

# รายงานวิจัย

ผลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* และ *Microcystis* ที่สร้างสารพิษ Microcystin ต่อ กุ้งทะเลที่เลี้ยงในน้ำความเค็มต่ำ

Effects of Blue-Green Algae (*Oscillatoria* and *Microcystis*) Produced Mycrocystin on Shrimp in Low Salinity Water



นายสมชาย หวังวิบูลย์กิจ  
นางสาวอัจฉรี เรืองเดช  
นางสาวบุปผา จงพัฒน์

หลักสูตรวิทยาศาสตรการประมง  
สาขาเทคโนโลยีการผลิตสัตว์และประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ได้รับทุนสนับสนุนจากเงินงบประมาณประจำปี 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	III
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	3
วิธีการทดลอง	18
ผลการทดลองและวิจารณ์	23
สรุป	37
เอกสารอ้างอิง	38



RCH  
 SH  
 380.62  
 .T6  
 ๙241๗

เลขหมู่.....  
 เลขทะเบียน 115259  
 วัน,เดือน,ปี 22 ก.พ. 2553

b. 1226216x  
 i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดของสาหร่ายที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งบริเวณทางตะวันตกเฉียงเหนือของ ประเทศแมกซิโก	5
2	ระดับของเชื้อ <i>Vibrionaceae</i> ที่พบบริเวณเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของกุ้ง <i>P.</i> <i>monodon</i> ในสภาวะที่มีสาหร่าย <i>Oscillatoria</i> sp. บลุ่ม	8
3	ผลของสารพิษ microcystin (MC) ต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง	11
4	คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง ที่พบกุ้งตายระหว่างที่มีการบลุ่มของสาหร่าย <i>Oscillatoria</i> sp.	12
5	เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกุ้งในระยะวัยอ่อนหลัง 24,48 และ 72 ชั่วโมง โดยประเมิน ความเป็นพิษของสาหร่าย <i>M. aeruginosa</i> ที่ความหนาแน่น มากที่สุด (100%) ของ จำนวน $3.3 \times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเปอร์เซ็นต์ ของออกซิเจนเริ่มแรก และสุดท้าย	17
6	ผลความหนาแน่นของสาหร่าย <i>Oscillatoria</i> sp. และปริมาณ microcystin ที่ระดับแตกต่างกันต่อเวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาว	27
7	ผลความหนาแน่นของสาหร่าย <i>M. aeruginosa</i> และปริมาณ microcystin ที่ระดับแตกต่างกันต่อเวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาว	34

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะเส้นสายของสาหร่าย <i>Oscillatoria</i> sp. (a) trichome ซึ่งประกอบด้วย เซลล์เป็นแถวเดี่ยวเรียงต่อกันเป็นสาย (b) การแบ่งเส้นสายโดยการแยกออกจากกันระหว่างรอยต่อของเซลล์ <i>Oscillatoria</i> sp.	6
2	เปรียบเทียบเจริญเติบโตของกุ้งขาว ( <i>L. vannamei</i> ) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วยสาหร่าย <i>Schizothrix calcicola</i> และ เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งแบบปกติ	7
3	ผลของการฉีด <i>Oscillatoria</i> sp. ส่วนของ pellet extract และ supernatant extract ในกุ้ง <i>P. japonicus</i> ที่ฉีดสาหร่ายส่วนของ pellet (□) หรือส่วน supernatant (□) และในกุ้ง <i>P. monodon</i> ที่ฉีดสาหร่ายส่วนของ pellet (□) หรือ แบบ supernatant (□) ปริมาตร 0.5 ml และวัดอัตราการตายหลังจาก 18 ชม.	8
4	เปรียบเทียบลักษณะของ เนื้อเยื่อบริเวณ hepatopancreas ของกุ้งขาว ที่ทำการตัดแบบ cross – section (a) เนื้อเยื่อปกติ (b) เนื้อเยื่อผิดปกติที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหาร ที่ผสมสาหร่าย <i>Schizothrix calcicola</i> โดยนำกุ้งที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 วัน มาทำการตรวจสอบ	9
5	เปรียบเทียบลักษณะของเนื้อเยื่อบริเวณลำไส้ ที่ทำการตัดแบบ longitudinal cross-section (a) เนื้อเยื่อบริเวณลำไส้ของกุ้งปกติจะเห็นเซลล์เนื้อเยื่อที่มีลักษณะทรงกระบอกอยู่ภายในเยื่อชั้น epithelium (b) การหายไปของเซลล์ในชั้นเนื้อเยื่อ epithelium หลังจากทำการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารที่มีสาหร่าย <i>Schizothrix calcicola</i> ผสมเป็นระยะเวลา 8 วัน	9
6	ความผิดปกติของ เนื้อเยื่อชั้น epithelium ของกุ้งบริเวณลูกศรชี้แสดงให้เห็นถึงเซลล์ที่เสื่อมสภาพลงแล้วเกิดการแยกตัวออกไป	10
7	โครงสร้างทางเคมี ของ microcystin-LR	11
8	พิษของไซยาโนแบคทีเรียที่ส่งผลต่ออวัยวะของหนู (a) ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณไตของหนู (b) ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณ ลำไส้เล็กของหนู	11
9	สาหร่ายขนาดเล็ก <i>M. aeruginosa</i> ที่พบมากที่สุดใ้บ่อกุ้ง	13
10	จำนวนโคโลนีของ <i>M. aeruginosa</i> จำนวนเส้นสายของ <i>Anabaena</i> sp. และ จำนวน เซลล์ของ diatom (จำนวน/มิลลิลิตร) และปริมาตร ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ) ในบ่อกุ้งที่ไม่มีผลต่อกุ้ง (a) และบ่อกุ้งที่มีผลต่อกุ้ง (b)	16

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
11	อัตราการตายของ <i>Daphnia similis</i> และ <i>Cladocera silvestrii</i> โดยทดลองที่ 24 ชั่วโมงด้วยสารสกัดหยาบจากสาหร่ายที่เกิดการแพร่ขยายจำนวนอย่างรวดเร็ว	16
12	ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณเหงือกของกุ้งขาว (a) ลักษณะบริเวณเหงือกของกุ้งขาวใน กุ้งที่ตายโดยไม่พบความผิดปกติภายนอก (b) ลักษณะบริเวณเหงือกของกุ้งขาวใน	24
13	ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณเหงือกของกุ้งขาว (a) ลักษณะเหงือกปกติของกุ้งขาว (b) ลักษณะเส้นสายของ <i>Oscillatoria</i> sp. ที่เข้ามาเกี่ยวพันบริเวณเหงือกของกุ้งขาว	24
14	อัตราการตายของกุ้งขาวต่อวัน ในระดับความหนาแน่นของสาหร่าย <i>Oscillatoria</i> sp. ที่แตกต่างกัน	25
15	เปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมของกุ้งขาวในระดับความหนาแน่นของสาหร่าย <i>Oscillatoria</i> sp. ที่แตกต่างกัน	26
16	การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดการทดลอง ในระดับความหนาแน่นของ <i>Oscillatoria</i> sp. ที่แตกต่างกัน	28
17	การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่าง ตลอดการทดลอง ในระดับความหนาแน่นของ <i>Oscillatoria</i> sp. ที่แตกต่างกัน	28
18	การเปลี่ยนแปลงของค่าความนำไฟฟ้า ตลอดการทดลอง ในระดับความหนาแน่นของ <i>Oscillatoria</i> sp. ที่แตกต่างกัน	29
19	ปริมาณความเข้มข้นอยู่ในช่วงระหว่าง 1,733-2,065 ลักซ์ ของการทดลอง	29
20	อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 30-32.6 องศาเซลเซียส ของการทดลอง	30
21	การเปรียบเทียบลักษณะภายนอกระหว่างกุ้งขาวแวนนาไมปกติ (a) และผิดปกติ (b) โดยลักษณะของกุ้งขาวแวนนาไมที่ผิดปกติจะเห็นเหงือกเป็นสีเขียว	30
22	ลักษณะเหงือกของกุ้งขาวแวนนาไมปกติ (a) และผิดปกติ (b) ที่มีสาหร่าย <i>M. aeruginosa</i> อุดตันอยู่	31
23	อัตราการตายของกุ้งขาวแวนนาไมแต่ละวันที่เลี้ยงในสาหร่าย <i>M. aeruginosa</i> เป็นระยะเวลา 12 วัน ที่ความหนาแน่น	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
24	การตายสะสมของกุ้งขาวแวนนาไมแต่ละวันที่เลี้ยงในสหาร้าย <i>M. aeruginosa</i> เป็นระยะเวลา 12 วัน ที่ความหนาแน่น	33
25	ปริมาณออกซิเจน (DO) อยู่ในช่วงระหว่าง 4.23–6.37 ppm ของการทดลอง	34
26	ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 8.0-8.9 ของการทดลอง	35
27	ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 10.48-1600 $\mu\text{S}$ ของการทดลอง	35
28	ปริมาณความเข้มแสงอยู่ในช่วงระหว่าง 1,733-2,065 ลักซ์ ของการทดลอง	36
29	อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 30.0-32.6 องศาเซลเซียส ของการทดลอง	36



## คำนำ

การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในปัจจุบันพบว่ามีอาการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. อย่างรวดเร็วในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวและมีผลทำให้กุ้งขาวไม่กินอาหาร เจริญเติบโตช้า มีอาการติดเชื้อแบคทีเรียและมีการตายของกุ้งขาวอย่างเห็นได้ชัด ซึ่งลักษณะดังกล่าวน่าจะมีผลมาจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่พบได้บ่อยครั้งในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว ทำให้เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งขาวต้องประสบกับการขาดทุน มีรายงานวิจัยว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. สามารถสร้างสารพิษ microcystin เป็นสาเหตุเบื้องต้นทำให้กุ้งกุลาดำอ่อนแอและติดเชื้อแบคทีเรียในกุ้งกุลาดำและกุ้งครู่มา (Smith, 1996) แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ ดังนั้นควรมีการศึกษาระดับความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารพิษ microcystin และส่งผลกระทบต่อกุ้งกุลาดำ โดยศึกษาข้อมูลในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. (dominant species) และศึกษาปัจจัยสภาพแวดล้อมในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำเพื่อใช้เป็นข้อมูลบอกสภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ แม้ว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและเป็น dominant species แต่ก็ยังมีแพลงก์ตอนชนิดอื่นปนอยู่ซึ่งอาจจะส่งผลกระทบต่อปริมาณสารพิษ microcystin ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงศึกษาชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่สร้างสารพิษ microcystin ในการเลี้ยงกุ้งขาว ศึกษาความสัมพันธ์ระดับความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่ส่งผลกระทบต่อกุ้งขาวและศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่สร้างสารพิษ microcystin

**คำสำคัญ** สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน, ออสซิลลาทอเรีย, ไมโครซิสทีส, กุ้งขาวแวนนาไม  
blue-green algae, cyanophyta, *Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp., microcystin,  
pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่สร้างสารพิษ microcystin ในการเลี้ยงกุ้งขาว
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่ส่งผลต่อกุ้งขาว และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การตรวจเอกสาร

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. (สาหร่ายขนแมว) และ *Microcystis* sp. เป็นสาหร่ายที่พบได้บ่อยครั้งในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวและกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) โดยเฉพาะในช่วงฤดูร้อนเป็นช่วงที่ปัจจัยสภาพแวดล้อมมีความเหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ และความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น (Xu et al., 2000; Alam et al. 2001; Vasconcelos and Pereira, 2001) นอกจากนี้ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัส แอมโมเนีย-ไนโตรเจน และไนเตรท-ไนโตรเจน ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. (Shaw and Smith, 2000; Alam et al. 2001; Haider et al., 2003) ซึ่งปริมาณธาตุอาหารในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะเพิ่มขึ้นในช่วงการเลี้ยงเดือนที่ 2 จนกระทั่งจับขาย หลังจากที่สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (bloom) เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งสังเกตเห็นว่ากุ้งกุลาดำจะมีอาการผิดปกติและมีการตายเป็นจำนวนมาก ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Smith (1996) ที่พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. เป็นสาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้กุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) และกุ้งกุลามา (*Penaeus japonicus*) ไม่กินอาหาร เติบโตช้า และเหนียวทำให้กุ้งเกิดการติดเชื้อแบคทีเรียและมีกุ้งตายในบ่อเป็นจำนวนมาก อาการผิดปกติและการตายของกุ้งกุลาดำเกิดขึ้นเนื่องจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. สามารถสร้างสารพิษ microcystin (Carmichael, 1988) ซึ่งเป็นสาร heptapeptide (ภาพที่ 1) ที่เป็นพิษต่อตับโดยไปยับยั้งการสร้าง protein phosphatase (Haider et al., 2003) ทำให้กุ้งกุลาดำอ่อนแอและมีผลต่อระดับภูมิคุ้มกันของกุ้งกุลาดำ (Smith, 1996) ทำให้กุ้งมีการติดเชื้อแบคทีเรียและไวรัส (Fulks and Main, 1992; Lin, 1995) นอกจากนี้ยังพบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ยังเป็นสาเหตุเบื้องต้นที่ทำให้ปลาตาย โดยเฉพาะช่วงที่มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. อย่างรวดเร็ว (Sevrin-Reyssac and Pletikosic, 1990) ปัจจุบันพบว่าพื้นที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในประเทศไทยมีการแพร่กระจายของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis* จำนวนมาก ซึ่งเป็นปัญหาต่อการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นอย่างมาก

### 1. ไชยาโนแบคทีเรีย (สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน)

ไชยาโนแบคทีเรีย (Cyanobacteria) เดิมเรียกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue-green algae) เป็นสิ่งมีชีวิตพวกยูคาริโอติกที่มีคลอโรฟิลล์เอ ไฟโคบิลิโปรตีน มีการสะสมอาหารอยู่ในรูปไกลโคเจน ผันเชิงเซลล์เป็นสารอะมิโนซูการ์และกรดอะมิโน นักสาหร่ายวิทยาบางท่านเรียกว่าแบคทีเรียสีเขียวแกมน้ำเงิน หรือไชยาโนแบคทีเรีย

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของไชยาโนแบคทีเรียที่ง่ายที่สุดคือ เป็นพวกเซลล์เดี่ยวที่อยู่อย่างอิสระและมีชั้นเมือกห่อหุ้ม บางชนิดมีขนาดเล็กมาก มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์เพียง 0.5- ไม่ว่างานใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.0 ไมโครเมตร บางชนิดมีขนาดใหญ่มาก จัดเป็นโพรคาริโอตที่ใหญ่ที่สุด เช่น *Oscillatoria princes* มีเส้นผ่านศูนย์กลางของเซลล์ 60 ไมโครเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นพวกสาหร่ายหลายเซลล์ที่มีการเรียงตัวเป็นสาย ในขณะที่บางชนิดเป็นเซลล์เดี่ยวเช่น *Chroococcus sp.* แต่จะปรากฏอยู่รวมรวมกันเป็นกลุ่มขนาดใหญ่ เป็นการรวมกลุ่มอย่างง่าย ๆ แล้วสร้างสารเมือก (Mucilaginous-matrix) ห่อหุ้ม เช่น *Microcystis sp.* พวกที่เซลล์เรียงตัวเป็นสายยาวมีทั้งที่ไม่แตกแขนงเช่น *Oscillatoria Lingbya* และเป็นสายที่แตกแขนงเช่น *Hapalosiphon* ผนังเซลล์ของไซยาโนแบคทีเรียคล้ายกับผนังเซลล์แบคทีเรียแกรมลบ แต่ไซยาโนแบคทีเรียจะมีการสร้างเมือกมาห่อหุ้มผนังเซลล์ชั้นนอก ซึ่งเป็นชั้นที่ช่วยให้เซลล์หลายๆเซลล์ยึดต่อกันเป็นรูปร่างกลมหรือเป็นสาย

ไซยาโนแบคทีเรียทั้งหมดมีชั้นเมือกหุ้มเซลล์หรือปลอกหุ้มเซลล์ ซึ่งบางชนิดจะทำให้เห็นสารสีภายในเซลล์ที่อยู่ลึกลงไป เป็นชนิดที่ชอบอยู่บนบก (terrestrial habitats) สีของชั้นที่ล้อมรอบเซลล์มีความแตกต่างกันตามชนิดของไซยาโนแบคทีเรีย ได้แก่ สีทอง สีเหลือง สีน้ำตาล สีแดง สีเขียวมรกต สีน้ำเงิน สีม่วง สีน้ำเงินดำ อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์ยังเรียกว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่ความจริงมีไซยาโนแบคทีเรียเพียงครั้งเดียวของทั้งหมดเท่านั้นที่มีสีเขียวแกมน้ำเงิน

ไซยาโนแบคทีเรียมีโครงสร้างแตกต่างกันมากกว่าแบคทีเรียโดยมีเซลล์พิเศษเช่น เฮเทอโรไซสต์ (heterocysts) และ อะคิเน็ต (akinetes) พวกที่มีวิวัฒนาการภายหลังจากเซลล์เดี่ยว เป็นลักษณะเรียงแถวเดี่ยวเรียกว่าไตรโคม (trichome) เมื่อไตรโคมมีชั้นเมือกห่อหุ้มชั้นนอกเป็นชีท (sheath) เรียกโครงสร้างนี้ว่าสาย (filament) อาจจะมีมากกว่า 1 ไตรโคมในแต่ละเส้นสายส่วนพวกที่มีวิวัฒนาการเชิงซ้อน สายจะมีการแตกแขนง แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ แตกแขนงเป็นเซลล์เดี่ยวเรียงแถว เรียกว่า ยูนิเซอริเอท (uniseriate) และแตกแขนงประกอบด้วยเซลล์มากกว่า 1 แถว เรียกว่า มัลติเซอริเอท (multiseriate)

