



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชีวมวลของแพลงก์ตอนพืชขนาดต่าง ๆ และการวิเคราะห์รงควัตถุที่รวบรวม
จากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

The phytoplankton size fractionated biomass and pigment
analysis assemblages in Pacific White Shrimp
(*Litopenaeus vannamei*) ponds culture

ผู้วิจัย

นางสาวจริยาวดี สุริยพันธุ์

ดร. วิชญา กั้นบัว

นางสาวชนิดดา เกตุมา

โครงการวิจัยประเภทงบประมาณเงินรายได้
จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน)

ประจำปี พ.ศ. ๒๕๖๐

มหาวิทยาลัยบูรพา

รหัสโครงการ ๓๒๐๙๙๐๐๑๘๘๘๐๑

สัญญาเลขที่ ๘๘/๒๕๖๐

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ชีวมวลของแพลงก์ตอนพืชขนาดต่าง ๆ และการวิเคราะห์รงควัตถุที่รวบรวม
จากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

The phytoplankton size fractionated biomass and pigment
analysis assemblages in Pacific White Shrimp
(*Litopenaeus vannamei*) ponds culture

หัวหน้าโครงการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จริยาวดี สุริยพันธุ์

ผู้ร่วมวิจัย

ดร. วิชญา กั้นบัว

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

นางสาวชนัดดา เกตุมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร (Executive Summary)

ข้าพเจ้า (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) จริยาวัต สุริยพันธุ์ ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัย จาก มหาวิทยาลัยบูรพา ประเภทงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา โครงการวิจัยเรื่อง ชีวมวลของแพลงก์ตอนพืชขนาดต่าง ๆ และการวิเคราะห์รงควัตถุที่รวบรวมจากบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

(ภาษาอังกฤษ) The phytoplankton size fractionated biomass and pigment analysis assemblages in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds culture

สัญญาเลขที่ ๘๘/๒๕๖๐ ได้รับงบประมาณรวมทั้งสิ้น ๑,๑๔๙,๘๐๐ บาท (หนึ่งล้านหนึ่งแสนสี่หมื่นเก้าพันแปดร้อยบาทถ้วน) ระยะเวลาการดำเนินงาน ๑ ปี (ระหว่างวัน ๑ ตุลาคม ๒๕๖๐ ถึง ๓๐ กันยายน ๒๕๖๑)

กำหนดพื้นที่เพื่อศึกษาองค์ประกอบของแพลงก์ตอนขนาดต่าง ๆ และรงควัตถุที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (๑๐ - ๑๕ psu) ในจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน ๓ บ่อ และในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมความเค็มปกติ (๒๕ - ๓๐ psu) ในจังหวัดจันทบุรี จำนวน ๓ บ่อ โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ ๒ ครั้ง เป็นระยะเวลา ๑ ปี แบ่งเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช และตัวอย่างน้ำด้วยถุงกรองที่มีขนาดความถี่ตา ๒๐ และ ๒๐๐ ไมโครเมตร ในช่วงเตรียมบ่อ และหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง นับปริมาณแพลงก์ตอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ วิเคราะห์สัดส่วนของ autotrophic และ heterotrophic bacteria ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และซี รวมทั้งฟิโอฟิติน เอ เพื่อหาความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม จากการศึกษาพบแพลงก์ตอนพืช ๕ ดิวิชัน ๑๘ สกุล แพลงก์สัตว์ ๓ ไฟลัม ๔ สกุล และตัวอ่อนนอเพลียดในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ เมื่อวิเคราะห์สัดส่วนระหว่าง autotrophic และ heterotrophic bacteria พบว่า heterotrophic bacteria มีสัดส่วน ๕๒ - ๙๖ เปอร์เซ็นต์ ส่วน autotrophic มีสัดส่วน ๓ - ๔ เปอร์เซ็นต์ โดย heterotrophic bacteria มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ ๒๐ วันแรกของการเลี้ยง ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มสูง แพลงก์ตอนพืช ๔ ดิวิชัน ๑๕ สกุล แพลงก์สัตว์ ๓ ไฟลัม ๓ สกุล และตัวอ่อนนอเพลียด เมื่อวิเคราะห์สัดส่วนระหว่าง autotrophic และ heterotrophic bacteria พบว่า heterotrophic bacteria มีสัดส่วน ๒๔ - ๙๘ เปอร์เซ็นต์ ส่วน autotrophic มีสัดส่วน ๒ - ๗๕ เปอร์เซ็นต์ โดย heterotrophic bacteria มีสัดส่วนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ ๒๐ วันแรกของการเลี้ยง ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม แสดงให้เห็นว่า heterotrophic bacteria ซึ่งอยู่ในกลุ่มของ picoplankton ซึ่งมีขนาดเซลล์อยู่ระหว่าง ๐.๒ - ๒ ไมโครเมตร เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลักที่พบตลอดระยะเวลาการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และมีความสัมพันธ์กับปริมาณธาตุอาหารในน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย และปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ

Output / Outcome

งานวิจัยตีพิมพ์ จำนวน ๒ เรื่อง ระดับ TCI อยู่ในระหว่างการส่งตีพิมพ์

ข้อเสนอแนะ

-

ชีวมวลของแพลงก์ตอนพืชขนาดต่าง ๆ และการวิเคราะห์รงควัตถุที่รวบรวมจากบ่อ เลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*)

บทคัดย่อ

ประชาคมแพลงก์ตอนและคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus Vanamei*) ระหว่างเดือนเมษายน ถึงสิงหาคม ในปี 2561 และ 2562 เก็บตัวอย่างจากบ่อดินจำนวน 6 บ่อ แบ่งเป็น 3 บ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (6 - 7 psu) และ 3 บ่อที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ (30 - 31 psu) พบแพลงก์ตอนพืช 5 ดิวิชัน และแพลงก์ตอนสัตว์ 3 ไฟลัม สาหร่ายสีเขียวเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบ และเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรียมีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 52 - 96 เปอร์เซ็นต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ปริมาณธาตุอาหารในน้ำ เช่น แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และความโปร่งแสงของน้ำสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ในขณะที่ความเค็มของน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำส่งผลกระทบต่ออัตราโตของเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรีย และนาโนแพลงก์ตอนภายในบ่อ

สำหรับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในน้ำความเค็มปกติ พบพบแพลงก์ตอนพืช 4 ดิวิชัน และแพลงก์ตอนสัตว์ 3 ไฟลัม โดยพบโครโมไฟตาเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มหลักที่พบ และเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรียมีสัดส่วนอยู่ระหว่าง 24 - 98 เปอร์เซ็นต์ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง พีเอชและอุณหภูมิจะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงประชาคมแพลงก์ตอนพืช ในขณะที่ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงประชาคมนาโนแพลงก์ตอน

จากการศึกษานี้สรุปได้ว่าเฮเทอโรโทรฟิกแบคทีเรียเป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลักของผู้ผลิตเบื้องต้นในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และได้รับผลกระทบจากธาตุอาหารถ้าอยู่ในระบบการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ ในขณะที่นาโนแพลงก์ตอนเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบในการเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติซึ่งจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนียและออกซิเจนที่ละลายในมวลน้ำ

คำสำคัญ: แพลงก์ตอนพืชขนาดเล็ก, นาโนแพลงก์ตอน, พืโคแพลงก์ตอน, บ่อเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิก

The phytoplankton size fractionated biomass and pigment analysis assemblages in Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) ponds culture

ABSTRACT

The plankton community and water quality *Litopenaeus Vanamei*, ponds were investigated in April - August 2017 and 2018. Samples were collected from 6 earthen ponds that separated 3 ponds for Low salinity culture condition (6 - 7 psu) and 3 normal salinity culture condition (30 - 31 psu). Total 5 division of phytoplankton and 3 phyla of zooplankton were record in law salinity culture. Cyanophyta was the dominant group and Heterotrophic bacteria was between 52 - 96 percent during culture period Nutrient in water column such as ammonia, nitrite, nitrate and transparency that relate with phytoplankton growth while salinity and dissolved oxygen were effect Autotrophic bacteria, Heterotrophic bacteria and nanoplankton in shrimp ponds.

