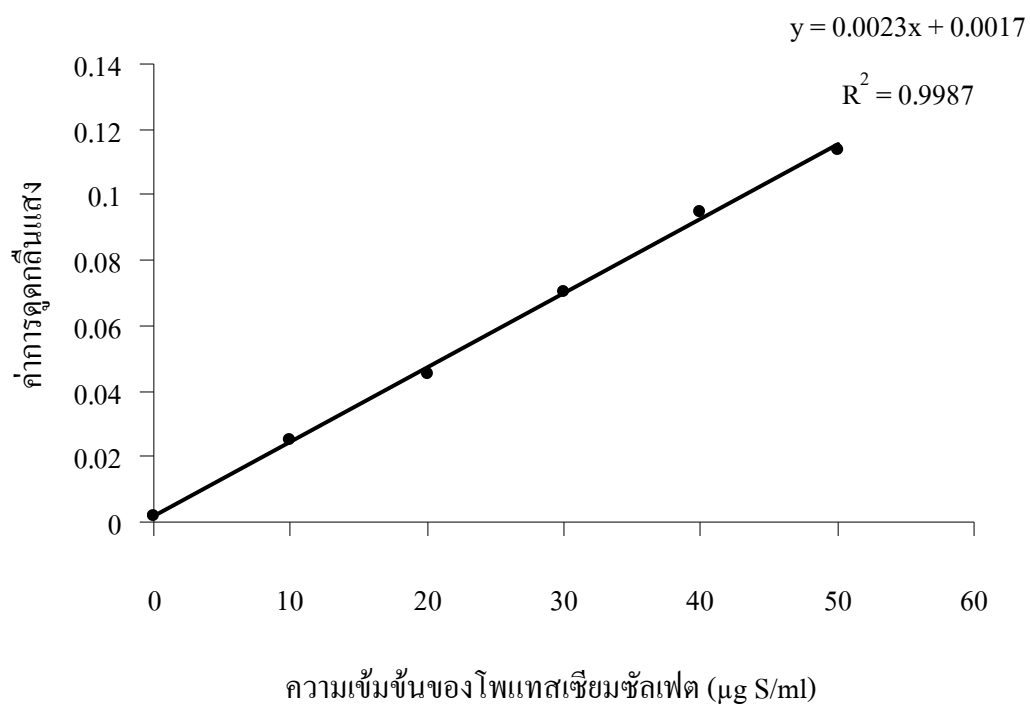
$$\text{ปริมาณซัลเฟต (เปอร์เซ็นต์)} = \frac{[X] \times k \times B \times 10^{-4}}{W}$$

โดย [X]: ค่าความเข้มข้นซัลเฟตของตัวอย่าง

k: สัดส่วนของซัลเฟตกับโพแทสเซียมซัลเฟตเท่ากับ 3

B: ปริมาตรสุดท้ายเมื่อทำการปรับปริมาตร (10 มิลลิลิตร)

W: น้ำหนักตัวอย่างสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ (กรัม)



ภาพผนวกที่ ข2 กราฟมาตรฐานของปริมาณซัลเฟต

ภาคผนวก ค

ข้อมูลคุณสมบัติ น้ำ ลักษณะทางฟิสิกส์ โคลิฟอร์ม จีวภาพ และสารสกัดหยาบ โพลีแซคคาไรด์