ไซยาโนแบคทีเรียทุกอันดับยกเว้น อันดับคามิไซโฟนาเลส (Order Chamaesiphonales) จะมีแก๊สแควคิโวล ซึ่งประกอบด้วยถุงแก๊สหรือเป็นหลอดกลวงที่เป็นปลายปิด เมื่อตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ กระจายอยู่ทั่วไป มีสีเหลืองแกมเขียว ถ้ากำลังขยายต่ำจะมีสีดำ และมีขนาดใหญ่กว่าอินคลูชันอื่นๆ แต่ถ้ากำลังขยายสูงจะมีสีแดงเนื่องจากการสะท้อนแสง

ไซยาโนแบคทีเรียที่มีแก๊สแควคิโวล สามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มตามหน้าที่ของการทำงานและนิเวศวิทยา คือ กลุ่มแรก จะมีแก๊สแควคิโวลบางระยะในวัฏจักรชีวิตหรือภายในเซลล์บางชนิด เช่น *Gloeotrichia ghosei* กลุ่มที่สอง เป็นไซยาโนแบคทีเรียพวกแพลงก์ตอน เช่น *Anabena*, *Microcystis* และ *Oscillatoria* ไซยาโนแบคทีเรียกลุ่มแพลงก์ตอน นี้จะใช้แก๊สแควคิโวลเป็นฟูลลอยมีผลทำให้เกิดการบลูม (bloom) โดยการลอยใกล้ผิวน้ำจำนวนมาก แต่หากเกิดการสูญเสียความสามารถในการเป็นฟูลลอย เนื่องจากเมื่อไซยาโนแบคทีเรียได้รับแสง และเกิดการสังเคราะห์ด้วยแสง ความดันภายในเซลล์เพิ่มขึ้น ทำให้แก๊สแควคิโวล ลดลงและหายไปในที่สุด สาหร่ายก็จะจมลง มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้ไซยาโนแบคทีเรียสูญเสียการใช้แก๊สแควคิโวลเป็นฟูลลอย เช่น *Oscillatoria agardhii* จะหยุดผลิตแก๊สแควคิโวลและเพิ่มน้ำหนักของเซลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนไหวของไซยาโนแบคทีเรีย มีการศึกษาจากการเคลื่อนที่ของ *Oscillatoria* sp. ที่เรียกว่า (Oscillating Motion) มีการหมุนไปรอบ ๆ และเคลื่อนที่ไปข้างหน้าและถอยหลัง

การแบ่งตัวของไซยาโนแบคทีเรียพวกที่เป็นสาย เช่น *Oscillatoria* , *Lyngbya* , *Anabaena* , *Nostoc* , *Scytonema* , *Rivularia* , *Gloeotrichia* , *Calothrix* , *Hapalosiphon* มีการเพิ่มความยาวของสายโดยการแบ่งตัวทิศทางเดียวของเซลล์ที่ปลายของไตรโคม

ไซยาโนแบคทีเรียจำนวนมากมีความสามารถในการสังเคราะห์ด้วยแสง ได้ทั้งสภาวะที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน ในสภาวะที่มีออกซิเจน อิเล็กตรอนในระบบแสง I จะได้รับจากระบบแสง II ส่วนในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนจะได้ซัลเฟอร์ออกมา เรียกไซยาโนแบคทีเรียกลุ่มนี้ว่า แฟคัลเตทีฟ โฟโตโทรฟิกแอนแอโรบ (Facultative phototrophic anaerobe) มีความสำคัญต่อระบบนิเวศแหล่งน้ำ ในฤดูหนาวแหล่งน้ำจืดจะมีซัลไฟด์ในระดับสูงที่ก้นแหล่งน้ำพบว่า *Oscillatoria limnetica* ปรากฏอยู่ในชั้นที่ไม่มีออกซิเจนก้นแหล่งน้ำ ซึ่งมีซัลไฟด์ช่วยทำหน้าที่เป็นผู้ให้อิเล็กตรอนสำหรับปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสง ในฤดูใบไม้ผลิ แหล่งน้ำจะเปลี่ยนเป็นชั้นที่มีออกซิเจน ดังนั้น *Oscillatoria limnetica* จะถูกกระตุ้นให้ระบบแสง II มีปฏิกิริยาสังเคราะห์ด้วยแสงในสภาวะที่มีออกซิเจน ความจริง *Oscillatoria limnetica* จะมีการรวมกันของการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ทั้งแบบที่มีออกซิเจนและไม่มีออกซิเจน (วันเพ็ญ, 2549)

Alonso-Rodriguez and Paez-Osuna (2003) ได้ทำการศึกษานิตของสาหร่ายที่เกิดขึ้นในบ่อเลี้ยงกุ้ง 4 บ่อ บริเวณทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศแม็กซิโก โดยผลพบว่า สาหร่ายที่มีทั้งด้านจำนวนและชนิดมากที่สุด คือสาหร่ายในกลุ่มไซยาโนแบคทีเรีย ซึ่งส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นในหน้าร้อน (ตารางที่ 1) นอกจากนี้ Schrader and Dennis (2005) รายงานว่า พบไซยาโนแบคทีเรีย เช่น *Oscillatoria perornata* , *Microcystis aeruginosa* และ *Oscillatoria agardhii* เป็นจำนวนมากในบ่อเลี้ยงปลาตุ๊ก ในทางตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศอเมริกา ที่ในบ่อมีธาตุอาหารสูงอันเนื่องมาจากการให้อาหาร ในระหว่างช่วงฤดูร้อน และต้นฤดูใบไม้ร่วง

ตารางที่ 1 ชนิดของสาหร่ายที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งบริเวณทางตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศแม็กซิโก

Bacillariophyceae	Dinophyceae	Cyanophyceae
<i>Achnanthes</i> sp.	<i>Ampelidinium</i> sp.	<i>Anabaena aequalis</i>
<i>Cyclotella kuetzingiana</i>	<i>Gyrodinium</i> <i>incoloratum</i>	<i>Anabaenopsis elenkinii</i>
<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Gyrodinium</i> sp.	<i>Anabaenopsis arnoldi</i>
<i>Navicula</i> spp.	<i>Gyrodinium spirale</i>	<i>Micrococcus</i> spp.
<i>Nitzschia closterium</i>	<i>Proocentrum minimum</i>	<i>Oscillatoria limnetica</i>
<i>Nitzschia radiosa</i>	<i>Scrippsiella trochoidea</i>	<i>Protococcus</i> spp.
<i>Nitzschia</i> spp.		<i>Schizothrix calcicola</i>
		<i>Synechocystis diplococcus</i>
		<i>Synechocystis leopoldensis</i>
		<i>Spirulina</i> spp.

ที่มา : Alonso-Rodriguez and Pa'ez-Osuna (2003)

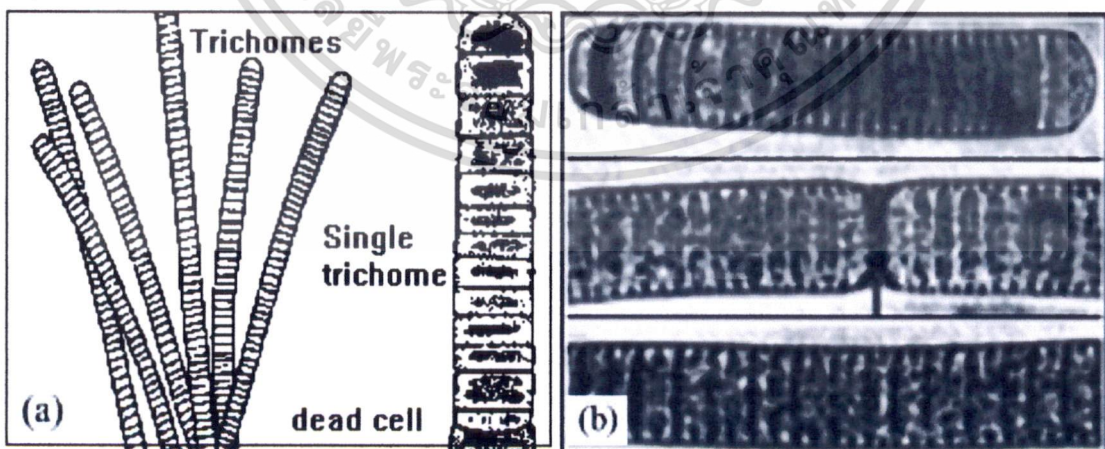
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออสซิลลาทอเรีย (*Oscillatoria* sp.)

*Oscillatoria* sp. (ภาพที่ 1) ไตรโคมมีลักษณะตรง เซลล์มีรูปร่างแบนเรียงตัวต่อกันเป็นสาย ไม่มีรอยคอดระหว่างเซลล์หรือมีแต่เห็นไม่ชัด ภายในเซลล์ไม่มีแก๊สแวกิวโอล ไตรโคมไม่แตกแขนง ไตรโคมอยู่เดี่ยวๆหรือรวมเป็นกลุ่มแต่ไม่ไขว้รวมเป็นมัด หรือไตรโคมจะอยู่รวมกับสาหร่ายอื่น ไตรโคมมีการเคลื่อนที่ไต่โดยเฉพาบริเวณปลายด้านหน้าของไตรโคมจะมีการส่ายซ้ายขวาสลับกัน ปลายสุดของไตรโคมอาจจะเรียวยาวเล็กหรือพองออก พบได้ทั้งในน้ำหรือในที่ชื้นและทั้งบนดินและบนก้อนหินมี 2-3 ชนิดที่เป็นแพลงก์ตอน เช่น *Oscillatoria rubescens* ซึ่งในบางครั้งจะเป็นสาเหตุทำให้น้ำเป็นสีแดงเลือด ถ้ามีการเพิ่มจำนวนมาก สีดังกล่าวจะเกี่ยวข้องกับภายในเซลล์มี ช่องแกวกิวโอลเทียม ซึ่งทำให้เกิดการหักเหของแสงมากกว่าการปรากฏของสารสี (วันเพ็ญ, 2549)

## 3. ผลของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue-green algae) ที่มีต่อกุ้ง

3.1 ผลของ blue-green algae ต่ออัตราการเจริญเติบโตของกุ้ง การบลูมของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สร้างพิษนั้น ก่อให้ผลกระทบต่อสัตว์น้ำ ซึ่งรวมถึงส่งผลกับตัวกุ้งด้วย Perez-Linares et al. (2003) ได้ทดลองเกี่ยวกับผลของสาหร่าย *Schizothrix calcicola* ที่มีผลต่อกุ้งขาว *Litopenaeus vannamei* (*Penaeus vannamei*) โดยทำการเลี้ยงกุ้งขาวในถังพลาสติก น้ำความเค็ม  $35.5 \pm 0.7$  ppm ที่อุณหภูมิ  $24.5 \pm 1.3$  °C ให้อาหารกุ้งด้วยอาหารที่มีส่วนผสมของสาหร่าย *Schizothrix calcicola* แล้วทำการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของกุ้ง กับกุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารปกติ ซึ่งมีระยะเวลาในทดลองเวลา 15 วัน พบว่ากุ้งที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมสาหร่าย *Schizothrix calcicola* จะมีการเจริญเติบโตได้ช้ากว่าการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารปกติ ซึ่งสอดคล้องกับ Alonso-Rodriguez and Paez-Osuna (2003) ที่ว่าสาหร่าย *Schizothrix calcicola* สามารถทำให้กุ้ง มีการเจริญเติบโตที่ช้าลงได้ (ภาพที่ 2)

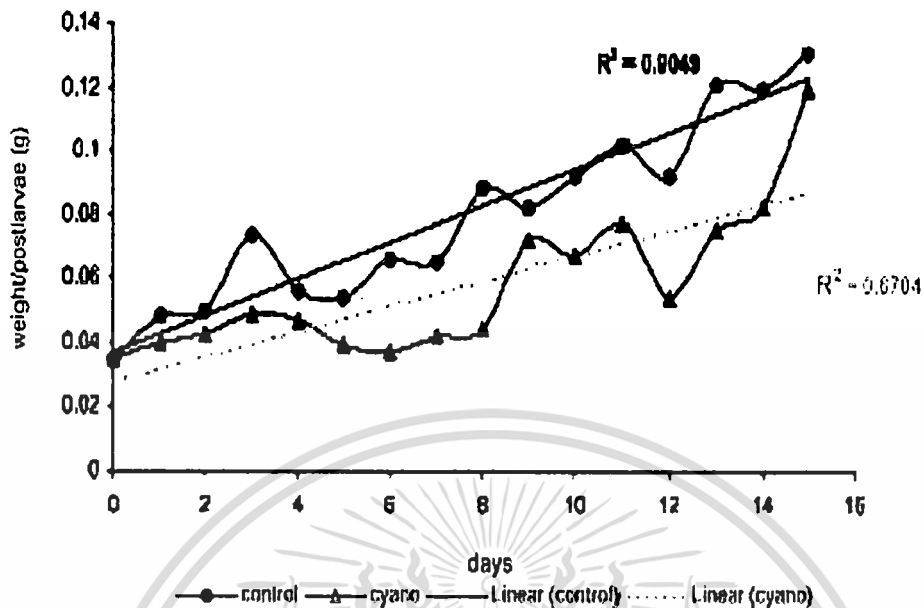


ภาพที่ 1 ลักษณะเส้นสายของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. (a) trichome ซึ่งประกอบด้วยเซลล์เป็นแถวเดี่ยวเรียงต่อกันเป็นสาย (b) การแบ่งเส้นสายโดยการแยกออกจากกันระหว่างรอยต่อของเซลล์ *Oscillatoria* sp.

ที่มา : <http://home.manhattan.edu/~frances.cardillo/plants/monera/oscill2.gif>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงงานเพื่อการศึกษเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

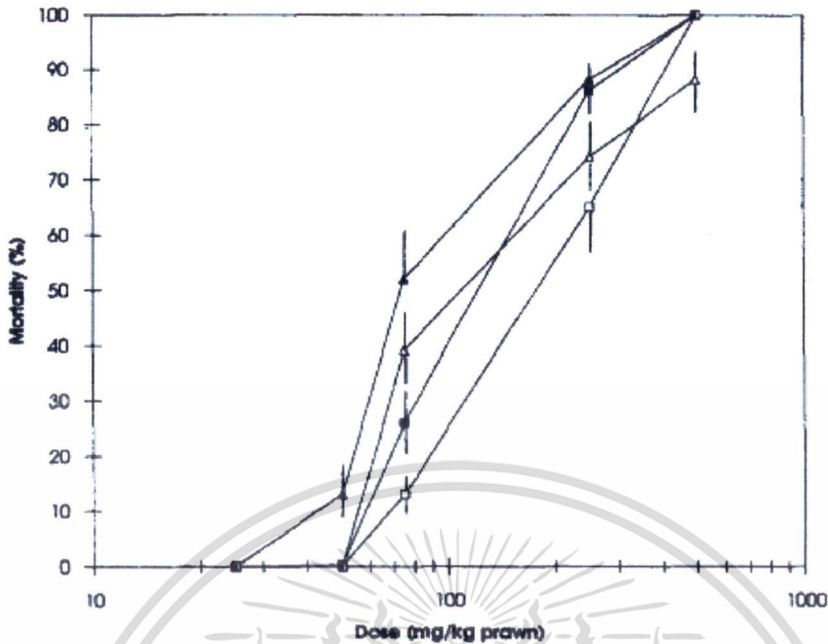


ภาพที่ 2 เปรียบการเจริญเติบโตของกุ้งขาว (*L. vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยอาหารผสมด้วยสาหร่าย *Schizothrix calcicola* และ เลี้ยงด้วยอาหารกุ้งแบบปกติ  
ที่มา : Perez-Linares et al. (2003)

3.2 ผลของ blue-green algae ต่ออัตราการตายของกุ้ง กุ้งจะมีอัตราการตายสูงขึ้นในสภาวะที่มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. บลูม Smith (1996) ได้ทำการศึกษาผลของการฉีด *Oscillatoria* sp. เข้าในตัวกุ้งจาก *Oscillatoria* sp. ที่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วน pellet extract และ ส่วนของ supernatant extract ในกุ้ง *P. japonicus* และ *P. monodon* โดย พบว่าในกุ้ง *P. japonicus* มีค่า LD<sub>50</sub> ของการฉีดในส่วนของ pellet extract และ supernatant extract คือ 120 mg/kg และ 180 mg/kg ตามลำดับ ส่วน ในกุ้ง *P. monodon* มีค่า LD<sub>50</sub> ของการฉีดในส่วนของ pellet extract และ supernatant extract คือ 75 mg/kg และ 110 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งจากค่าผลการทดลองได้ ช่วยทำให้เห็นว่า ทั้งในกุ้ง *P. japonicus* และ *P. monodon* จะได้รับอันตรายจากความเป็นพิษของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ในส่วนของ pellet extract มากกว่า ส่วนของ supernatant extract (ภาพที่ 3)

3.3 ผลของ blue-green algae ต่อสุขภาพกุ้ง ลักษณะความเป็นพิษ ของสาหร่ายในกลุ่ม Cyanophyta ยังแสดงให้เห็นได้จากความผิดปกติภายนอก คือกุ้งมีลักษณะที่อ่อนแอลง หรือ กุ้งมีอาการป่วย Smith (1996) ได้ทำการศึกษากุ้งที่เกิดอาการป่วยจากบ่อเลี้ยงที่มีสาหร่ายพวก *Oscillatoria* sp. บลูมอยู่ในบ่อเลี้ยง เทียบกับกุ้งที่ไม่ป่วยในบ่อเลี้ยง ที่มีสาหร่ายกลุ่ม microalgal บลูม โดยเปรียบเทียบจำนวนของเชื้อ *Vibrionaceae* จากอวัยวะต่างๆ ของกุ้ง ซึ่งพบว่ากุ้งที่แสดงอาการป่วยที่ได้จากบ่อเลี้ยงที่มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. บลูมอยู่ จะพบเชื้อ *Vibrionaceae* ในกุ้ง ส่วนของ hepatopancreas เหงือก และกล้ามเนื้อ จำนวนมากกว่า กุ้งที่ไม่ป่วย (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ผลของการฉีด *Oscillatoria* sp. ส่วนของ pellet extract และ supernatant extract ในกุ้ง *P. japonicus* ที่ฉีดสาหร่ายส่วนของ pellet (□) หรือส่วน supernatant (○) และในกุ้ง *P. monodon* ที่ฉีดสาหร่ายส่วนของ pellet (□) หรือ แบบ supernatant (○) ปริมาตร 0.5 ml และวัดอัตราการตายหลังจาก 18 ชม.