In normal salinity culture ponds. There were 4 Division of phytoplankton and 3 phyla of zooplankton. Chromophyta was the dominant group and heterotrophic bacteria was 24 - 98 percent during culture period. PH and Temperature were related with phytoplankton community change while ammonia and dissolved oxygen effected nanoplankton Composition change. In this study conclude that Heterotrophic bacteria was the major group of primary producer and affected by nutrient in the Low salinity culture. While nanoplankton was the dominant groups in normal saline culture which relate with ammonia and dissolved oxygen in water column

Keywords: phytoplankton size fractionated, nano-plankton, pico-plankton, Pacific White shrimp culture ponds

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๖๐ มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา (๘๙/๒๕๖๐)

ผู้วิจัย

กันยายน 2562

สารบัญ

	หน้า
หน้าปกใน	ก
บทสรุปสำหรับผู้บริหาร	ข
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1	
- บทนำ	1
- ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย	1
- วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	1
- ขอบเขตของโครงการวิจัย	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	12
บทที่ 4 ผลการศึกษา	16
บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการศึกษา และสรุปผลการศึกษา	69
บรรณานุกรม	79
ภาคผนวก	85

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2 - 1	กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชในขนาดต่าง ๆ	4
4 - 1	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา	19
4 - 2	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา	20
4 - 3	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 1	21
4 - 4	ปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 2	22
4 - 5	ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 1	25
4 - 6	ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 2	25
4 - 7	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี	29

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4 - 8	ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี	30
4 - 9	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 1	31
4 - 10	ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 2	32
4 - 11	ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 1	35
4 - 12	ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 2	35
4 - 13	คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 1	48
4 - 14	คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 2	49

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4 - 15	คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 1	62
4 - 16	คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 2	63
4 - 17	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ Heterotrophic picoplankton และ Autotrophic picoplankton ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา	67
4 - 11	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ Heterotrophic picoplankton และ Autotrophic picoplankton ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี	68
ตารางภาคผนวกที่		
2 - 1	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย	90
2 - 2	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์	92
2 - 3	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท	94
2 - 4	ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส	97

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2 - 1	โครงสร้างของ chlorophyll <i>a</i>	6
2 - 2	โครงสร้างของ chlorophyll <i>b</i>	6
2 - 3	โครงสร้างของ chlorophyll <i>c1</i>	7
2 - 4	โครงสร้างของ pheophytin <i>a</i>	7
4 - 1	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (b), ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ (c), สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (d) สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 2 (e)	18
4 - 2	ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 1 (b), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 2 (c), ปริมาณ Heterotrophic bacteria (d), ปริมาณ Autotrophic bacteria (e), ปริมาณ Nanoplankton (f), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (g), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (h) ในรอบการเลี้ยงที่ 2	23
4 - 3	ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (b), ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ (c), สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (d) สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 2 (e)	28
4 - 4	ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 1 (b), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 2 (c), ปริมาณ Heterotrophic bacteria (d), ปริมาณ Autotrophic bacteria (e), ปริมาณ Nanoplankton (f), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (g), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (h) ในรอบการเลี้ยงที่ 2	33

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4 – 5	พีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	37
4 – 6	อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	37
4 – 7	ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	39
4 – 8	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	39
4 – 9	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	40
4 – 10	ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	40
4 – 11	ความเป็นต่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	42
4 – 12	ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	42
4 – 13	ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	43
4 – 14	ปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	43
4 – 15	ปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	44
4 – 16	ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	45
4 – 17	ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4 - 18	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	46
4 - 19	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	47
4 - 20	ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	47
4 - 21	พีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	51
4 - 22	อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	51
4 - 23	ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	53
4 - 24	ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	53
4 - 25	ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	54
4 - 26	ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	54
4 - 27	ความเป็นต่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	56
4 - 28	ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	56
4 - 29	ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	57
4 - 30	ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	57
4 - 31	ปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	58

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4 - ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	59
4 - ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	59
4 - ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	60
4 - ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	61
4 - ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2	61
5 - องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำในกลุ่มของฟิโคแพลงก์ตอน (0.2 - 2.0 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน; e หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 120 วัน	71
5 - องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำในกลุ่มของนาโนโคแพลงก์ตอน (2.0 - 20 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน; e หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 120 วัน	73
5 - องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติในกลุ่มของฟิโคแพลงก์ตอน (0.2 - 2.0 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
5 - 4	องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติในกลุ่มของนาโคแพลงก์ตอน (2.0 - 20 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน	77
ภาพภาคผนวกที่		
1 - 1	ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม	86
2 - 1	การเตรียมตัวอย่างเข้าเครื่อง HPLC	101
2 - 2	ระบบเครื่อง HPLC	101

บทที่ 1

บทนำ

แพลงก์ตอนพืชจะเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม อีกทั้งแพลงก์ตอนพืชยังเป็นอาหารที่สำคัญสำหรับลูกกุ้งในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยง รวมทั้งยังช่วยบดบังแสงที่ส่องผ่านลงไปยังพื้นบ่อ ลดการเกิดซี้แดด และช่วยทำให้การกินอาหารของกุ้งขาวแวนนาไมเป็นไปอย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามการเลี้ยงของเกษตรกรในปัจจุบันนิยมปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงอย่างหนาแน่น ทำให้การควบคุมความหนาแน่นของแพลงก์ตอนไม่ให้เกิดริ้วเต็บโตมากจนกระทั่งเกิดสภาวะการสะสมฟุ้งยักขึ้น ซึ่งผลกระทบต่อระบบของบ่อเพาะเลี้ยงและผลผลิตสัตว์น้ำ

จากการศึกษาเกี่ยวกับแพลงก์ตอนภายในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำส่วนใหญ่จะพบแพลงก์ตอนพืชเป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลัก ได้แก่ Division Cyanophyta และ Chlorophyta ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และ Division Cyanophyta และ Chromophyta ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ ซึ่งแพลงก์ตอนพืชกลุ่มดังกล่าวสามารถนับเป็นจำนวน และประเมินความหนาแน่นได้ แต่อย่างไรก็ตาม เพื่อพิจารณาร่วมกับปริมาณคลอโรฟิลล์ ซึ่งเป็นดัชนีชี้วัดกำลังผลิตของบ่อพบว่าความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมไม่สัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ที่วัดได้ ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าแพลงก์ตอนพืชในบ่อที่นับได้ไม่สามารถใช้ประเมินกำลังผลิตของบ่อ รวมทั้งถึงสายใยอาหาร ที่จะเป็นกำลังผลิตพื้นฐานภายในบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ซึ่งอาจจะใช้ในการประเมินผลผลิต รวมทั้งการจัดการบ่อของกุ้งขาวแวนนาไมให้แก่เกษตรกรต่อไป

ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกกลุ่มของแพลงก์ตอนขนาดต่าง ๆ รวมทั้งวิเคราะห์กลุ่มของสารสี รวมทั้งวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำของบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และผลผลิตของกุ้งขาวแวนนาไมในบ่อ

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาองค์ประกอบของขนาดแพลงก์ตอนพืช (size composition) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงขององค์ประกอบของขนาดแพลงก์ตอนพืชตลอดระยะเวลาการเลี้ยง
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของขนาดแพลงก์ตอนพืช กับคุณภาพน้ำและคุณสมบัติของดินในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

ขอบเขตของการวิจัย

กำหนดพื้นที่ทำการศึกษาในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (10 - 15 psu) ในจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 3 บ่อ และในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมความเค็มปกติ (25 - 30 psu) ในจังหวัดจันทบุรี จำนวน 3 บ่อ เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง

เริ่มเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช และคุณภาพน้ำในช่วงเตรียมบ่อ และหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง โดยแบ่งเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนพืช และตัวอย่างน้ำด้วยถุงกรองที่มีขนาดช่องตา 20 ไมโครเมตร และ 200 ไมโครเมตร นับปริมาณแพลงก์ตอนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ทำการวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ บี และซี รวมทั้งฟิโอฟิติน เอ โดยใช้วิธี spectrophotometry ตามวิธีของ Strickland and Parson (1972) นอกจากนี้ในแต่ละบ่อยังเก็บตัวอย่างน้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ และวัดปัจจัยทางกายภาพภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แพลงก์ตอนพืชภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดีเนื่องจากธาตุอาหารที่มาจากอาหารและของเสียที่ขับถ่ายออกมา แพลงก์ตอนพืชจะเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพน้ำ รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อ จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าแพลงก์ตอนพืชเป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลัก ได้แก่ Division Cyanophyta และ Chlorophyta ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และ Division Cyanophyta และ Chromophyta ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ นั้น ไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ซึ่งเป็นพารามิเตอร์ที่ระบุถึงกำลังผลิตของแหล่งน้ำ ดังนั้น การศึกษาในกลุ่มแพลงก์ตอนที่มีขนาดเล็กลงไป ได้แก่ กลุ่มของ nanoplankton (2 - 20 ไมโครเมตร) และ picoplankton (0.2 - 2 ไมโครเมตร) น่าจะเป็นกลุ่มแพลงก์ตอนที่มีบทบาทหลักต่อการเปลี่ยนแปลงภายในบ่อ และน่าจะเป็นกลุ่มที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ และรงควัตถุชนิดอื่น ๆ รวมถึงกำลังผลิตของสัตว์น้ำภายในบ่อด้วย

1. แพลงก์ตอน

มาจากคำภาษากรีก ซึ่งมีความหมายตรงกับคำภาษาอังกฤษว่า drifting ซึ่งแปลว่า ล่องลอยไปในน้ำสุดแต่คลื่นและลมจะพาไป ดังนั้นแพลงก์ตอนจึงหมายถึง สิ่งมีชีวิตซึ่งล่องลอยอยู่ในน้ำสุดแต่คลื่นและลมจะพาไป ไม่สามารถว่ายน้ำได้ แพลงก์ตอนส่วนใหญ่มีขนาดเล็กตั้งแต่ต้องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนจนถึงเห็นได้ด้วยตาเปล่า แพลงก์ตอนแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1.1 แพลงก์ตอนสัตว์ เป็นสิ่งมีชีวิตกลุ่มที่ไม่สามารถสร้างอาหารพวกสารอินทรีย์ได้ด้วยตัวเอง จึงจัดว่าเป็นสัตว์ประเภท heterotrophic หรือเป็นกลุ่ม secondary production ในระบบนิเวศของน้ำ แพลงก์ตอนสัตว์เป็นตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานและสารอาหารสู่ผู้บริโภคลำดับสูงต่อไป เป็นพวกสัตว์เซลล์เดียว (โปรโตซัว) จนถึงสัตว์หลายเซลล์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2541)

1.2 แพลงก์ตอนพืช เป็นสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงเองได้ อาศัยอยู่บริเวณผิวน้ำ น้ำซึ่งอยู่ในบริเวณที่แสงแดดส่องถึง แพลงก์ตอนพืชจัดเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นในแหล่งน้ำ ได้แก่ พืชกลุ่มที่มีสารสีในเซลล์ทำให้สามารถดูดซับพลังงานแสงและใช้พลังงานแสงร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์แสงและสร้างสารอินทรีย์ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