ตารางผนวกที่ ค1 คุณสมบัติของน้ำในจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ปี/เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความขุ่น (NTU)	ความเค็ม (‰)	ความเป็นกรด เป็นด่าง	ความเป็นด่าง (mg CaCO ₃ /l)	ความกระด้าง (mg CaCO ₃ /l)	DIN (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)
2548 กรกฎาคม	33.0	23.40±0.06	34	7.5±0.1	60.48±0.06	3,310.03±186.03	0.046±0.001	0.011±0.001
สิงหาคม	31.0	18.75±0.50	34	8.2±0.1	82.92±3.18	3,484.03±24.43	0.027±0.001	0.005±0.001
กันยายน	30.5	16.42±0.15	33	8.1±0.1	72.28±1.73	3,708.26±11.38	0.064±0.016	0.006±0.000
ตุลาคม	30.0	25.31±0.04	33	8.4±0.1	40.50±0.45	2,857.94±7.12	0.068±0.005	0.007±0.002
พฤศจิกายน	23.0	35.99±0.60	33	8.0±0.1	42.80±0.19	2,476.78±3.65	0.015±0.001	0.009±0.000
ธันวาคม	23.0	41.42±0.18	31	8.0±0.1	23.50±0.58	2,288.22±14.42	0.025±0.002	0.008±0.001
2549 มกราคม	21.0	23.34±0.06	33	8.2±0.1	28.50±1.67	3,485.16±13.91	0.040±0.005	0.006±0.001
กุมภาพันธ์	26.0	11.32±0.03	34	8.1±0.1	32.51±1.08	3,426.22±47.55	0.063±0.001	0.002±0.001
มีนาคม	34.0	6.38±0.47	34	8.5±0.1	33.29±0.85	3,256.49±56.18	0.082±0.012	0.003±0.001
เมษายน	36.0	3.00±0.57	34	8.7±0.1	54.83±3.98	2,535.64±33.64	0.093±0.015	0.004±0.002
พฤษภาคม	31.5	15.61±1.07	31	8.3±0.1	65.18±0.78	3,551.56±17.59	0.033±0.006	0.007±0.002
มิถุนายน	31.5	19.96±0.09	30	8.3±0.1	50.68±0.68	3,586.46±38.97	0.032±0.007	0.008±0.001

ตารางผนวกที่ ค2 คุณสมบัติของน้ำในจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ปี/เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ความขุ่น (NTU)	ความเค็ม (‰)	ความเป็นกรด เป็นด่าง	ความเป็นด่าง (mg CaCO ₃ /l)	ความกระด้าง (mg CaCO ₃ /l)	DIN (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ออร์โธฟอสเฟต (มิลลิกรัมต่อลิตร)
2548 กรกฎาคม	29.0	16.33±0.32	33	8.3±0.1	71.71±3.52	2,601.80±28.51	0.045±0.007	0.015±0.003
สิงหาคม	29.0	16.99±2.33	33	8.1±0.1	93.47±2.52	2,556.91±24.11	0.071±0.024	0.018±0.000
กันยายน	29.0	9.48±0.10	31	7.6±0.1	76.28±2.82	3,461.82±100.78	0.052±0.011	0.004±0.002
ตุลาคม	30.0	23.19±0.63	33	7.7±0.1	41.69±2.45	2,709.83±146.12	0.051±0.014	0.007±0.001
พฤศจิกายน	28.0	20.63±0.59	32	7.6±0.1	26.20±0.65	2,471.64±13.94	0.037±0.009	0.008±0.001
ธันวาคม	23.0	25.49±0.25	32	8.5±0.1	33.08±0.20	2,493.20±47.64	0.040±0.006	0.004±0.001
2549 มกราคม	24.0	16.64±1.52	32	7.9±0.1	37.95±0.77	3,587.85±26.37	0.030±0.005	0.006±0.000
กุมภาพันธ์	28.0	14.89±1.09	32	8.1±0.1	22.91±3.03	3,456.02±41.66	0.050±0.008	0.003±0.001
มีนาคม	35.0	11.45±0.27	34	8.1±0.1	25.62±1.19	3,438.98±42.75	0.051±0.006	0.007±0.001
เมษายน	36.0	9.68±0.56	33	8.3±0.1	24.54±1.77	4,390.87±22.68	0.027±0.007	0.003±0.001
พฤษภาคม	34.0	6.47±0.52	32	8.3±0.1	45.60±4.18	4,047.25±49.56	0.016±0.004	0.005±0.001
มิถุนายน	29.0	6.34±0.52	31	8.3±0.1	43.16±1.43	3,207.52±71.90	0.015±0.001	0.003±0.001

