

ใบรับรองปัญหาพิเศษ
ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

เรื่อง ผลของความเป็นกรด-ด่างและความเค็มต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทีส (Microcystis) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ
Effects of pH and Salinity on Water quality and Growth of Blue-Green Algae
(Microcystis) Cultured in Laboratory

ชื่อนักศึกษา นายนิเวศ รัตนคำภา รหัส 43040445

ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ

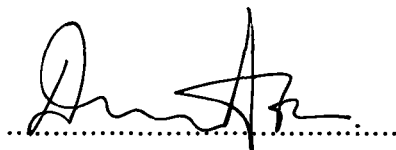
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ)

ภาควิชารับรองแล้ว



(รองศาสตราจารย์ศักดิ์ชัย ชูชาติ)

หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

วันที่ 24 เดือน พ.ค. พ.ศ. 47

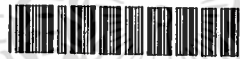
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของความเป็นกรด-ด่างและความเค็มต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโต
ของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทีส (Microcystis) ที่เลี้ยง
ในห้องปฏิบัติการ

Effects of pH and Salinity on Water quality and Growth of Blue-Green Algae
(Microcystis) Cultured in Laboratory



T099421

โดย

นายนิเวช รันคำภา

ร.พ.
๗๖๗๗๗
๒๕๔๖

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....99421
วันเดือนปี.....

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพมหานคร 10520

ปีการศึกษาที่ 2/2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อปัญหาพิเศษ

เรื่อง

ผลของความเป็นกรด-ด่างและความเค็มต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิส (Microcystis) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ

Effects of pH and Salinity on Water quality and Growth of Blue-Green Algae (Microcystis) cultured in Laboratory

การศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างและความเค็มต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิส (Microcystis) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งเป็น 2 การทดลอง แต่ละทรีตเมนต์ทำการทดลอง 3 ซ้ำเป็นระยะเวลา 8 วัน และทำการวิเคราะห์น้ำทุก 2 วัน การทดลองที่ 1 ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ระดับ 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 9.0, 10.5, 12.0 และควบคุมไม่ปรับค่า ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการทดลองพบว่า ความนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำ ความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน และปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน อุณหภูมิ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 มีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายไมโครซิสทิสมากที่สุด โดยจำนวนเซลล์และปริมาณคลอโรฟิลล์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด $1.3 \pm 0.5 \times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ 1.09 ± 0.39 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ที่ระดับความเป็นกรด-ด่าง มากกว่า 10.5 และน้อยกว่า 6.0 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิสได้

การทดลองที่ 2 ปรับค่าความเค็มที่ระดับ 4, 8, 12, 16, 20 ppt และควบคุม (0 ppt) ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในการทดลองพบว่า ความนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง ความเป็นด่าง ความกระด้าง ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน อุณหภูมิ ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ที่ระดับความเค็ม 0 ppt หรือ ควบคุม มีการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิสมากที่สุด จำนวนเซลล์ และปริมาณคลอโรฟิลล์มีค่าเฉลี่ยสูงสุด $1.1 \pm 0.3 \times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และ 4.21 ± 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ที่ระดับความเค็ม > 5 ppt สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายไมโครซิสทิสได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนิยม

การทำปัญหาพิเศษครั้งนี้จะไม่สำเร็จล่วงได้ถ้าขาดที่ปรึกษาและกำลังใจจากผู้ที่ยังห่วงทุกคน ข้าพระเจ้าขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชาย หวังวิบูลย์กิจ ที่ให้คำปรึกษาในการทำปัญหาพิเศษและคณาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมงทุกท่านที่คอยให้กำลังใจ ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบคุณ คุณบุปผา จงพัฒน์ และคุณสุดา ไสภารักษ์ ที่อำนวยความสะดวกและให้กำลังใจและขอปณิธานอธิพจน์ จันทรเพชร และเพื่อนๆทุกคน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจมาตลอด ขอขอบพระคุณ คุณแม่และพี่สาวที่คอยห่วงใยและเป็นที่ยึดเหนี่ยวใจจนประสบผลสำเร็จครั้งนี้

นายนิเวช รันคำภา
เมษายน พ.ศ. 2547



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	I
สารบัญตาราง	II
สารบัญภาพ	IV
คำนำ	1
การตรวจเอกสาร	2
อุปกรณ์และวิธีการ	6
ผลการทดลองและวิจารณ์	10
สรุป	46
เอกสารอ้างอิง	47
ภาคผนวก	49



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ความนำไฟฟ้า(mS/cm) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	12
2	ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(กรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่าง กัน	12
3	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	14
4	ความเป็นกรด-ต่าง (pH) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	14
5	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	16
6	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	16
7	ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่าง ต่างกัน	18
8	ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่าง ต่างกัน	18
9	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่าง ต่างกัน	20
10	ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	20
11	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด- ต่างต่างกัน	23
12	ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	23
13	จำนวนเซลล์ไมโครชีสทิส ($\times 10^7$ ต่อมิลลิลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่าง กัน	25
14	ความเป็นกรด-ต่าง (pH) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน ที่ระดับความเป็นกรด- ต่างต่างกัน	25
15	อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน	27
16	ปริมาณคลอโรฟิลล์- เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่าง กัน	29
17	ความนำไฟฟ้า(mS/cm) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	29
18	ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(กรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	31

19	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	31
20	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	33
21	ความเป็นต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	33
22	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	35
23	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	35
24	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	37
25	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	37
26	ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	39
27	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	39
28	ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	41
29	จำนวนเซลล์ไมโครชีสทิส ($\times 10^7$ ต่อมิลลิลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	41
30	อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	44
31	ปริมาณคลอโรฟิลล์- เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	45

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะเซลล์ <i>Microcystis</i> sp.	2
2	ความนำไฟฟ้า(mS/cm) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	10
3	ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(กรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	11
4	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	13
5	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	13
6	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	15
7	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	17
8	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	17
9	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	19
10	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	21
11	ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	21
12	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	22
13	ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	22
14	จำนวนเซลล์ไมโครซีสทีส ($\times 10^7$ ต่อมิลลิลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	24
15	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	24
16	อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	26
17	ปริมาณคลอโรฟิลล์- เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน	28
18	ความนำไฟฟ้า(mS/cm) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	28

19	ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ(กรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	30
20	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	30
21	ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	32
22	ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	34
23	ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	34
24	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	36
25	ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	36
26	ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	38
27	ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	38
28	ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	40
29	ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	42
30	จำนวนเซลล์ ($\times 10^7$ ต่อมิลลิลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	42
31	อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	43
32	ปริมาณคลอโรฟิลล์- เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน	43
ภาพผนวกที่		
1	ลักษณะของ <i>Microcystis</i> sp. ในระหว่างการทดลอง	50

คำนำ

การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (blue - green algae) ที่ผลิตสารพิษ ในแหล่งน้ำจืดได้มีการแพร่ขยายไปทั่วโลกและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ โดยเฉพาะช่วงหน้าร้อนมีการเจริญเติบโตของสาหร่ายได้ดีซึ่งมีการผลิตสารพิษเป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต และพบได้บ่อยในบ่อเลี้ยงกุ้งโดยมีข้อมูลยืนยันว่า ทำให้เกิดภาวะที่เป็นพิษต่อตัวกุ้งได้หรือมีผลต่อระบบประสาทของกุ้ง และยังทำให้น้ำมีการเปลี่ยนสีอาจเกิดกลิ่นเหม็นหรือรสชาติเปลี่ยนไป และเมื่อสาหร่ายเหล่านี้ตายลงทำให้น้ำขาดออกซิเจนส่งผลให้สิ่งมีชีวิตตายได้ นอกจากนี้ยังสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายโดยตรงต่อสัตว์น้ำ อีกทั้งยังมีผลต่อสัตว์เลี้ยง เช่น วัว ควาย แพะ แกะ และสัตว์ปีกที่มากินน้ำ รวมทั้งมนุษย์อาจได้รับอันตรายจากการดื่มน้ำที่ปนเปื้อนสาหร่ายที่สร้างสารพิษนี้ได้ สารพิษที่ผลิตโดยสาหร่ายแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ตามอาการของการเกิดพิษ คือ กลุ่มที่เป็นพิษต่อระบบประสาท ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในสกุล *Anabaena* และ *Aphanizomenon* กลุ่มที่เป็นอันตรายต่อตับ ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตโดยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในสกุล *Microcystis* และ *Nodularin* โดยสารพิษที่สำคัญคือ microcystin ซึ่งไม่สามารถทำลายได้ในกระบวนการผลิตน้ำประปาและการต้ม สารพิษนี้เป็นสาเหตุของการเกิดมะเร็งตับ จึงได้มีการศึกษาปัจจัยบางประการที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย *Microcystis* sp. ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากความเป็นพิษของสาหร่ายอาจขึ้นอยู่กับสถานะของแหล่งน้ำโดยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่าย เช่น ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความขุ่นของน้ำ ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ความเป็นกรด-ด่าง และสารอาหารในแหล่งน้ำ หากทราบสถานะที่เอื้ออำนวยต่อการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายแล้ว ทำให้สามารถหาแนวทางในการจัดการแหล่งน้ำให้มีคุณภาพดีปราศจากอันตรายจากการปนเปื้อนของสาหร่ายที่สร้างสารพิษได้ และอาจจะมีการนำไปศึกษาในระดับสูง เช่น การศึกษาความเป็นพิษในสัตว์ทดลอง การศึกษาโครงสร้างสารพิษ การศึกษาทางด้านพันธุกรรมของสาหร่ายที่สร้างสารพิษ เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยมีผู้ให้ความสนใจน้อยมาก หากมีผู้ที่สนใจมากขึ้นอาจทำให้ปัญหาจากสิ่งเหล่านี้หมดไปได้

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างและความเค็มต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Microcystis* ในห้องปฏิบัติการ
2. ศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างและความเค็มต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำของการเลี้ยงสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Microcystis* ในห้องปฏิบัติการ

การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Microcystis* sp.

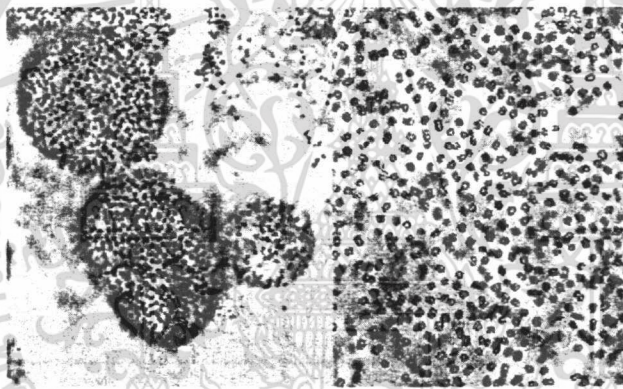
Division Cyanophyta

Class Cyanophyceae

Order Chroococales

Genus *Microcystis*

สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทีส (*Microcystis*) สามารถพบได้ทั้งในเขตร้อน เขตหนาว ส่วนใหญ่สาหร่ายกลุ่มสีเขียวแกมน้ำเงินนี้มักพบในแหล่งน้ำที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างที่เป็นกลาง (ค่าที่ต่ำกว่า 4-5 จะไม่พบ) กลุ่มเซลล์มีรูปร่างกลมในระยะแรกต่อมารูปร่างไม่แน่นอนเซลล์กระจายอยู่ทั่วไป แต่ละเซลล์เดี่ยวมีลักษณะกลมภายในเซลล์มี gas vacuole เห็นเป็นจุดดำๆกระจายทั่วไป



ภาพที่ 1 ลักษณะเซลล์ *Microcystis* sp.
ที่มา Entwisle et al. (1997)

ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน

1. อุณหภูมิ (Temperature) pirt,(1975) กล่าวว่าผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเจริญเติบโตจะลดลงในช่วงอุณหภูมิที่สูงขึ้นเกินขอบเขตการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์จะรับได้ พบว่าอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นเป็นสาเหตุทำให้โครงสร้างของโปรตีน สารอาหารและกลไกควบคุมพลังงานเสียสมดุล

payer et al., (1980) กล่าวว่า ผลของอุณหภูมิต่อกิจกรรมของเซลล์และปฏิกิริยาต่างๆในเซลล์ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญต่อส่วนประกอบและการสังเคราะห์กรดไขมัน กรดไขมันจะลดลงอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิลดลงและจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นและทำให้ปริมาณโปรตีนในเซลล์ลดลงกว่าปกติเมื่ออุณหภูมิไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเจริญได้ดีที่ความเป็นกรดเป็นด่าง 7.5-11.0 เนื่องจากสามารถใช้อินทรีย์คาร์บอนในการสังเคราะห์แสงได้ (Coleman and Colman, 1981) เมื่อสภาพที่มี pH ค่อนข้างสูงการละลายของแร่ธาตุในน้ำจะลดลง ในสภาพที่ pH สูงมีผลให้แอมโมเนียเปลี่ยนรูปเป็นก๊าซแอมโมเนียซึ่งเป็นพิษมากขึ้นและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถทนต่อสภาพความเป็นด่างมากกว่าความเป็นกรด

Seitzinger (1991) ภายใต้อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ ได้ศึกษาผลกระทบของ pH ต่อการปล่อยฟอสฟอรัสจากตะกอนที่นำมาจากป่าชายเลน Potomac และพบว่าเมื่ออัตราการปล่อยเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อ pH ของน้ำเป็น 9.5-10.0 โดยสังเกตได้ในช่วงที่มีการบลูมของ *Microcystis* ในแม่น้ำ

ปัจจัยทางเคมี

1. คาร์บอน สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถใช้คาร์บอนในรูปของอินทรีย์คาร์บอนและอินทรีย์คาร์บอนเมื่อในน้ำมีความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5 คาร์บอนจะอยู่ในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และเมื่ออยู่ในช่วง 7-9 คาร์บอนจะอยู่ในรูปของเกลือไบคาร์บอเนตและเมื่อความเป็นกรดเป็นด่างมีค่าสูงกว่า 9.5 ขึ้นไปคาร์บอนจะอยู่ในรูปของเกลือไบคาร์บอเนต คาร์บอนที่อยู่ในรูปของอินทรีย์คาร์บอนสามารถใช้ในการเจริญเติบโตได้ดังเช่น ซูโครส กลูโคส และกาแล็กโทส เป็นต้น

2. ไนโตรเจน ส่วนประกอบของเซลล์จะมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบประมาณ 7-10 % ของน้ำหนักแห้ง (Vaccaro, 1965) สามารถใช้ในไนโตรเจนในรูปของแก๊สจากการตรึงไนโตรเจนได้ สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถใช้ไนโตรเจนในรูปของเกลืออินทรีย์ได้แก่ ไนเตรท (NO_3^-) ไนไตรท์ (NO_2^-) แอมโมเนีย (NH_4^+) และยูเรียได้จนถึงกรดอะมิโน เมื่อแหล่งไนโตรเจนที่ใช้เลี้ยงอยู่ในรูปของแอมโมเนียจะทำให้ pH ของอาหารลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการปล่อยไฮโดรเจนไอออนออกมาจากกระบวนการดูดซึมแอมโมเนียเข้าไปในเซลล์ ซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินดังนั้นจึงไม่ควรใช้แอมโมเนียเกินกว่า 1 มิลลิโมลดังนั้นไนเตรทจึงเป็นแหล่งอินทรีย์ไนโตรเจนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Morris, 1974)

L.Q. Xie, (2003) กล่าวว่า การเจริญเติบโตของ *Microcystis* ในแหล่งน้ำทำให้ตะกอนมีความเข้มข้นของ TP และ SRP ในน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งการเจริญเติบโตของ *Microcystis* ทำให้มีการปล่อยฟอสฟอรัสจากตะกอนทำให้ pH สูงขึ้นเป็นสาเหตุให้สาหร่ายมีการสังเคราะห์แสงและความเข้มข้นของไนเตรต-ไนโตรเจนต่ำลง

3. ฟอสฟอรัส มีความสำคัญในกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับขบวนการถ่ายทอดพลังงานและการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก Vezie et al. (2002) ได้ศึกษาผลกระทบของไนโตรเจนและ

ฟอสฟอรัส ต่อการเจริญเติบโตของ *Microcystis* สายพันธุ์ที่เป็นพิษและไม่เป็นพิษและความเข้มข้น Microcystin ภายในเซลล์ โดยการเลี้ยงแบบ batch culture ซึ่งวัดค่าไนโตรเจนได้ ($0.84-84 \text{ mgL}^{-1}$) และฟอสฟอรัส ($0.05-5.5 \text{ mgL}^{-1}$) สายพันธุ์ที่ไม่เป็นพิษมีความต้องการอาหารน้อยสำหรับการเจริญเติบโตที่ความเข้มข้นอาหารน้อย กับที่ความเข้มข้นอาหารที่สูงสายพันธุ์ที่เป็นพิษเจริญเติบโตได้ดีกว่าสายพันธุ์ที่ไม่เป็นพิษ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตและการผลิต Microcystin ของ *Microcystis* ระดับของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สูงในน้ำจืดอาจจะทำให้มีการเจริญเติบโตของ *Microcystis* ที่เป็นพิษมากกว่าที่ไม่เป็นพิษ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ได้ทำการวิจัยเพื่อจำแนกชนิดของสาหร่ายโดย วิเคราะห์ปริมาณ ชนิด และความเป็นพิษของสาหร่ายที่เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำจืดของไทย พบว่าสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินชนิด *Microcystis aeruginosa* ซึ่งผลิตสารพิษต่อตับ ในกลุ่มของ microcystin ความเข้มข้นของสารพิษที่ผลิตขึ้นภายในเซลล์อยู่ระหว่าง $0.3-0.8 \text{ mg/g}$ เซลล์สาหร่ายแห้ง และจากผลการวิเคราะห์น้ำบั้งชี้ว่า ฟอสเฟตเป็นธาตุอาหารสำคัญที่ทำให้เกิดการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่ผลิตสารพิษ (TISTR, 1998)