ที่มา : Smith (1996)

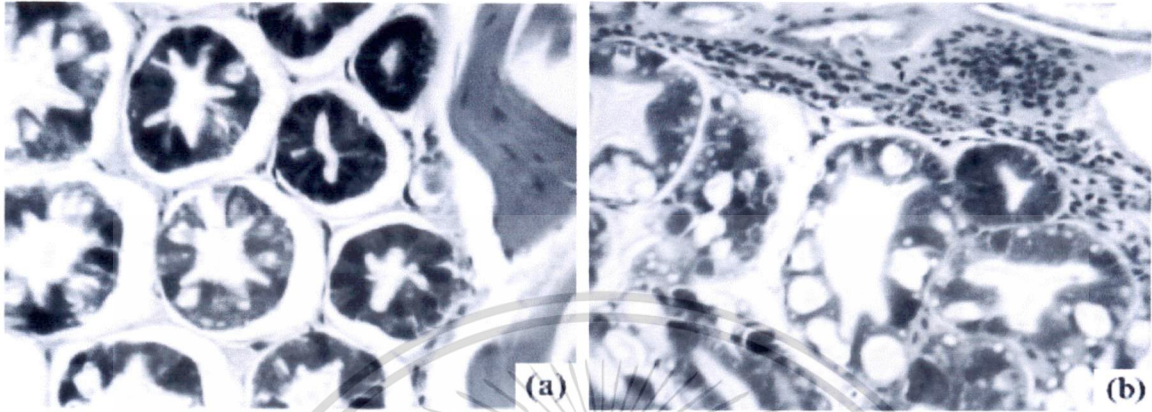
ตารางที่ 2 ระดับของเชื้อ *Vibrionaceae* ที่พบบริเวณเนื้อเยื่อส่วนต่างๆของกุ้ง *P. monodon* ในสภาวะที่มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. บลูม

Incident	Health of prawns	Hepatopancreas ( $10^3$ c.f.u./mlitre)	Gills ( $10^3$ c.f.u./ml)	Muscle ( $10^3$ c.f.u./ml)
Jan. 1992	(a) Sick	$5100 \pm 1900$ (8)	$750 \pm 450$ (8)	$190 \pm 75$ (8)
	(b) Healthy	$150 \pm 38$ (11)	$< 0.5$ (11)	$1.3 \pm 0.5$ (11)
May 1992	(a) Sick	$7100 \pm 4400$ (4)	$11,000 \pm 7000$ (4)	$230 \pm 190$ (4)
Dec. 1994	(a) Sick	$8000 \pm 2000$ (6)	$280 \pm 140$ (6)	$45 \pm 26$ (6)
	(b) Healthy	4800 (2)	$< 1$ (2)	0.5 (2)

ที่มา : Smith (1996)

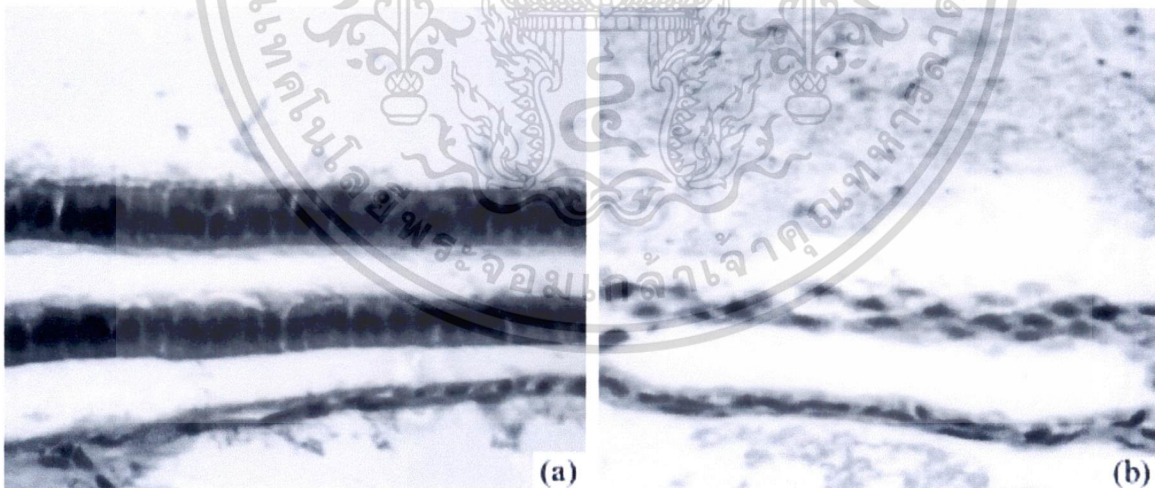
3.4 ผลของ blue-green algae ต่อเนื้อเยื่อของกุ้ง Perez-Linares et al. (2003) ยังได้ศึกษาความผิดปกติของเนื้อเยื่อที่เกิดขึ้นกับกุ้งขาว (*Penaeus vannamei*) เมื่อกุ้งได้รับการเลี้ยงด้วยระบบที่มี *Schizothrix calcicola* ผสมในอาหาร ซึ่งเมื่อทำการตรวจแบบ cross-section พบว่ามีการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมติดกันของเนื้อเยื่อบริเวณรอบๆท่อในส่วน **hepatopancreas** และพบเซลล์ตายรอบเนื้อเยื่อที่เชื่อมติดกัน (ภาพที่ 4) และเมื่อทำการตรวจสอบความผิดปกติ ของเนื้อเยื่อแบบ **longitudinal cross-section** แล้ว จะพบการหายไปของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้น **epithelium** บริเวณลำไส้กุ้ง (ภาพที่ 5)



**ภาพที่ 4** เปรียบเทียบลักษณะของ เนื้อเยื่อบริเวณ **Hepatopancreas** ของกุ้งขาว ที่ทำการตัดแบบ **cross - section** (a) เนื้อเยื่อปกติ (b) เนื้อเยื่อผิดปกติที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารที่ผสมสาหร่าย *Schizothrix calcicola* โดยนำกุ้งที่เลี้ยงเป็นระยะเวลา 8 วัน มาทำการตรวจสอบ

ที่มา : Perez-Linares et al. (2003)

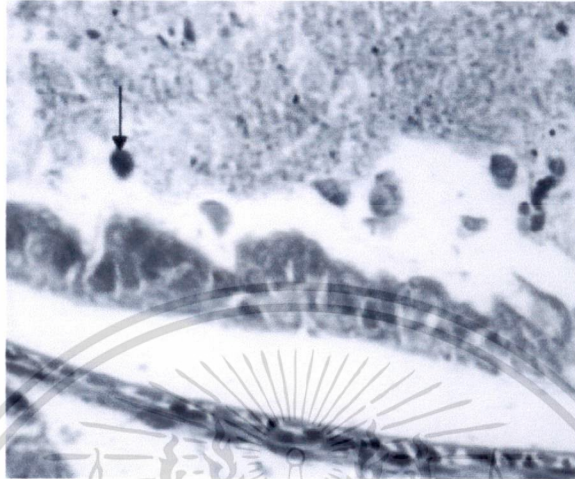


**ภาพที่ 5** เปรียบเทียบลักษณะของเนื้อเยื่อบริเวณลำไส้ ที่ทำการตัดแบบ **longitudinal cross-section** (a) เนื้อเยื่อบริเวณลำไส้ของกุ้งปกติจะเห็นเซลล์เนื้อเยื่อที่มีลักษณะทรงกระบอกอยู่ภายในเยื่อชั้น **epithelium** (b) การหายไปของเซลล์ในชั้นเนื้อเยื่อ **Epithelium** หลังจากทำการเลี้ยงกุ้งด้วยอาหารที่มีสาหร่าย *Schizothrix calcicola* ผสมเป็นระยะเวลา 8 วัน

ที่มา : Perez-Linares et al. (2003)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากทำการเลี้ยงกึ่งด้วยอาหารที่ผสมสาหร่าย *Schizothrix calcicola* เป็นระยะเวลา 14 วัน พบการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อที่ลำไส้คือ เนื้อเยื่อชั้น epithelium เกิดการเสียหายและเสื่อมสภาพลง และพบการเชื่อมติดกันของเนื้อเยื่อบริเวณรอบๆ ลำไส้ (ภาพที่ 6)

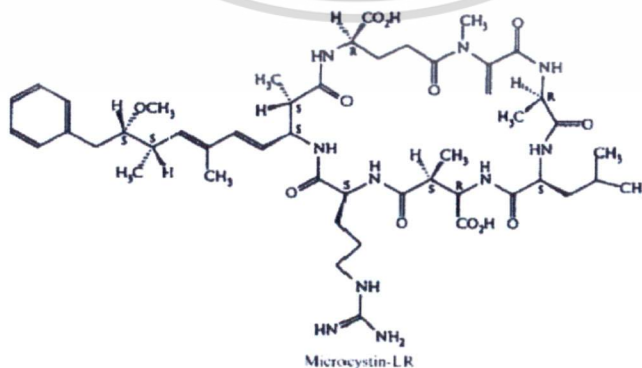


ภาพที่ 6 ความผิดปกติของ เนื้อเยื่อชั้น epithelium ของกึ่งบริเวณลูกศรชี้แสดงให้เห็นถึงเซลล์ที่เสื่อมสภาพลงแล้วเกิดการแยกตัวออกไป

ที่มา : Perez-Linares et al. (2003)

#### 4. ความเป็นพิษของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลออกซิซาลาทอเรีย

Zimba et al. (2006) กล่าวว่าสาหร่ายพิษกลุ่ม cyanoprokaryotic toxins สามารถสร้างสารพิษ hepatotoxins, cylindrospermopsin, microcystin และ nodularin ซึ่งสารพิษเหล่านี้จะส่งผลเสียต่อดับ หัวใจ และไต โดยพบมีการรายงานพิษ microcystin มากที่สุด ซึ่ง microcystin (ภาพที่ 7) เป็นสารพิษที่ผลิตขึ้นจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางสายพันธุ์ เช่น *Microcystis* sp., *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Nostoc* sp. (Dawson, 1997)



ภาพที่ 7 โครงสร้างทางเคมี ของ microcystin-LR

ที่มา : Dawson (1997)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ Zimba et al. (2006) ได้รวบรวมรายงานสารพิษในกลุ่ม microcystin (MC) มีผลเสียต่อสัตว์ ไม่มีมีกระดูกสันหลัง (ตารางที่ 3)

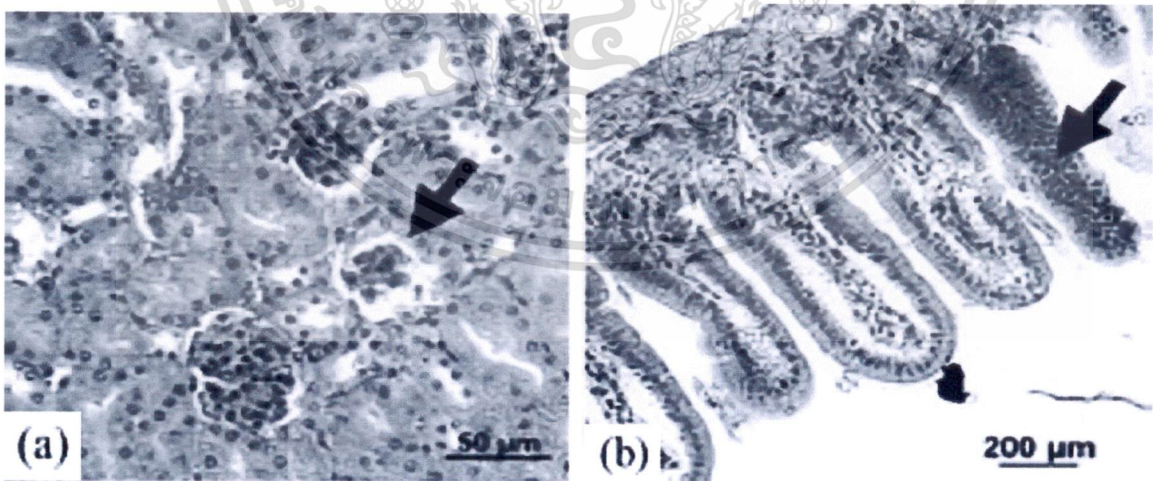
ตารางที่ 3 ผลของสารพิษ microcystin (MC) ต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

Impacted species	Level for effect(s)	Toxin impact	Citation
<i>A. woodiana</i> , <i>C. pilicosa</i> , <i>U. douglasiae</i>	12.6 µg/g dry wt	Hepatopancreas damage	Yokoyama and Park (2002)
Brown shrimp ( <i>Artemia salina</i> )	0.5 µg/l; 3.75 µg	Reduced GST expression	Beattie et al. (2003)
<i>Artemia salina</i> , <i>Thamnocephalus platyurus</i>	>98 µg/g	Mortality	Drobniowska et al. (2004)
<i>Daphnia galeata</i> , <i>Daphnia pulex</i>	0.024-0.253 ng/µm	Disrupted molting process	Kaebnick et al. (2001)
Freshwater bivalve molluscs ( <i>Unio douglasiae</i> )	130-250 µg/g	Eliminated toxin at higher temperatures	Yokoyama and Park (2003)
<i>Daphnia pulex</i>	100 µg/l	Population decrease at higher dose	Trabaud et al. (2004)
Crayfish ( <i>Procambarus clarkii</i> )	11.3 µg/g	No significant effect	Vasconcelos et al. (2001)
Crab	0.025-103 µg/g	Mortality	Magalhaes et al. (2003)
Brown shrimp ( <i>Artemia salina</i> )	5-20 µg/ml	Mortality	Mexalfer et al. (2002)
Zebra mussel ( <i>Dreissena polymorpha</i> )	2 ng/l	Showed high clearance of MC-LR	Dicasio-Pires et al. (2004)
Fairy shrimp ( <i>T. platyurus</i> ), zebrafish ( <i>D. rerio</i> )	0.01 ng/ml	Mortality	Keil et al. (2002)
<i>Daphnia magna</i>	3 µg/ml	PUFA as toxic as MC	Reinikainen et al. (2001)
<i>Daphnia</i> spp. (6 species)	>0.4-6 ng/l	<i>Daphnia</i> mortality	Rodrick et al. (2001)
Shrimp (2 freshwater species)	>4 µg/g wet weight	None	Chen and Xie (2005)
Parrot ( <i>Fennaus</i> sp.)	0-3 µg/l	None	Kankarajoki et al. (2005)
<i>Daphnia</i> spp.	0-3.83 ng/ml/day	LD <sub>50</sub> =1.48-3.83 ng/ml/day	Rodrick et al. (2003)

PUFA - polyunsaturated fatty acids

GST - glutathione S-transferase

ที่มา : Zimba et al. (2006)



ภาพที่ 8 พิษของไซยาโนแบคทีเรียที่ส่งผลต่ออวัยวะของหนู (a) ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณไตของหนู (b) ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณ ลำไส้เล็กของหนู

ที่มา : Martins et al. (2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 5. คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งที่พบ blue-green algae บลุ่ม

คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งที่มี blue-green algae บลุ่ม Smith (1996) ได้ทำการศึกษาถึง คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งที่พบกุ้งตายระหว่างการเลี้ยง อันเนื่องมาจาก การบลุ่มของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. จากฟาร์มเลี้ยงกุ้ง 4 ฟาร์ม (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยง กุ้งที่พบกุ้งตายระหว่างที่มีการบลุ่มของสาหร่าย *Oscillatoria* sp.

Parameter	Jan. 1992	May 1992	Dec. 1994	Feb. 1995
Number of ponds affected	2	6	3	3
Prawn size (g)	15-22	18-25	15-25	13-18
Prawn mortality (%)	45	50	75	50
Temperature (°C)	26	25.5	30	32
Secchi visibility (cm)	58	63	55	30
Salinity (g/kg)	8.2	26.3	25	32
pH	8.8	8.4	7.6	8.0
Dissolved oxygen (mg/litre)	6.6	6.3	> 6	7.0
Nitrate* (mg N/litre)	< 1	3	24	3
Nitrite* (mg N/litre)	< 1	1	14	2
Ammonia* (mg N/litre)	40	30	590	480
Phosphorus* (mg P/litre)	460	780	140	160
Silica* (mg/litre)	580	280	150	320
Suspended solids (mg/litre)	NA	35	45	50
Vibrionaceae (c.f.u./ml)	1500	3000	60,000	35,000
Heterotrophs (c.f.u./ml)	60,000	15,000	NA	NA
Oscillatoriales* (cell/ml)	78,000	NA	90,000	65,000

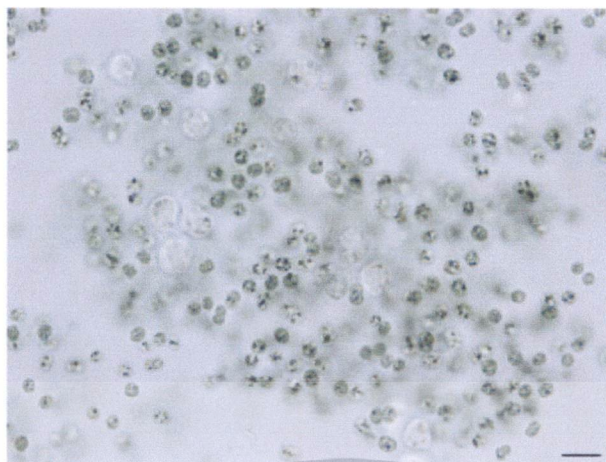
\*Dissolved nutrient concentration.

\*Planktonic species.