ตารางผนวกที่ ๓ ลักษณะทางฟีโนโลยี (mean±S.D.) (มิลลิเมตร) ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจุดสำรวจเสมสาร จังหวัดชลบุรี ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ปี/ เดือน	ความยาวแขนง	ระยะห่างของแขนง	ความยาวไรซอยด์	ระยะห่างของไรซอยด์	ความยาวราวมุลส์	เส้นผ่านศูนย์กลางราวมุลส์
2548 กรกฎาคม	16.44±11.88	8.93±3.18	9.83±5.20	7.55±3.78	3.76±0.69	2.70±0.37
สิงหาคม	20.00±7.38	7.05±0.97	11.02±6.58	6.66±2.80	4.00±1.03	2.92±0.41
กันยายน	13.79±5.65	10.25±5.98	10.62±5.92	9.89±8.06	4.46±0.96	2.64±0.66
ตุลาคม	12.64±4.61	7.89±2.78	17.31±9.20	7.72±4.10	4.92±1.29	3.24±0.44
พฤศจิกายน	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ธันวาคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2549 มกราคม	19.38±7.83	9.87±6.86	11.03±7.79	7.46±5.27	4.08±0.85	3.08±0.66
กุมภาพันธ์	18.64±9.56	7.63±3.06	13.74±8.32	8.44±4.15	4.29±0.55	2.98±0.64
มีนาคม	18.88±10.12	7.11±3.25	10.08±6.14	5.75±2.65	4.28±0.75	3.15±0.52
เมษายน	26.68±16.40	10.00±9.06	9.47±7.16	8.59±6.17	3.67±0.78	3.32±0.54
พฤษภาคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิถุนายน	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ทั้งหมด	18.70±11.91	8.77±5.80	11.65±7.74	7.97±5.09	4.33±1.01	3.12±0.65

หมายเหตุ NA: ไม่มีตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ๔ ลักษณะทางฟีโนโลยี (mean±S.D.) (มิลลิเมตร) ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* จากจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง ตั้งแต่วันที่ ๑ กรกฎาคม ๒๕๔๘ ถึงเดือนมิถุนายน ๒๕๔๙

ปี/เดือน	ความยาวแขนง	ระยะห่างของแขนง	ความยาวไรโซมด์	ระยะห่างของไรโซมด์	ความยาวราวมุลส์	เส้นผ่าศูนย์กลางราวมุลส์
๒๕๔๘ กรกฎาคม	26.69±10.04	10.28±7.64	4.26±2.45	7.16±4.75	3.40±0.46	2.50±0.38
สิงหาคม	22.80±13.47	8.54±5.45	3.39±2.37	6.30±3.66	3.36±0.72	2.27±0.58
กันยายน	21.02±11.36	6.73±5.29	3.23±2.45	6.22±4.42	3.21±0.85	2.41±0.78
ตุลาคม	18.61±11.29	7.24±4.71	6.64±5.22	5.21±2.70	3.48±1.11	2.15±0.54
พฤศจิกายน	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ธันวาคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA
๒๕๔๙ มกราคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA
กุมภาพันธ์	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มีนาคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA
เมษายน	NA	NA	NA	NA	NA	NA
พฤษภาคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิถุนายน	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ทั้งหมด	22.70±11.66	8.27±6.13	4.35±3.12	6.65±4.32	3.36±0.67	2.36±0.51

หมายเหตุ NA: ไม่มีตัวอย่าง

ตารางผนวกที่ ๕ มวลชีวภาพ (mean±S.D.) ของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ, ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมด และปริมาณซัลเฟต (mean±S.D.) ในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่ายที่เก็บตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549