Anderson (1974) มีการศึกษาผลกระทบของไซยาโนแบคทีเรียต่อฟอสฟอรัสผลที่ได้คือ มีการปล่อยฟอสฟอรัสจากตะกอนของทะเลสาบ Danish อาจเนื่องมาจาก pH ที่สูง(เพิ่มขึ้นถึง 10.5) เป็นสาเหตุให้ phytoplankton สังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้น

ผลกระทบของการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของไซยาโนแบคทีเรีย

1. การผลิตสารพิษ

Wheeler et al.(1942) มีการรายงานครั้งแรกว่าการฉีด *Microcystis aeruginosa* เข้าไปใต้ผิวหนังของหนู 0.2 ml เป็นสาเหตุให้ตายภายใน 16-36 ชั่วโมง ขณะที่ฉีด 0.025 ml ซึ่งเป็นผลร้ายแรงในเวลา 40-90 นาที อธิบายได้ว่าหนูตายในเวลาน้อยกว่า 3 ชั่วโมงที่ฉีดเข้าไป

2. การลดลงของออกซิเจนในน้ำ

3. การพักผ่อนหย่อนใจ หลังจากฤดูร้อนปี 1989 ในประเทศอังกฤษได้มีการบлумของ microcystis ในอ่างเก็บน้ำซึ่งพิษทำให้ลูกแกะในฟาร์มที่ดื่มน้ำตาย 20 ตัว หมา 15 ตัวและมีผลกระทบต่อที่พักผ่อนหย่อนใจ (Anglian water services report, 1990)

4. การผลิตน้ำประปา

5. การเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพน้ำ

Kyong Haet al.(1994) ได้รายงานว่าเกิดการบloomของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินในแม่น้ำ Nakdong ในช่วงฤดูร้อนของปี 1994 โดยส่วนมากเป็น *Microcystis aeruginosa* ที่รอยบนผิวน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีความหนาแน่นสูงกว่า 5×10^6 cell/ml ความเข้มข้นของ chl.a > 500 $\mu\text{g/L}$ และความเข้มข้นของ dissolved inorganic nitrogen และ total phosphorus มีค่าสูง (2.5 ± 0.9 mg/l ; 155 ± 98 mg/l ; n=23) pH มีค่ามากกว่า 9.0 ขณะที่เกิดการบวม อุณหภูมิน้ำมากกว่า 30 องศาเซลเซียสซึ่งยังคงอยู่เป็นเวลา 3 เดือนจากกลางเดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนตุลาคม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ขวดน้ำเกลือ ขนาด 1 ลิตร
2. ฟลาสขนาด 500 มิลลิลิตร
3. จุกยาง, หลอดแก้ว และสายอากาศ
4. air pump, ท่อลม และหลอดไฟ
5. เครื่องวัด pH
6. เครื่องซังสาร
7. เครื่องแก้ว หลอดพลาสติก และสารเคมีสำหรับวิเคราะห์คุณภาพน้ำ
8. ตู้เย็น
9. เครื่องวัดอุณหภูมิห้อง และเทอร์โมมิเตอร์
10. ชุดกรองแพลงก์ตอน
11. อาหารเลี้ยงสาหร่าย
12. หม้อต้มน้ำ และถังพลาสติก
13. สไลด์นับแพลงก์ตอน
14. กล้องจุลทรรศน์
15. น้ำเกลือ
16. conductivity meter
17. spectrophotometer
18. autoclave
19. salinometer
20. suction pump

วิธีการ

แผนการทดลอง

การทดลองที่ 1 การทดสอบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิส (Microcystis) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) แบ่งเป็น 9 ทริทเมนต์ ทริทเมนต์ละ 3 ซ้ำ

ทริทเมนต์ที่ 1 อาหารสูตรเลี้ยง Chlorella ผสมวิตามิน B 12

ทริทเมนต์ที่ 2 กลุ่มควบคุม (ไม่มีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างตลอดการทดลอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรีทเมนต์ที่ 3	ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3.00 ตลอดการทดลอง
ทรีทเมนต์ที่ 4	ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.50 ตลอดการทดลอง
ทรีทเมนต์ที่ 5	ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.00 ตลอดการทดลอง
ทรีทเมนต์ที่ 6	ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 7.50 ตลอดการทดลอง
ทรีทเมนต์ที่ 7	ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 9.00 ตลอดการทดลอง
ทรีทเมนต์ที่ 8	ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 10.50 ตลอดการทดลอง
ทรีทเมนต์ที่ 9	ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 12.00 ตลอดการทดลอง

แผนการทดลอง

การทดลองที่ 2 การทดสอบการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิส (*Microcystis*) ที่ระดับความเค็มต่างกัน โดยการวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) โดยแบ่งเป็น 7 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 3 ซ้ำ

ทรีทเมนต์ที่ 1	อาหารสูตรเลี้ยง <i>Chlorella</i> ผสมวิตามิน B 12
ทรีทเมนต์ที่ 2	กลุ่มควบคุม (ค่าความเค็ม 0 ppt)
ทรีทเมนต์ที่ 3	ปรับค่าความเค็มประมาณ 4 ppt
ทรีทเมนต์ที่ 4	ปรับค่าความเค็มประมาณ 8 ppt
ทรีทเมนต์ที่ 5	ปรับค่าความเค็มประมาณ 12 ppt
ทรีทเมนต์ที่ 6	ปรับค่าความเค็มประมาณ 16 ppt
ทรีทเมนต์ที่ 7	ปรับค่าความเค็มประมาณ 20 ppt

วิธีการทดลอง

การทดลองที่ 1

1. เตรียมหัวเชื้อสาหร่าย *Microcystis* sp. โดยเลี้ยงในขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร เพื่อทำการเพิ่มปริมาณให้เพียงพอในการทดลอง
2. ทดลองเบื้องต้นเพื่อหาช่วงกว้างของความเป็นกรด-ด่างที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้ โดยเลี้ยงในฟลาสขนาด 500 มิลลิลิตร
3. เมื่อได้ข้อมูลจากการทดสอบช่วงความเป็นกรด-ด่าง ก็เริ่มทำการทดลอง โดยนำหัวเชื้อสาหร่ายใส่ในภาชนะที่มีน้ำและอาหารเลี้ยงเชื้อ แล้วเทใส่ฟลาสให้มีปริมาตรเท่ากัน นับจำนวนเซลล์เริ่มต้น และวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลอง
4. ปรับค่าความเป็นกรด-ด่างที่ระดับต่างๆกัน คือประมาณ 3.00, 4.50, 6.00, 7.50, 9.00, 10.50, 12.00 และกลุ่มควบคุม (ไม่มีการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างตลอดการทดลอง) โดยใช้สาร

ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก ทำการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างทุกวัน เช้า-เย็น สังเกตการเปลี่ยนแปลงในแต่ละทริทเมนต์

5. วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 2 วัน ตลอดการทดลอง โดยวิเคราะห์ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TDS) อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (TKN) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (TP) ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (SRP) ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ความเป็นต่าง ค่าความกระด้าง และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และนับจำนวนเซลล์

6. นำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ผล โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS 10.0 for Windows

การทดลองที่ 2

1. เตรียมหัวเชื้อสำหรับ *Microcystis* sp. โดยเลี้ยงในขวดน้ำเกลือขนาด 1 ลิตร เพื่อทำการเพิ่มปริมาณให้เพียงพอในการทดลอง

2. ทดลองเบื้องต้นหาช่วงความเค็มที่สาหร่ายสามารถเจริญเติบโตได้

3. เริ่มทำการทดลอง โดยเลี้ยงสาหร่ายในฟลาสขนาด 500 มิลลิลิตร นับจำนวนเซลล์เริ่มต้น และวิเคราะห์คุณภาพน้ำก่อนการทดลอง

4. ปรับค่าความเค็มที่ต่างกันคือประมาณ 4, 8, 12, 16, 20 ppt และกลุ่มควบคุม (ค่าความเค็ม 0 ppt) โดยใช้น้ำเกลือมาเจือจางน้ำให้ได้ความเค็มตามต้องการ

5. วิเคราะห์คุณภาพน้ำทุก 2 วันตลอดการทดลอง

6. นำข้อมูลที่ได้ มาวิเคราะห์ผล โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ SPSS 10.0 for Windows

การบันทึกข้อมูล

1. บันทึกข้อมูลคุณภาพน้ำแต่ละทรีตเมนต์
2. บันทึกจำนวนเซลล์และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ที่เปลี่ยนแปลงแต่ละทรีตเมนต์

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าความแปรปรวนทางสถิติ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 10.0 for Windows

สถานที่ทำการทดลอง

ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ระยะเวลาในการทดลอง

เริ่มทดลองตั้งแต่เดือนตุลาคม 2546 – เดือนกุมภาพันธ์ 2547

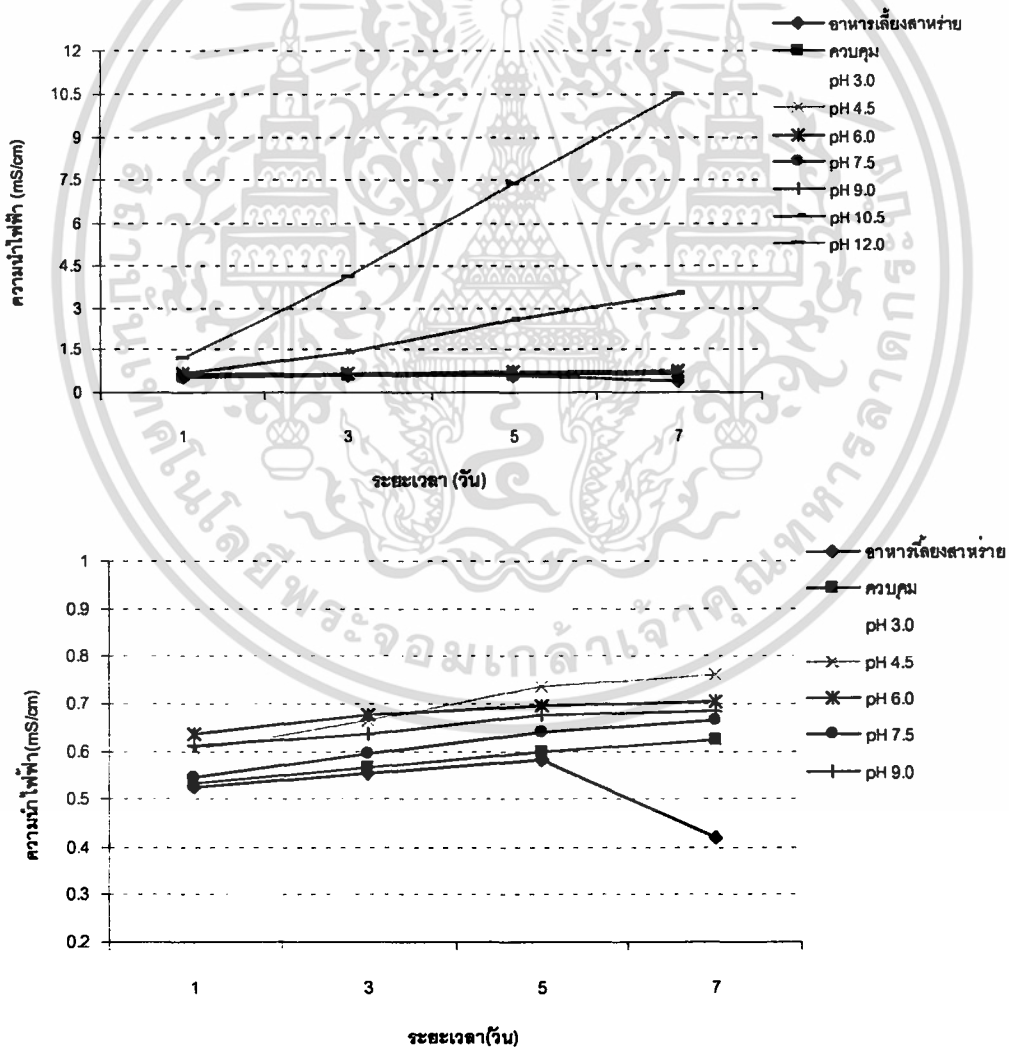


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

การทดลองที่ 1 ผลของความเป็นกรด-ด่างต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Microcystis* sp. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้ผลดังนี้

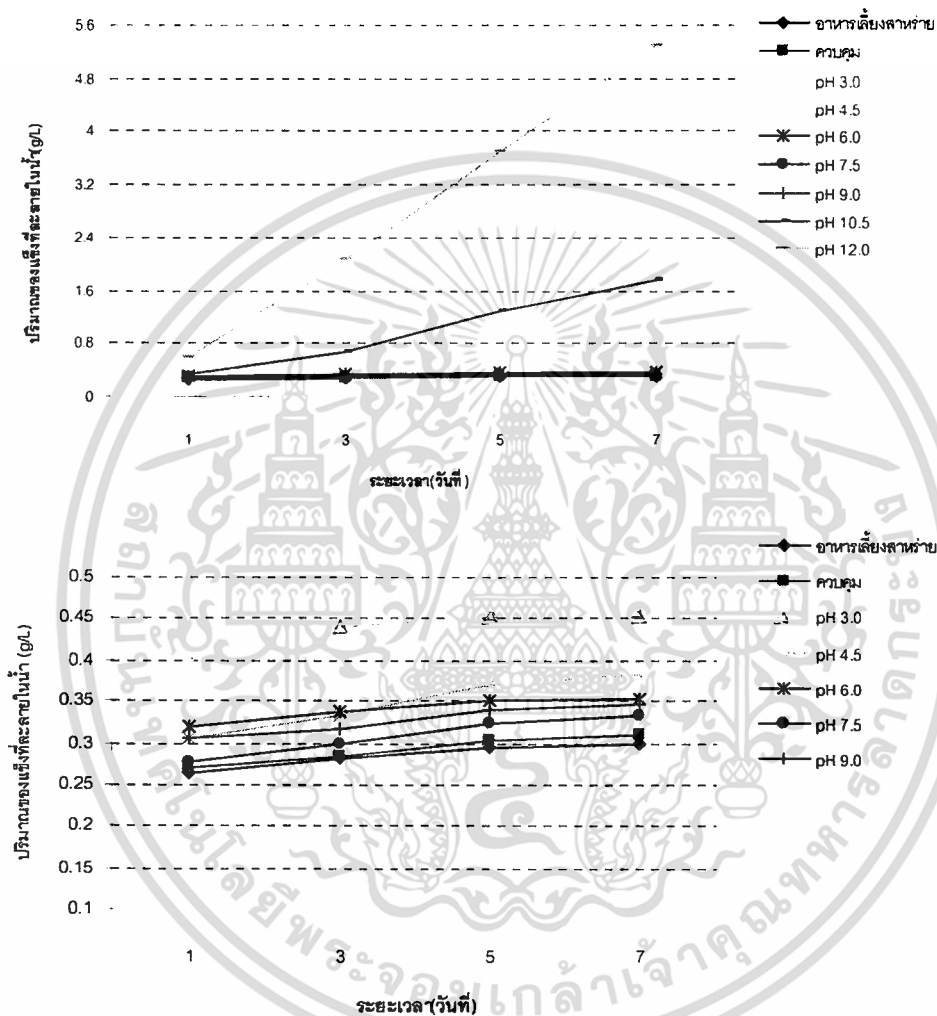
1. ค่าความนำไฟฟ้า (mS/cm) เริ่มต้นการทดลองค่าความนำไฟฟ้าในน้ำก่อนปรับค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ย 0.51 (mS/cm) หลังจากการทดลองพบว่าควบคุมกับความเป็นกรด-ด่าง 9.0 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันแต่ที่ความเป็นกรด-ด่าง 10.5 และ 12.0 ในวันที่ 7 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุด (3.49 ± 0.32 และ 10.53 ± 0.67 mS/cm ตามลำดับ) ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วันที่ 1 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5, 6.0, 9.0 และ 10.5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่จะแตกต่างกันกับ อาหารเลี้ยงสาหร่าย กลุ่มควบคุม ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 และ 12.0 ในวันที่ 3, 5 และ 7 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรด-ด่างที่ 10.5 และ 12.0 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 2 และตารางที่ 1



ภาพที่ 2 ความนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (กรัมต่อลิตร) ก่อนปรับความเป็นกรด-ด่าง ค่า TDS เฉลี่ยเท่ากับ 0.26 กรัมต่อลิตร หลังจากการทดลองจะเห็นว่า ความเป็นกรด-ด่าง 3.0, 10.5 และ 12.0 มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าในทรีตเมนต์อื่น ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในวันที่ 4, 6 และ 8 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรด-ด่าง 10.5 และ 12.0 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 3 และตารางที่ 2 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 6.0, 7.5, 9.0 มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับควบคุม



ภาพที่ 3 ปริมาณโลหะที่ละลายน้ำ (กรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

3. อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ก่อนปรับค่าความเป็นกรด-ด่างอุณหภูมิมีค่าเฉลี่ย 27.4 องศาเซลเซียส หลังจากการทดลองผลการวิเคราะห์ทางสถิติไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) จากภาพที่ 4 และตารางที่ 3 จะเห็นว่าในวันที่ 3 อุณหภูมิมีค่าต่ำลงและเพิ่มขึ้นในวันที่ 5 และ 7

ตารางที่ 1 ความนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)								
	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	0.52±0.00 ^a	0.53±0.00 ^a	0.78±0.03 ^c	0.60±0.01 ^b	0.63±0.02 ^b	0.54±0.00 ^a	0.61±0.02 ^b	0.65±0.02 ^b	1.16±0.00 ^d
3	0.55±0.00 ^a	0.56±0.01 ^a	0.78±0.10 ^a	0.66±0.00 ^a	0.67±0.02 ^a	0.59±0.00 ^a	0.63±0.02 ^a	1.34±0.09 ^b	4.09±0.16 ^c
5	0.58±0.00 ^a	0.60±0.03 ^a	0.90±0.01 ^a	0.73±0.01 ^a	0.69±0.02 ^a	0.64±0.01 ^a	0.67±0.04 ^a	2.57±0.20 ^b	7.41±0.48 ^c
7	0.42±0.01 ^a	0.62±0.04 ^a	0.91±0.02 ^a	0.76±0.02 ^a	0.70±0.01 ^a	0.66±0.00 ^a	0.68±0.04 ^a	3.49±0.32 ^b	10.53±0.67 ^c

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

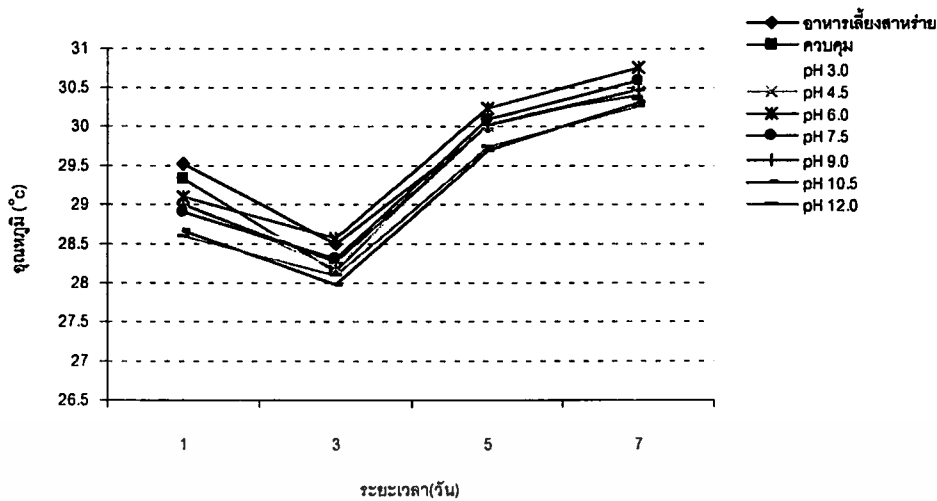
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 2 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (กรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)								
	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	0.26±0.00 ^a	0.27±0.00 ^a	0.40±0.00 ^c	0.30±0.00 ^b	0.32±0.01 ^b	0.27±0.00 ^a	0.30±0.00 ^b	0.32±0.01 ^b	0.58±0.00 ^d
3	0.28±0.00 ^a	0.28±0.00 ^a	0.44±0.00 ^b	0.33±0.00 ^a	0.33±0.01 ^a	0.30±0.00 ^a	0.31±0.01 ^a	0.67±0.05 ^c	2.06±0.08 ^d
5	0.29±0.00 ^a	0.30±0.01 ^a	0.45±0.00 ^a	0.37±0.01 ^a	0.35±0.01 ^a	0.32±0.00 ^a	0.34±0.02 ^a	1.29±0.10 ^b	3.71±0.24 ^c
7	0.30±0.00 ^a	0.31±0.02 ^a	0.45±0.01 ^a	0.38±0.01 ^a	0.35±0.00 ^a	0.33±0.00 ^a	0.34±0.02 ^a	1.75±0.16 ^b	5.28±0.33 ^c

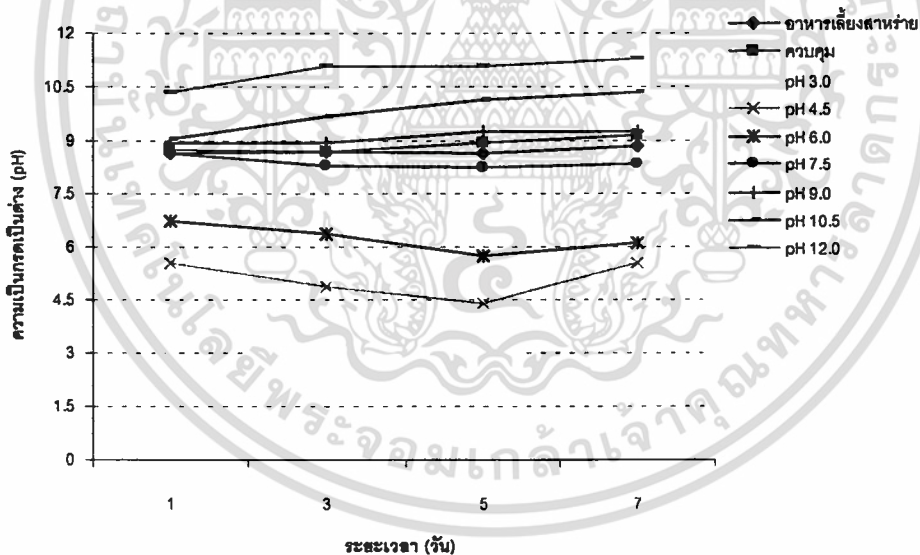
หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 4 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ก่อนปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ย 8.77 หลังการทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกับพีเอชของ อาหารเลี้ยงสาหร่าย ควบคุม ความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 9.0 โดยเฉพาะในวันที่ 7 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) 8.85, 9.17 8.31, 9.28 ตามลำดับ และที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0, 4.5, 6.0, 10.5 และ 12.0 มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 5 และตารางที่ 4



ภาพที่ 5 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

5. ความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนที่จะปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นด่าง มีค่าเฉลี่ย 108 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดลองจะเห็นว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 4.5 6.0 และ 7.5 จะมีค่าความเป็นด่างต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับควบคุม และถ้าความเป็นกรด-ด่างมีค่ามากขึ้นก็ทำให้ค่าความเป็นด่างเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่าในวันที่ 3, 5 และ 7 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรด-ด่าง 10.5 และ 12.0 แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)								
	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	29.5±0.1 ^c	29.3±0.0 ^{bc}	29.0±0.3 ^{abc}	29.0±0.1 ^{abc}	29.1±0.2 ^{abc}	28.9±0.1 ^{abc}	29.0±0.1 ^{abc}	28.6±0.3 ^{ab}	28.6±0.1 ^a
3	28.5±0.3 ^a	28.1±0.2 ^a	28.3±0.0 ^a	28.2±0.1 ^a	28.5±0.0 ^a	28.3±0.0 ^a	28.2±0.1 ^a	27.9±0.2 ^a	28.1±0.3 ^a
5	30.0±0.1 ^{ab}	30.1±0.3 ^{ab}	30.0±0.1 ^{ab}	30.0±0.1 ^{ab}	30.2±0.0 ^b	30.1±0.0 ^{ab}	30.0±0.1 ^{ab}	29.7±0.1 ^a	29.7±0.0 ^a
7	30.5±0.1 ^a	30.4±0.3 ^a	30.5±0.0 ^a	30.4±0.0 ^a	30.7±0.0 ^a	30.6±0.0 ^a	30.4±0.0 ^a	30.3±0.1 ^a	30.2±0.1 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

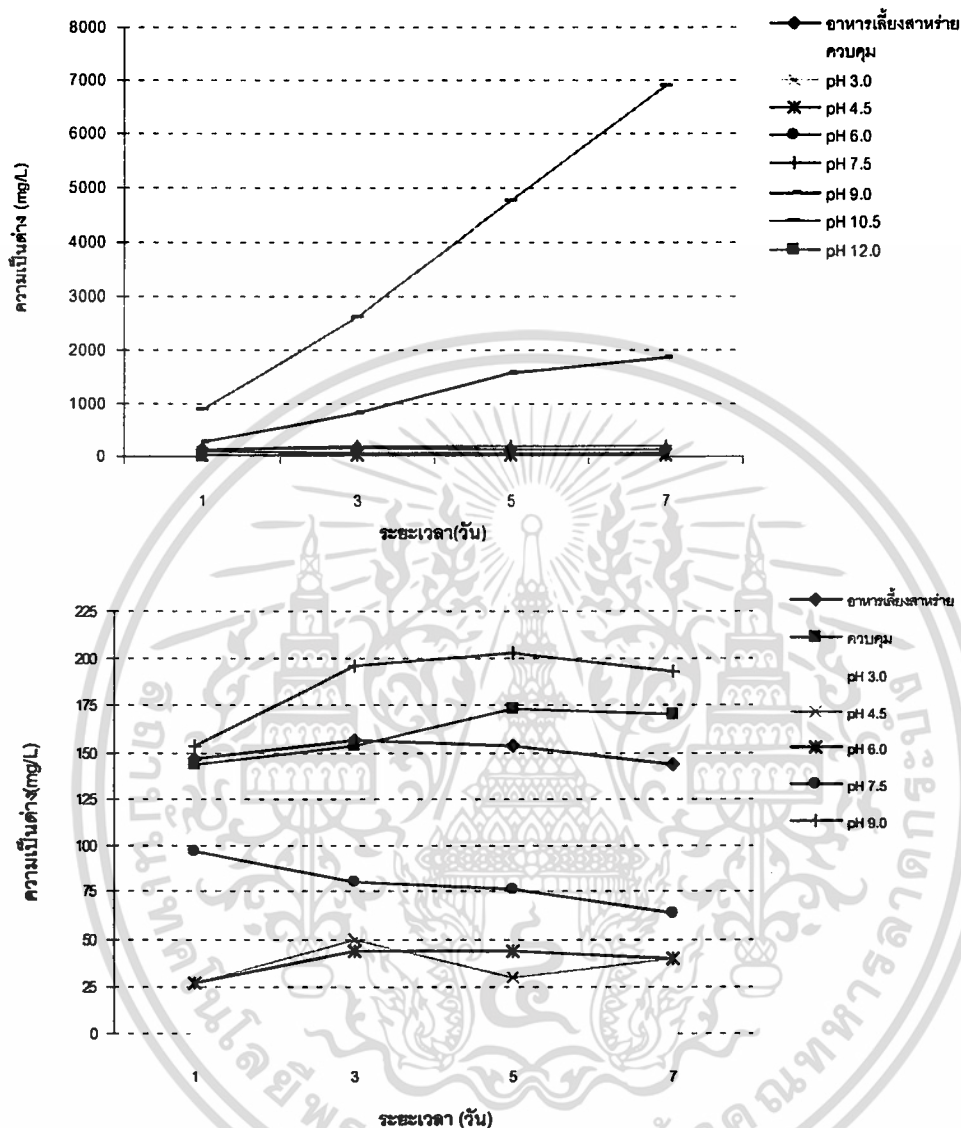
ตารางที่ 4 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)								
	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	8.65±0.02 ^d	8.74±0.03 ^d	3.04±0.01 ^a	5.52±0.07 ^b	6.17±0.10 ^c	8.62±0.017 ^d	8.95±0.02 ^a	9.06±0.00 ^a	10.32±0.10 ^f
3	8.68±0.01 ^a	8.69±0.00 ^a	3.01±0.01 ^a	4.88±0.04 ^b	6.34±0.02 ^c	8.27±0.00 ^d	8.94±0.06 ^f	9.66±0.09 ^g	11.05±0.10 ^h
5	8.65±0.10 ^a	8.93±0.06 ^{af}	3.00±0.00 ^a	4.40±0.13 ^b	5.74±0.32 ^c	8.23±0.05 ^d	9.26±0.09 ^f	10.13±0.00 ^g	11.09±0.01 ^h
7	8.85±0.01 ^{cd}	9.17±0.10 ^{cd}	3.09±0.00 ^a	5.54±0.63 ^b	6.12±0.48 ^b	8.31±0.15 ^c	9.28±0.03 ^d	10.35±0.03 ^e	11.28±0.02 ^f

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$)ซึ่งจะมีค่าเฉลี่ยที่สูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับที่อื่น ดังภาพที่ 6 และตารางที่ 5 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 และควบคุมจะมีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน ค่าต่ำสุดและสูงสุดมีค่าเฉลี่ย 143 ± 3 , 203 ± 9 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 6 ความเป็นต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

6. ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนการปรับความเป็นกรด-ด่างค่าความกระด้างมีค่าเฉลี่ย 130 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการทดลองมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นทุกที่ที่ความเป็นกรด-ด่างที่ 10.5 และ 12.0 ซึ่งมีค่าลดลงเมื่อความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรด-ด่างที่ 10.5 และ 12.0 ดังภาพที่ 7 และตารางที่ 6

ตารางที่ 5 ความเป็นต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน

เวลา	ความเป็นกรด-ต่าง (pH)									
	วัน	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1		147±9 ^c	143±3 ^c	0±0 ^a	27±3 ^a	27±3 ^a	97±7 ^b	153±3 ^c	290±17 ^d	910±25 ^e
3		157±7 ^a	153±3 ^a	0±0 ^a	50±10 ^a	43±3 ^a	80±6 ^a	197±12 ^a	817±52 ^b	2633±233 ^c
5		153±3 ^a	173±7 ^a	0±0 ^a	30±0 ^a	43±13 ^a	77±7 ^a	203±9 ^a	1583±117 ^b	4763±362 ^c
7		143±3 ^a	170±10 ^a	0±0 ^a	40±6 ^a	40±0 ^a	63±15 ^a	193±19 ^a	1877±33 ^b	6903±579 ^c

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

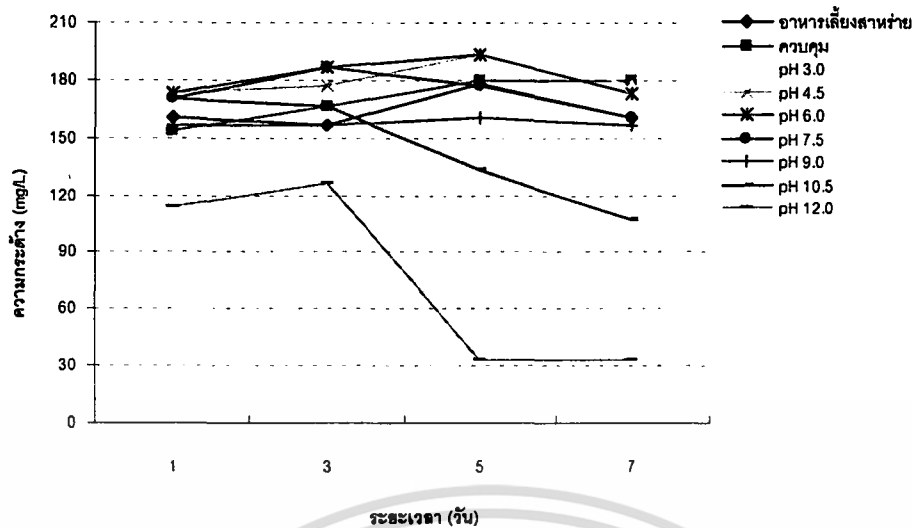
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 6 ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ต่างต่างกัน

เวลา	ความเป็นกรด-ต่าง (pH)									
	วัน	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1		160±0 ^b	153±9 ^b	187±13 ^b	173±22 ^b	173±3 ^b	170±10 ^b	157±9 ^b	170±10 ^b	113±7 ^a
3		157±3 ^b	167±9 ^{bc}	173±9 ^{bc}	177±3 ^{bc}	187±9 ^d	187±15 ^d	157±7 ^b	167±9 ^{bc}	127±9 ^a
5		178±16 ^{cd}	180±17 ^{cd}	200±15 ^{cd}	193±7 ^{cd}	193±7 ^{cd}	177±7 ^{cd}	160±10 ^{bc}	133±7 ^b	33±3 ^a
7		160±12 ^c	180±10 ^c	177±13 ^c	173±3 ^c	173±3 ^c	160±10 ^c	157±3 ^c	107±7 ^b	33±3 ^a