ตารางที่ 2 - 1 กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชในขนาดต่าง ๆ

กลุ่ม	ขนาด	กลุ่มเด่น
Femto plankton	< 0.2 μm	virus
Pico plankton	0.2 - 2 μm	bacteria
Nano plankton	2 - 20 μm	flagellates
Micro plankton	20 - 200 μm	Phytoplankton, ciliates
Meso plankton	200 - 2,000 μm	copepods
Macro plankton	2,000 - 20,000 μm	chaetognaths
Mega plankton	> 20,000 μm	Jelly fish and ctenophores

2. องค์ประกอบของแพลงก์ตอนพืช

2.1 สารสีหรือรงควัตถุ คือองค์ประกอบทางเคมีซึ่งใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงของพืชและสิ่งมีชีวิตกลุ่มอื่น ๆ ที่สังเคราะห์แสงได้

สารสีหลักมี 3 ชนิด ได้แก่ แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) ไฟโคบิลโพรตีน (Phycobiloprotien) และคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) สารสีแต่ละชนิดมีคุณสมบัติดังนี้

2.1.1 แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) เป็นสารสีประกอบ มีสีเหลืองหรือส้ม แคโรทีนอยด์จะดูดซึมแสงสีน้ำเงิน และสีเขียว ปล่อยแสงสีเหลือง และแสงสีแดงให้ผ่านออกมาจึงเห็นเป็นเหลือง ส้ม หรือแดง แคโรทีนอยด์ ยังแบ่งเป็น 2 ชนิดดังนี้

ก. แคโรทีน (Carotene) มีสีส้ม เป็นสารสีจำพวกไฮโดรคาร์บอน ที่ไม่มีออกซิเจน (Oxygen - free hydrocarbon) มี 3 ชนิด ได้แก่ แอลฟา เบตาและแอมซีลอน (α -, β -, และ ϵ -carotene) ชนิดที่พบในแพลงก์ตอนพืชทุกชนิด คือ เบตา-แคโรทีน

ข. แซนโทฟิลล์ (Xanthophylls) หรือออกซีแคโรทีน (Oxycarotene) มีสีเหลือง เป็นสารสีจำพวกอนุพันธ์ที่มีออกซิเจน (oxygenated derivative) ของแคโรทีน แบ่งออกได้หลายชนิด เช่น ลิวทีน (Lutein) ฟูโคแซนทิน (Fucoxanthin) ไดอะไดโนแซนทิน (Diadinoxanthin) ไดอะโตแซนทิน (Diatoxanthin) และเพริดีนิน (Peridinin)

แคโรทีนอยด์ มีส่วนในการสังเคราะห์แสงโดยเป็นตัวช่วยถ่ายทอดพลังงานรังสีที่ได้รับไปยังคลอโรฟิลล์

2.1.2 ไฟโคบิลโพรตีน (Phycobiloprotein) เป็นสารประกอบเช่นเดียวกับ แคโรทีนอยด์ แต่ไฟโคบิลโพรตีนเป็นสารประกอบเชิงซ้อน คือจะอยู่ร่วมกับโพรตีนจึงมีชื่อว่าไฟโคบิลโพรตีน มีโครงสร้างแบบ tetrapyloric structure คล้ายกับสารสีในน้ำดีของสัตว์ พบเฉพาะในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และสาหร่ายสีแดงเท่านั้น

ไฟโคบิลโพรตีนมี 3 ชนิด ได้แก่ ไฟโคไซยานิน (Phycocyanin) แอลโลไฟโคไซยานิน (Allophycocyanin) และไฟโคอีริทริน (Phycoerythrin) สองชนิดแรกพบเสมอในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีแดง ส่วนไฟโคอีริทรินพบเฉพาะในสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน และสาหร่ายสีแดงบางชนิด ทั้งไฟโคอีริทรินและไฟโคไซยานิน จะมีอักษรนำ เช่น C-phycocyanin หมายถึงสารสีพวกไฟโคบิลโพรตีน ชนิดที่พบในดิวิชัน Cyanophyta ตามสมบัติการดูดซึมแสงสเปกตรัม

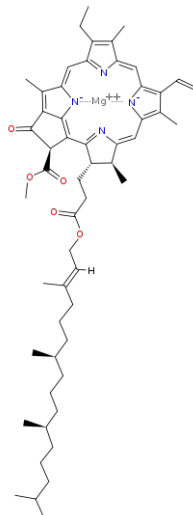
ไฟโคบิลโพรตีน เป็นสารสีที่ทำหน้าที่เป็นตัวถ่ายทอดพลังงานรังสีให้แก่คลอโรฟิลล์ เอ โดยไฟโคอีริทรินจะทำหน้าที่เป็นตัวรับแสงแล้วส่งต่อไปให้ไฟโคไซยานิน และไฟโคไซยานินส่งไปให้แก่คลอโรฟิลล์ ไฟโคบิลโพรตีนละลายได้ดีในน้ำ ดังนั้นการสกัดสารสีจำพวกนี้จึงต้องบดหรือขี้ให้เซลล์แตกออก เพื่อให้ไฟโคบิลโพรตีนละลายออกมากับน้ำ

2.1.3 คลอโรฟิลล์ (Chlorophylls) คำว่าคลอโรฟิลล์ ได้มาจากรากศัพท์ของกรีก หมายถึง สีเขียวของใบไม้ คลอโรฟิลล์เป็นชื่อทั่ว ๆ ไปของรงควัตถุสีเขียวในสิ่งมีชีวิตที่สามารถสังเคราะห์แสงได้ คลอโรฟิลล์คือรงควัตถุสีเขียวและน้ำเงิน สามารถสกัดได้ด้วยตัวทำละลายอินทรีย์จากพืชที่สร้างอาหารเองได้และจากพืชที่สร้างอาหารโดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี (วิเชษฐ์ อนันตกิจไพบูลย์, 2540)

คลอโรฟิลล์เป็นสารประกอบอินทรีย์ชื่อ magnesium porphyrins เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของสารสีที่สูตรโครงสร้างคล้ายกันเรียกว่า โพรโทคลอโรฟิลล์ (protophytyll) ซึ่งเป็นสารสีที่ไม่มีสีและพบมากที่พืชที่อยู่ที่มีด เมื่อได้รับแสงสว่างโพรโทคลอโรฟิลล์จะถูกรีดิวซ์และเปลี่ยนไปเป็นคลอโรฟิลล์ (วิเชษฐ์ อนันตกิจไพบูลย์, 2540)

คลอโรฟิลล์มี 4 ชนิด ได้แก่ คลอโรฟิลล์ เอ บี ซี และดี (chlorophyll a, b, c, d) ชนิดของคลอโรฟิลล์ที่พบในแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายทุกชนิดคือ คลอโรฟิลล์ เอ ส่วนชนิดอื่นนั้นจะพบในแพลงก์ตอนพืชต่างชนิดกัน (วิเชษฐ์ อนันตกิจไพบูลย์, 2540)

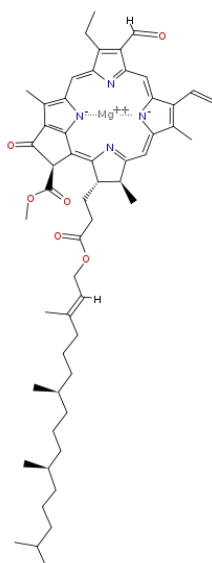
ก. คลอโรฟิลล์ เอ (chlorophyll *a*) พบในพืชทุกชนิดที่ให้ออกซิเจนในระหว่างกระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นรงควัตถุหลักในการสังเคราะห์แสง (ภาพที่ 2 - 1)



ภาพที่ 2 - 1 โครงสร้างของ chlorophyll *a*

ที่มา: ภาคภูมิ พระประเสริฐ (2550)

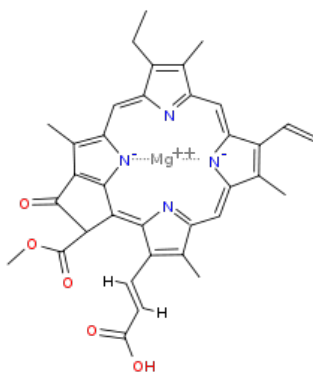
ข. คลอโรฟิลล์ บี (chlorophyll *b*) เป็นรงควัตถุสีเขียวที่พบรวมกันกับคลอโรฟิลล์ เอ คลอโรฟิลล์ บี มีโครงสร้างคล้ายคลอโรฟิลล์ เอ ยกเว้นคลอโรฟิลล์ เอ จะมีหมู่ methyl (CH₃) ที่ C-3 ในวงที่ 2 แต่คลอโรฟิลล์ บี จะมีหมู่ formyl (-CHO) อยู่ด้านบน (ภาพที่ 2 - 2) (ภาคภูมิ พระประเสริฐ, 2550)



ภาพที่ 2 - 2 โครงสร้างของ chlorophyll *b*

ที่มา: ภาคภูมิ พระประเสริฐ (2550)