ปี/เดือน	มวลชีวภาพ ^a		ปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ ^b		ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ^c		ปริมาณซัลเฟต ^c	
	แสมสาร	บ้านเพ	แสมสาร	บ้านเพ	แสมสาร	บ้านเพ	แสมสาร	บ้านเพ
2548 กรกฎาคม	57.49±39.96	119.78±71.75	0.78±0.12	0.59±0.02	34.72±0.91	35.97±0.60	7.92±0.01	7.67±0.00
สิงหาคม	119.79±69.80	107.60±65.45	0.67±0.04	0.58±0.05	33.88±2.27	37.31±1.12	7.95±0.04	7.68±0.00
กันยายน	167.47±105.57	76.91±47.16	0.80±0.12	0.61±0.05	30.27±0.02	31.87±1.23	7.97±0.05	7.67±0.04
ตุลาคม	169.37±86.93	93.38±66.83	0.77±0.06	0.56±0.05	35.94±0.58	31.90±0.31	7.95±0.03	7.66±0.04
พฤศจิกายน	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ธันวาคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
2549 มกราคม	109.31±88.56	NA	0.77±0.03	NA	35.29±1.01	NA	7.98±0.01	NA
กุมภาพันธ์	115.70±63.02	NA	0.87±0.09	NA	31.84±0.99	NA	7.95±0.02	NA
มีนาคม	174.51±77.70	NA	0.66±0.08	NA	30.58±0.76	NA	8.02±0.07	NA
เมษายน	185.25±55.03	NA	0.67±0.38	NA	31.49±1.71	NA	8.03±0.06	NA
พฤษภาคม	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
มิถุนายน	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
ทั้งหมด	139.29±85.24	100.42±64.50	0.75±0.10	0.59±0.04	30.00±2.35	34.27±2.64	7.97±0.06	7.67±0.02

หมายเหตุ NA: ไม่มีตัวอย่าง

b: เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้งต่อน้ำหนักสด

a: กรัมน้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร

c: เปอร์เซ็นต์น้ำหนักสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์

ภาคผนวก ง
ตารางการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางผนวกที่ 1 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบลักษณะทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความยาวแขนง	Between Groups	5587.740	7	798.249	6.468	0.000
	Within Groups	30606.043	248	123.411		
	Total	36193.782	255			
ระยะห่างของแขนง	Between Groups	337.231	7	48.176	1.448	0.187
	Within Groups	7317.370	227	33.261		
	Total	7654.601	244			
ความยาวไรซอยด์	Between Groups	1021.610	7	145.944	2.528	0.016
	Within Groups	15702.246	272	57.729		
	Total	16723.856	279			
ระยะห่างของไรซอยด์	Between Groups	213.753	7	30.536	1.183	0.313
	Within Groups	6635.204	257	25.818		
	Total	6848.956	264			
ความยาวรากมูลต์	Between Groups	112.917	7	16.131	18.981	0.000
	Within Groups	476.769	561	0.850		
	Total	589.686	568			
เส้นผ่าศูนย์กลางรากมูลต์	Between Groups	50.922	7	7.275	21.275	0.000
	Within Groups	191.825	561	0.342		
	Total	242.747	568			

ตารางผนวกที่ ๖2 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบลักษณะทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความยาวแขนง	Between Groups	1586.995	3	528.998	4.236	0.007
	Within Groups	13736.465	110	124.877		
	Total	15323.460	113			
ระยะห่างของแขนง	Between Groups	263.104	3	87.701	2.423	0.070
	Within Groups	3692.058	102	36.197		
	Total	3955.162	105			
ความยาวไรซอยด์	Between Groups	220.873	3	73.624	8.774	0.000
	Within Groups	1166.336	139	8.391		
	Total	1387.208	142			
ระยะห่างของไรซอยด์	Between Groups	155.500	3	51.833	2.891	0.038
	Within Groups	2330.545	130	17.927		
	Total	2486.045	133			
ความยาวราวมุลล์	Between Groups	0.226	3	0.075	0.162	0.922
	Within Groups	153.987	331	0.465		
	Total	154.214	334			
เส้นผ่าศูนย์กลางราวมุลล์	Between Groups	3.531	3	1.177	4.565	0.004
	Within Groups	85.353	331	0.258		
	Total	88.884	334			