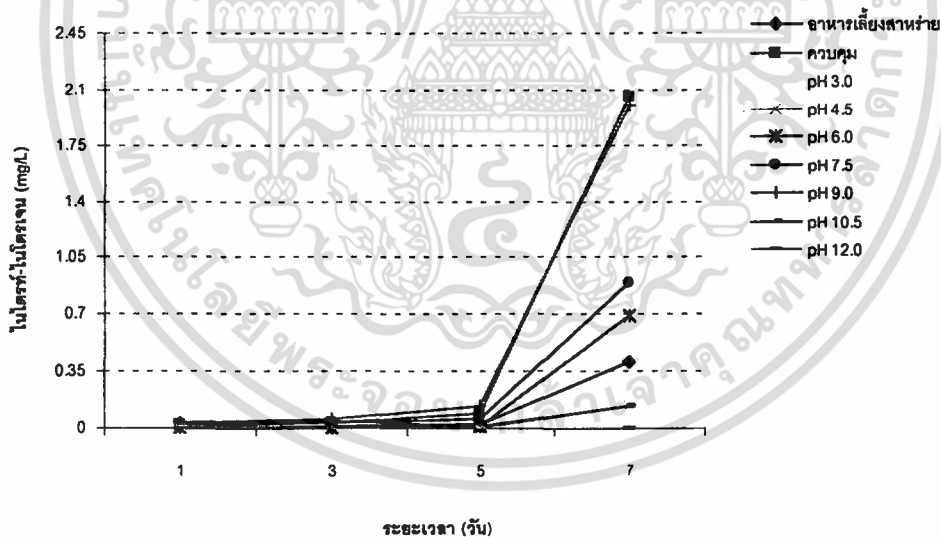
หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 7 ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

7. ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจนมีค่าน้อยมาก หลังจากการทดลองพบว่ามีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นยกเว้นในวันที่ 3 และ 5 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 และ 12.0 มีค่าน้อยลงจากการวิเคราะห์ทางสถิติ ที่ความเป็นกรด-ด่าง 7.5, 9.0 และควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) กับทรีตเมนต์อื่น ดังภาพที่ 8 และตารางที่ 7



ภาพที่ 8 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

8. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยไนเตรท-ไนโตรเจน 28.02 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการทดลองที่ความเป็นกรด-ด่าง 7.5, 9.0, 10.5 และ 12.0 มีค่าเฉลี่ยลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในวันที่ 1 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 12.0 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) วันที่ 3 ที่ความเป็นกรด-ด่าง

ตารางที่ 7 ปริมาณไนโตรเจน - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)								
	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	0.000±0.000 ^a	0.020±0.000 ^d	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.005±0.000 ^{ab}	0.016±0.000 ^c	0.032±0.000 ^e	0.020±0.000 ^{cd}	0.007±0.000 ^b
3	0.010±0.000 ^{ab}	0.035±0.000 ^c	0.004±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.003±0.000 ^a	0.030±0.000 ^{bc}	0.055±0.000 ^d	0.044±0.000 ^{cd}	0.002±0.000 ^a
5	0.020±0.000 ^a	0.092±0.000 ^c	0.000±0.000 ^a	0.002±0.000 ^a	0.006±0.000 ^a	0.059±0.020 ^b	0.140±0.020 ^d	0.006±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a
7	0.400±0.090 ^a	2.056±0.510 ^c	0.000±0.000 ^a	0.139±0.080 ^a	0.695±0.130 ^a	0.892±0.260 ^b	1.999±0.260 ^c	0.135±0.080 ^a	0.000±0.000 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

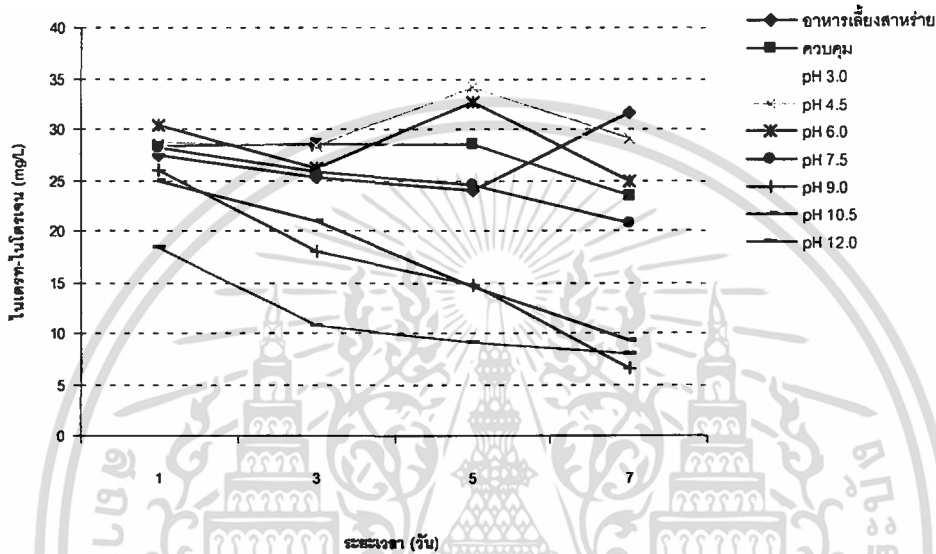
ตารางที่ 8 ปริมาณไนเตรท - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)								
	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	27.420±0.900 ^{bcd}	28.290±0.850 ^{cd}	28.320±0.450 ^{cd}	28.760±1.110 ^{cd}	30.400±1.170 ^d	28.150±1.190 ^{cd}	25.980±0.840 ^{bc}	24.870±1.480 ^b	18.400±0.550 ^a
3	25.250±0.900 ^c	28.510±1.100 ^c	26.600±0.780 ^c	28.390±1.050 ^c	26.230±1.000 ^c	25.750±1.340 ^c	18.010±2.720 ^b	20.930±1.120 ^b	10.720±0.680 ^a
5	24.010±1.840 ^b	28.520±2.020 ^{bc}	30.780±1.420 ^{bc}	34.200±4.670 ^c	32.710±2.450 ^c	24.610±1.870 ^b	14.740±3.400 ^a	14.590±0.740 ^a	9.110±0.500 ^a
7	31.560±0.350 ^d	23.390±5.640 ^{bc}	28.780±0.600 ^{cd}	29.000±2.580 ^{cd}	24.940±0.880 ^{bcd}	20.720±2.120 ^b	6.510±0.690 ^a	9.230±1.450 ^a	8.070±1.890 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

3.0,4.5,6.0 7.5 ควบคุมและ อาหารเลี้ยงสาหร่าย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) และที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0,10.5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) และที่ความเป็นกรด-ด่าง 12.0 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) กับพรีตเมนต์อื่น วันที่ 5และ7 ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 ,10.5 และ12.0 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$)แต่แตกต่างกับพรีตเมนต์อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) โดยที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 มีค่าไนโตรเจน-ไนโตรเจนลดลงต่ำสุดในวันที่ 7 ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 6.51 มิลลิกรัมต่อลิตร ดังภาพที่ 9 และตารางที่ 8



ภาพที่ 9 ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

9. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ย 0.148 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการทดลอง วันที่ 1และ3 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 ,10.5 และ 12.0 มีค่าเฉลี่ยที่น้อยเมื่อเทียบกับพรีตเมนต์อื่นและจากการวิเคราะห์ทางสถิติ วันที่ 1และ 3 ความเป็นกรด-ด่าง 9.0,10.5 12.0และอาหารเลี้ยงสาหร่าย ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) วันที่ 5 และ 7 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนมีค่าเฉลี่ยที่ไม่แตกต่างกันยกเว้นในวันที่ 7 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 มีค่าเฉลี่ยที่สูงสุด (1.36 มิลลิกรัมต่อลิตร) ดังภาพที่ 10 และตารางที่ 9 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) จากการทดลองจะเห็นว่าในวันที่ 3 ที่ความเป็นกรดเป็นกรด-ด่าง 3.0, 4.5และ6.0 มีค่าเฉลี่ยปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจนที่สูงกว่าพรีตเมนต์อื่น

ตารางที่ 9 ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)									
	วัน	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1		0.040±0.000 ^a	0.110±0.020 ^{bc}	0.120±0.010 ^{bc}	0.190±0.020 ^d	0.130±0.020 ^c	0.120±0.020 ^{bc}	0.020±0.010 ^a	0.040±0.020 ^a	0.060±0.000 ^{ab}
3		0.210±0.010 ^a	0.390±0.130 ^{ab}	0.320±0.040 ^{ab}	0.790±0.080 ^{cd}	0.910±0.020 ^d	0.540±0.210 ^{bc}	0.130±0.000 ^a	0.120±0.020 ^a	0.130±0.010 ^a
5		0.170±0.030 ^a	0.150±0.040 ^a	0.950±0.280 ^a	0.590±0.410 ^a	0.880±0.340 ^a	0.350±0.240 ^a	0.140±0.030 ^a	0.100±0.000 ^a	0.580±0.430 ^a
7		0.200±0.050 ^a	0.130±0.000 ^a	1.360±0.090 ^b	0.340±0.220 ^a	0.370±0.250 ^a	0.160±0.050 ^a	0.170±0.020 ^a	0.110±0.000 ^a	0.120±0.000 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

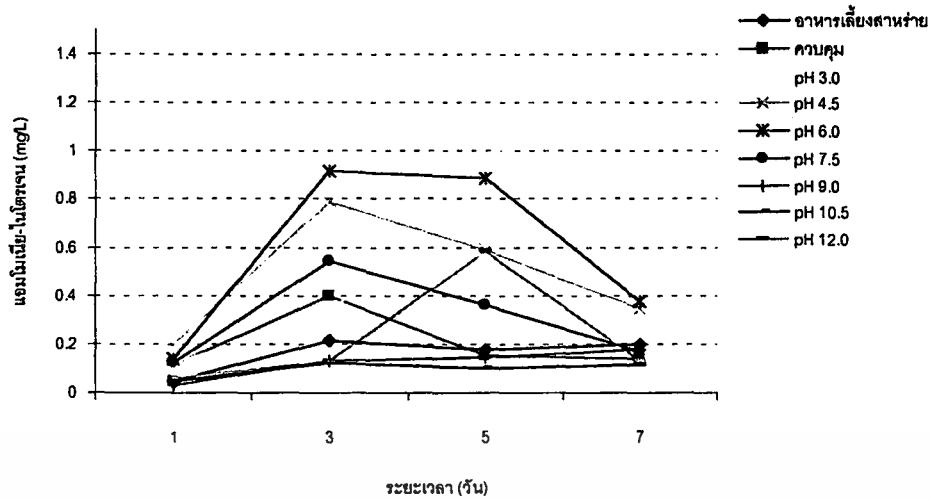
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 10 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)									
	วัน	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1		3.300±0.020 ^a	3.600±0.010 ^{ab}	4.750±0.400 ^d	4.290±0.180 ^{bcd}	4.510±0.390 ^{cd}	3.750±0.130 ^{ab}	3.620±0.050 ^{ab}	3.860±0.120 ^{abc}	3.600±0.070 ^{ab}
3		3.720±0.030 ^a	4.040±0.180 ^a	5.300±0.460 ^c	4.460±0.050 ^{ab}	4.880±0.400 ^{bc}	4.250±0.120 ^{ab}	3.680±0.240 ^a	4.100±0.150 ^{ab}	4.100±0.120 ^{ab}
5		3.830±0.060 ^{abc}	4.110±0.320 ^{bc}	5.430±0.470 ^d	4.610±0.070 ^{cd}	4.830±0.400 ^{cd}	4.190±0.250 ^{bc}	3.150±0.630 ^{ab}	2.930±0.140 ^a	4.860±0.370 ^{cd}
7		3.980±0.110 ^{abc}	3.200±0.660 ^a	5.440±0.470 ^c	4.310±0.250 ^{abc}	4.710±0.470 ^{bc}	4.210±0.450 ^{abc}	3.400±0.570 ^{ab}	3.070±0.220 ^a	4.850±0.440 ^{bc}

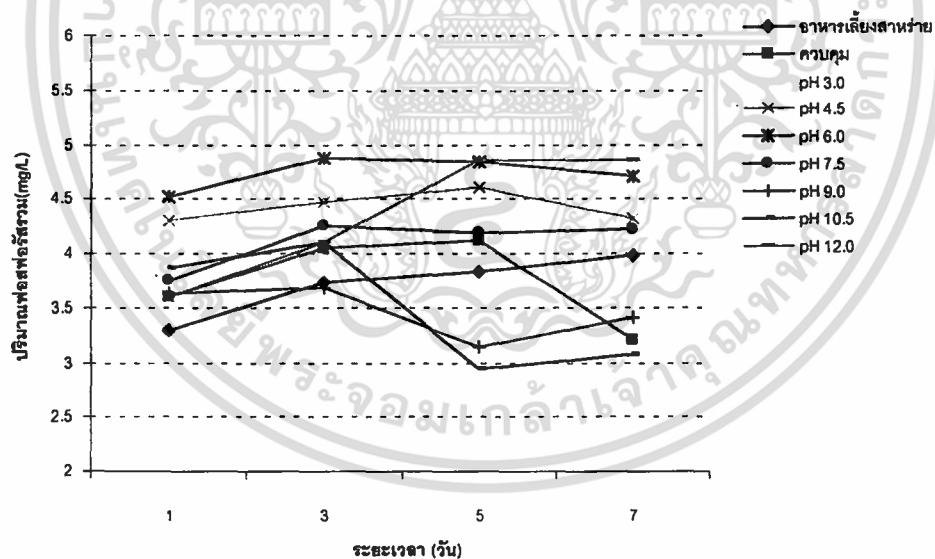
หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 10 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

10. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีค่าเฉลี่ย 3.76 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการทดลองพบว่าที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 และ 4.5 มีค่าเฉลี่ยที่สูงกว่าหริตเมนต์อื่น จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังภาพที่ 11 และตารางที่ 10



ภาพที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

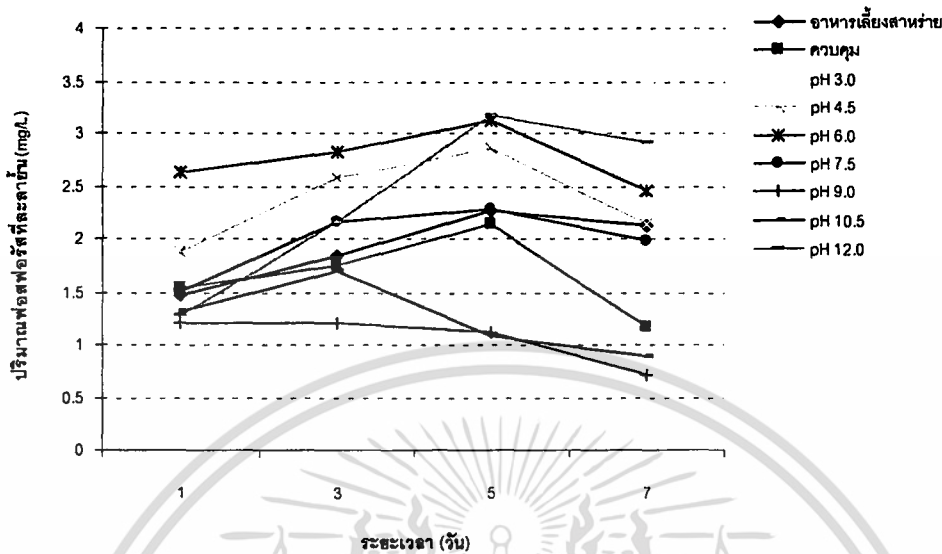
11. ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำมีค่าเฉลี่ย 2.582 มิลลิกรัมต่อลิตร หลังจากการทดลองที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 มีค่าเฉลี่ยสูงสุด (2.85, 3.33 ,3.79 และ 1.17 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ) จากการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห้องสมุดคณะเทคโนโลยีการเกษตร

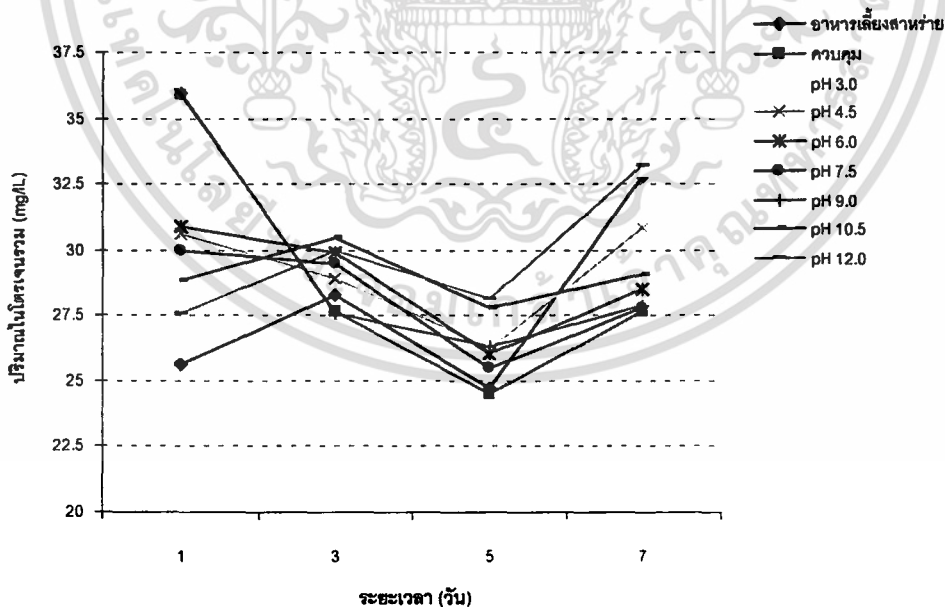
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร

วิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) ยกเว้นที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) วันที่ 5 และ 7 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 และ 10.5 มีค่าเฉลี่ยที่ลดลงต่ำสุด ดังภาพที่ 12 และตารางที่ 11



ภาพที่ 12 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

12. ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ก่อนการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างซึ่งมีค่าเฉลี่ย 28.26 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) ดังภาพที่ 13 และตารางที่ 12



ภาพที่ 13 ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)						
			3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	1.470±0.180 ^a	1.540±0.200 ^a	2.850±0.690 ^c	1.870±0.180 ^{ab}	2.630±0.300 ^{bc}	1.510±0.070 ^a	1.210±0.140 ^a	1.320±0.040 ^a	1.280±0.190 ^a
3	1.830±0.110 ^{abc}	1.750±0.230 ^{ab}	3.330±0.510 ^d	2.570±0.140 ^{bcd}	2.810±0.520 ^{cd}	2.150±0.150 ^{abc}	1.200±0.300 ^a	1.700±0.200 ^{ab}	2.150±0.170 ^{abc}
5	2.260±0.090 ^b	2.130±0.370 ^b	3.790±0.590 ^c	2.860±0.080 ^{bc}	3.120±0.420 ^{bc}	2.280±0.150 ^b	1.110±0.140 ^a	1.090±0.090 ^a	3.170±0.430 ^{bc}
7	2.110±0.090 ^{abc}	1.170±0.640 ^{ab}	3.540±0.700 ^d	2.140±0.190 ^{abc}	2.450±0.600 ^{bcd}	1.970±0.310 ^{abc}	0.710±0.360 ^a	0.880±0.170 ^a	2.910±0.330 ^{cd}

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

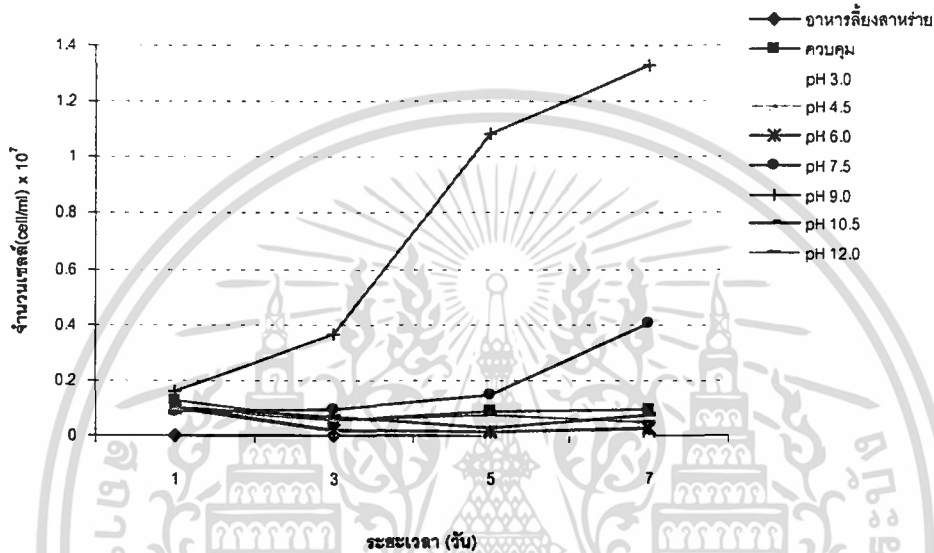
ตารางที่ 12 ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)						
			3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	25.640±0.260 ^a	35.860±3.830 ^b	28.390±0.780 ^{ab}	30.600±0.670 ^{ab}	30.890±2.210 ^{ab}	29.980±0.860 ^{ab}	35.940±4.480 ^b	28.850±1.230 ^{ab}	27.600±1.770 ^a
3	28.260±0.710 ^a	27.680±1.860 ^a	28.930±2.720 ^a	28.930±0.790 ^a	29.930±0.700 ^a	29.520±0.540 ^a	27.600±1.290 ^a	30.430±2.380 ^a	29.980±0.410 ^a
5	24.720±0.350 ^a	24.510±2.360 ^a	27.680±0.870 ^a	26.260±0.500 ^a	26.010±0.860 ^a	25.510±0.560 ^a	26.300±1.160 ^a	27.760±2.510 ^a	28.180±0.450 ^a
7	32.810±0.990 ^a	27.680±5.420 ^a	32.980±1.830 ^a	30.810±1.630 ^a	28.470±2.200 ^a	27.760±2.620 ^a	27.850±2.730 ^a	29.060±1.380 ^a	33.190±0.700 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

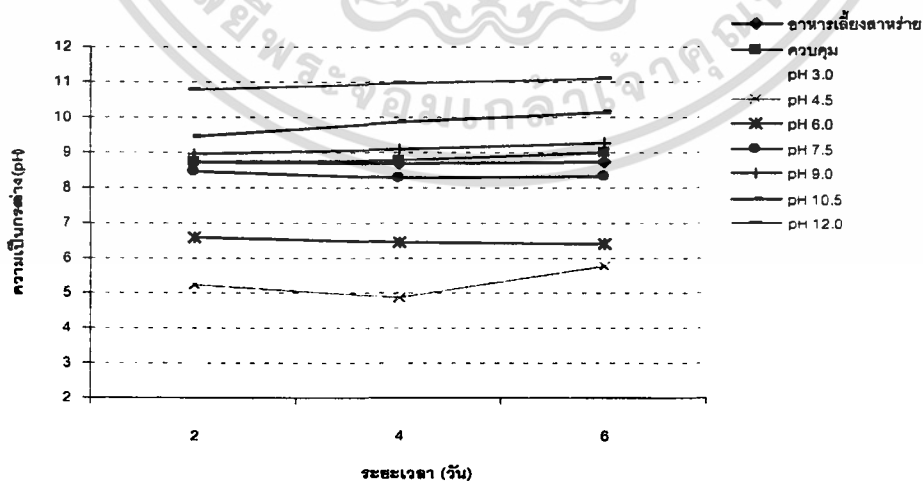
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

13. จำนวนเซลล์ (เซลล์ต่อมิลลิลิตร) จำนวนเซลล์เริ่มต้นก่อนการปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง มีค่าเฉลี่ย 7.1×10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร หลังจากการทดลองพบว่าในวันที่ 7 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 7.5 และ ควบคุม มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดตามลำดับ และจากการวิเคราะห์ทางสถิติในวันที่ 1 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0, 4.5, 6.0, 7.5, 10.5 และ 12.0 ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 และ ควบคุม ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) วันที่ 3, 5 และ 7 ที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 14 และตารางที่ 13 มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด



ภาพที่ 14 จำนวนเซลล์ไมโครซีลทิส ($\times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

14. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน จากการทดลองค่าความเป็นกรด-ด่างมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ดังภาพที่ 15 และตารางที่ 14 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าในวันที่ 2 และ 4



ภาพที่ 15 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 13 จำนวนเซลล์ไมโครชีสทิส ($\times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)								
	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	0.000±0.000 ^a	0.128±0.013 ^{cd}	0.066±0.007 ^b	0.092±0.013 ^b	0.099±0.004 ^{bc}	0.084±0.009 ^b	0.157±0.017 ^d	0.100±0.011 ^{bc}	0.090±0.009 ^b
2	0.000±0.000 ^a	0.050±0.005 ^a	0.017±0.003 ^a	0.015±0.008 ^a	0.018±0.008 ^a	0.094±0.048 ^a	0.368±0.140 ^b	0.067±0.014 ^a	0.054±0.012 ^a
3	0.000±0.000 ^a	0.089±0.041 ^a	0.000±0.000 ^a	0.016±0.007 ^a	0.010±0.003 ^a	0.144±0.103 ^a	1.080±0.457 ^b	0.027±0.014 ^a	0.076±0.016 ^a
4	0.000±0.000 ^a	0.096±0.061 ^a	0.000±0.000 ^a	0.018±0.005 ^a	0.026±0.015 ^a	0.402±0.344 ^a	1.325±0.467 ^b	0.072±0.032 ^a	0.047±0.002 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 14 ความเป็นกรด - ด่าง(pH) ที่เปลี่ยนแปลงในรอบวัน ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

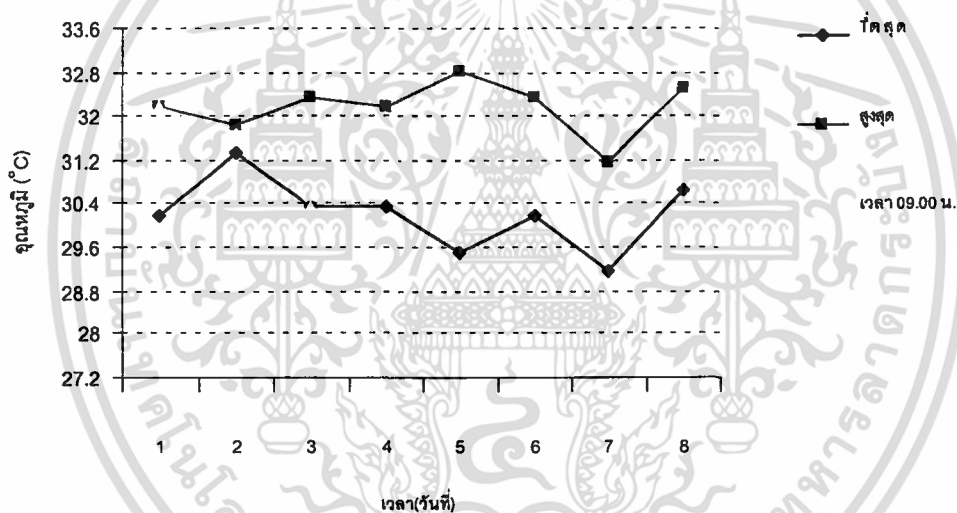
เวลา	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)									
	(วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
	2	8.70±0.00 ^a	8.74±0.01 ^a	3.02±0.00 ^a	5.24±0.09 ^b	6.59±0.06 ^c	8.46±0.00 ^d	8.97±0.02 ^f	9.44±0.03 ^g	10.77±0.05 ^h
	4	8.67±0.07 ^a	8.79±0.00 ^a	3.06±0.00 ^a	4.84±0.14 ^b	6.44±0.08 ^c	8.28±0.03 ^d	9.10±0.10 ^f	9.85±0.02 ^g	10.96±0.01 ^h
	6	8.72±0.02 ^{cd}	9.00±0.08 ^{cd}	3.03±0.01 ^a	5.78±0.61 ^b	6.39±0.35 ^b	8.3±0.11 ^c	9.27±0.05 ^d	10.15±0.01 ^e	11.08±0.02 ^f

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ทุกทรีตเมนต์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) ยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย และ ควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) ในวันที่ 6 อาหารเลี้ยงสาหร่าย ควบคุม ความเป็นกรด-ด่าง 7.5 และ 9.0 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$)และที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5และ6.0 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) ส่วนที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0 4.5 และ12.0 แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$)กับ ทุกทรีตเมนต์

15. อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ในวันที่ 1, 5 ,6, 7 และ8 ที่อุณหภูมิห้องสูงสุดและเวลาเช้า (09.00 น.)ไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)กับอุณหภูมิต่ำสุด วันที่ 2 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) และในวันที่ 3และ4 อุณหภูมิห้องต่ำสุดและเวลาเช้า ไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$)กับอุณหภูมิต่ำสุด ดังภาพที่ 16 และตารางที่ 15 ซึ่งค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิจะไม่แตกต่างกันมากนัก



ภาพที่ 16 อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

16. ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการวิเคราะห์ทางสถิติ ในวันที่ 2 ปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 ,6.0 ,7.5 ,9.0 และควบคุม ไม่แตกต่างกันโดยมีค่าเฉลี่ยที่ความเป็นกรด-ด่าง 7.5และ 9.0 ในวันที่ 2 ,3และ 4 ปริมาณคลอโรฟิลล์ ที่ความเป็นกรด-ด่าง 9.0 เพิ่มขึ้นซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$)กับทรีตเมนต์อื่น ในวันที่ 4 อาหารเลี้ยงสาหร่าย ความเป็นกรด-ด่าง 3.0, 4.5, 6.0 และ 12.0 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) และที่ความเป็นกรด-ด่าง 7.5 12.0 และควบคุมไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

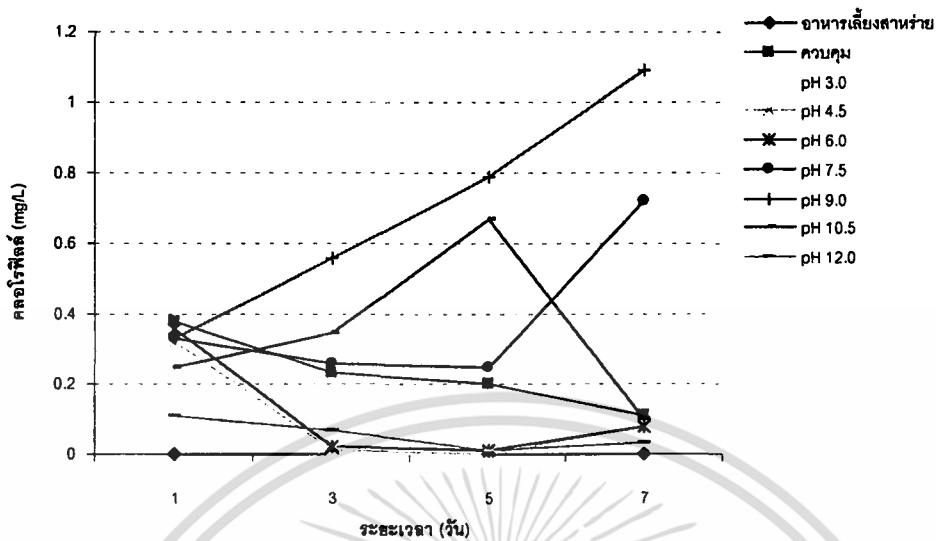
ตารางที่ 15 อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เวลา 09.00 น.
1	30.16±0.16 ^a	32.16±0.16 ^b	32.16±0.16 ^b
2	31.33±0.33 ^a	31.83±0.44 ^a	31.66±0.33 ^a
3	30.33±0.33 ^a	32.33±0.33 ^b	30.33±0.33 ^a
4	30.33±0.33 ^a	32.16±0.16 ^b	30.83±0.44 ^a
5	29.50±0.28 ^a	32.83±0.16 ^b	32.50±0.28 ^b
6	30.16±0.16 ^a	32.33±0.66 ^b	31.00±0.57 ^{ab}
7	29.16±0.16 ^a	31.16±0.44 ^b	30.50±0.28 ^b
8	30.66±0.33 ^a	32.50±0.28 ^b	32.16±0.16 ^b

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

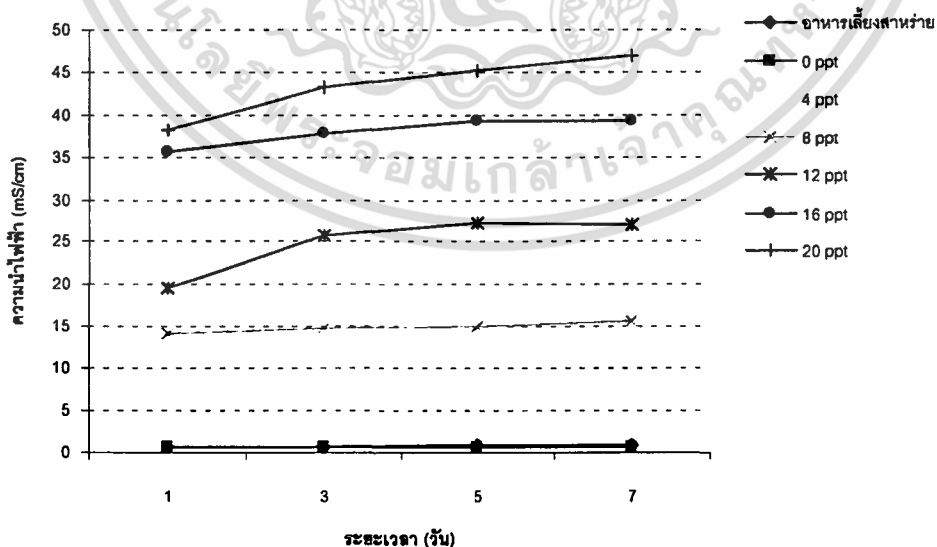
($P>0.05$)จากการทดลองพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ของควบคุมมีค่าเฉลี่ยที่ลดลงดังภาพที่ 17 และตารางที่ 16



ภาพที่ 17 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

การทดลองที่ 2 ผลของความเค็มต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุล *Microcystis* sp. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำได้ผลดังนี้

1. ค่าความนำไฟฟ้า (mS/cm) จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของความนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มสูงขึ้นโดยในวันที่ 7 จะมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 46.9 ดังภาพที่ 18 และตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย และควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$)



ภาพที่ 18 ค่าความนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 16 ปริมาณคลอโรฟิลล์ - เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