ที่มา : Smith (1996)

*Microcystis aeruginosa* (ภาพที่ 9) เป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินหรือ blue green algae จัดเป็นแบคทีเรียในกลุ่มของ cyanobacteria ส่วนมากพบเป็นกลุ่มโคโลนี แบคทีเรียกลุ่มนี้สามารถสังเคราะห์แสงได้เองซึ่งแตกต่างจากแบคทีเรียชนิดอื่นที่ไม่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ Xie et al., (2001b) กล่าวว่าเมื่อสาหร่ายเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วมีผลก่อให้เกิดการเปลี่ยนสีของน้ำ หรือการเกิดกลิ่นเหม็น เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า algal bloom และเมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลงมีผลทำให้น้ำขาดออกซิเจน ส่งผลให้สิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำตายได้ นอกจากนี้สาหร่ายบางชนิดอาจสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายโดยตรงต่อสัตว์น้ำ อีกทั้งยังมีพิษต่อสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย แพะ แกะ และสัตว์ปีกที่มากินน้ำ รวมทั้งมนุษย์อาจได้รับอันตรายจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนสาหร่ายที่สร้างสารพิษที่พบมากตามแหล่งน้ำมีหลายชนิด แต่ cyanobacteria ชนิดที่ก่อให้เกิดพิษมากที่สุด คือ *Microcystis aeruginosa* ซึ่งสามารถผลิตสารพิษและปล่อยออกมาจากตัวมันได้ เรียกสารพิษชนิดนี้ว่า microcystin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 9 สาหร่ายขนาดเล็ก *M. aeruginosa* ที่พบมากที่สุดใบบ่อกุ้ง  
ที่มา : Zimba et al. (2006)

microcystin เป็นสารพิษที่มีโครงสร้างเป็นกรดอะมิโน 7 ตัวที่มีบางส่วนต่อกันเป็นวงกลม มีทั้งหมด 3 ชนิด คือ microcystin ชนิด LR, YR และ RR (ชาลินี, 2544) กล่าวว่า microcystin ยังมีคุณสมบัติเป็นตัวยับยั้งเอนไซม์ในกลุ่ม protein phosphatases ซึ่งเอนไซม์ชนิดนี้ทำงานร่วมกับเอนไซม์ protein kinase ในการควบคุมปริมาณหมู่ฟอสเฟตที่ถูกเติมในโมเลกุลโปรตีน โดย Protein kinase ทำหน้าที่เติมหมู่ฟอสเฟต (phosphorylation) แต่ protein phosphatase ทำหน้าที่ตัดหมู่ฟอสเฟตออก (dephosphorylation) การเกิดปฏิกิริยาทั้งสองแบบนี้มีบทบาทต่อโครงสร้างและการทำหน้าที่ของ intermediate filament และ Microfilament โดย microcystin จะทำลายสมดุลระหว่าง phosphorylation และ dephosphorylation Santos et al., (2006) กล่าวว่า พิษที่เห็นเด่นชัดของ microcystin คือพิษต่อตับ (hepatotoxin) และพิษต่อระบบประสาท (neurotoxin) ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตหากมี microcystin ในปริมาณมากจะทำให้เซลล์ตับตายและทำลายเส้นเลือดที่หล่อเลี้ยงภายในตับ โดยสาหร่ายจะปล่อยสารพิษลงสู่แหล่งน้ำเมื่อเซลล์ตายหรือเซลล์แก่ การตายของสัตว์ที่ได้รับสารพิษเข้าไปเนื่องมาจากการย่อยเซลล์สาหร่ายที่กินเข้าไปนั่นเอง

## 6. ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa*

ในปัจจุบันทั่วโลกกำลังประสบปัญหาสาหร่ายจากสาหร่ายที่มีการแพร่ขยายในวงกว้างบ่อยครั้งที่มีการพบ cyanobacteria ตามแหล่งน้ำต่างๆ อาทิเช่น ในน้ำเค็ม น้ำกร่อย และน้ำจืด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการแพร่ขยายของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ซึ่งได้ส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ รวมถึงกลิ่นอันไม่พึงประสงค์ ซึ่งสาเหตุที่ทำให้สาหร่าย *Microcystis aeruginosa* นั้นแพร่ขยายอย่างรวดเร็วนั้นมีปัจจัยหลายอย่าง ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 6.1 สารอาหาร

Xie et al., (2003a) กล่าวว่า สารอาหารมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งไนโตรเจนและฟอสฟอรัส จัดเป็นสารอาหารที่ขาดไม่ได้ในสาหร่ายที่มีการแพร่ขยายการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบสำคัญของกรดอะมิโน โปรตีน เอนไซม์ เป็นต้น ส่วนฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบของพลังงานในรูป ATP, ADP, phospholipid, RNA, DNA เป็นต้น หากสาหร่ายได้รับสารอาหารในปริมาณไม่เหมาะสมจะมีผลต่อการเจริญเติบโตได้ ซึ่งในแหล่งน้ำที่มีการพบการแพร่ขยายของสาหร่าย *Microcystis* sp. จะพบไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในอัตราส่วนที่ต่ำเนื่องจากการเพิ่มมวลของสาหร่าย

## 6.2 อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายรวมไปถึงการสืบพันธุ์ Tas et al.,(2006)กล่าวว่า มักมีการแพร่ขยายของ *Microcystis* อย่างรวดเร็วในช่วงฤดูร้อน แต่การเจริญเติบโตจะถูกจำกัดในเรื่องของความเค็มของน้ำ

## 6.3 ความขุ่นของน้ำ

เกิดเนื่องจากมีอนุภาคแขวนลอยอยู่ ทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์รวมทั้งสิ่งมีชีวิตในน้ำ Zhang et al., (2006) กล่าวว่า เมื่อเปรียบเทียบจำนวน *Microcystis* sp. ที่เกิดขึ้นในบ่อที่ไม่มีและไม่มีปลาการ์ปเงิน (*Hypophthalmichthys molitrix*) ผลปรากฏว่าจำนวน *Microcystis* sp. ในบ่อที่มีปลาการ์ปเงิน (*Hypophthalmichthys molitrix*) จะมีจำนวน *Microcystis* sp. ในปริมาณที่มากกว่าบ่อที่ไม่มีปลาการ์ปเงิน

## 6.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ

ใช้เป็นตัวชี้บ่งบอกถึงคุณภาพของแหล่งน้ำ หากแหล่งน้ำมีคุณภาพดี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูง สาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีแต่ถ้าแหล่งน้ำเกิดมลพิษค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำต่ำมาก สาหร่ายที่มีความทนทานต่อสภาพขาดออกซิเจนจะเจริญเติบโตได้ ในขณะที่สาหร่ายบางชนิดไม่สามารถทนทานได้จึงตายไป (ชาลินี, 2544)

## 6.5 ความเป็นกรดเบส

Santos et al., (2006) กล่าวว่า ค่าความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมสำหรับ *Microcystis* sp. อยู่ในช่วงระหว่าง 6.5-7.7

## 6.6 ความเข้มแสง

ความต้องการปริมาณแสงของสาหร่ายแต่ละชนิดแตกต่างกัน การได้รับปริมาณแสงสูงหรือต่ำเกินไปมีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย หรือทำให้เซลล์สาหร่ายได้รับความเสียหาย ดังนั้นสาหร่ายจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดในสภาวะที่มีความเข้มแสงเหมาะสม (ชาลินี, 2544)

## 7. ผลของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ต่อสัตว์น้ำ

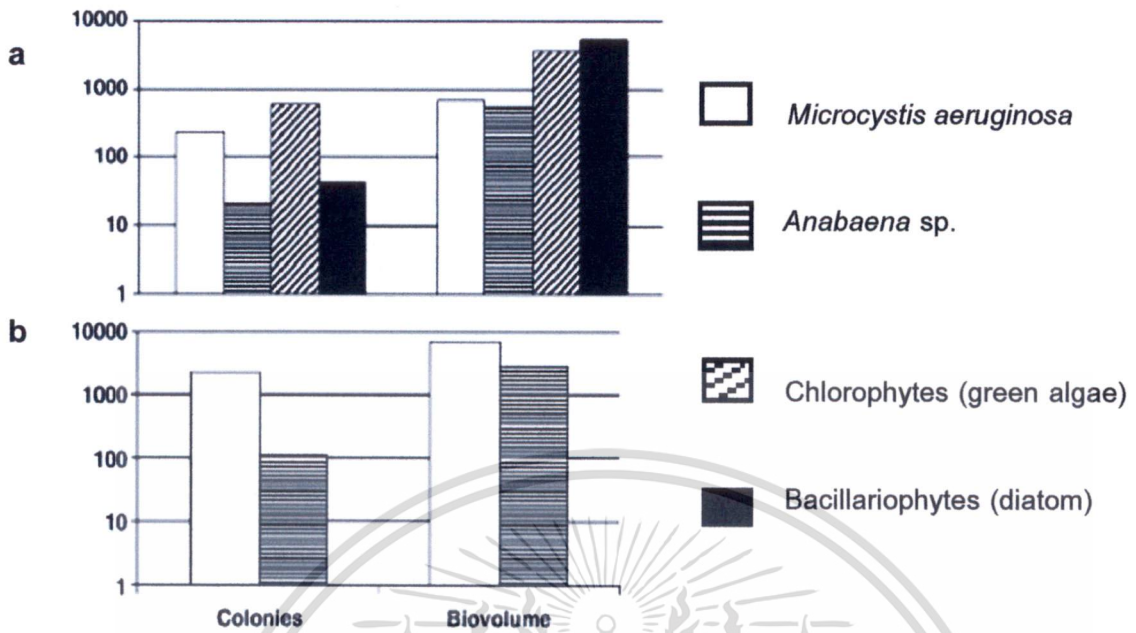
นอกจากสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำแล้ว สาหร่ายชนิดนี้ยังส่งผลกระทบต่อพืช ปลา สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเนื่องจากสาหร่ายชนิดนี้มีการผลิตสารพิษออกมา

7.1 ผลของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ต่อกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) Zimba et al., (2006) ทดลองโดยนำกุ้งขาว (*Litopenaeus vannamei*) จากบ่อที่มีการระบาดของสาหร่ายอย่างหนาแน่นซึ่งคาดว่าจะมีสารพิษเป็นจำนวนมากจำนวน 5 ตัวและนำกุ้งจากบ่อข้างเคียงที่อยู่ติดกันจำนวน 5 ตัว นำมาชั่งน้ำหนักแล้วตรวจเนื้อเยื่อที่ตับโดยการวิเคราะห์ HPLC/MS และตรวจกล้ามเนื้อของกุ้งที่กำลังใกล้จะตายจากบ่อที่มีสาหร่าย และกุ้งที่มีลักษณะปกติเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ (1 g) จากนั้นนำมาสกัดใน 75% MeOH เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4°C และวิเคราะห์โดย HPLC/MS ผลทดลองปรากฏว่า กุ้งที่นำมาจากบ่อที่มีการระบาดของสาหร่ายจะมีเนื้อเยื่อที่ตับบวมเมื่อเปรียบเทียบกับเนื้อเยื่อที่ตับของกุ้งที่มีลักษณะปกติจากบ่อข้างเคียง เมื่อนำน้ำตัวอย่างจากบ่อที่มีการตายของกุ้งพบว่ามี phytoplankton ที่มีจำนวนมากที่สุด 2 สายพันธุ์ คือ *M. aeruginosa* มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และ *Anabaena* sp. มากกว่า 87 เปอร์เซ็นต์ ส่วนบ่อข้างเคียงพบ bacillariophytes และ chlorophytes (ภาพที่ 10) เมื่อวิเคราะห์น้ำได้พบสาร microcystin LR จากบ่อที่มีการตายของกุ้ง ซึ่งเป็นสารพิษชนิดเดียวกับกุ้งที่ตาย ส่วนน้ำที่วิเคราะห์จากบ่อข้างเคียงนั้นไม่มีสารพิษ เมื่อวิเคราะห์ HPLC ด้วย MS ปรากฏว่าสารพิษชนิด microcystin LR ถูกผลิตโดย *M. aeruginosa* ส่วน *Anabaena* sp. นั้นไม่ได้ผลิตสารพิษชนิด microcystin LR

7.2 ผลของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ต่อกุ้ง (*Procambarus clakii*) Vasconcelos et al., ทดลองโดยใช้กุ้งในระยะวัยอ่อนเลี้ยงในถังที่มีสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ซึ่งมีสารพิษ microcystin LR ชนิด IZANCYA 2 ที่ความหนาแน่น  $3.1 \times 10^5$  ถึง  $3.3 \times 10^7$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร ส่วนกลุ่มควบคุมจะเลี้ยงในถังที่ไม่มีสาหร่าย ผลปรากฏว่า อัตราการตายที่สูงที่สุดในเวลา 24 ชั่วโมงอาจไม่เกี่ยวข้องกับความเป็นพิษของสาหร่าย แต่อาจมีผลมาจากการละลายตัวของออกซิเจนในปริมาณที่ต่ำในน้ำ ในขณะที่เวลา 48 ชั่วโมงของการใช้ความเข้มข้นของเซลล์ 100 เปอร์เซ็นต์ จะพบอัตราการตายมากที่สุด คิดเป็นจำนวน 35 เปอร์เซ็นต์ และที่ 72 ชั่วโมง อัตราการตายต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มควบคุมมีอัตราการตาย 0-10 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 5

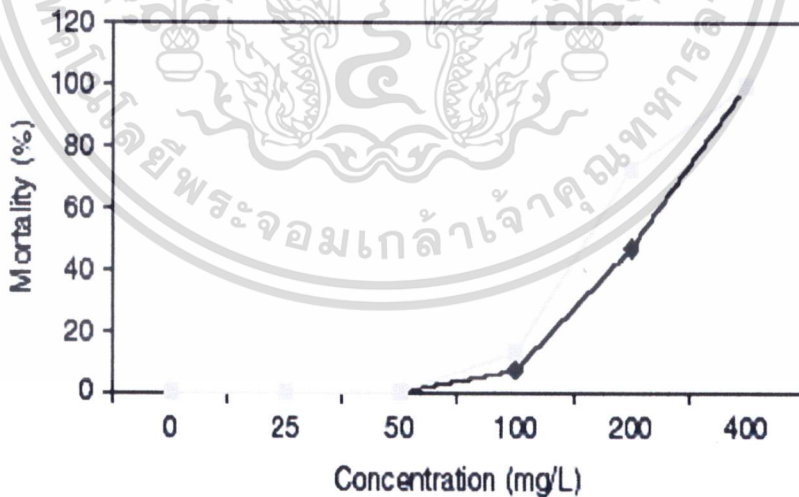
7.3 ผลของสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ต่อ *Daphnia similis* และ *Cladocera silvestrii* Santos et al., (2006) ทดลองปฏิบัติการตอบสนองและอัตราการตายของ *Daphnia similis* และ *Cladocera silvestrii* โดยการนำสารสกัดหยาบจากสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50, 100, 200, 300 และ 400 มิลลิกรัมต่อลิตร มาเจือจางกับน้ำ บันทึกรผลอัตราการอยู่รอดหลัง 24 และ 48 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์อัตราการตายของ *D. similis* และ *C. silvestrii* จะมีค่าสูงในกลุ่มที่มีความเข้มข้นของสารสกัดจากสาหร่ายมาก และ *C. silvestrii* จะมีปฏิบัติการตอบสนองที่สูงกว่า *D. similis* (ภาพที่ 11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 10 จำนวนโคโลนีของ *M. aeruginosa* จำนวนเส้นสายของ *Anabaena sp.* และจำนวนเซลล์ของ diatom (จำนวน/มิลลิลิตร) และปริมาตร ( $\mu\text{m}^3/\text{ml}$ ) ในบ่อที่ไม่มีผลต่อกุ้ง (a) และบ่อที่มีผลต่อกุ้ง (b)

ที่มา : Zimba et al. (2006)



◆ อัตราการตายของ *D. similis*      ■ อัตราการตายของ *C. silvestrii*

ภาพที่ 11 อัตราการตายของ *Daphnia similis* และ *Cladocera silvestrii* โดยทดลองที่ 24 ชั่วโมงด้วยสารสกัดหยาดจากสาหร่ายที่เกิดการแพร่ขยายจำนวนอย่างรวดเร็ว

ที่มา : Santos et al. (2006)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 5** เปอร์เซ็นต์การรอดชีวิตของกิ้งในระยะเวลาวัยอ่อนหลัง 24,48 และ 72 ชั่วโมง โดยประเมินความเป็นพิษของสาหร่าย *M. aeruginosa* ที่ความหนาแน่นมากที่สุด (100%) ของจำนวน  $3.3 \times 10^7$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร และเปอร์เซ็นต์ของออกซิเจนเริ่มแรก และสุดท้าย

ระยะเวลา	ชนิด	ความเข้มข้น (%)	การรอดชีวิต (%)	ค่าออกซิเจนเริ่มแรก(%)	ค่าออกซิเจนสุดท้าย(%)
24 h	IZANCYA2	0.1	100	-	-
		1	100	-	-
		10	90	-	-
		100	0	71	21
48 h	IZANCYA2	10	95	79	78
		20	95	72	74
		50	85	72	80
		60	65	79	71
		100	100	80	88
72 h	IZANCYA2	10	90	70	74
		20	100	70	71
		50	85	72	72
		70	95	68	37
		100	100	71	73
24/48/72 h	Control		100	71	74

ที่มา : Vasconcelos et al. (2001)

## วิธีการทดลอง

สำรวจบ่อเลี้ยงกุ้งขาวโดยเลือกบ่อที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว (bloom) ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis* และเป็น dominant species ในจังหวัดฉะเชิงเทราและปราจีนบุรี จำนวนไม่น้อยกว่า 20 บ่อ บ่อที่ใช้ในการศึกษาจะบันทึกข้อมูลลักษณะกุ้งขาวระหว่างการเลี้ยง

**ศึกษาชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่สร้างสารพิษ microcystin ในการเลี้ยงกุ้งขาว**

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 20 ไมครอน เก็บรักษาตัวอย่างด้วย acidified Lugol' s solution นำมาวิเคราะห์ปริมาณและชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis* คำนวณความหนาแน่นของแพลงก์ตอนและเปอร์เซ็นต์สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis*

2. กรองตัวอย่างน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 20 ไมครอน เก็บรักษาตัวอย่างในน้ำแข็งที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส วิเคราะห์ปริมาณสาร microcystin ในตัวอย่างด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC)

3. กำหนดหาปริมาณ microcystin ที่พบในตัวอย่างสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis*

**ศึกษาความสัมพันธ์ความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่ส่งผลต่อกุ้งขาว และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ**

1. กรองตัวอย่างน้ำด้วยถุงกรองแพลงก์ตอนขนาด 20 ไมครอน นำมาแยกชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis* ให้บริสุทธิ์ โดยวิธี micropipette washing และเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อสำหรับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue green algae media) สูตร BG-11 medium

2. วิเคราะห์ปริมาณสารพิษ microcystin ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis* ที่สร้างสารพิษ microcystin และขยายหัวเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อสูตร BG-11 medium ให้เพียงพอสำหรับการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## อาหารเลี้ยงสาหร่ายสูตร BG-11 medium

ส่วนผสม	ความเข้มข้น
โซเดียมไนเตรต (NaNO <sub>3</sub> )	1.50 g/L
ไดโปแตสเซียมไฮโดรเจนออร์โทฟอสเฟต 7 ไฮเดรต (K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	0.040 g/L
แมกนีเซียมซัลเฟต 7-ไฮเดรต(MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O)	0.075 g/L
แคลเซียมคลอไรด์ 2-ไฮเดรต(CaCl <sub>2</sub> ·2H <sub>2</sub> O)	0.036 g/L
กรดซิตริก (C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>10</sub> )	0.006 g/L
เฟอริกแอมโมเนียมซิเตรต	0.006 g/L
ไดโซเดียมแมกนีเซียม EDTA	0.001 g/L
โซเดียมคาร์บอเนต(Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> )	0.020 g/L
Trace Metal Mix A <sub>5</sub> +CO	1 ml

3. นำชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *oscillatoria* และ *microcystis* ที่สร้างสารพิษ microcystin มาทดสอบผลของพิษ microcystin ต่อกุ้งขาว โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) มีทรีตเมนต์ คือ ระดับความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp.