ตารางผนวกที่ 33 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบลักษณะทางฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
ความยาวแขนง	Between Groups	2098.483	1	2098.483	14.990	0.000
	Within Groups	51517.242	368	139.993		
	Total	53615.724	369			
ระยะห่างของแขนง	Between Groups	17.313	1	17.313	.495	0.482
	Within Groups	11609.763	332	34.969		
	Total	11627.076	333			
ความยาวไรโซยด์	Between Groups	5035.910	1	5035.910	117.062	0.000
	Within Groups	18111.064	421	43.019		
	Total	23146.974	422			
ระยะห่างของไรโซยด์	Between Groups	153.731	1	153.731	6.538	0.011
	Within Groups	9335.001	397	23.514		
	Total	9488.732	398			
ความยาวรามีลัส	Between Groups	198.844	1	198.844	241.104	0.000
	Within Groups	743.900	902	0.825		
	Total	942.744	903			
เส้นผ่าศูนย์กลางรามีลัส	Between Groups	119.221	1	119.221	324.267	0.000
	Within Groups	331.632	902	0.368		
	Total	450.853	903			

ตารางผนวกที่ ๔ ค่าทางสถิติเปรียบเทียบมวลชีวภาพของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจ
แสมสาร จังหวัดชลบุรี

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	191425.041	7	27346.434	4.473	0.000
Within Groups	745872.899	122	6113.712		
Total	937297.940	129			

ตารางผนวกที่ ๕ ค่าทางสถิติเปรียบเทียบมวลชีวภาพของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัด
ชลบุรี

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	16537.750	3	5512.583	1.345	0.267
Within Groups	66364.414	65	4097.914		
Total	82902.164	68			

ตารางผนวกที่ ๖ ค่าทางสถิติเปรียบเทียบมวลชีวภาพของ *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	68101.688	1	68101.688	10.995	0.001
Within Groups	1220200.103	197	6193.909		
Total	1288301.791	198			

ตารางผนวกที่ ๗ ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย
Caulerpa racemosa var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนมิถุนายน
 2549 ในจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.115	7	0.016	2.335	0.076
Within Groups	0.113	16	0.007		
Total	0.228	23			

ตารางผนวกที่ ๘ ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย
Caulerpa racemosa var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2548
 ในจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.003	3	0.001	0.400	0.757
Within Groups	0.017	8	0.002		
Total	0.020	11			

ตารางผนวกที่ ๙ ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย
Caulerpa racemosa var. *macrophysa* ระหว่างจุดสำรวจแสมสารและบ้านเพ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.051	1	0.051	6.549	0.063
Within Groups	0.031	4	0.008		
Total	0.082	5			

ตารางผนวกที่ 10 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนมิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจเสมสาร จังหวัดชลบุรี

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	104.963	7	14.995	8.261	0.000
Within Groups	29.041	16	1.815		
Total	134.003	23			

ตารางผนวกที่ 11 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	70.474	3	23.491	33.336	0.000
Within Groups	5.637	8	0.705		
Total	76.111	11			

ตารางผนวกที่ 12 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณคาร์โบไฮเดรตทั้งหมดในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ระหว่างจุดสำรวจเสมสารและบ้านเพ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	2.335	1	2.335	3.746	0.125
Within Groups	2.494	4	0.623		
Total	4.829	5			

ตารางผนวกที่ 13 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จาก
สาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือน
มิถุนายน 2549 ในจุดสำรวจแสมสาร จังหวัดชลบุรี

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.029	7	0.004	1.135	0.390
Within Groups	0.059	16	0.004		
Total	0.088	23			

ตารางผนวกที่ 14 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จาก
สาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือน
ตุลาคม 2548 ในจุดสำรวจบ้านเพ จังหวัดระยอง

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.000	3	0.000	0.580	0.645
Within Groups	0.000	8	0.000		
Total	0.000	11			

ตารางผนวกที่ 15 ค่าทางสถิติเปรียบเทียบปริมาณซัลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์จาก
สาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ระหว่างจุดสำรวจแสมสารและ
บ้านเพ