เวลา วัน	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ควบคุม	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)						
			3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.5	12.0
1	0.000±0.000 ^a	0.378±0.022 ^a	0.145±0.029 ^{bc}	0.323±0.011 ^{de}	0.356±0.029 ^{de}	0.334±0.067 ^{de}	0.334±0.051 ^{de}	0.245±0.029 ^{cd}	0.111±0.029 ^b
3	0.000±0.000 ^a	0.234±0.019 ^{bc}	0.000±0.000 ^a	0.011±0.011 ^a	0.022±0.022 ^a	0.256±0.087 ^c	0.556±0.145 ^d	0.345±0.011 ^c	0.068±0.039 ^{ab}
5	0.000±0.000 ^a	0.200±0.051 ^a	0.000±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.011±0.011 ^a	0.245±0.211 ^a	0.790±0.458 ^b	0.067±0.019 ^a	0.011±0.011 ^a
7	0.000±0.000 ^a	0.111±0.011 ^a	0.056±0.011 ^a	0.078±0.022 ^a	0.078±0.022 ^a	0.723±0.307 ^b	1.090±0.393 ^b	0.100±0.000 ^a	0.033±0.000 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

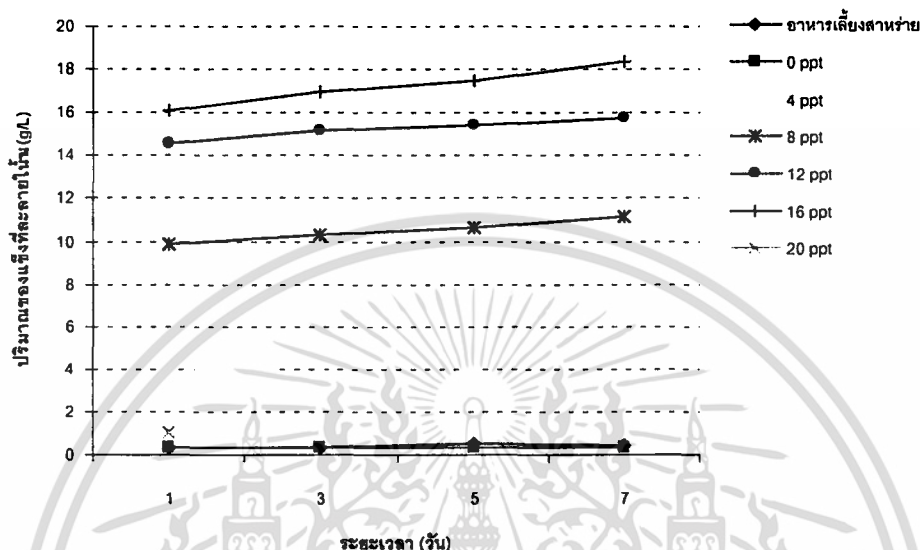
ตารางที่ 17 ความนำไฟฟ้า (mS/cm) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	0.75±0.00 ^a	0.75±0.00 ^a	0.75±0.00 ^b	14.27±0.00 ^c	19.66±0.00 ^d	35.60±0.10 ^e	38.30±0.10 ^f
3	0.75±0.00 ^a	0.72±0.00 ^a	8.06±0.15 ^b	14.78±0.09 ^c	25.70±0.20 ^d	37.80±0.45 ^e	43.20±0.17 ^f
5	0.79±0.00 ^a	0.69±0.02 ^a	8.58±0.27 ^b	15.07±0.13 ^c	27.40±0.65 ^d	39.20±0.43 ^e	45.30±0.30 ^f
7	0.83±0.00 ^a	0.69±0.00 ^a	9.21±0.47 ^b	15.71±0.05 ^c	27.10±1.04 ^d	39.30±0.79 ^e	46.90±0.85 ^f

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

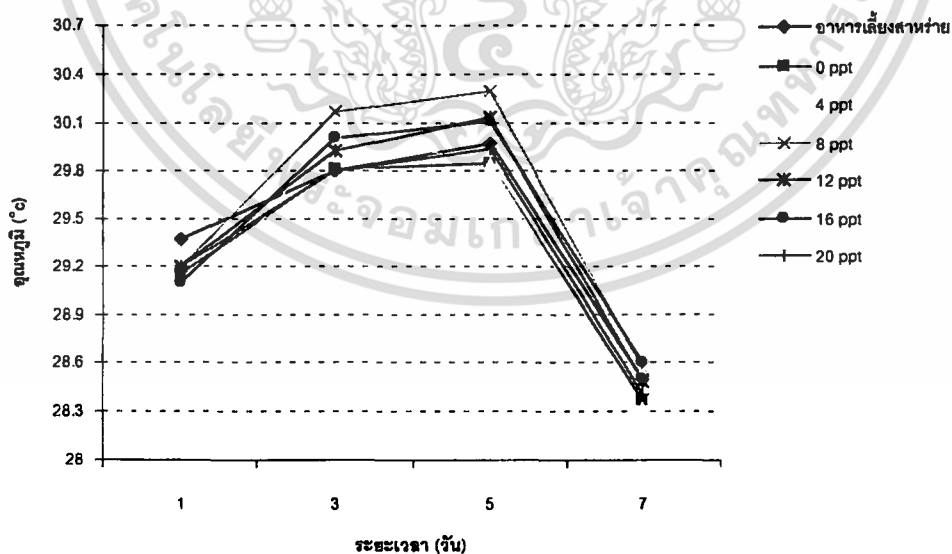
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

2. ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (กรัมต่อลิตร) จากการทดลองพบว่า ค่าเฉลี่ยของความนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเค็มสูงขึ้น ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย และควบคุม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังภาพที่ 19 และตารางที่ 18 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำของกลุ่มควบคุมในแต่ละวัน มีค่าเฉลี่ยที่ใกล้เคียงกัน (0.37, 0.36, 0.35, 0.34 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ)



ภาพที่ 19 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (กรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

3. อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ดังภาพที่ 20 และตารางที่ 19



ภาพที่ 20 อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

ตารางที่ 18 ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (กรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	0.38±0.00 ^a	0.37±0.00 ^a	3.93±0.00 ^b	7.14±0.00 ^c	9.84±0.00 ^d	14.54±0.00 ^e	16.10±0.03 ^f
3	0.37±0.00 ^a	0.36±0.00 ^a	4.02±0.08 ^b	7.40±0.04 ^c	10.27±0.10 ^d	15.12±0.11 ^e	16.94±0.07 ^f
5	0.49±0.10 ^a	0.35±0.01 ^a	4.28±0.13 ^b	7.54±0.06 ^c	10.66±0.24 ^d	15.41±0.16 ^e	17.53±0.16 ^f
7	0.42±0.00 ^a	0.34±0.00 ^a	4.61±0.24 ^b	7.59±0.25 ^c	11.14±0.40 ^d	15.72±0.19 ^e	18.32±0.22 ^f

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

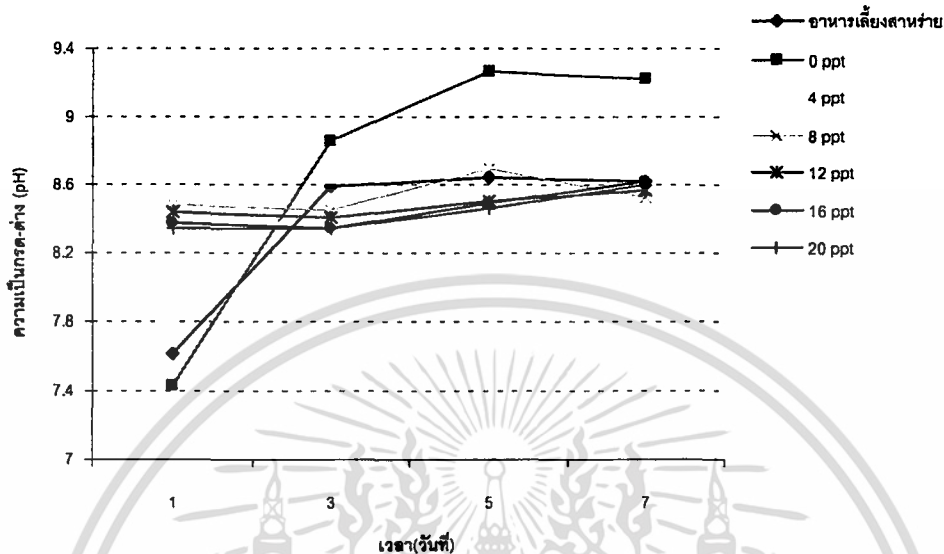
ตารางที่ 19 อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	29.11±0.15 ^b	29.15±0.11 ^b	28.88±0.25 ^a	29.20±0.12 ^b	29.20±0.17 ^b	29.10±0.20 ^b	29.20±0.15 ^b
3	29.09±0.15 ^a	29.82±0.14 ^{ab}	30.04±0.25 ^{ab}	30.17±0.06 ^b	29.92±0.03 ^{ab}	30.01±0.03 ^b	28.80±0.06 ^{ab}
5	29.43±0.10 ^a	29.85±0.11 ^{ab}	29.85±0.16 ^a	30.30±0.05 ^b	30.13±0.08 ^a	30.11±0.00 ^{ab}	29.94±0.10 ^a
7	29.31±0.23 ^a	28.37±0.13 ^a	28.32±0.33 ^a	28.57±0.21 ^a	28.49±0.08 ^a	28.60±0.10 ^a	28.40±0.11 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH) จากการทดลองพบว่า ความเป็นกรด-ด่างมีค่าเฉลี่ยไม่ต่างกันมาก ดังภาพที่ 21 และตารางที่ 20 ซึ่งจะเห็นว่า ในวันที่ 5 และ 7 ควบคุมมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงชันจนถึง 9.27 และ 9.23 ตามลำดับ จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$)



ภาพที่ 21 ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

5. ค่าความเป็นด่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วันที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) ยกเว้น ที่ความเค็ม 4 ,20 ppt และอาหารเลี้ยงสาหร่าย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) วันที่ 5 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) วันที่ 7 ไม่แตกต่างกันยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับ ควบคุม และที่ความเค็ม 4 ,12 และ 20 ppt ดังภาพที่ 22 และตารางที่ 21

6. ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการทดลองวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วันที่ 1, 5 และ 7 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P < 0.05$) ยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่ายและควบคุมที่ไม่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่าความกระด้างจะมีค่าสูงเมื่อความเค็มสูงขึ้น ในวันที่ 3 ที่ความเค็ม 4 ,8,12,16 และ 20 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) และ อาหารเลี้ยงสาหร่าย กับ ควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P > 0.05$) ดังภาพที่ 23 และตารางที่ 22 ค่าความกระด้างของควบคุมไม่แตกต่างกันในแต่ละวันโดยมีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด (121.33 ,240.00, 213.33 และ 160 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ)

ตารางที่ 20 ความเป็นกรด - ด่าง (pH) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	7.62±0.03 ^b	7.43±0.04 ^a	7.83±0.00 ^c	8.48±0.02 ^f	8.43±0.00 ^{ef}	8.38±0.00 ^{de}	8.34±0.00 ^d
3	8.59±0.00 ^c	8.86±0.04 ^d	8.64±0.03 ^c	8.45±0.05 ^b	8.40±0.01 ^{ab}	8.34±0.00 ^a	8.34±0.00 ^a
5	8.65±0.00 ^{ab}	9.27±0.17 ^c	8.89±0.08 ^b	8.69±0.11 ^{ab}	8.50±0.03 ^a	8.49±0.04 ^a	8.46±0.04 ^a
7	8.62±0.00 ^{ab}	9.23±0.05 ^c	8.92±0.06 ^b	8.53±0.21 ^a	8.56±0.05 ^a	8.63±0.07 ^{ab}	8.60±0.07 ^{ab}

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

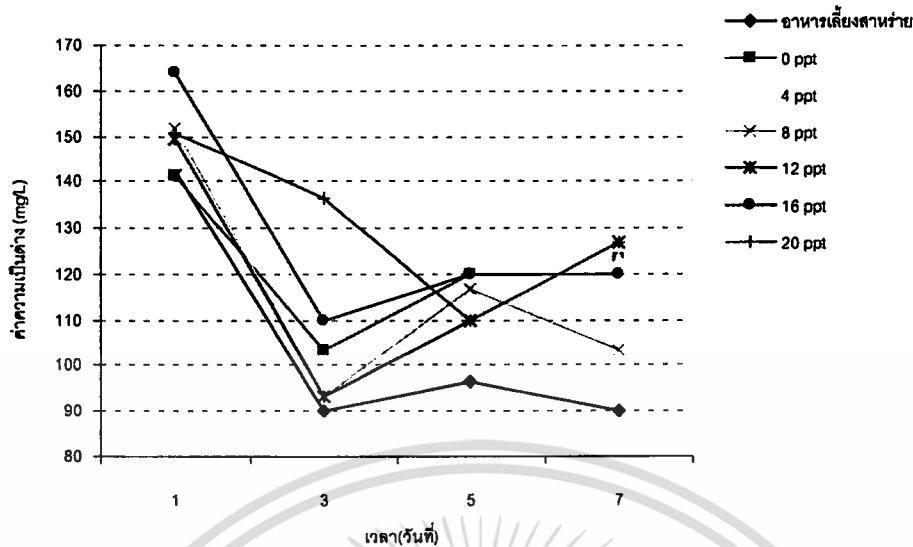
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 21 ความเป็นต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

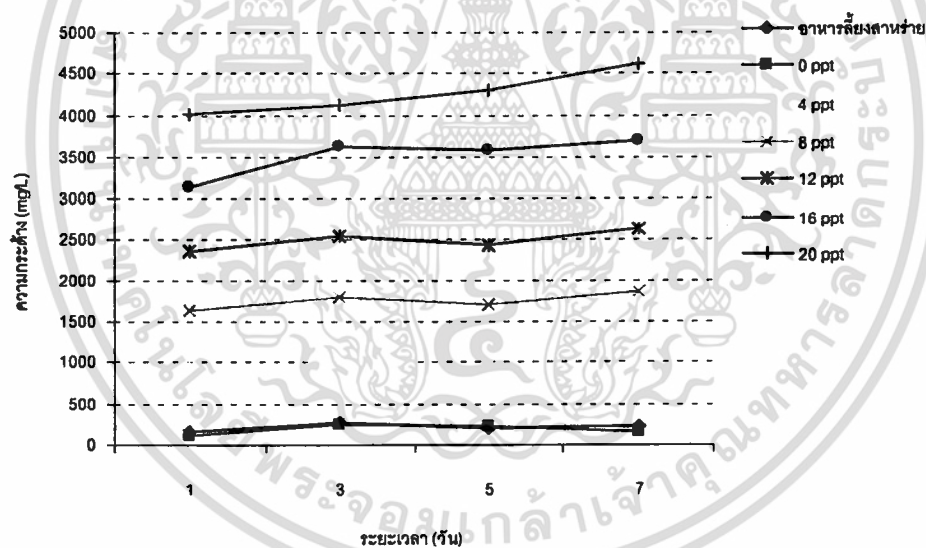
เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	142±0.013 ^a	141±0.006 ^a	144±0.011 ^{abc}	152±0.011 ^d	149±0.006 ^{bcd}	164±0.011 ^e	151±0.013 ^{cd}
3	90±0.020 ^a	103±0.006 ^{ab}	113±0.017 ^b	93±0.006 ^{ab}	93±0.013 ^{ab}	110±0.011 ^{ab}	137±0.013 ^c
5	97±0.006 ^a	120±0.011 ^a	120±0.011 ^a	117±0.058 ^a	110±0.00 ^a	120±0.011 ^a	110±0.011 ^a
7	90±0.030 ^a	123±0.017 ^b	123±0.024 ^b	103±0.017 ^{ab}	126±0.006 ^b	120±0.011 ^{ab}	126±0.017 ^b

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 22 ความเป็นต่าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน



ภาพที่ 23 ความกระด้าง (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

7. ปริมาณไนโตรเจน-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติในวันที่ 1 ซึ่งมีค่าน้อยมากจึงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$) ยกเว้นที่ความเค็ม 20 ppt แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P<0.05$) ดังภาพที่ 24 และตารางที่ 23 กลุ่มควบคุมมีค่าลดลงในวันที่ 5

ตารางที่ 22 ความกระด้าง (มิลลิลิตรต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	161±1.33 ^a	121±1.33 ^a	947±13.33 ^b	1627±13.33 ^c	2347±13.33 ^d	3147±413.33 ^e	4013±13.33 ^f
3	267±48.07 ^a	240±40.00 ^a	453±35.27 ^{bc}	373±13.33 ^b	373±26.66 ^b	440±23.09 ^b	547±26.66 ^c
5	200±0.00 ^a	213±35.27 ^a	1027±48.07 ^b	1693±26.66 ^c	2427±81.10 ^d	3587±141.10 ^e	4306.67±106.66 ^f
7	227±13.33 ^a	160±0.00 ^a	1040±69.28 ^b	1853±35.27 ^c	2613±48.07 ^d	3707±131.31 ^e	4626.67±35.27 ^f