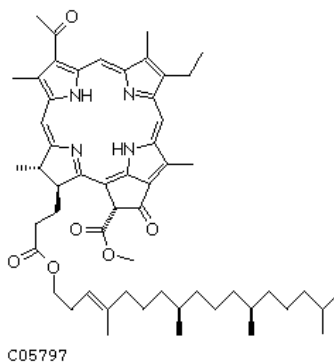
ค. คลอโรฟิลล์ ซี (chlorophyll c) เป็นรงควัตถุส่วนน้อยที่พบร่วมกับคลอโรฟิลล์ เอ พบในไดอะตอม ไดโนแฟลกเจลเลต สาหร่ายสีน้ำตาล และในสาหร่ายของดอกไม้ทะเลที่อาศัยแบบพึ่งพากัน (ภาพที่ 2 - 3) (Margalith, 1992)



ภาพที่ 2 - 3 โครงสร้างของ chlorophyll c1

ที่มา: ภาควิชาเคมี พระประเสริฐ (2550)

ง. ฟีโอไฟติน เอ (pheophytin a) เป็นคลอโรฟิลล์ เอ ที่เกิดจากการสลายตัวเมื่อได้รับแสง หรืออยู่ในสภาวะที่เป็นกรดหรือภายใต้สภาวะที่มีออกซิเจน ฟีโอไฟติน เอ มีโครงสร้างคล้ายคลอโรฟิลล์ เอ ต่างกันที่คลอโรฟิลล์ เอ มี magnesium เป็นจุดศูนย์กลางแต่ฟีโอไฟติน เอ ไม่มี magnesium เป็นจุดศูนย์กลาง (ภาพที่ 2 - 4) (Raymont, 1980)



ภาพที่ 2 - 4 โครงสร้างของ pheophytin a

ที่มา: ภาควิชาเคมี พระประเสริฐ (2550)

คุณสมบัติของคลอโรฟิลล์

1. ไม่ละลายน้ำ
2. ละลายได้ในตัวทำละลายที่เป็นสารอินทรีย์

3. ปัจจัยที่เกี่ยวกับแพลงก์ตอนพืช (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542)

1. **แสง** เป็นตัวกำหนดการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนพืช ให้อยู่บริเวณใกล้ๆกับผิวน้ำ เนื่องจากแสงที่ส่องมาในน้ำจะลดอย่างรวดเร็วตามความลึก แพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีความต้องการแสงแตกต่างกัน จึงทำให้ความชุกชุมและการแพร่กระจายแตกต่างกันไป แสงยังมีส่วนช่วยในการฟักตัวของสปอร์ของแพลงก์ตอนพืชบางชนิด ปริมาณแสงที่ส่องทะลุผ่านลงไปใต้น้ำได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความขุ่นของน้ำ น้ำที่มีความขุ่นมากมีผลทำให้แสงผ่านลงไปได้น้ำได้น้อย ทำให้แพลงก์ตอนพืชมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ความขุ่นของน้ำแสดงให้เห็นว่ามีสารแขวนลอยอยู่มากน้อยเพียงใด สารแขวนลอยที่มีอยู่อาจเป็น อินทรีย์สาร ดินละเอียด แพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ กระจายอยู่และขัดขวางไม่ให้แสงส่องลงไปได้ลึก โดยสารเหล่านี้จะดูดซึมแสงเอาไว้ ทำให้แพลงก์ตอนเจริญได้น้อย แพลงก์ตอนพืชที่อยู่บริเวณปากแม่น้ำมักจะมีผลทำให้ความขุ่นน้อยกว่าบริเวณอื่น ๆ เนื่องจากได้รับตะกอนจากแม่น้ำจึงมีความขุ่นสูง

2. **อุณหภูมิ** อุณหภูมิมีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเป็นอย่างยิ่ง โดยอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตและการแพร่พันธุ์แพลงก์ตอน เพราะแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดแพร่พันธุ์ได้ในช่วงอุณหภูมิหนึ่งเท่านั้น ซึ่งอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อกระบวนการทางเคมี การหายใจ และ เมตาบอลิซึม อุณหภูมิของน้ำจะมีการผันแปรตามสภาพภูมิอากาศ ความเข้มแสง ฤดูกาลสภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำ ตำแหน่งเส้นรุ้ง ความลึก ความร้อนจากปฏิกิริยาทางชีวเคมีของจุลินทรีย์ ความร้อนจากกิจกรรมของมนุษย์และสัตว์

3. **ความเค็ม** ความเค็มของน้ำ หมายถึงผลรวมความเข้มข้นของไอออนทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ซึ่งไม่ใช่แต่ไอออนของโซเดียมคลอไรด์เท่านั้น โดยจะแสดงผลออกมาเป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l) แต่ถ้าในน้ำมีปริมาณของไอออนละลายสูง จะแสดงผลเป็นกรัมต่อลิตร (g/l) หรือส่วนในพัน (ppt) ความเค็มในทะเลเปิดนั้นค่อนข้างคงที่ ในขณะที่เขตชายฝั่งที่ได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำจืดจะมีความแปรปรวนของความเค็มในระดับต่าง ๆ สุดแล้วแต่บริเวณนั้น ๆ จะได้รับอิทธิพลจากมวลน้ำจืดมากน้อยเพียงใดและได้รับในช่วงระยะเวลาานเท่าใด ความเค็มที่แตกต่างกันนี้เองเป็นปัจจัยอย่างหนึ่งที่จำกัดจำนวนชนิดปริมาณ การเติบโตและการกระจายของแพลงก์ตอนพืช การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนบางชนิด อาจเพิ่มมากขึ้นหรือลดลงเมื่อมีความเค็มมากขึ้น เช่น ไดอะตอม และไดโนแฟลเจลเลตบางชนิด จะมีจำนวนเซลล์สูงในบริเวณที่มีความเค็มสูง ในขณะที่เดียวกันไดโนแฟลเจลเลตบางชนิดที่ไม่สามารถปรับตัวได้ เซลล์อาจจะโค้งงอหรือแตกเนื่องจากสูญเสียแรงดันออสโมติก ถ้านำไปไว้ในบริเวณที่มีความเค็มต่ำ

4. **ความเป็นกรดเป็นเบสของน้ำ (pH)** ความเป็นกรดเป็นเบสหรือพีเอช ย่อมาจากคำว่า Potential hydrogen ตรงกับภาษาอังกฤษว่า Hydrogen power หรืออำนาจของไฮโดรเจน เป็นตัวชี้วัดทางคุณภาพน้ำที่ใช้แสดงให้เห็นว่าน้ำมีสภาพเป็นกรดหรือเบส ค่าที่วัดได้อยู่ในช่วง 1 - 14

น้ำที่มีความเป็นกลางจะมีพีเอชเท่ากับ 7 ซึ่งแสดงมีปริมาณไฮโดรเจนไอออน (H^+) และไฮดรอกซิลไอออน (OH^-) เท่ากันหากมีค่าความเป็นกรดเบสสูงซึ่งมากกว่า 7 แสดงว่ามีสภาพเป็นเบสเพิ่มมากขึ้น แต่ถ้ามีความเป็นกรดเบสต่ำลงแสดงว่ามีค่าความเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ค่าความเป็นกรด - เบส ในแหล่งน้ำธรรมชาติจะอยู่ระหว่าง 5 - 9 แต่ในน้ำทะเลจะมีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 7.5 - 8.4 โดยจะแตกต่างกันไปในแหล่งน้ำแต่ละแห่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ลักษณะภูมิประเทศ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝนซึ่งละลายเอาก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลงสู่แหล่งน้ำ การใช้ที่ดินในบริเวณแหล่งน้ำ การดำเนินกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณไบคาร์บอเนตไอออน ความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำจะมีผลต่อความสามารถในการใช้ธาตุอาหารของแพลงก์ตอน โดยแพลงก์ตอนแต่ละชนิดจะเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเป็นกรดเป็นเบสที่แตกต่างกัน

5. ปริมาณออกซิเจน ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำ (Dissolved oxygen) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดอย่างหนึ่งในการดำรงชีวิต เนื่องจากสิ่งมีชีวิตจำเป็นต้องใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำส่วนหนึ่งได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพืชและได้จากบรรยากาศโดยตรง เมื่อมีปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำสูงจะพบปริมาณแพลงก์ตอนพืชมากด้วย ในทางกลับกันการหายใจของพืช ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลงได้เช่นกัน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ อุณหภูมิของน้ำ ระดับความลึก ความเร็วของกระแสน้ำ ความกดดันบรรยากาศ คลื่น อัตราการหายใจ การย่อยสลายของสารอินทรีย์และปริมาณเกลือแร่ต่าง ๆ ที่ละลายน้ำ ถ้าแหล่งน้ำมีปริมาณเกลือแร่มากขึ้น ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลง แต่ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้ดีขึ้นถ้าอุณหภูมิลดต่ำลง ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำเป็นสิ่งที่สามารถใช้วัดคุณภาพของแหล่งน้ำได้ การขาดออกซิเจนของแหล่งน้ำทำให้เกิดการย่อยสลายอินทรีย์สารในสภาพที่ไม่มีออกซิเจนเกิดขึ้น เป็นแนวโน้มให้เกิดแก๊สพิษที่เป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ คาร์บอนไดออกไซด์ และมีเทนขึ้นภายในแหล่งน้ำ

ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนจะเป็นตัวชี้วัดคุณภาพน้ำ (ลัดดา วงศ์รัตน์, 2542; พรศิลป์ ผลพันธิน, 2544; ลัดดา วงศ์รัตน์ และโสภณา บุญญาภิวัฒน์, 2546 และมาลินี ฉัตรมงคลกุลและชิตชัย จันทรตั้งสี, 2548) และมีบทบาทในการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำภายในบ่อ (บุญทริกา ทองดอนพุ่ม, 2547; Boyd and Tucker, 1998) สิทธิชัย พัฒนเกียรติชิวิน (2549) กล่าวว่าแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดจะเจริญในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน จึงสามารถนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของแหล่งน้ำได้ เช่น *Chlorella* สามารถบ่งชี้ได้ว่าแหล่งน้ำได้รับน้ำเสีย สกุล *Anabaena* เป็นดัชนีบ่งชี้ว่าแหล่งน้ำมีมลภาวะอย่างรุนแรง แพลงก์ตอนที่พบในแหล่งน้ำที่เป็นมลพิษ เช่น *Anabaena*, *Lyngbya*, *Oscillatoria*, *Chlorella*, *Spirulina*, *Nitzschia*, *Euglena* และ *Phacus*

นอกจากนี้แพลงก์ตอนยังมีบทบาทต่อความขุ่นของน้ำ และสีของน้ำภายในบ่อโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืช (ธิดา เพชรมณ, 2543) เกษตรกรส่วนใหญ่จะสร้างสีน้ำเพื่อสร้างอาหารธรรมชาติแก่

แพลงก์ตอนสัตว์และลูกกุ้ง นอกจากนี้สีน้ำยังช่วยบังแสง ลดการเกิดซีแพคที่พื้นบ่อ (ชะลอ ลิมสุวรรณ, 2535; Burford, 1997) เมื่อปริมาณแพลงก์ตอนเพิ่มมากขึ้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีน้ำสีต่างๆ ได้แก่ สีเขียว สีเหลือง สีแดง สีน้ำตาล หรือสีดำ ซึ่งขึ้นกับชนิดของแพลงก์ตอนที่เจริญเติบโตภายในบ่อขณะนั้น (Boyd and Tucker, 1998) พรเทพ วิรัชวงศ์ (2538) รายงานความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มของแพลงก์ตอนกับสีน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำพบว่าส่วนใหญ่ สีน้ำจะมีสีเขียว หรือเปลี่ยนแปลงจากสีเขียว เป็นสีเขียวปนเหลือง หรือสีน้ำตาลปนเหลือง

จากการศึกษาชนิดของแพลงก์ตอนที่พบในการเลี้ยงกุ้งทะเล มีดังต่อไปนี้ วราห์ เทพหุติ (2534) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีความเค็มระหว่าง 20 - 34 psu พบแพลงก์ตอนพืช 31 สกุล 3 กลุ่ม แพลงก์ตอนสัตว์ 22 สกุล 2 กลุ่ม แพลงก์ตอนพืชที่พบส่วนใหญ่ คือ ไดอะตอม สกุล *Coscinodiscus*, *Nitzschia*, *Pleurosigma*/*Gyrosigma*, ไดโนแฟลกเจลเลต และแพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์ ได้แก่ *Tintinopsis* เป็นกลุ่มเด่น และรองลงมาคือ Phylum Arthropoda

พรเทพ วิรัชวงศ์ (2538) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จังหวัดสมุทรสาคร พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta และแพลงก์ตอนสัตว์ 4 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera, Arthropoda และ Nematoda แพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่ ได้แก่ ไดอะตอม สกุล *Navicular*, *Nitzschia*, *Pleurosigma* และ แพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* ในขณะที่แพลงก์ตอนสัตว์พบ copepod และ *Tintinopsis* เป็นกลุ่มเด่น

พัชรดา เหมมัน (2543) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในพื้นที่เขตน้ำจืดในจังหวัดราชบุรี พบแพลงก์ตอนพืชทั้งหมด 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta โดยพบแพลงก์ตอนพืชสกุล *Oscillatoria* และ *Cyclotella* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลักตลอดการศึกษา แพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera และ Arthropoda

ปัทมาภรณ์ เหล่าเกียรติโสภณ (2547) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแปซิฟิกที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็ม 2-3 psu ในจังหวัดปราจีนบุรี พบแพลงก์ตอนพืช 5 Division ได้แก่ Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนพืชที่พบอยู่ในสกุล *Oscillatoria*, *Merismopedia*, *Phormidium* *Dictyosphaerium*, *Oocystis* และ *Scenedesmus* เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มเด่น ในขณะที่ไดอะตอมในสกุล *Cyclotella* และ *Nitzschia* พบตลอดการศึกษา ส่วนแพลงก์ตอนสัตว์พบ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa, Rotifera และ Arthropoda

จรรย์าวดี สุริยพันธุ์ (2551) รายงานชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 0 – 8 psu พบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta และ Bacillariophyta แพลงก์ตอนสัตว์ใน Phylum Protozoa, Rotifera, Arthropoda และ Mollusca แพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบตลอดการเก็บตัวอย่าง ได้แก่ *Microcystis* และ *Oscillatoria*

วรัญญา มีเดช (2551) รายงานชนิดของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ที่ระดับความเค็มของน้ำ 10 - 11 psu พบแพลงก์ตอนพืชใน Division Cyanophyta, Chlorophyta, Euglenophyta, Pyrrophyta และ Bacillariophyta สกุล *Oscillatoria* เป็นแพลงก์ตอนกลุ่มเด่นของพื้นที่ แพลงก์ตอนสัตว์พบ 2 Phylum ได้แก่ Phylum Rotifera และ Arthropoda

บทที่ 3

วิธีการศึกษา

1. สถานที่ทำการวิจัย

กำหนดพื้นที่ทำการศึกษาในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ (10 - 15 psu) ในจังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 3 บ่อ และในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมความเค็มปกติ (25 - 30 psu) ในจังหวัดจันทบุรี จำนวน 3 บ่อ เป็นระยะเวลา 1 ปี โดยเก็บตัวอย่างเดือนละ 2 ครั้ง โดยแบ่งเป็นช่วงเตรียมน้ำก่อนเลี้ยงจริง และหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง

2. การเก็บตัวอย่างน้ำและการวิเคราะห์ตัวอย่างเพื่อหาปริมาณคลอโรฟิลล์

2.1 เก็บตัวอย่างน้ำโดยใช้กระบอกลูกแก้ว

2.2 กรองตัวอย่างน้ำผ่านถุงกรองพลาสติกขนาดช่องตา 200 ไมโครเมตร แล้วถ่ายลงขวดเก็บตัวอย่างน้ำขนาดความจุประมาณ 1 ลิตร

2.3 แบ่งน้ำจากขวดพลาสติกเป็นสองส่วนเท่า ๆ กัน ส่วนแรกนำตัวอย่างน้ำกรองผ่านกระดาษกรอง GF/C (แผ่นที่ 1) และในส่วนที่เหลือนำตัวอย่างน้ำกรองผ่านถุงกรองพลาสติกขนาดช่องตา 20 ไมโครเมตร นำตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านถุงกรอง กรองผ่านกระดาษกรอง GF/C (แผ่นที่ 2) ด้วยเครื่อง suction pump โดยปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่กรองขึ้นตามความขุ่นใสของน้ำ

2.4 กระดาษกรองแผ่นที่ 1 จะมีขนาดตะกอนเล็กกว่า 200 ไมโครเมตร และแผ่นที่ 2 จะมีขนาดตะกอนเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร

2.5 นำแผ่นกระดาษกรอง GF/C ที่ได้ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำละลาย acetone ความเข้มข้นร้อยละ 90 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิดฝาให้สนิท เก็บในที่มืดและเย็น นาน 24 ชั่วโมง

2.6 เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นำหลอดตัวอย่างไปปั่นให้ตกตะกอนด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยง (refrigerated centrifuge) ที่ช่วงความเร็ว 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

2.7 ดูดเฉพาะสารละลายที่ใสด้านบนมาทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-Visible Spectrometer วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750, 665, 645 และ 630 นาโนเมตร ใช้ cuvette ขนาด 1 เซนติเมตร ใช้สารละลาย acetone ความเข้มข้นร้อยละ 90 เป็น blank และ reference cell (การวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นั้นใช้ปรับค่าเนื่องจากการรบกวนของความขุ่น เพราะค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 750 นาโนเมตร นั้นจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงของความขุ่น) เพื่อหาปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ

2.8 เมื่อวัดค่าการดูดกลืนแสงเสร็จแล้ว เติมสารละลายกรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้นร้อยละ 10 จำนวน 2 หยด จากนั้นนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 665 และ 750 นาโนเมตร เพื่อหาปริมาณฟิโอฟิติน เอ

2.9 นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณค่าคลอโรฟิลล์และฟิโอฟิติน เอ ตามวิธีของ Strickland and Parsons (1972) ดังสมการข้างล่างนี้

$$\text{Chlorophyll a} = [11.6(E_{665} - E_{750}) - 1.31(E_{645} - E_{750}) - 0.14(E_{630} - E_{750})] \times v / (V \times L) \quad \text{สมการ (1)}$$

$$\text{Chlorophyll b} = [20.7(E_{645} - E_{750}) - 4.34(E_{665} - E_{750}) - 4.42(E_{630} - E_{750})] \times v / (V \times L) \quad \text{สมการ (2)}$$

$$\text{Chlorophyll c} = [55(E_{630} - E_{750}) - 4.64(E_{665} - E_{750}) - 16.3(E_{645} - E_{750})] \times v / (V \times L) \quad \text{สมการ (3)}$$

สูตรคำนวณ Chlorophyll a กับ Pheophytin a

$$\text{Chlorophyll a} = [26.7(E_{665o} - E_{750a})] \times v / (V \times L) \quad \text{สมการ (4)}$$

$$\text{Pheophytin a} = 26.7[1.7(E_{665a} - E_{665o})] \times v / (V \times L) \quad \text{สมการ (5)}$$