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	0.090	1	0.090	1089.635	0.000
Within Groups	0.000	4	0.000		
Total	0.091	5			

ตารางผนวกที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติน้ำกับลักษณะฟีโนโลยีของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophysa* ในจุดสำรวจเสมสาร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*) และ 99 (**)

คุณสมบัติน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)					
	ความยาวแขนง (มิลลิเมตร)	ระยะห่างของแขนง (มิลลิเมตร)	ความยาวไรซอยด์ (มิลลิเมตร)	ระยะห่างของ ไรซอยด์ (มิลลิเมตร)	ความยาวรากลึศ (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลาง รากลึศ (มิลลิเมตร)
อุณหภูมิผิวน้ำ (°C)	-0.067	0.395	-0.052	0.130	0.466*	0.610**
ความขุ่น (NTU)	-0.548**	-0.129	0.140	0.103	-0.136	-0.067
ความเค็ม (‰)	0.006	-0.286	0.423*	0.305	-0.143	-0.380
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	0.305	-0.240	-0.138	-0.108	-0.141	-0.459*
ความเป็นด่างของน้ำ (mg CaCO ₃ /l)	-0.134	0.032	-0.311	-0.283	0.074	0.0194
ความกระด้างของน้ำ (mg CaCO ₃ /l)	-0.224	0.314	-0.093	-0.266	-0.086	-0.700**
ความเข้มข้น DIN (mg/l)	0.279	-0.091	-0.133	0.061	-0.315	-0.526**
ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	-0.321	-0.176	-0.254	-0.155	-0.099	-0.016

ตารางผนวกที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติน้ำกับมวลชีวภาพของสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ในจุดสำรวจแสมสาร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*) และ 99 (**)

คุณสมบัติน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)
	มวลชีวภาพ (กรัม น้ำหนักแห้งต่อตารางเมตร)
อุณหภูมิผิวน้ำ (°C)	0.186
ความขุ่น (NTU)	-0.343
ความเค็ม (‰)	0.056
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	0.553**
ความเป็นด่างของน้ำ (mg CaCO ₃ /l)	-0.329
ความกระด้างของน้ำ (mg CaCO ₃ /l)	-0.315
ความเข้มข้น DIN (mg/l)	0.611**
ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	-0.411*

ตารางผนวกที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติน้ำกับปริมาณสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ คาร์โบไฮเดรตทั้งหมดและปริมาณซิลเฟตในสารสกัดหยาบโพลีแซคคาไรด์ จากสาหร่าย *Caulerpa racemosa* var. *macrophyssa* ในจุดสำรวจแสมสาร ตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2548 ถึงเดือนมิถุนายน 2549 ณ ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (*) และ 99 (**)

คุณสมบัติน้ำ	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)		
	ปริมาณสารสกัดโพลีแซคคาไรด์	ปริมาณคาร์โบไฮเดรต	ปริมาณซิลเฟต
อุณหภูมิผิวน้ำ (°C)	-0.470*	-0.404	0.238
ความขุ่น (NTU)	-0.147	0.061	-0.306
ความเค็ม (‰)	-0.305	-0.292	-0.006
ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH)	-0.331	-0.208	0.416*
ความเป็นด่างของน้ำ (mg CaCO ₃ /l)	-0.271	-0.097	-0.142
ความกระด้างของน้ำ (mg CaCO ₃ /l)	0.198	-0.167	-0.172
ความเข้มข้น DIN (mg/l)	-0.131	-0.419*	0.302
ความเข้มข้นของออร์โธฟอสเฟต (mg/l)	0.088	0.544*	-0.194

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นางสาวไศรดากรณ์ พิมลา
วัน เดือน ปี ที่เกิด	4 เมษายน 2524
สถานที่เกิด	
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวิทยานุฎนารี จังหวัด เพชรบูรณ์ วิทยาศาสตรบัณฑิต (ประมง) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-