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

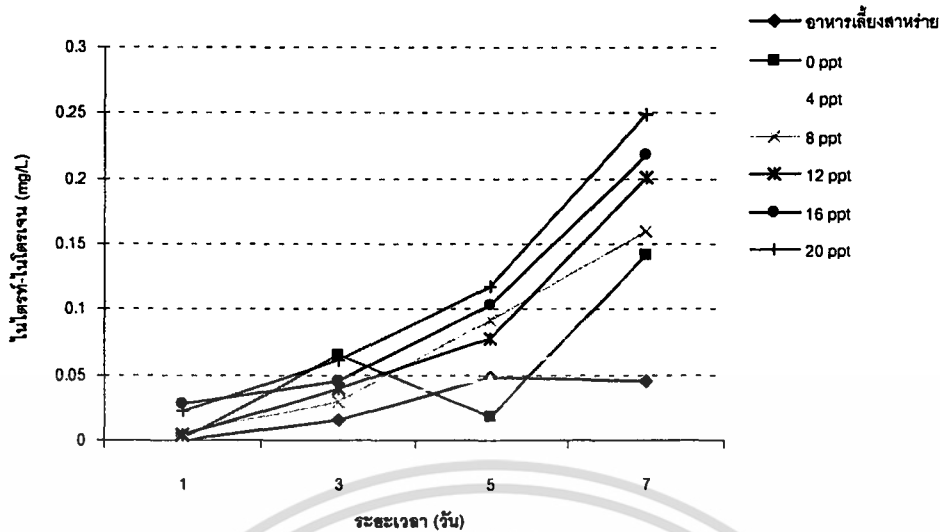
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 23 ปริมาณไนโตรเจน - ไนโตรเจน (มิลลิลิตรต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	0.000±0.000 ^a	0.001±0.000 ^a	0.000±0.000 ^a	0.006±0.000 ^b	0.004±0.000 ^b	0.027±0.000 ^d	0.022±0.000 ^c
3	0.0148±0.001 ^a	0.064±0.007 ^c	0.028±0.003 ^{ab}	0.029±0.007 ^{ab}	0.040±0.008 ^b	0.045±0.006 ^{bc}	0.060±0.003 ^c
5	0.047±0.001 ^{ab}	0.018±0.010 ^a	0.046±0.004 ^{ab}	0.091±0.023 ^{bc}	0.078±0.017 ^{bc}	0.103±0.017 ^c	0.116±0.022 ^c
7	0.045±0.002 ^a	0.140±0.029 ^{abc}	0.090±0.022 ^{ab}	0.159±0.041 ^{abc}	0.200±0.044 ^{bc}	0.218±0.045 ^c	0.249±0.044 ^c

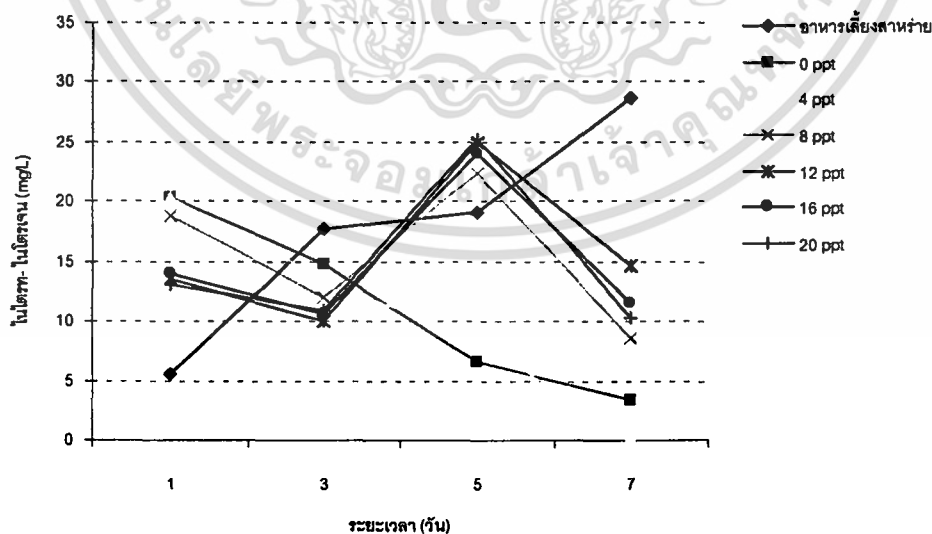
หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



ภาพที่ 24 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

8. ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการทดลอง ดังภาพที่ 25 และตารางที่ 24 ค่าเฉลี่ยปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ลดลงอย่างเห็นได้ชัด ที่ควบคุมและความเค็ม 4 ppt ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วันที่ 1, 5 และ 7 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ยกเว้นควบคุมและความเค็ม 4 ppt ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) วันที่ 3 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) และที่ความเค็ม 4 ppt ในวันที่ 7 จะมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 0.29 มิลลิกรัมต่อลิตร



ภาพที่ 25 ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 24 ปริมาณไนเตรท – ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	5.60±0.07 ^a	20.32±0.01 ^f	20.33±0.00 ^f	18.75±0.00 ^e	13.53±0.00 ^c	14.09±0.00 ^d	13.05±0.01 ^b
3	17.68±5.69 ^b	14.75±0.91 ^{ab}	13.62±0.31 ^{ab}	11.97±0.63 ^{ab}	10.08±0.31 ^a	10.71±0.58 ^{ab}	10.92±0.26 ^{ab}
5	19.16±2.93 ^b	6.61±3.16 ^a	8.40±1.85 ^a	22.39±2.03 ^b	25.05±0.65 ^b	24.02±0.94 ^b	25.23±0.36 ^b
7	28.66±0.93 ^d	3.46±1.61 ^{ab}	0.29±0.44 ^a	8.66±4.09 ^{bc}	14.66±2.97 ^c	11.60±1.39 ^c	10.29±2.24 ^{bc}

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

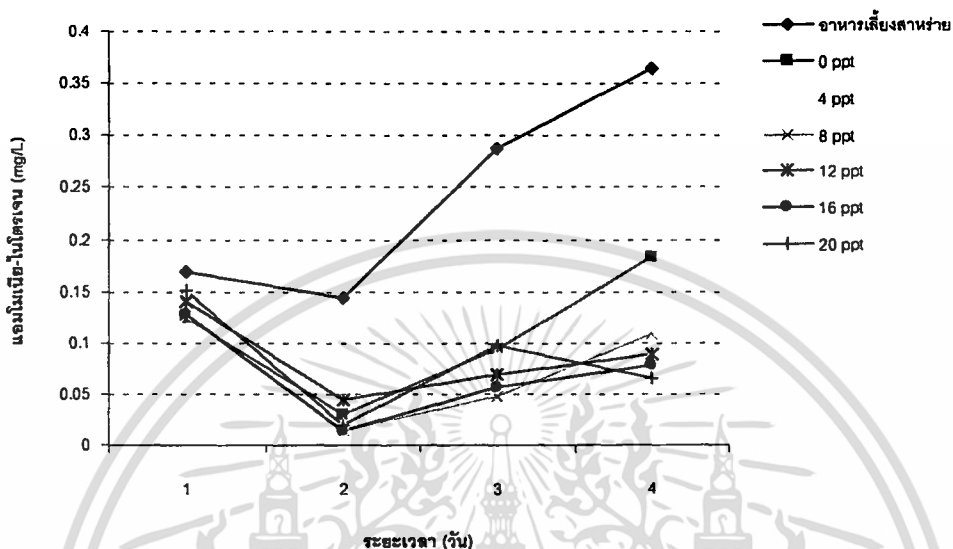
ตารางที่ 25 ปริมาณแอมโมเนีย - ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	0.16±0.00 ^d	0.12±0.00 ^a	0.14±0.00 ^{bc}	0.12±0.00 ^a	0.13±0.00 ^b	0.12±0.00 ^a	0.15±0.00 ^c
3	0.14±0.00 ^c	0.02±0.00 ^{ab}	0.02±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a	0.04±0.01 ^b	0.01±0.00 ^a	0.01±0.00 ^a
5	0.28±0.02 ^b	0.09±0.01 ^a	0.09±0.00 ^a	0.04±0.00 ^a	0.06±0.01 ^a	0.05±0.01 ^a	0.09±0.01 ^a
7	0.36±0.07 ^b	0.18±0.07 ^a	0.08±0.00 ^a	0.10±0.01 ^a	0.08±0.00 ^a	0.07±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

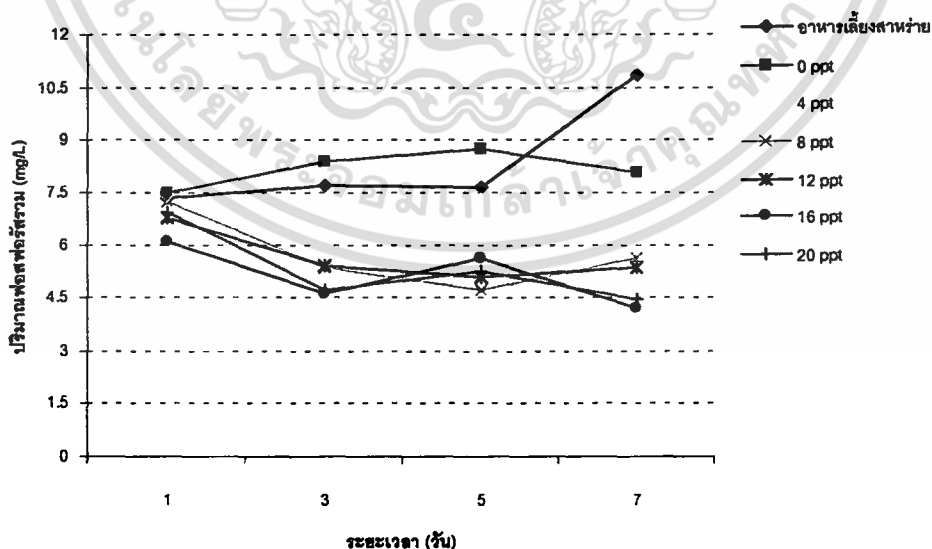
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

9. ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ ในวันที่ 1 ควบคุม ความเค็ม 8 และ 16 ppt ไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับ อาหารเลี้ยงสาหร่าย ความเค็ม 4, 12 และ 20 ppt วันที่ 3, 5 และ 7 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) ยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย มีค่าเฉลี่ยที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดังรูปที่ 26 และตารางที่ 25



ภาพที่ 26 ปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

10. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) จากการทดลองทุกทรีตเมนต์มีค่าเฉลี่ยลดลง ยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย มีค่าเฉลี่ยไม่เปลี่ยนแปลงมาก ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วันที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนวันที่ 3, 5 และ 7 ไม่แตกต่างกัน ยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 27 และตารางที่ 26



ภาพที่ 27 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 26 ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	15.11±0.00 ^a	14.85±0.01 ^a	14.65±0.00 ^d	15.33±0.00 ^b	13.09±0.01 ^a	14.29±0.02 ^b	14.37±0.00 ^c
3	13.85±0.39 ^b	11.50±0.19 ^a	10.97±0.51 ^a	11.61±0.44 ^a	11.36±0.18 ^b	10.87±0.19 ^a	10.70±0.10 ^a
5	14.68±0.21 ^b	9.10±0.86 ^a	7.66±2.06 ^a	8.13±1.80 ^a	9.79±0.95 ^a	7.11±1.02 ^a	7.52±0.98 ^a
7	13.81±0.12 ^b	7.49±0.57 ^a	6.90±2.08 ^a	6.11±1.22 ^a	6.82±0.55 ^a	3.90±1.07 ^a	4.22±1.07 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

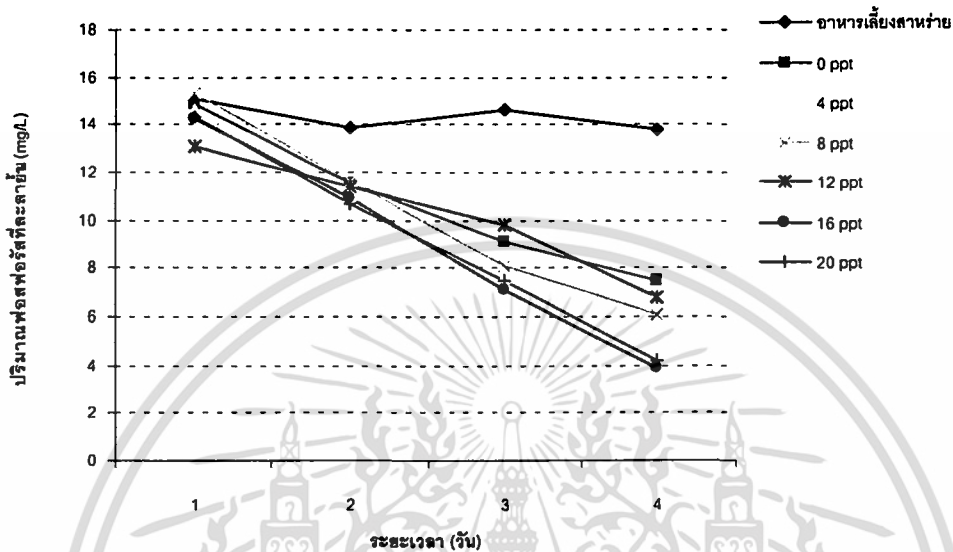
ตารางที่ 27 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	7.33±0.02 ^b	7.49±0.02 ^b	6.76±0.00 ^{ab}	7.25±0.00 ^b	6.75±0.00 ^{ab}	6.07±0.84 ^a	6.92±0.00 ^{ab}
2	7.72±1.37 ^{bc}	8.38±1.10 ^c	6.07±0.46 ^{abc}	5.34±0.69 ^{ab}	5.39±0.18 ^{ab}	4.62±0.79 ^a	4.71±0.16 ^a
3	7.65±0.65 ^b	8.77±0.59 ^b	7.33±0.63 ^b	4.69±0.68 ^a	5.10±0.21 ^a	5.60±0.23 ^a	5.22±0.16 ^a
4	10.87±0.94 ^d	8.05±0.54 ^c	6.56±0.73 ^{bc}	5.58±0.29 ^{ab}	5.32±0.26 ^{ab}	4.21±0.32 ^a	4.44±0.37 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

11. ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วันที่ 1 ไม่แตกต่างกันยกเว้นที่ความเค็ม 16, 8 ควบคุม และ อาหารเลี้ยงสาหร่าย แตกต่างกันทางสถิติ วันที่ 3 ไม่แตกต่างกันยกเว้นที่ความเค็ม 16, 20 ppt ควบคุม และอาหารเลี้ยงสาหร่าย แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 28 และตารางที่ 27



ภาพที่ 28 ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายในน้ำ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

12. ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติในวันที่ 1 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วันที่ 3 ไม่แตกต่างกันยกเว้น ควบคุมและ ที่ความเค็ม 4 8 ppt แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วันที่ 5 ไม่แตกต่างกันยกเว้น อาหารเลี้ยงสาหร่าย กับ ความเค็ม 8 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ดังภาพที่ 29 และตารางที่ 28 ซึ่งในวันที่ 3 ควบคุมมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น

13. จำนวนเซลล์ ($\times 10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ผลการทดลอง ในวันที่ 7 ควบคุมมีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นสูงสุด รองลงมา ที่ความเค็ม 4 ppt (1.109 และ 1.066×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า กลุ่มควบคุมและที่ความเค็ม 4 ppt ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) กับทริตเมนต์อื่น ดังภาพที่ 30 และตารางที่ 29

ตารางที่ 28 ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)	ความเค็ม (ppt)				
			0	4	8	12	16
1	24.49±0.02 ^a	23.38±0.03 ^f	10.49±0.09 ^a	16.31±0.03 ^b	18.85±0.02 ^d	16.83±0.05 ^c	22.49±0.05 ^e
3	31.56±0.29 ^{ab}	32.98±0.11 ^b	27.97±1.59 ^a	28.06±1.29 ^a	28.81±2.07 ^{ab}	30.93±2.16 ^{ab}	29.31±0.22 ^{ab}
5	34.24±0.30 ^b	31.39±3.09 ^{ab}	30.60±3.42 ^{ab}	26.47±2.14 ^a	29.68±0.37 ^{ab}	26.09±2.61 ^a	29.06±1.62 ^{ab}
7	30.23±0.29 ^c	26.72±1.52 ^{bc}	20.15±4.39 ^{ab}	15.68±0.75 ^a	17.31±1.19 ^a	20.82±3.79 ^{ab}	16.21±2.14 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

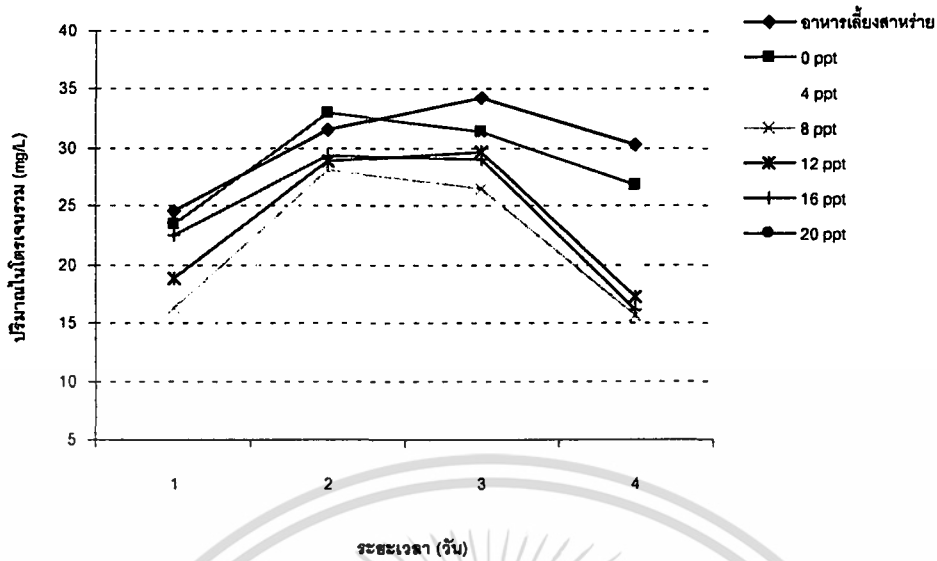
อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 29 จำนวนเซลล์ไมโครซีลิส ($\times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