### แผนการทดลอง สาหร่าย *Oscillatoria* sp.

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีความหนาแน่นของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. เป็นชุดการทดลอง แบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 4 ซ้ำ

- ชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp.
- ชุดการทดลองที่ 2 มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ความหนาแน่น 2x10<sup>6</sup> cell/ml
- ชุดการทดลองที่ 3 มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ความหนาแน่น 4x10<sup>6</sup> cell/ml
- ชุดการทดลองที่ 4 มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ความหนาแน่น 6x10<sup>6</sup> cell/ml
- ชุดการทดลองที่ 5 มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ความหนาแน่น 8x10<sup>6</sup> cell/ml

### 1. ขั้นตอนเตรียมการก่อนการทดลอง

#### 1.1 การเตรียมกุ้งขาวเพื่อใช้ในการทดลอง

1.1.1 หาซื้อลูกพันธุ์ลูกกุ้งขาว จากฟาร์มอนุบาล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา

1.1.2 นำลูกกุ้งขาวที่ซื้อมาทำการอนุบาล ในถังพลาสติกปริมาตร 100 ลิตร 5 ถัง

1.1.3 เลี้ยงกุ้งขาวโดยให้อาหาร-เปลี่ยนถ่ายน้ำ จนกุ้งขาวมีขนาดประมาณ 2.5 กรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.1.4 ค่อยๆปรับความเค็มน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาว จนน้ำมีความเค็มที่ 3 ppt

1.1.5 สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้ง ขนาดประมาณ 2.5 กรัม จำนวน 80 ตัว เพื่อใช้ในการทดลอง

## 1.2 การเตรียมสาหร่ายเพื่อใช้ในการทดลอง

1.2.1 นำเซลล์ *Oscillatoria* sp. ที่ทำการแยกแล้ว มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสูตร BG-11 โดยทำการขยายเลี้ยงใน flask ขนาด 125 ml แล้วขยายเลี้ยงในขวดน้ำเกลือ 1 ลิตร และ ในโหลแก้ว 10 ลิตร ตามลำดับ

1.2.2 นำสาหร่าย *Oscillatoria* sp. จากการเลี้ยงมาทำการเจือจาง 3 ระดับความหนาแน่น ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 682 nm และทำการสุ่มนับจำนวน *Oscillatoria* sp. ในแต่ละความเจือจาง ด้วยสไลด์นับเม็ดเลือด

1.2.3 สุ่ม *Oscillatoria* sp. มาคำนวณจำนวนเซลล์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1.2.4 ทำการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน *Oscillatoria* sp. (cell/ml) ของแต่ละความหนาแน่น กับค่าการดูดกลืนแสงของ *Oscillatoria* sp. ที่ 682 nm

1.2.5 ทำการเลี้ยงสาหร่ายให้ได้ปริมาตร ประมาณ 30 L ที่ระดับความหนาแน่น *Oscillatoria* sp.  $2 \times 10^7$  cell/ml เพื่อใช้ในการเจือจางสำหรับการทดลองต่อไป

## 2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 เติมน้ำความเค็ม 3 ppt ปริมาตร 5 ลิตร ลงในตู้ทดลองความจุ 7.5 ลิตร จำนวน 20 ตู้

2.2 นำกุ้งขาวขนาด  $2.51 \pm 0.08$  กรัม ที่ทำการสุ่มแล้ว จำนวน 80 ตัว ใส่ลงตู้ทดลอง ทั้ง 20 ตู้ โดยแต่ละตู้สามารถแยกเลี้ยงกุ้งขาวได้ตู้ละ 4 ตัว

2.3 ทำการเลี้ยงกุ้งขาวเพื่อปรับสภาพเป็นเวลา 5 วัน

2.4 เติมน้ำที่มีสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ที่เตรียมไว้สำหรับการทดลองใส่ลงในตู้ทดลองตู้ละ 2 L โดยคำนวณระดับความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ให้ในตู้ทดลอง มีความหนาแน่นของเซลล์ *Oscillatoria* sp. ที่  $0$ ,  $2 \times 10^6$ ,  $4 \times 10^6$ ,  $6 \times 10^6$  และ  $8 \times 10^6$  cell/ml ความหนาแน่นละ 4 ตู้ (ความหนาแน่นที่ 0 เติมน้ำที่มีปุ๋ย)

2.5 บันทึกการตายของกุ้งขาวที่ระดับความหนาแน่นของเซลล์ *Oscillatoria* sp. ต่างๆ ทุกวัน

2.6 สังเกตและบันทึกลักษณะผิดปกติของกุ้งขาวที่ตายภายนอก จากนั้นทำการดองกุ้งตายด้วย ฟอर्मาลีน 10% เพื่อตรวจความผิดปกติผ่านกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

2.7 วิเคราะห์ปริมาณสาร microcystin ด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) ในแต่ละการทดลองทุก 3 วัน

2.8 ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน (DO) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ทุกวัน

2.9 ทำการตรวจวัด จำนวนเซลล์ของสาหร่ายที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการทดลอง โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 682 nm ของน้ำในตู้ทดลองที่มี *Oscillatoria* sp. ทุกวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## แผนการทดลอง สาหร่าย *Microcystis aeruginosa*

วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยมีความหนาแน่นของสาหร่าย *Oscillatoria sp.* เป็นชุดการทดลอง แบ่งการทดลองเป็น 5 ชุดการทดลอง ในแต่ละชุดการทดลองทำการทดลอง 4 ซ้ำ

ชุดการทดลองที่ 1 ไม่มีสาหร่าย *Microcystis aeruginosa*

ชุดการทดลองที่ 2 มีสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ความหนาแน่น  $2 \times 10^6$  cell/ml

ชุดการทดลองที่ 3 มีสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ความหนาแน่น  $4 \times 10^6$  cell/ml

ชุดการทดลองที่ 4 มีสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ความหนาแน่น  $6 \times 10^6$  cell/ml

ชุดการทดลองที่ 5 มีสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ความหนาแน่น  $8 \times 10^6$  cell/ml

### 1. ขั้นตอนเตรียมการก่อนการทดลอง

#### 1.1 การเตรียมกุ้งขาวเพื่อใช้ในการทดลอง

- 1.1.1 หาซื้อลูกพันธุ์กุ้งขาว จากฟาร์มอนุบาล ในเขตจังหวัดฉะเชิงเทรา
- 1.1.2 นำลูกกุ้งขาวที่ซื้อมาทำการอนุบาล ในถังพลาสติกปริมาตร 100 ลิตร 5 ถัง
- 1.1.3 เลี้ยงกุ้งขาวโดยให้อาหาร-เปลี่ยนถ่ายน้ำ จนกุ้งขาวมีขนาดประมาณ 2.5 กรัม
- 1.1.4 ค่อยๆปรับความเค็มน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งขาว จนน้ำมีความเค็มที่ 3 ppt
- 1.1.5 สุ่มชั่งน้ำหนักกุ้ง ขนาดประมาณ 2.5 กรัม จำนวน 80 ตัว เพื่อใช้ในการทดลอง

#### 1.2 การเตรียมสาหร่ายเพื่อใช้ในการทดลอง

1.2.1 นำเซลล์ *Microcystis aeruginosa* ที่ทำการแยกแล้ว มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสูตร BG-11 โดยทำการขยายเลี้ยงใน flask ขนาด 125 ml แล้วขยายเลี้ยงในขวดน้ำเกลือ 1 ลิตร และ ในโหลแก้ว 10 ลิตร ตามลำดับ

1.2.2 นำสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* จากการเลี้ยงมาทำการเจือจาง 3 ระดับ ความหนาแน่น ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 682 nm และทำการสุ่มนับจำนวน *Microcystis aeruginosa* ในแต่ละความเจือจาง ด้วยสไลด์นับเม็ดเลือด

1.2.3 สุ่ม *Microcystis aeruginosa* มาคำนวณจำนวนเซลล์ ภายใต้กล้องจุลทรรศน์

1.2.4 ทำการหาสมการความสัมพันธ์ระหว่างจำนวน *Microcystis aeruginosa* (cell/ml) ของแต่ละความหนาแน่น กับค่าการดูดกลืนแสงของ *Microcystis aeruginosa* ที่ 682 nm

1.2.5 ทำการเลี้ยงสาหร่ายให้ได้ปริมาตร ประมาณ 30 L ที่ระดับความหนาแน่น *Microcystis aeruginosa*  $2 \times 10^7$  cell/ml เพื่อใช้ในการเจือจางสำหรับการทดลองต่อไป

### 2. ขั้นตอนการทดลอง

2.1 เติมน้ำความเค็ม 3 ppt ปริมาตร 5 ลิตร ลงในตู้ทดลองความจุ 7.5 ลิตร จำนวน 20 ตู้

2.2 นำกุ้งขาวขนาด  $2.51 \pm 0.08$  กรัม ที่ทำการสุ่มแล้ว จำนวน 80 ตัว ใส่ลงตู้ทดลอง ทั้ง 20 ตู้ โดยแต่ละตู้สามารถแยกเลี้ยงกุ้งขาวได้ตู้ละ 4 ตัว

2.3 ทำการเลี้ยงกุ้งขาวเพื่อปรับสภาพเป็นเวลา 5 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 เดิมน้ำที่มีสาหร่าย *Microcystis aeruginosa* ที่เตรียมไว้สำหรับการทดลองใส่ลงในตู้ทดลองตู้ละ 2 ลิตร โดยคำนวณระดับความหนาแน่นของ *Microcystis aeruginosa* ให้ในตู้ทดลอง มีความหนาแน่นของเซลล์ *Microcystis aeruginosa* ที่  $0$ ,  $2 \times 10^6$ ,  $4 \times 10^6$ ,  $6 \times 10^6$  และ  $8 \times 10^6$  cell/ml ความหนาแน่นละ 4 ตู้ (ความหนาแน่นที่ 0 เดิมน้ำที่มีปุ๋ย)

2.5 บันทึกการตายของกุ้งขาวที่ระดับความหนาแน่นของเซลล์ *Microcystis aeruginosa* ต่างๆ ทุกวัน

2.6 สังเกตและบันทึกลักษณะผิดปกติของกุ้งขาวที่ตายภายนอก จากนั้นทำการดองกุ้งตายด้วย ฟอर्मาลีน 10% เพื่อตรวจความผิดปกติผ่านกล้องจุลทรรศน์ต่อไป

2.7 วิเคราะห์ปริมาณสาร microcystin ด้วยเครื่อง high performance liquid chromatography (HPLC) ในแต่ละการทดลองทุก 3 วัน

2.8 ทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจน (DO) ความเป็นกรด-ด่าง (pH) และ ค่าการนำไฟฟ้า (conductivity) ทุกวัน

2.9 ทำการตรวจวัด จำนวนเซลล์ของสาหร่ายที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการทดลอง โดยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 682 nm ของน้ำในตู้ทดลองที่มี *Microcystis aeruginosa* ทุกวัน

#### การบันทึกข้อมูล

บันทึกจำนวนกุ้งตายและวัดคุณภาพน้ำ ตั้งแต่เริ่มใส่สาหร่าย *Oscillatoria sp.* และ *Microcystis aeruginosa* ทุกวัน

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 for Windows

สถานที่ทำการทดลอง/เก็บตัวอย่าง

1. ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำและห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงสัตว์ทะเล  
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง  
คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ฟาร์มเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตจังหวัดฉะเชิงเทราและปราจีนบุรี

#### ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มการวิจัยตั้งแต่เดือนตุลาคม 2549 – กันยายน 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### ศึกษาชนิดสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis aeruginosa* ที่สร้างสารพิษ microcystin ในการเลี้ยงกุ้งขาว

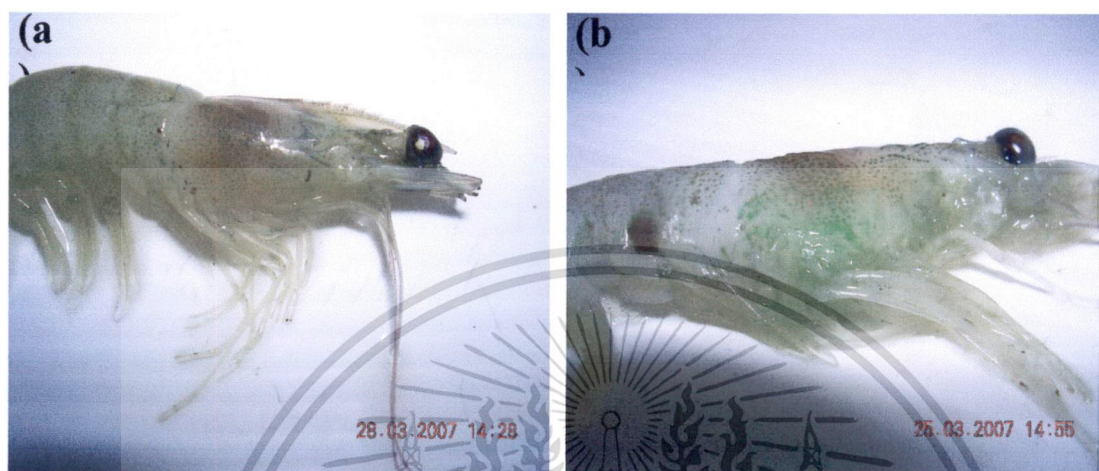
จากการวิเคราะห์หาปริมาณสาร microcystin ในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis aeruginosa* ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว พบว่าในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวที่มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. หนาแน่น  $1.87 \times 10^2 - 4.87 \times 10^4$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร จะพบปริมาณ microcystin 0.000-0.006 ไมโครกรัมต่อลิตร และในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวที่มีสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Microcystis aeruginosa* หนาแน่น  $2.54 \times 10^3 - 6.29 \times 10^4$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร จะพบปริมาณ microcystin 0.000-0.008 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งพบว่ากุ้งขาวที่เลี้ยงมีลักษณะปกติ แสดงว่าปริมาณ microcystin ที่พบในบ่อเลี้ยงไม่ส่งผลต่อกุ้งขาวที่เลี้ยง เนื่องจากมีปริมาณต่ำกว่า แตกต่างจากการศึกษาของ Smith (1996) ที่ทำการศึกษาผลของการฉีด *Oscillatoria* sp. เข้าในตัวกุ้งจาก *Oscillatoria* sp. ที่แบ่งเป็น 2 ส่วน คือส่วน pellet extract และ ส่วนของ supernatant extract ในกุ้ง *P. japonicus* และ *P. monodon* โดย พบว่าในกุ้ง *P. japonicus* มีค่า LD<sub>50</sub> ของการฉีดในส่วน ของ pellet extract และ supernatant extract คือ 120 mg/kg และ 180 mg/kg ตามลำดับ ส่วน ใน กุ้ง *P. monodon* มีค่า LD<sub>50</sub> ของการฉีดในส่วนของ pellet extract และ supernatant extract คือ 75 mg/kg และ 110 mg/kg ตามลำดับ ซึ่งจากค่าผลการทดลองได้ ช่วยทำให้เห็นว่า ทั้งในกุ้ง *P. japonicus* และ *P. monodon* จะได้รับอันตรายจากความเป็นพิษของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ใน ส่วนของ pellet extract มากกว่า ส่วนของ supernatant extract ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปัจจัย สภาพแวดล้อมในบ่อที่แตกต่างกันมีผลทำให้ปริมาณ microcystin ต่างกัน เนื่องจากผลการศึกษา พบว่าบางบ่อที่มีความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis aeruginosa* มากแต่พบปริมาณ microcystin น้อยกว่าบ่อที่มีความหนาแน่นมากกว่า

### ศึกษาความสัมพันธ์ความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. ที่ส่งผลต่อกุ้งขาว และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