หมายเหตุ	v	แทน	ปริมาตรสารละลาย acetone 90 % ที่ใช้สกัด (ml)
	V	แทน	ปริมาตรน้ำที่กรอง (L)
	L	แทน	ขนาดของ cuvette ที่ใช้ (cm)
	E_{665a} และ E_{750a}	แทน	ค่าการดูดกลืนแสงก่อนเติมกรด HCl 10 %
	E_{665o} และ E_{750o}	แทน	ค่าการดูดกลืนแสงหลังจากเติมกรด HCl 10 %

หน่วยของ Chlorophyll a, b, c และ Pheophytin a คือ mg/m^3

3. การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ห้องค์ประกอบแพลงก์ตอนขนาดเล็ก

แพลงก์ตอนขนาดเล็กเก็บตัวอย่างโดยใช้กระบอกเก็บน้ำขนาด 1 ลิตร ทั้งหมด 3 ซ้ำ โดยเก็บตัวอย่างที่สะพานย่อยของบ่อที่ความลึกประมาณ 30 และ 50 เซนติเมตร จากผิวหน้าน้ำ กรองน้ำผ่านถุงกรองขนาดช่องตา 20 ไมโครเมตร นำน้ำส่วนที่ผ่านถุงกรองเก็บรักษาสภาพด้วยฟอร์มาลินที่ถูกปรับสภาพให้เป็นกลางที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 – 5

แพลงก์ตอนขนาดพิโคแพลงก์ตอนจะถูกกรองด้วยกระดาษกรองสีดำ ขนาดรู 0.2 ไมโครเมตร แล้วย้อมด้วย DAPI หลังจากนั้นนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์ ทำการจำแนกออกเป็นกลุ่ม heterotroph และ autotroph โดยใช้หลักการกระตุ้น (excitation) และดูดกลืน (emission) ตามวิธีของ Porter and Feig (1980) ส่วนแพลงก์ตอนขนาดนาโนแพลงก์ตอน

จะถูกรองด้วยกระดาษกรองขนาดรู 1.2 ไมโครเมตร ด้วยเทคนิค Filter-Transfer-Freeze (FTF technique) ตามวิธีของ Hewes and Holm Hansen (1983) แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูง (ขนาด 40x) เพื่อทำการจำแนกและนับจำนวน เป็นกลุ่มต่าง ๆ ตามเอกสารของลัตดา วงศ์รัตน์ (2541) และลัตดา วงศ์รัตน์ (2542)

4. การศึกษาคุณสมบัติของน้ำบางประการ

4.1 ใช้ขวดชุ่นเก็บตัวอย่างน้ำขนาด 500 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างน้ำจากสะพานเข็คยอ เก็บรักษาตัวอย่างน้ำลงในถังน้ำแข็งก่อนนำกลับไปวิเคราะห์

4.1.1 ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol - hypochloride ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

4.1.2 ปริมาณไนไตรท์ (nitrite - nitrogen) ใช้วิธี Colorimetric Method ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

4.1.3 ปริมาณไนเตรท (nitrate - nitrogen) ใช้วิธี Cadmium Reduction ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

4.1.4. ปริมาณฟอสฟอรัสรวม (Total Phosphorus) ใช้วิธี Ascorbic Acid Method ตามวิธีของ APHA, AWWA และ WPCF (1995)

4.1.5 ปริมาณตะกอนแขวนลอย (Total Suspended Solids) ใช้กระดาษกรอง GF/C (Whatman, 45 mm) ที่ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักแล้ว นำกระดาษกรองกรองน้ำตัวอย่าง 30 ลิตร นำกระดาษกรองที่มีสารแขวนลอยกลับไปเผาที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง อีกครั้ง และชั่งน้ำหนักกระดาษกรองเพื่อหาน้ำหนักแห้งของสารแขวนลอยที่กรองได้และนำมาคำนวณหาปริมาณสารแขวนลอยในหน่วยของ มิลลิกรัมต่อลิตร ดังสูตร

$$\text{Total Suspended Solids} = \frac{\text{น้ำหนักกระดาษกรองและของแข็ง} - \text{น้ำหนักกระดาษกรอง}}{\text{ปริมาณน้ำตัวอย่าง (มิลลิลิตร)}} \times 10^6$$

4.2 วัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ pH และวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่อง YSI DO 200-4M วัดความโปร่งแสงของน้ำโดยใช้ secchi disc วัดความเค็มโดย salinometer จดบันทึกค่าที่วัดได้

5. วิธีการประเมินผล / สังเคราะห์ข้อมูล

5.1 วิเคราะห์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และคุณภาพน้ำ แสดงเป็น Average \pm Standard Deviation (XD \pm S.D.)

5.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแพลงก์ตอนกับคุณภาพน้ำ โดยใช้ Correlation ตามวิธีของ Pearson

บทที่ 4

ผลการศึกษา

1. ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา และน้ำความเค็มสูงในจังหวัดจันทบุรี จากการศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา และในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มสูงในจังหวัดจันทบุรี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา

ช่วงเตรียมบ่อ

ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำในช่วงเตรียมบ่อทั้ง 2 รอบการเลี้ยง เป็นเวลาทั้งหมด 30 วัน พบแพลงก์ตอนพืช 3 Division 18 สกุล และกลุ่มของไดโนแฟลกเจลเลต ได้แก่ Division Cyanophyta พบ 10 สกุล Division Chlorophyta พบ 2 สกุล Division Chromophyta พบ 6 สกุล แพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa 1 สกุล Phylum Rotifera 4 สกุล, Phylum Arthropoda ในกลุ่มของ copepod (ตารางที่ 4 - 1 และ 4 - 2) ชนิดของแพลงก์ตอนในช่วงเตรียมบ่อไม่มีความโดดเด่นของแพลงก์ตอนในกลุ่มใดเป็นพิเศษ ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยที่ $31,888 \pm 13,446$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย $31,239 \pm 12,816$ unit cell/l (ภาพที่ 4 - 1 a) พบแพลงก์ตอนพืชในสกุล *flagellate* มีความหนาแน่นสูงสุด $18,054 \pm 9,027$ unit cell/l รองลงมาได้แก่ *Lyngbya*, *Oscillatoria* และกลุ่ม *Anabaena* มีความหนาแน่น 603 ± 302 unit cell/l (ตารางที่ 4 - 3 และ 4 - 4)

หลังปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง

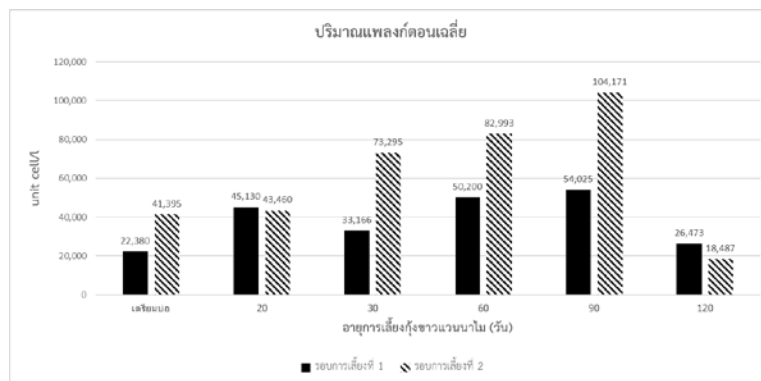
ชนิดแพลงก์ตอนที่พบหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง พบแพลงก์ตอนพืช 4 Division 18 สกุล ได้แก่ Division Cyanophyta พบ 10 สกุล Division Chlorophyta พบ 2 สกุล Division Chromophyta พบ 6 สกุล แพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa 1 สกุล Phylum Rotifera 3 สกุล, และกลุ่ม copepod ใน Phylum Arthropoda (ตารางที่ 4 - 3 และ 4 - 4) ปริมาณแพลงก์ตอนในแต่ละรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $208,994 \pm 11,625 - 322,406 \pm$

33,738 unit cell/l และมีปริมาณเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงอยู่ที่ $265,700 \pm 80,194$ unit cell/l ในขณะที่ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแต่ละรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $203,995 \pm 11,625 - 319,800 \pm 33,439$ unit cell/l และมีปริมาณเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงอยู่ที่ $261,898 \pm 81,887$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ในแต่ละรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $4,999 \pm 812 - 2,606 \pm 476$ unit cell/l และมีปริมาณเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงอยู่ที่ $3,803 \pm 1,692$ unit cell/l โดยปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงที่ปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลง โดยเฉพาะในช่วง 60 วันของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 1 b และ c)

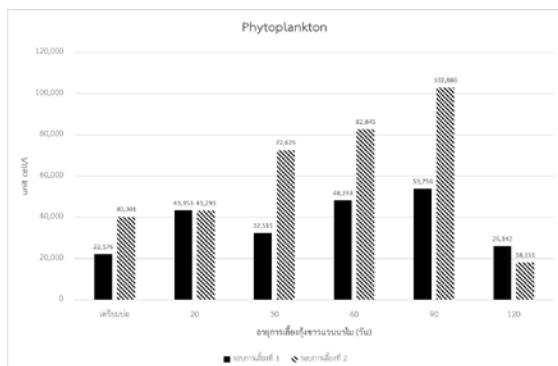
เมื่อพิจารณาแนวโน้มปริมาณแพลงก์ตอนในพื้นที่พบว่า ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนรวมในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงสุดในวันที่ 30, 60 และ 90 ของการเลี้ยง มีความหนาแน่น $53,231 \pm 28,375$, $66,597 \pm 23,188$ และ $79,098 \pm 35,459$ unit cell/l ตามลำดับ (ภาพที่ 4 - 1) แพลงก์ตอนที่พบเป็นกลุ่มหลักตลอดการศึกษา ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* มีความหนาแน่นสูงสุด $114,357 \pm 8,096$ unit cell/l รองลงมาได้แก่ *Anabaena*, *Lyngbya*, *Anabaenopsis* และกลุ่ม *flagellate* มีความหนาแน่น $112,787 \pm 7,382$, $47,761 \pm 4,857$, $44,988 \pm 4,023$ และ $38,925 \pm 3,003$ unit cell/l ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงแนวโน้มปริมาณแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* และ *Anabaena* มีความหนาแน่นสูงสุดในวันที่ 30, 60 และ 90 เช่นเดียวกับปริมาณแพลงก์ตอนรวมที่พบในบ่อ (ภาพที่ 4 - 1 b)

ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $2,606 \pm 476 - 4,999 \pm 812$ unit cell/l มีความหนาแน่นสูงสุดในวันที่ 60 และ 90 ของการศึกษา $1,967 \pm 752$ และ $1,285 \pm 560$ unit cell/l ตามลำดับ แต่หลังจากวันที่ 30 ของการเลี้ยงเป็นต้นไป พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่การเลี้ยง ได้แก่ แพลงก์ตอนสัตว์ในสกุล *Tintinopsis* มีความหนาแน่นอยู่ $6,561 \pm 662$ unit cell/l (ภาพที่ 4 - 1 c)

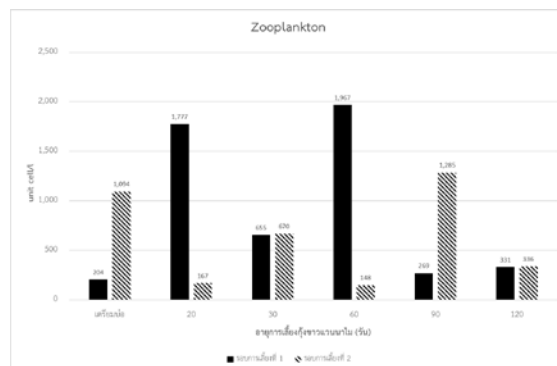
โดยแพลงก์ตอนพืชมีสัดส่วนมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งสองรอบการเลี้ยง โดยรอบการเลี้ยงที่ 2 มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนมากกว่ารอบการเลี้ยงที่ 1 (ภาพที่ 4 - 1 d และ e) แล้วยังพบว่าชนิดของแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่จะพบแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* และ *Anabaena* เป็นกลุ่มเด่น



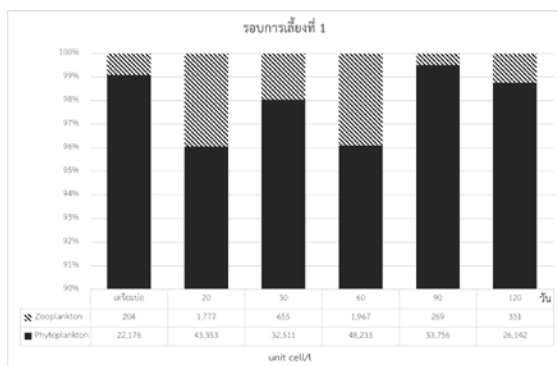
a



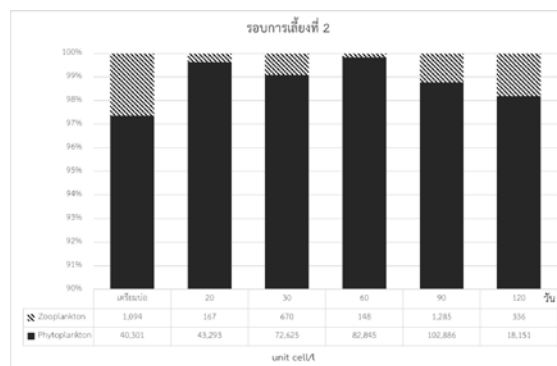
b



c



d



e

ภาพที่ 4 - 1 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (b), ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ (c), สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (d) สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 2 (e)

ตารางที่ 4 - 1 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาว
แวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา

Division	Genus	เตรียมบ่อ		หลังจากปล่อยกุ้ง	
		รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
Cyanophyta	<i>Chroococcus</i>	×	×	×	×
	<i>Merismopedia</i>	×	×	×	×
	<i>Oscillatoria</i>	×	×	×	×
	<i>Lyngbya</i>	×	×	×	×
	<i>Anabaena</i>		×	×	×
	<i>Raphidiopsis</i>		×	×	×
	<i>Monoraphidium</i>			×	×
Euglenophyta	<i>Trachelomonas</i>	×	×	×	×
	Unknown flagellate		×	×	×
Chromophyta	Pennate Diatom	×	×	×	×
	<i>Pleurosigma /Gyrosigma</i>	×	×	×	×
	<i>Nitzschia</i>	×	×	×	×
Dinophyta	Dinoflagellate		×		
Protozoa	<i>Tintinopsis</i>	×	×	×	×
Rotifera	<i>Brachionus</i>		×	×	×
	<i>Epiphanus</i>				
	<i>Asplanchna</i>			×	×
	Nauplii copepod	×	×	×	×

ตารางที่ 4 - 2 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาว
แวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา

Division	Class	Family	Genus
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>
			<i>Merismopedia</i>
		Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>
			<i>Lyngbya</i>
		Nostocaceae	<i>Anabaena</i>
			<i>Raphidiopsis</i>
			<i>Monoraphidium</i>
	<i>Anabaenopsis</i>		
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Euglena</i>
			<i>Trachelomonas</i>
Chromophyta			<i>flagellate</i>
Chromophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	<i>Entomoneis</i>
		Naviculaceae	Pennate Diatom
			<i>Pleurosigma /Gyrosigma</i>
		Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>
			<i>Climachosphaenia</i>
Dinophyta	Dinophyceae		Dinoflagellate
Protozoa	Ciliata	Codonellidae	<i>Tintinopsis</i>
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	<i>Brachionus</i>
			<i>Epiphanus</i>
		Asplanchnopus	<i>Asplanchna</i>
Arthropoda	Crustacea		Nauplii copepod

ตารางที่ 4 - 3 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่อยู่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำ
ความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 1

Division	Class	Family	Genus	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย
					20	30	60	90	120	
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	0	1,210	286	2,758	775	1,257	1,257±926
			<i>Merismopedia</i>	1,278	1,024	1,753	1,186	587	2,014	1,313±573
		Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	5,787	10,296	8,578	2,483	18,687	562	8,121±7,168
			<i>Lyngbya</i>	2,562	427	1,435	10,892	1,757	598	3,022±4,435
		Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	4,864	12,898	11,787	10,589	5,863	4,978	9,223±3,580
			<i>Raphidiopsis</i>	127	1,054	1,446	2,176	475	57	1,042±828
			<i>Monoraphidium</i>	127	568	1,057	571	252	185	527±345
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Anabaenopsis</i>	1,027	8,751	1,276	1,863	5,782	678	3,670±3,472
			<i>Euglena</i>	0	155	176	127	1,068	478	401±399
			<i>Trachelomonas</i>	578	1,058	1,157	878	253	789	827±352
			<i>flagellate</i>	1,268	1,142	226	4,787	2,534	3,278	2,393±1,789
Chromophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	<i>Entomoneis</i>	127	0	0	0	45	173	44±75
			Naviculaceae	Pennate Diatom	1,078	2,785	1,480	1,269	10,898	2,486
		<i>Pleurosigma /Gyrosigma</i>		1,087	526	0	1,057	145	5,789	1,503±2,430
		Bacillariaceae		<i>Nitzschia</i>	1,088	246	1,037	5,482	54	855
			<i>Climachosphaenia</i>	1,027	787	256	1,057	4,457	687	1,449±1,706
Dinophyta	Dinophyceae		Dinoflagellate	151	426	561	1,058	124	1,278	689±471
Protozoa	Ciliata	Codonellidae	<i>Tintinopsis</i>	176	1,689	542	1,735	248	273	897±753
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	<i>Brachionus</i>	28	0	54	0	0	58	22±31
			<i>Epiphanus</i>	0	0	0	127	5	0	26±56
		Asplanchnopus	<i>Asplanchna</i>	0	42	24	0	0	0	13±19
Arthropoda	Crustacea		Nauplii copepod	0	46	35	105	16	0	40±40

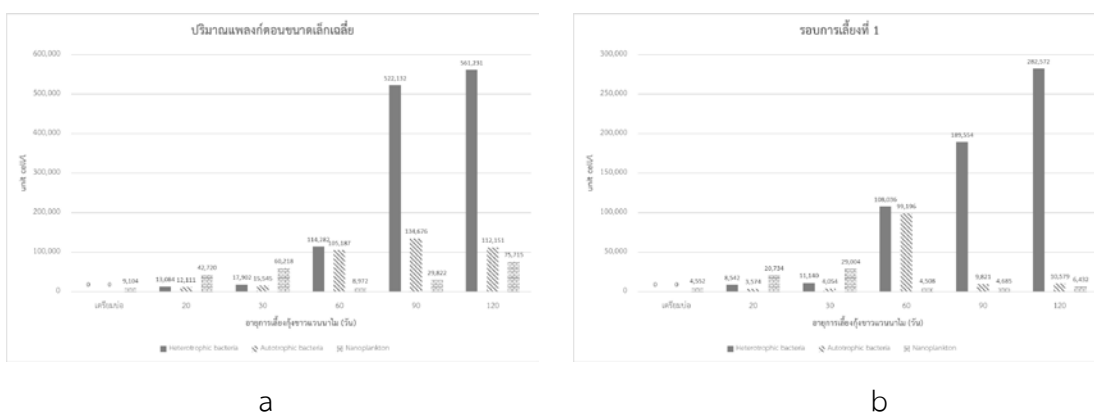
ตารางที่ 4 - 4 ปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำ
ความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 2