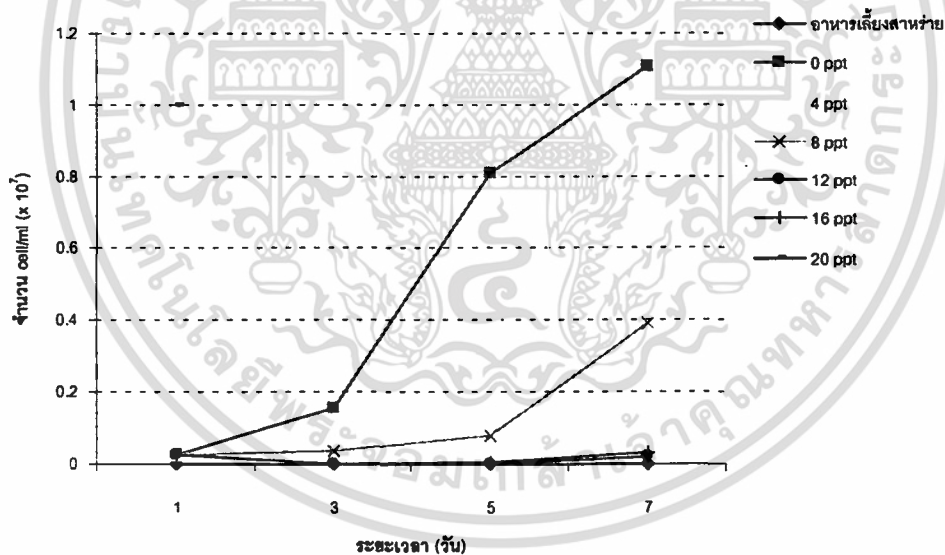
เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)	ความเค็ม (ppt)				
			0	4	8	12	16
1	0.000±0.000 ^a	0.028±0.022 ^d	0.028±0.003 ^d	0.026±0.014 ^c	0.26±0.036 ^c	0.025±0.004 ^{bc}	0.025±0.003 ^b
3	0.000±0.000 ^a	0.152±0.008 ^c	0.076±0.025 ^b	0.035±0.010 ^a	0.003±0.0005 ^a	0.001±0.004 ^a	0.006±0.003 ^a
5	0.000±0.000 ^a	0.811±0.157 ^c	0.333±0.023 ^b	0.075±0.028 ^a	0.003±0.001 ^a	0.002±0.001 ^a	0.003±0.002 ^a
7	0.000±0.000 ^a	1.109±0.326 ^b	1.067±0.182 ^b	0.390±0.229 ^a	0.063±0.054 ^a	0.022±0.011 ^a	0.029±0.015 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



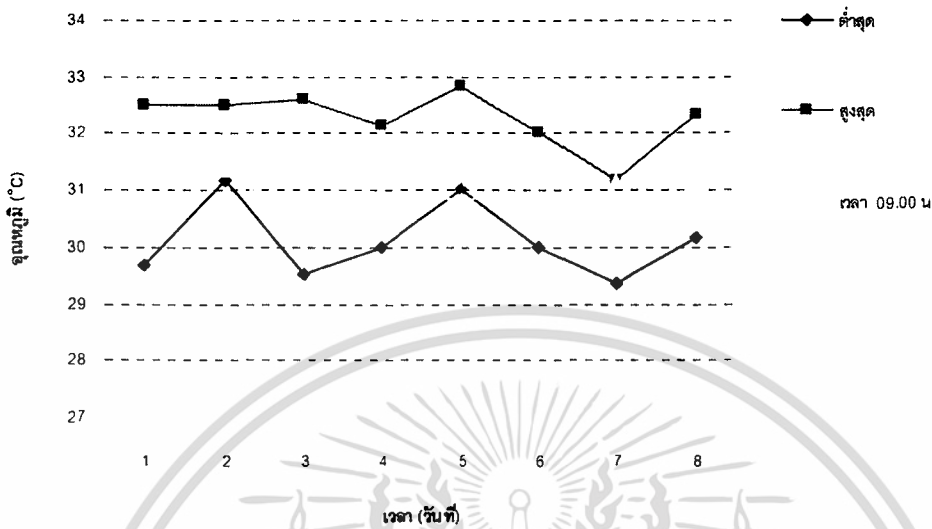
ภาพที่ 29 ปริมาณไนโตรเจนรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน



ภาพที่ 30 จำนวนเซลล์ ($\times 10^7$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

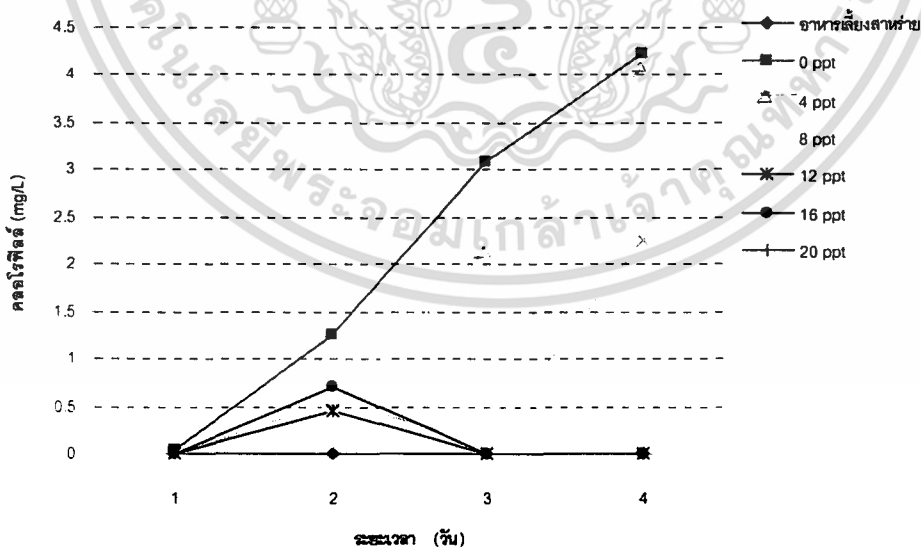
14. อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า วันที่ 1, 3, 5 และ 8 ที่อุณหภูมิต่ำสุดและอุณหภูมิเวลาเช้า (09.00 น.) มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P > 0.05$) แต่แตกต่างกันกับค่าอุณหภูมิสูงสุด วันที่ 2, 4 และ 6 ไม่แตกต่างกัน และวันที่ 7 อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุด

ปัจจุบันมีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($P>0.05$)แต่ต่างกับกับค่าอุณหภูมิต่ำสุด ดังภาพที่ 31 และตารางที่ 30



ภาพที่ 31 อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

15. ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ในระหว่างการทดลองมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นซึ่งมีความสัมพันธ์กับจำนวนเซลล์ที่เพิ่ม จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่ากลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ($p<0.05$)



ภาพที่ 32 ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 30 อุณหภูมิห้อง (องศาเซลเซียส) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)		เวลา 09.00 น.
	ต่ำสุด	สูงสุด	
1	29.66±0.44 ^a	32.50±0.28 ^a	30.33±0.33 ^a
2	31.16±0.60 ^a	32.50±0.28 ^a	31.33±0.33 ^a
3	29.50±0.28 ^a	32.66±0.33 ^a	30.33±0.33 ^a
4	30.00±0.57 ^a	32.16±0.16 ^{ab}	30.83±0.44 ^a
5	31.00±0.57 ^a	32.83±0.16 ^b	30.83±0.44 ^a
6	30.00±0.57 ^a	32.00±0.57 ^a	30.83±0.60 ^a
7	29.33±0.33 ^a	31.16±0.44 ^b	31.16±0.44 ^b
8	30.16±0.44 ^a	32.33±0.33 ^a	31.00±0.39 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

ตารางที่ 31 ปริมาณคลอโรฟิลล์ - เอ (มิลลิกรัมต่อลิตร) ที่ระดับความเค็มต่างกัน

เวลา (วัน)	อาหารเลี้ยงสาหร่าย	ความเค็ม (ppt)					
		ควบคุม (0)	4	8	12	16	20
1	0.00±0.00 ^a	0.045±0.011 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
3	0.00±0.00 ^a	1.257±0.193 ^c	0.478±0.048 ^b	0.545±0.029 ^b	0.445±0.062 ^b	0.701±0.171 ^a	0.00±0.00 ^a
5	0.00±0.00 ^a	3.082±0.377 ^c	2.147±0.080 ^b	0.111±0.061 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a
7	0.00±0.00 ^a	4.216±0.512 ^b	4.105±0.600 ^b	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a	0.00±0.00 ^a

หมายเหตุ อักษรเหมือนกันในแถวเดียวกันแสดงว่าไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05)

อักษรต่างกันแถวเดียวกันแสดงว่าแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05)



สรุป

จากการศึกษาผลของความเป็นกรด-ด่างและความเค็มต่อคุณภาพน้ำและการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิส (Microcystis) ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ ผลจากการวิเคราะห์คุณภาพน้ำแสดงให้เห็นว่า ปริมาณไนเตรท-ไนโตรเจน ปริมาณฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยลดลง เนื่องจากมีการใช้ไปของสาหร่าย และปริมาณไนโตรท-ไนโตรเจน มีค่าเฉลี่ยที่เพิ่มขึ้น ส่วนปริมาณแอมโมเนีย-ไนโตรเจน จะมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการตายของสาหร่ายหรือไม่มีการใช้อาหารในรูปของแอมโมเนีย โดยเฉพาะที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.0, 4.5, และ 6.0 จากการทดลองพบว่าที่ความเป็นกรด-ด่างประมาณ 9.0 และความเค็ม 0 ppt เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสกุลไมโครซิสทิส (Microcystis) มากที่สุดซึ่งสอดคล้องกับผลการนับจำนวนเซลล์และการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

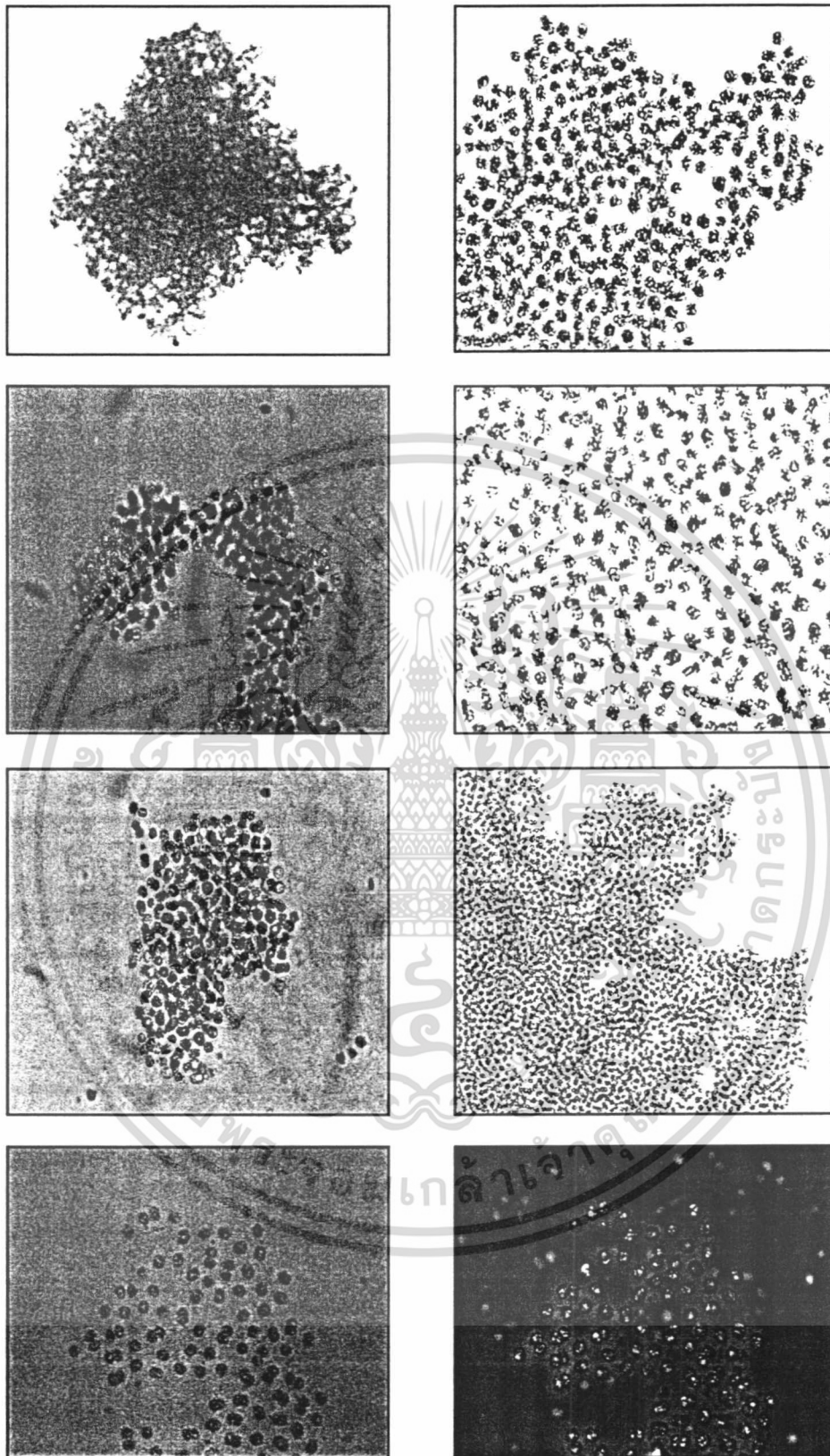
เอกสารอ้างอิง

- Anderson, J.M., 1974. Nitrogen and Phosphorus Budgets and the Role of Sediments in Six Shallow Danish Lakes. *Archive fur Hydrobiologie* 74:527-550.
- Anglian Water Services Ltd.,1990. Algae bloom at Rutland Water in 1989. Part 1: The Reservoir. Anglian Water Services Ltd. Report Chivers Way, Histon, Cambridge CB442Y.
- Coleman, J.R. and Colman, B. 1981. The Effect of pH on Photosynthesis and Inorganic Carbon Accumulation in a Blue-green Algae. In Akoyunoglon, G. *Photosynthesis IV Regulation of Carbon Metabolism*. Philadelphia : Balaban International Science Service.48:47-47.
- Entwisle et al. (1997) www.rbg Syd.gov.au/.../page/1836/microcystis2.gif
- Gilroy, D.J., Kenneth, W., Ronald, A., Hall, X.H. and Fun, S.C., 2000. Assessing Potential Health Risks from Microcystin Toxins in Blue-Green Algae Dietary Supplements. *Environ. Health Perspect.* 108:435-440.
- Kyong ,H. Eun-Ah, C. Hyun-Woo, K. and Gea-Jae, J.1994, Microcystis bloom formation in the lower Nakdong River, South Korea: importance of hydrodynamics and nutrient loading. *Marine and Fishwater Research* .50:89-94.
- Morris, I. 1974. Nitrogen Assimilation and Protein Synthesis. In Stewart, W.D.P. *Algal Physiology and Biochemistry*. Oxford : Blackwell Scientific.22:250-253.
- Pirt, S.J. 1975. *Principles of Microbe and Cell Cultivation*. Oxford : Blackwell Scientific.85:55-67.
- Payer, H.D., Chiemvichak, Y., Hosakul, K., Kongpanichkul, C., Kraidej, L., Nguitrakul, M., Reungmanipytoon, S. and Buri, P.1980. *Algae Biomass*.Amsterdam : Elsevier.13:1-12.

- Seitzinger, S.Y., 1991. The Effect of pH on the Release of Phosphorus from Potomac Estuary Sediments : Implication for Blue – Green Algal Bloom. *Estuarine, Coastal and shelf Science*.33:409-418.
- TISTR,1998. Toxic cyanobacterial Bloom: A new Attack to the Environment and Health, November,1998.:<http://www.deqp.go.th/english/greendata/article/toxic.htm>.
- Vaccaro, R.F.1965. Inorganic Nitrogen in Sea – Water.In Riley J.P. and Skirrow, G.Ghem. *Occanog*. Neew York: Academic Press.1:365-408.
- Vezie,C.J. Rapala, J. Vaitomaa, J. Seitsonen, K. sivonen.2002 Effect of Nitrogen and Phosphrus on Growth of Toxic and nontoxic microcystis strains and on Intracelluar Microcystin Concentrations. *Microbial Ecology*.43:443-454.
- Wheeler, R.E.,Lackey, J.B.,Schott, S.A.,1992. Contribution on the Toxicity of Algae. *Publ. Health Rep*.57:1695-1701.
- Xie,L.Q., P.Xie, H.J.,Tang,2002. Enhancement of dissolve 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.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะเซลล์ของ *Microcystis* sp. ในระหว่างการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้