#### 1. ความสัมพันธ์ความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

1.1 จากการศึกษาลักษณะผิดปกติที่เกิดขึ้นกับกุ้งขาว ระหว่างการทดลองพบว่ากุ้งขาว ส่วนใหญ่ตายโดยไม่แสดงลักษณะผิดปกติภายนอกให้เห็น ซึ่งคาดว่า การตายเกิดจากสารพิษ บางอย่างที่อยู่ในเซลล์ของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. เช่น สารพิษกลุ่ม microcystin ซึ่งเป็นสารพิษ ที่ผลิตขึ้นได้จากสาหร่ายจำพวก สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน(ไซยาโนแบคทีเรีย)บางสายพันธุ์ เช่น *Microcystis* sp., *Anabaena* sp., *Oscillatoria* sp. และ *Nostoc* sp. (Dawson, 1997) นอกจากนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กุ้งขาวบางส่วนตายโดยเกิดจากการลอกคราบไม่ออก และอีกบางส่วนตายโดยพบลักษณะผิดปกติภายนอกคือ พบว่าในชุดการทดลองที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. สูง จะพบเซลล์สีเขียวของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ซึ่งคาดว่าสามารถเข้าไปอุดตันบริเวณเหงือกของกุ้งขาว ทำให้กุ้งขาวอาจได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอเป็นสาเหตุให้กุ้งตายอีกทางหนึ่ง (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณเหงือกของกุ้งขาว (a) ลักษณะบริเวณเหงือกของกุ้งขาวในกุ้งที่ตายโดยไม่พบความผิดปกติภายนอก (b) ลักษณะบริเวณเหงือกของกุ้งขาวใน

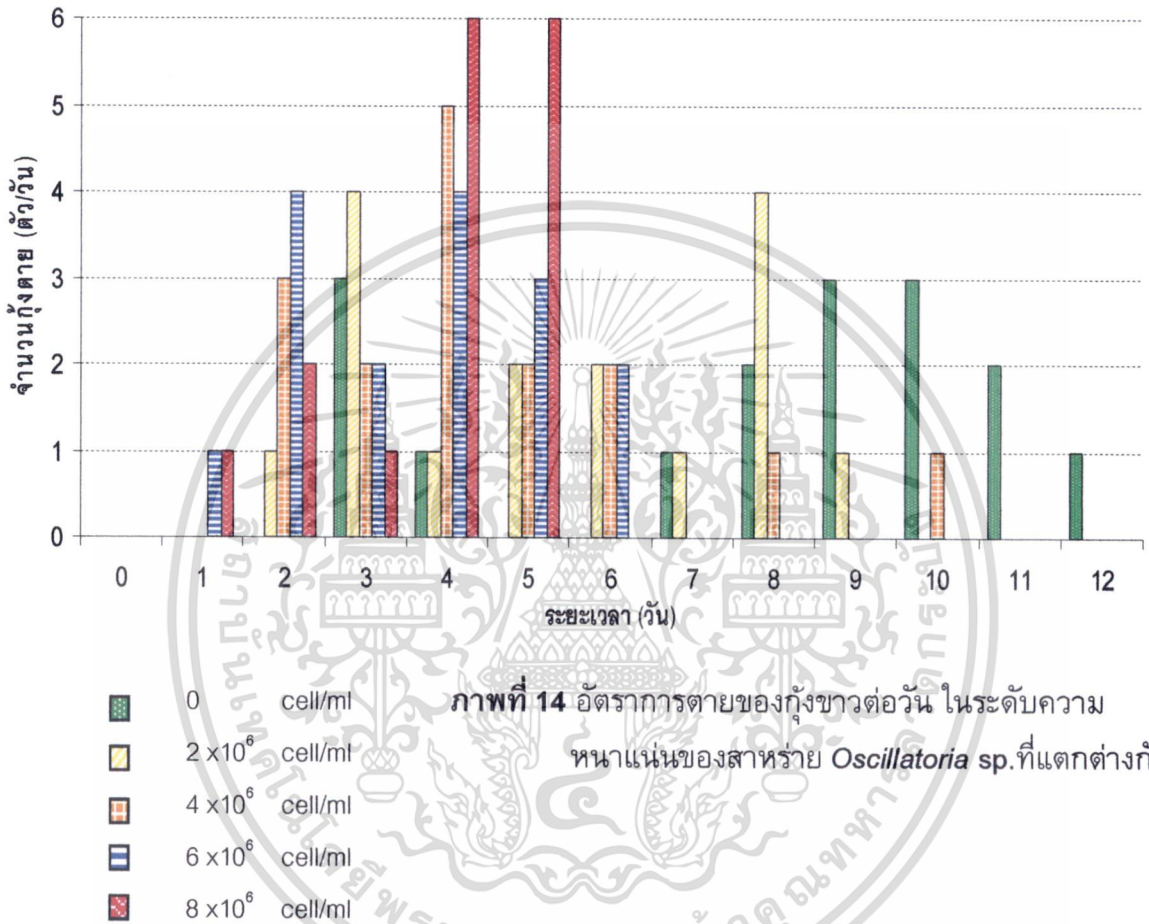
จากการนำกุ้งขาวที่มีเซลล์สาหร่าย *Oscillatoria* sp. ติดอยู่บริเวณส่วนของเหงือก โดยทำการตัดส่วนหนึ่งของซี่เหงือกในกุ้งขาว มาทำการส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ จึงทำให้เห็นลักษณะเส้นสายของ *Oscillatoria* sp. เข้าไปเกี่ยวพันกับส่วนของซี่เหงือกในกุ้งขาวอย่างชัดเจน (ภาพที่ 13)



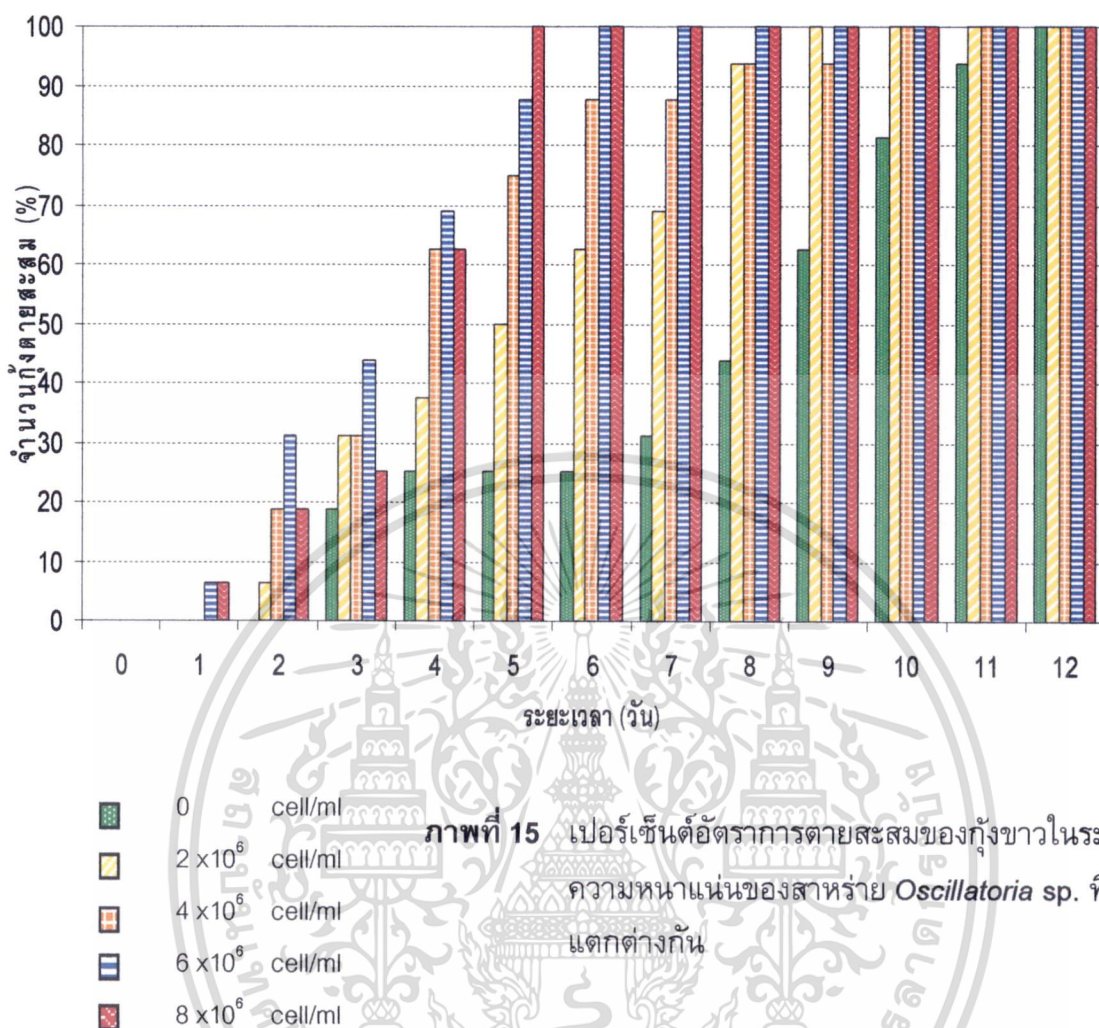
ภาพที่ 13 ลักษณะผิดปกติที่พบบริเวณซี่เหงือกของกุ้งขาว (a) ลักษณะซี่เหงือกปกติของกุ้งขาว

(b) ลักษณะเส้นสายของ *Oscillatoria* sp. ที่เข้ามาเกี่ยวพันบริเวณซี่เหงือกของกุ้งขาว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 จากการศึกษาผลของอัตราการตายของกุ้งขาวแวนนาไม ที่ทำการเลี้ยงร่วมกับสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. ในระดับความหนาแน่นต่างๆ โดยศึกษาอัตราการตายต่อวัน พบว่า กุ้งที่ทำการเลี้ยงร่วมกับสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ในระดับความหนาแน่นสูงจะมีแนวโน้มการตายของกุ้งขาวมากในช่วงวันแรกๆ เมื่อเทียบกับที่ระดับความหนาแน่นต่ำและชุดควบคุม (ภาพที่ 14)



และเมื่อทำการศึกษาเปอร์เซ็นต์อัตราการตายสะสมของกุ้งขาวตลอดระยะเวลาการทดลอง พบว่า กุ้งขาวที่ทำการเลี้ยงร่วมกับสาหร่าย *Oscillatoria* sp. ในระดับความหนาแน่นสูงจะมีแนวโน้มของอัตราการตายสะสมของกุ้งขาว มากกว่า ระดับของ *Oscillatoria* sp. ที่มีความหนาแน่นต่ำและชุดควบคุมอย่างชัดเจน (ภาพที่ 15)



นอกจากนี้ ระยะเวลา (วัน) ที่ตายของกุ้งขาวในระดับความหนาแน่นของสาหร่าย *Oscillatoria sp.* ที่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง ยังให้ผลที่แตกต่างกันทางสถิติ คือ เวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาวแวนนาไมชุดควบคุม ที่ระดับความหนาแน่น 0 เซลล์ต่อมิลลิลิตร พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับทุกระดับความหนาแน่น โดยมีเวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาวแวนนาไมสูงสุด  $7.81 \pm 2.97$  วัน และพบว่าเวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาวแวนนาไมที่ระดับความหนาแน่น  $2 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ ( $P < 0.05$ ) กับระดับความหนาแน่น  $4.14 \times 10^6$  และ  $7.08 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร โดย *Oscillatoria sp.* ที่ระดับความหนาแน่น  $4.14 \times 10^6$  เซลล์ต่อมิลลิลิตร มีเวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาวแวนนาไมต่ำสุด  $3.50 \pm 1.59$  วัน ซึ่งผลดังกล่าวแสดงแนวโน้มให้เห็นว่ากุ้งขาวในสภาวะที่มีความหนาแน่นของ *Oscillatoria sp.* สูง ทำให้กุ้งขาวตายเร็วขึ้น (ตารางที่ 6) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ microcystin พบว่าอยู่ในระดับ 0.000-0.011 ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 6) ซึ่งต่ำกว่าระดับที่ Smith (1996) ได้ศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 ผลความหนาแน่นของสาหร่าย *Oscillatoria* sp. และปริมาณ microcystin ที่ระดับแตกต่างกันต่อเวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาว

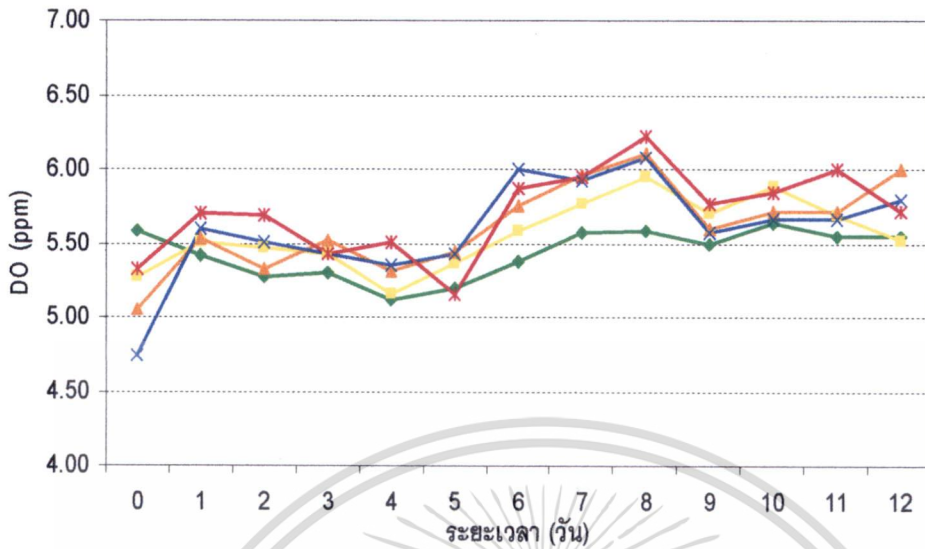
ความหนาแน่นของสาหร่าย (cell/ml)	ปริมาณ microcystin (ug/L)	เวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาว (วัน)
0	0.000±0.000	7.81±2.97 <sup>a</sup>
2x10 <sup>6</sup>	0.002±0.001	5.63±2.16 <sup>b</sup>
4x10 <sup>6</sup>	0.005±0.001	4.50±2.19 <sup>bc</sup>
6x10 <sup>6</sup>	0.008±0.002	3.50±1.59 <sup>c</sup>
8x10 <sup>6</sup>	0.011±0.002	3.88±1.26 <sup>c</sup>

หมายเหตุ อักษรที่ไม่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P>0.05)

อักษรที่แตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

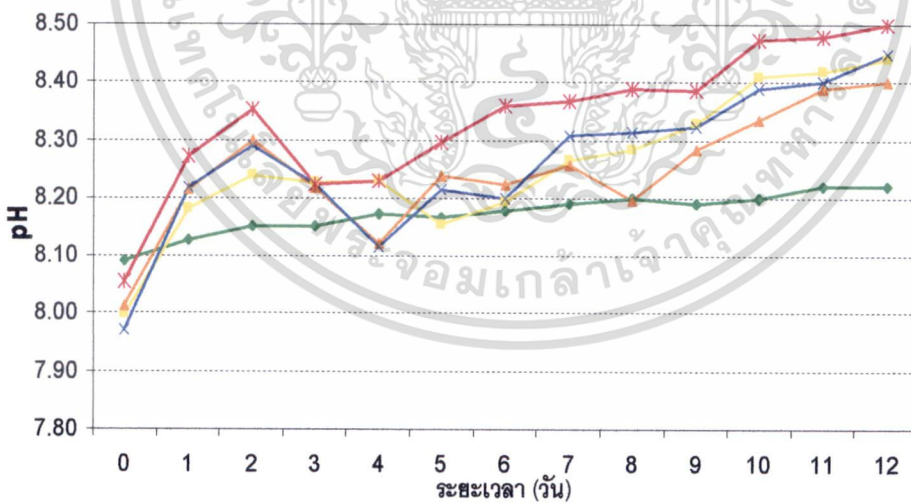
จากผลการศึกษาด้านอัตราการตายของกุ้งขาว ทั้งผลอัตราการตายของกุ้งขาวต่อวัน, เปอร์เซ็นต์การตายสะสมของกุ้งขาว และ เวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาว พบว่ามีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือ ในชุดการทดลองที่มีระดับความหนาแน่นของเซลล์สาหร่าย *Oscillatoria* sp. สูง จะส่งผลให้อัตราการตายในกุ้งขาวมาก

3. จากการศึกษาคุณภาพน้ำในช่วงระยะเวลาการทดลอง ได้แก่ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (ภาพที่ 16) ความเป็นกรด-ด่าง (ภาพที่ 17) และ ความนำไฟฟ้า (ภาพที่ 18) พบว่า ตลอดระยะเวลาการทดลอง ค่าทางคุณภาพน้ำที่วัดได้ทุกชุดการทดลอง ยังมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกุ้งขาวอยู่ โดยพบค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ สูงสุดอยู่ที่ 6.22 ppm และต่ำสุดที่ 4.74 ppm ค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 8.5 และต่ำสุดที่ 7.97 ค่าความนำไฟฟ้า มีค่าสูงสุดอยู่ที่ 5.51 mS/cm และต่ำสุดที่ 4.45 mS/cm และมีความเข้มแสงอยู่ในช่วงระหว่าง 1,733-2,065 ลักซ์ (ภาพที่ 19) อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 30-32.6 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 20)



- 0 cell/ml
- $2 \times 10^6$  cell/ml
- $4 \times 10^6$  cell/ml
- $6 \times 10^6$  cell/ml
- $8 \times 10^6$  cell/ml

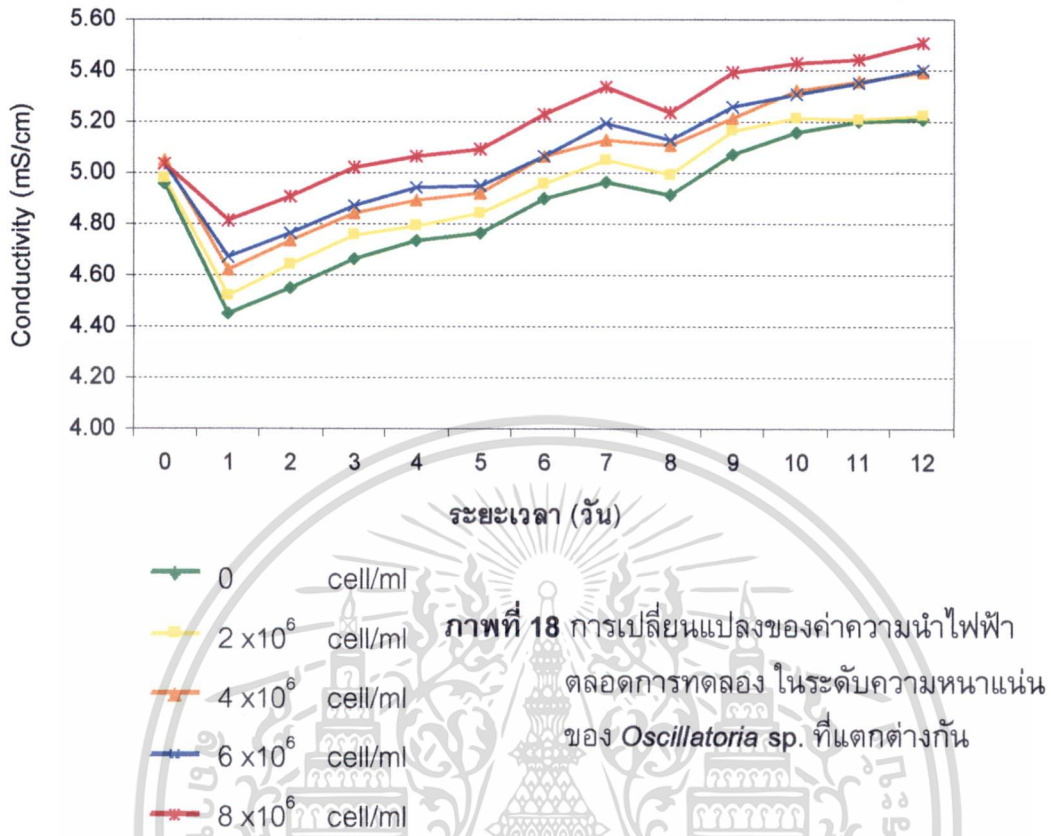
**ภาพที่ 16** การเปลี่ยนแปลงของออกซิเจนที่ละลายในน้ำตลอดการทดลอง ในระดับความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ที่แตกต่างกัน



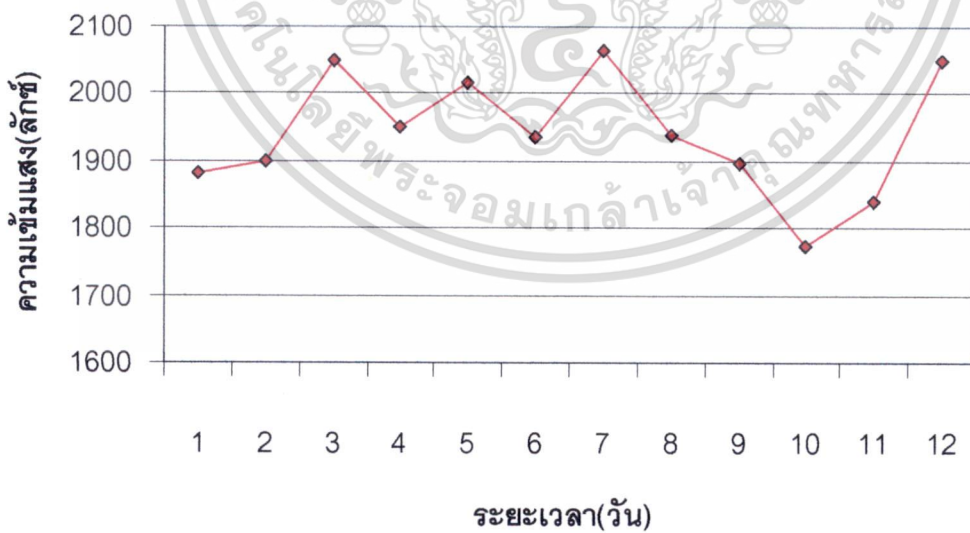
- 0 cell/ml
- $2 \times 10^6$  cell/ml
- $4 \times 10^6$  cell/ml
- $6 \times 10^6$  cell/ml
- $8 \times 10^6$  cell/ml

**ภาพที่ 17** การเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรด-ด่างตลอดการทดลอง ในระดับความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

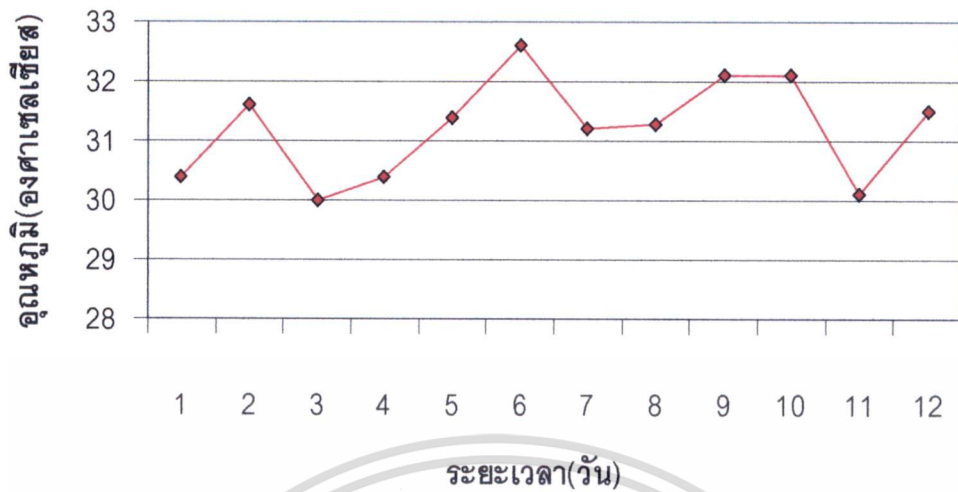


ภาพที่ 18 การเปลี่ยนแปลงของค่าความนำไฟฟ้าตลอดการทดลอง ในระดับความหนาแน่นของ *Oscillatoria* sp. ที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 19 ปริมาณความเข้มแสงอยู่ในช่วงระหว่าง 1,733-2,065 ลักซ์ ของการทดลอง

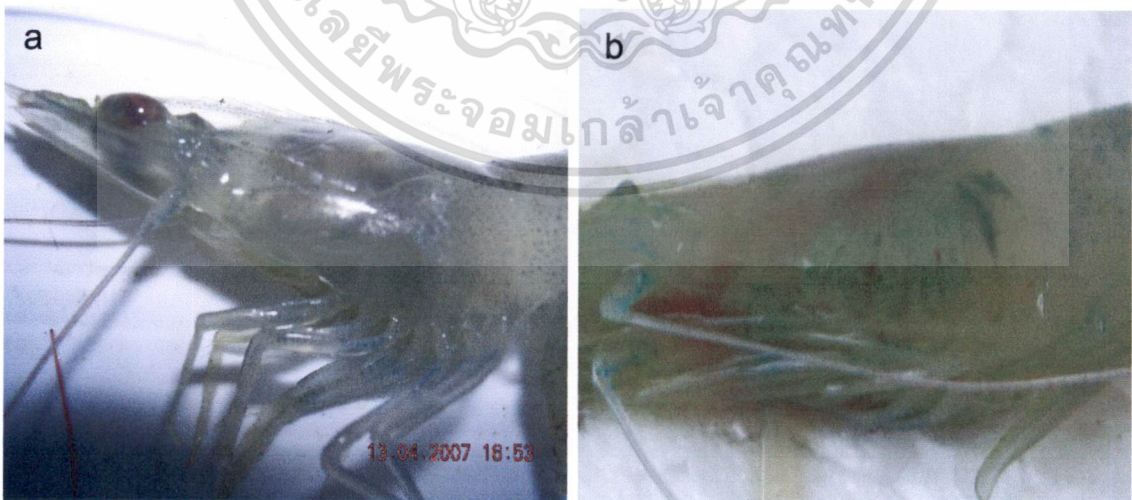
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 20 อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 30-32.6 องศาเซลเซียส ของการทดลอง

## 2. ความสัมพันธ์ความหนาแน่นของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำ

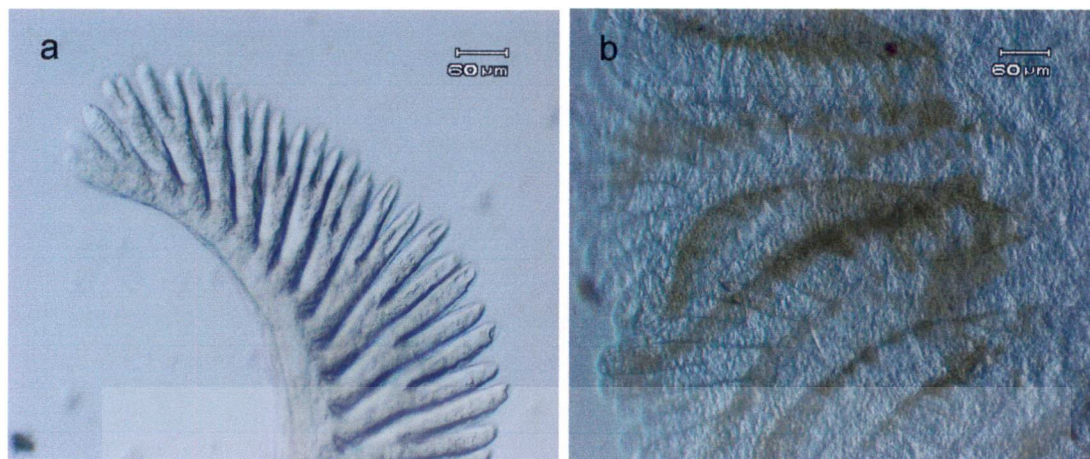
ลักษณะของกุ้งขาวที่ตาย จะพบลักษณะผิดปกติคือ บริเวณเหงือกมีสีเขียว เมื่อทำการตัดชิ้นส่วนบริเวณเหงือก นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์ปรากฏว่ามีสาหร่าย *M. aeruginosa* ติดบริเวณซี่เหงือก (ภาพที่ 21 และ 22) ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้กุ้งขาวขาดออกซิเจน อีกทั้งสาหร่าย *M. aeruginosa* ยังมีคุณสมบัติในการสร้างและปล่อยสารพิษ (microcystin) ออกมา ซึ่งในการทดลองนี้ไม่ได้ศึกษาปริมาณสารพิษที่ทำให้กุ้งขาวตาย



ภาพที่ 21 การเปรียบเทียบลักษณะภายนอกระหว่างกุ้งขาวแวนนาไม่ปกติ (a) และผิดปกติ (b)

โดยลักษณะของกุ้งขาวแวนนาไม่ปกติจะเห็นเหงือกเป็นสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

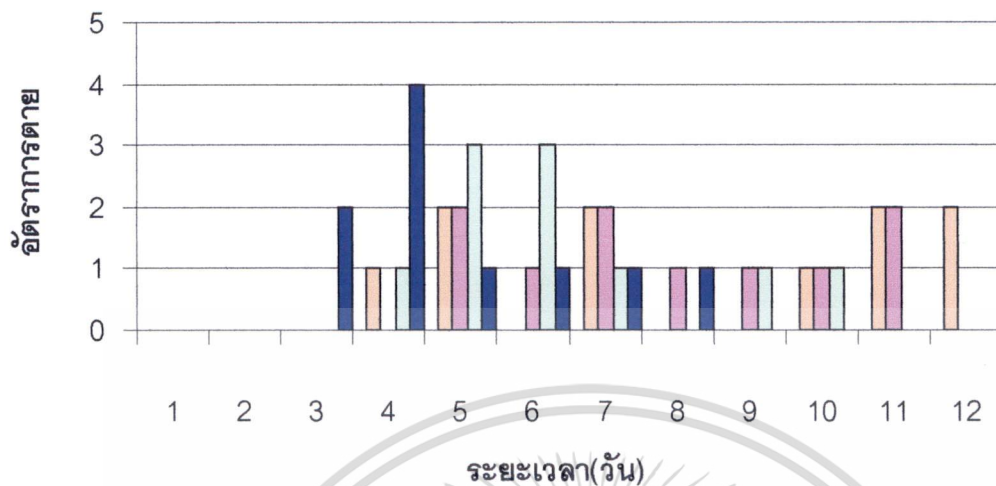


ภาพที่ 22 ลักษณะซีเหืองของกุ้งขาวแวนนาไมปกติ (a) และผิดปกติ (b) ที่มีสาหร่าย

*M. aeruginosa* อดต้นอยู่

จากการทดลองโดยนำกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่เลี้ยงในสาหร่าย *M. aeruginosa* ที่ความหนาแน่น 0,  $2 \times 10^6$ ,  $4 \times 10^6$ ,  $6 \times 10^6$  และ  $8 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร พบว่า ชุดกลุ่มการทดลองที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่าย  $8 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร เริ่มมีอัตราการตายในวันที่ 3 ของการทดลองและมีอัตราการตายมากที่สุดในวันที่ 4 จากนั้นจะมีการทยอยตาย จนกระทั่งตายหมดในวันที่ 8 ของการทดลอง ชุดกลุ่มการทดลองที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่าย  $6 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร เริ่มมีอัตราการตายในวันที่ 4 ของการทดลองและมีอัตราการตายมากที่สุดในวันที่ 5 และ 6 จากนั้นจะมีการทยอยตาย จนกระทั่งตายหมดในวันที่ 10 ของการทดลอง ชุดกลุ่มการทดลองที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่าย  $4 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร เริ่มมีอัตราการตายในวันที่ 5 ของการทดลองและจะมีการทยอยตาย จนกระทั่งตายหมดในวันที่ 11 ของการทดลอง และชุดกลุ่มการทดลองที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่าย  $2 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร เริ่มมีอัตราการตายในวันที่ 4 ของการทดลองและจะมีการทยอยตาย เนื่องจากกุ้งที่มีลักษณะแข็งแรงจะอยู่ได้นาน จนกระทั่งตายหมดในวันที่ 12 ของการทดลอง (ภาพที่ 23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

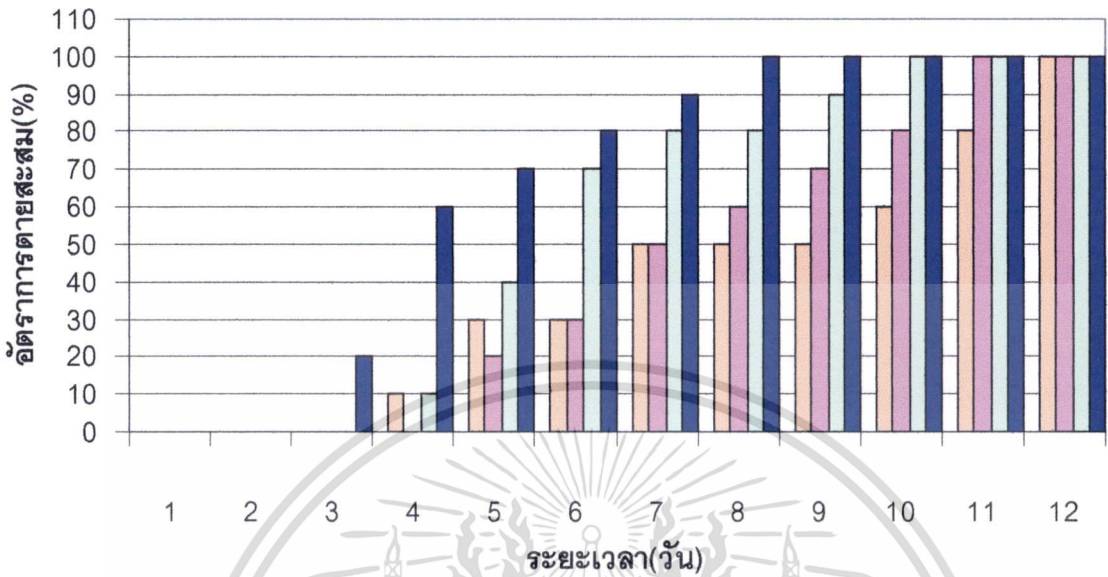


ภาพที่ 23 อัตราการตายของกุงขาวแวนนาไมแต่ละวันที่เลี้ยงในสาหร่าย *M. aeruginosa* เป็นระยะเวลา 12 วัน ที่ความหนาแน่น

- 0 เซลล์/มิลลิลิตร
- 2x10<sup>6</sup> เซลล์/มิลลิลิตร
- 6x10<sup>6</sup> เซลล์/มิลลิลิตร
- 4x10<sup>6</sup> เซลล์/มิลลิลิตร
- 8x10<sup>6</sup> เซลล์/มิลลิลิตร

ระดับอัตราการตายสะสมของกุงขาวแวนนาไมในระหว่างกลุ่มการทดลองภายในระยะเวลา 12 วัน พบว่า ชุดกลุ่มการทดลองที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่าย  $8.82 \times 10^6 \pm 0.05$  เซลล์/มิลลิลิตร มีอัตราการตายและอัตราการตายสะสมมากที่สุด รองลงมาคือชุดกลุ่มการทดลองที่ระดับความหนาแน่นของสาหร่าย  $6.82 \times 10^6 \pm 0.05$  เซลล์/มิลลิลิตร  $4.56 \times 10^6 \pm 0.02$  เซลล์/มิลลิลิตร และ  $2.86 \times 10^6 \pm 0.04$  เซลล์/มิลลิลิตรตามลำดับ ส่วนชุดกลุ่มควบคุมไม่พบอัตราการตายและอัตราการตายสะสมของกุงขาวแวนนาไม (ภาพที่ 24) จะเห็นได้ว่าใน กลุ่มชุดควบคุมที่ความหนาแน่นของสาหร่าย *M. aeruginosa* เท่ากับ 0 ไม่พบอัตราการตายของกุงขาวแวนนาไม ส่วนกลุ่มชุดการทดลองที่ 2 ซึ่งมีสาหร่าย *M. aeruginosa* ที่ความหนาแน่น  $2.86 \times 10^6 \pm 0.04$  เซลล์/มิลลิลิตร จะมีอัตราการตายที่  $8.4 \pm 3.1$  วัน ชุดการทดลองที่ 3 ซึ่งมี *M. aeruginosa* ที่ความหนาแน่น  $4.56 \times 10^6 \pm 0.02$  เซลล์/มิลลิลิตร จะมีอัตราการตายที่  $7.9 \pm 2.3$  วัน ชุดการทดลองที่ 4 ซึ่งมีในสาหร่าย *M. aeruginosa* ที่ความหนาแน่น  $6.82 \times 10^6 \pm 0.05$  เซลล์/มิลลิลิตร จะมีอัตราการตายที่  $6.3 \pm 1.9$  วัน และชุดการทดลองที่ 5 ซึ่งมีสาหร่าย *M. aeruginosa* ที่ความหนาแน่น  $8.82 \times 10^6 \pm 0.05$  เซลล์/มิลลิลิตร จะมีอัตราการตายที่  $4.8 \pm 1.7$  วัน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกันระหว่างชุดการทดลองและชุดควบคุม จะเห็นได้ว่ากลุ่มชุดควบคุม มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกลุ่มชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**ภาพที่ 24** การตายสะสมของกุงขาวแวนนาไมแต่ละวันที่เลี้ยงในสาหร่าย *M. aeruginosa* เป็นระยะเวลา 12 วัน ที่ความหนาแน่น

- 0 เซลล์/มิลลิลิตร
- $2 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร
- $4 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร
- $6 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร
- $8 \times 10^6$  เซลล์/มิลลิลิตร

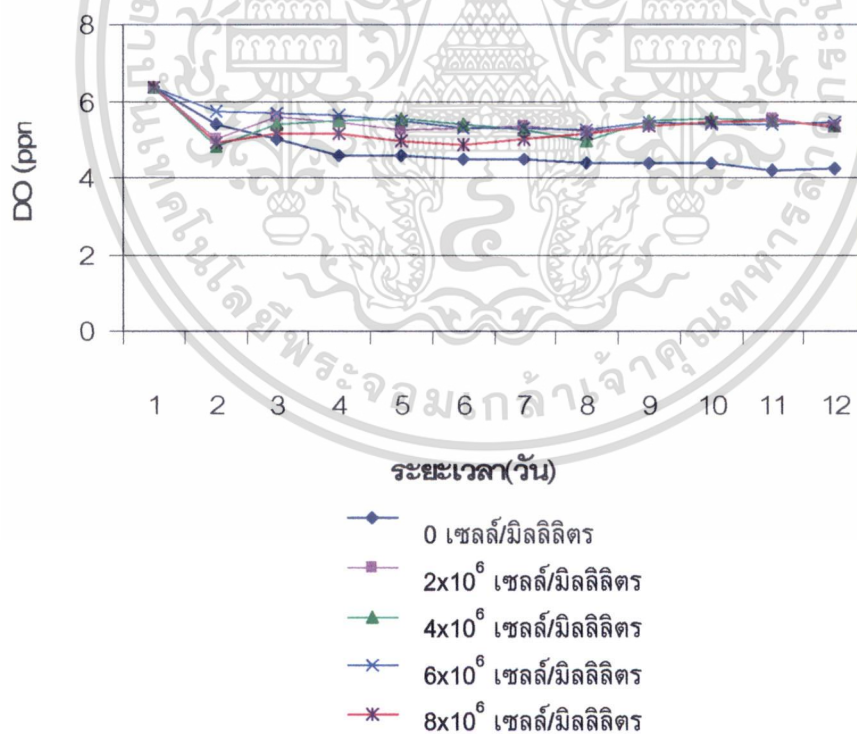
การทดลอง ส่วนการเปรียบเทียบในกลุ่มชุดการทดลองนั้น กลุ่มชุดการทดลองที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งมีความหนาแน่นของสาหร่าย  $2.86 \times 10^6 \pm 0.04$ ,  $4.56 \times 10^6 \pm 0.02$  และ  $6.82 \times 10^6 \pm 0.05$  เซลล์/มิลลิลิตร ตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนกลุ่มชุดการทดลองที่ 5 ซึ่งมีความหนาแน่นของสาหร่าย  $8.82 \times 10^6 \pm 0.05$  เซลล์/มิลลิลิตร จะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 7) เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ microcystin พบว่าอยู่ในระดับ 0.000-0.018 ไมโครกรัมต่อลิตร (ตารางที่ 7) ซึ่งต่ำกว่าระดับที่ Smith (1996) ได้ศึกษา นอกจากนี้ในการทดลองได้มีการวัดปริมาณการละลายของออกซิเจน (ภาพที่ 25) ความเป็นกรดต่าง (ภาพที่ 26) การนำไฟฟ้า (ภาพที่ 27) ปริมาณความเข้มข้น (ภาพที่ 28) และอุณหภูมิ (ภาพที่ 29) เป็นระยะเวลา 12 วัน ซึ่งค่าเหล่านี้อยู่ในระดับที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของกุงขาวแวนนาไม

ตารางที่ 7 ผลความหนาแน่นของสาหร่าย *M. aeruginosa* และปริมาณ microcystin ที่ระดับแตกต่างกันต่อเวลาเฉลี่ยของอัตราการตายในกุ้งขาว

ความหนาแน่นของสาหร่าย (cell/ml)	ปริมาณ microcystin (ug/L)	เวลาเฉลี่ยของอัตราการ ตายในกุ้งขาว (วัน)
0	0.000±0.000	0±0.0 <sup>a</sup>
2x10 <sup>6</sup>	0.003±0.001	8.4±3.1 <sup>b</sup>
4x10 <sup>6</sup>	0.008±0.002	7.9±2.3 <sup>b</sup>
6x10 <sup>6</sup>	0.013±0.002	6.3±1.9 <sup>bc</sup>
8x10 <sup>6</sup>	0.018±0.002	4.8±1.7 <sup>c</sup>

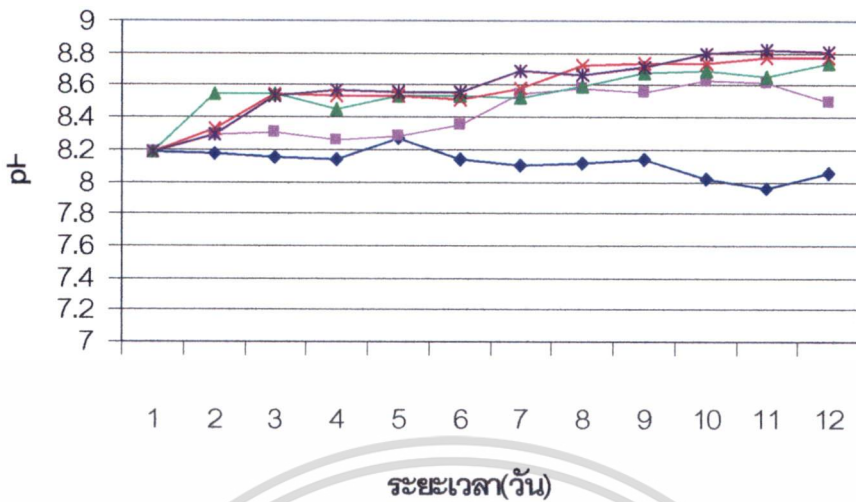
อักษรที่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรที่ไม่เหมือนกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

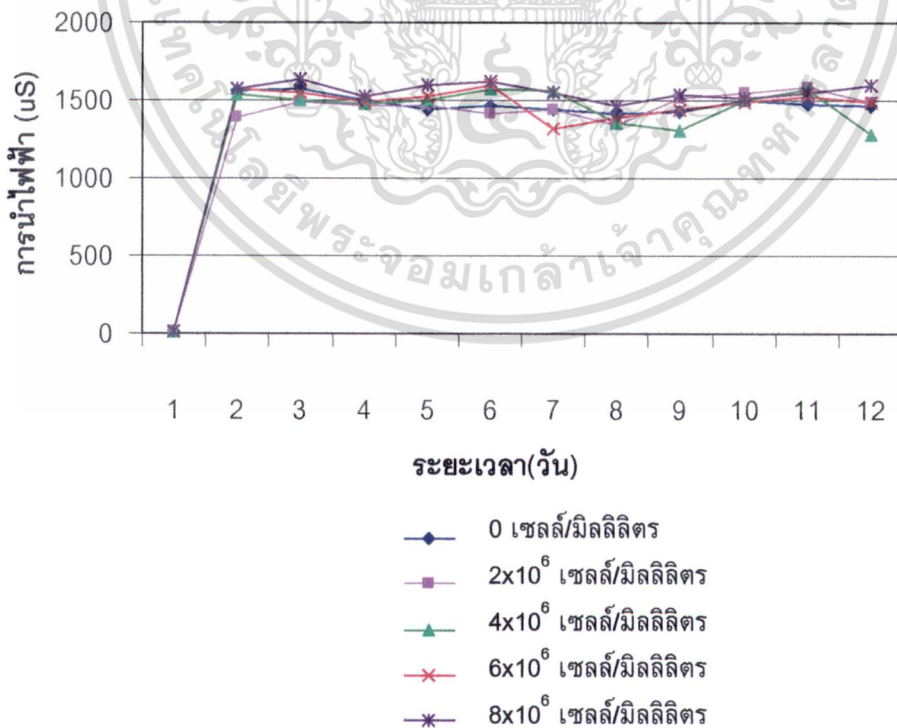


ภาพที่ 25 ปริมาณออกซิเจน (DO) อยู่ในช่วงระหว่าง 4.23 – 6.37 ppm ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

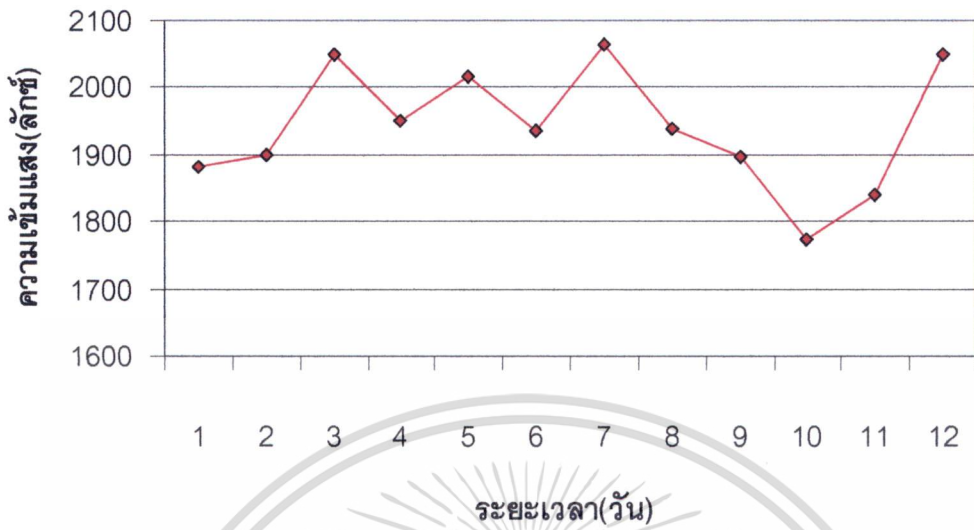


ภาพที่ 26 ค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วงระหว่าง 8.0-8.9 ของการทดลอง



ภาพที่ 27 ค่าการนำไฟฟ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 10.48 -1600  $\mu$ S ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 28 ปริมาณความเข้มแสงอยู่ในช่วงระหว่าง 1,733-2,065 ลักซ์ ของการทดลอง



ภาพที่ 29 อุณหภูมิอยู่ในช่วงระหว่าง 30.0-32.6 องศาเซลเซียส ของการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุป

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis aeruginosa* ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาว มีปริมาณ microcystin แตกต่างกัน โดยมีปริมาณอยู่ในช่วง 0.000-0.006 และ 0.000-0.008 ไมโครกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อกุ้งขาวที่เลี้ยง สอดคล้องกับผลการทดลองในห้องปฏิบัติการที่พบปริมาณ microcystin น้อย แต่พบว่าเมื่อสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis aeruginosa* มีความหนาแน่นสูง จะส่งผลกระทบต่อกุ้งขาวทำให้บริเวณที่เหงือกผิดปกติ เนื่องจากมีเส้นสายของ *Oscillatoria* sp. และเซลล์ *Microcystis aeruginosa* เข้าไปอุดตันที่ซีเหงือก ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้ไปขัดขวางการแลกเปลี่ยนออกซิเจนของกุ้งขาว ทำให้กุ้งขาวขาดออกซิเจนตาย โดยพบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Oscillatoria* sp. และเซลล์ *Microcystis aeruginosa* ที่มีความหนาแน่นเพิ่มขึ้นจะมีแนวโน้มทำให้กุ้งขาวตายเร็วขึ้น



## เอกสารอ้างอิง

วันเพ็ญ ภูติจันทร์. 2549. วิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสตาตาร์ 528 น.

ชาลินี สุนทรอำไพ. ไมโครซิสติน...สารพิษจากสาหร่าย. <http://www.thalaythai.com>. (January 2001).

Alam, M.G.M., N. Jahan, L.Thalib, B. Wei and T. Maekawa. 2001. Effects of Environmental Factors on the Seasonally Change of Phytoplankton Populations in a Closed Freshwater Pond. *Environment International*. 27:363-371.

Alonso-Rodriguez,R., and F. Pa'ez-Osuna. 2003. Nutrients, phytoplankton and harmful algal blooms in shrimp ponds: a review with special reference to the situation in the Gulf of California. *Aquaculture* 219:317-336.

APHA. 1995. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (ed.15th). American Public Health Association. Washington, DC.

Carmichael, W. 1988. Toxins of Freshwater algae. p. 121-147. In Tu, A. T. (ed.) *Handbook of Natural Toxins : Volume 3. Marine Toxins and Venoms*. New York.

Carmichael, W., G. Hallegraeff, D. Anderson, A. Cembella and H. Enevoldsen (eds.) 1995. *Manual on Harmful Marine Microalgae*. Vol. 33, p. 213. UNESCO. Paris.

Dawson ,R.M. 1997. The toxicology of microcystins. *Toxicon* 36:953-962.

Fulks, W. and Main, K.L. 1992. Part 1: Introduction. p. 3-33. In Fulks, W. and Main, K.L. (eds.) *Diseases of Cultured Penaeid Shrimp in Asia and the United States*. Hawaii.

Haider, S., V. Naithani, P.N. Viswanathan and P. Kakkar. 2003. Cyanobacterial Toxins: a Growing Environment Concern. *Chemosphere*. 52:1-21.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Lin, C. K. 1995. Progression of Intensive Marine Shrimp Culture in Thailand. p. 13-23. In Browdy, C. L. and Hopkins, J. S. (eds.) *Swimming Through Troubled Water*. Baton Rouge: The World Aquaculture Society.
- Martins,R., P. Pereira, M. Welker, J.Fastner, and V.M. Vasconcelos. 2005. Toxicity of culturable cyanobacteria strains isolated from the Portuguese coast. *Toxicon* 46:454–464.
- Perez-Linares., J.M. Cadena, C. Rangel, M. Unzueta-Bustamante, and J. Ochoa. 2003. Effect of *Schizothrix calcicola* on white shrimp *Litopenaeus vannamei* (*Penaeus vannamei*) postlarvae. *Aquaculture* 218:55–65.
- Santos,R.B.S., C.R. de S. E. Silva, N.F. Verani, K.O Nonaka, and O. Rocha. 2006. Toxicity of a cyano bacteria bloom in Barra Bonita Reservoir (Middle Tiete River Sao Paulo Brazil. *Ecotoxicology and environmental safety* 64:163-170.
- Schrader,K.K., and M.E. Dennis. 2005. Cyanobacteria and earthy/musty compounds found in commercial catfish (*Ictalurus punctatus*) ponds in the Mississippi Delta and Mississippi–Alabama Blackland Prairie. *Water Research* 39:2807–2814.
- Sevrin-Reyssac, J. and Pletikoscic, M. 1990. Cyanobacteria in Fish Ponds. *Aquaculture*. 88 : 1-20.
- Shaw, H. and M. Smith. 2000. Algal Analysis-Organisms and Toxins. p. 143-167. In Norellet, L.M.L. (ed.) 2000. *Handbook of Water Analysis*. Marcell Dekker, Inc.
- Smith, P.T. 1996. Toxic Effects of Blooms of Marine Species of Oscillatorials on Farmed Prawns (*Penaeus monodon*, *P. japonicus*) and Brine Shrimp (*Artemia salina*). *Toxicon*. 34(8):857-869.
- Swingle, H.S. 1969. *Methods of Analysis for Waters, Organic Matter, and Pond Bottom Soils Used in Fisheries Research*. Auburn University. USA. 119 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Tas,S., E. Okus, and A.A. yilmaz. 2006. The bloom of a cyanobacterium, *Microcystis cf. aeruginosa* in a severely polluted estuary, the Golden Horn, Turkey. *Estuarine coastal and shelf science* 68:593-599.
- Vasconcelos, V.M. and E. Pereira. 2001. Cyanobacteria Diversity and Toxicity in a Wastewater Treatment Plant (Portugal). *Water Research*. 35 (50) : 1354-1357.
- Xie,L., P. Xie, S. Li, H. Tang, and H. Liu. 2003a. The low TN:TP ratio, a cause or a result of *Microcystis* bloom?. *Water research* 37:2073-2080.
- Xie,L.Q., P. Xie, and H.J. Tang. 2003b. Enhancement of dissolved phosphorus release from sediment to lake water by *Microcystis* bloom-an enclosure experiment in a hyper-eutrophic, subtropical Chinese lake. *Environmental pollution* 122:391-399.
- Xu, L.H., P.K.S. Lam, J.P. Chen, J.M. Xu, B.S.F. Wong, Y.Y. Zhang, R.S.S. Wu and K. I. Harada. 2000. Use of Protein Phosphatase Inhibition Assay to Detect Microcystins in Donghu Lake and a Fish Pond in China. *Chemosphere*. 40 : 53-58.
- Zimba,P.V., A. Camus, E.H.Allen, and J.M. Burkholder. 2006. Co-occurrence of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, mortalities and microcystin toxin in a southeastern USA shrimp facility. *Aquaculture* 261:1048–1055.
- Zhang,Xia., P. Xie, L. Hao, N. Guo, Y. Gong, X. Hu, J. Chen, and G. Liang. 2006. Effects of the phytoplanktivorous silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) on plankton and the hepatotoxic microcystins in an enclosure experiment in a eutrophic lake, Lake Shichahai in Beijing. *Aquaculture* 257:173:186.

<http://home.manhattan.edu/~frances.cardillo/plants/monera/oscill2.gif> (April, 2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้