Division	Class	Family	Genus	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย
					20	30	60	90	120	
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	1,272	280	1,286	751	1,752	475	909±605
			<i>Merismopedia</i>	127	1,168	478	1,176	2,891	982	1,339±913
		Oscillatoriaceae	<i>Oscillatoria</i>	2,578	12,879	20,587	18,769	20,478	1,038	14,750±8,285
			<i>Lyngbya</i>	11,258	2,546	5,751	12,793	10,579	983	6,530±5,071
		Nostocaceae	<i>Anabaena</i>	2,589	4,799	12,867	20,628	25,792	2,586	13,334±9,962
			<i>Raphidiopsis</i>	1,025	1,554	20,785	4,634	168	1,066	5,641±8,631
			<i>Monoraphidium</i>	47	1,867	564	1,289	4,857	589	1,833±1,775
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenaceae	<i>Anabaenopsis</i>	158	5,766	1,279	5,786	12,769	1,038	5,328±4,758
			<i>Euglena</i>	478	2,257	1,276	5,741	575	596	2,089±2,153
			<i>Trachelomonas</i>	1,012	578	286	1,097	5,248	862	1,614±2,054
			<i>flagellate</i>	16,786	5,739	2,594	5,678	10,689	2,258	5,392±3,388
Chromophyta	Bacillariophyceae	Bacillariaceae	<i>Entomoneis</i>	182	78	105	48	57	2,597	577±1,129
			Naviculaceae	Pennate Diatom	52	189	478	248	687	1,589
		Bacillariaceae	<i>Pleurosigma /Gyrosigma</i>	27	475	127	0	46	556	241±256
			<i>Nitzschia</i>	958	1,289	2,457	2,863	5,864	855	2,666±1,968
			<i>Climachosphaenia</i>	182	1,573	1,129	1,057	278	25	812±641
Dinophyta	Dinophyceae	Dinoflagellate	1,570	256	576	287	156	56	266±195	
Protozoa	Ciliata	Codonellidae	<i>Tintinopsis</i>	427	0	543	0	1,258	273	415±522
Rotifera	Monogononta	Brachionidae	<i>Brachionus</i>	122	0	0	148	0	0	30±66
			<i>Epiphanus</i>	201	0	0	0	27	63	18±28
		Asplanchnopus	<i>Asplanchna</i>	178	42	0	0	0	0	8±19
Arthropoda	Crustacea		Nauplii copepod	166	125	127	0	0	0	50±69

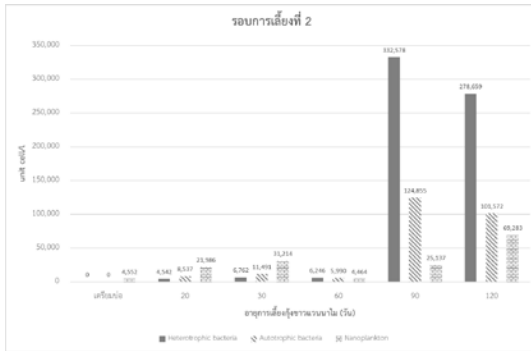
กลุ่มแพลงก์ตอนขนาดเล็ก

จากการศึกษาพีโคแพลงก์ตอนในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา สามารถจัดจำแนกกลุ่มของพีโคแพลงก์ตอนได้ 2 กลุ่มคือ Heterotrophic bacteria และ Autotrophic bacteria (ตารางที่ 4 – 5 และ 4 - 6) โดยความหนาแน่นตลอดการเลี้ยงของ Heterotrophic bacteria คือ $1,228,631 \pm 273,517$ unit cell/l และ Autotrophic bacteria คือ $379,670 \pm 57,746$ unit cell/l ซึ่งมีสัดส่วนของ Heterotrophic bacteria ประมาณ 52 – 96 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4 - 2)

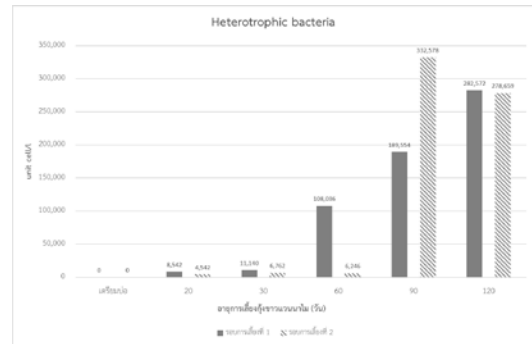
จากการศึกษานาโนแพลงก์ตอนในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา สามารถจัดจำแนกกลุ่มของนาโนแพลงก์ตอนได้ 4 กลุ่ม คือ Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyceae (Diatom) และ Dinophyceae (Dinoflagellates) (ตารางที่ 4 – 5 และ 4 - 6) ซึ่งพบเป็นปริมาณน้อยกว่ากลุ่มพีโคแพลงก์ตอน โดยมีความหนาแน่นตลอดการเลี้ยง $217,446 \pm 25,967$ unit cell/l (ภาพที่ 4 - 2)



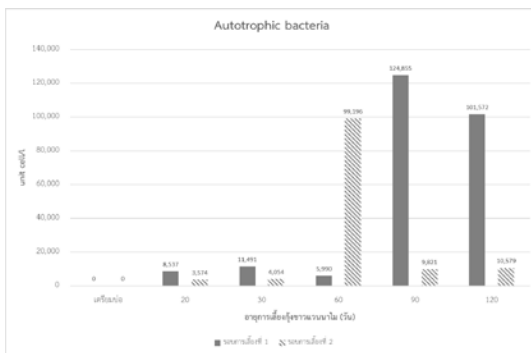
ภาพที่ 4 - 2 ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 1 (b), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 2 (c), ปริมาณ Heterotrophic bacteria (d), ปริมาณ Autotrophic bacteria (e), ปริมาณ Nanoplankton (f), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (g), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (h) ในรอบการเลี้ยงที่ 2



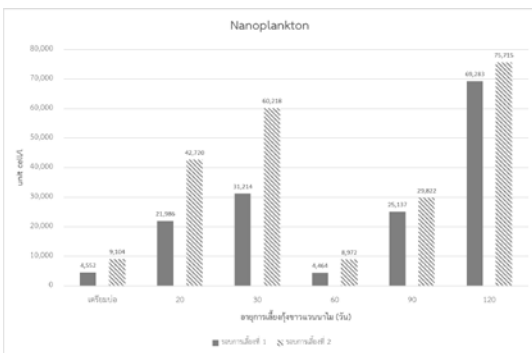
c



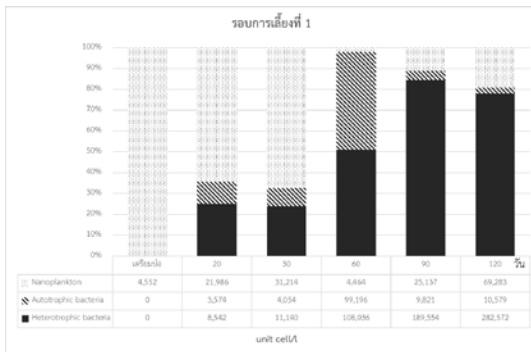
d



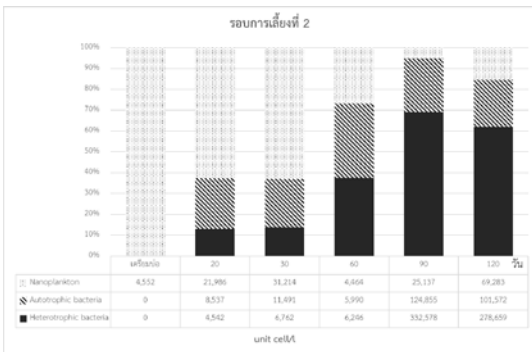
e



f



g



h

ภาพที่ 4 - 2 (ต่อ)

ตารางที่ 4 - 5 ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton
 ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วย
 น้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 1

กลุ่ม/ชนิด	เตรียมบ่อ	20	30	60	90	120	เฉลี่ย
Heterotrophic bacteria	0	8,542	11,140	108,036	189,554	282,572	119,969±117,987
Autotrophic bacteria	0	3,574	4,054	99,196	9,821	10,579	25,445±41,353
Cyanophyta	2,298	6,575	8,287	3,005	1,856	2,575	4,460±2,809
Chlorophyta	1,989	2,517	3,315	1,238	2,342	2,578	2,398±748
Bacillariophyceae (Diatom)	177	3,784	6,906	265	354	1,025	2,467±2,865
Dinophyceae (Dinoflagellates)	88	7,858	10,497	0	133	254	3,748±5,044

ตารางที่ 4 - 6 ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton
 ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วย
 น้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 2

กลุ่ม/ชนิด	เตรียมบ่อ	20	30	60	90	120	เฉลี่ย
Heterotrophic bacteria	0	4,542	6,762	6,246	332,578	278,659	125,757±165,295
Autotrophic bacteria	0	8,537	11,491	5,990	124,855	101,572	50,489±57,881
Cyanophyta	2,298	10,587	16,021	2,873	13,535	27,285	14,060±8,892
Chlorophyta	1,989	3,251	4,143	1,414	8,839	38,469	11,223±15,475
Bacillariophyceae (Diatom)	177	2,574	3,315	177	829	2,482	1,875±1,314
Dinophyceae (Dinoflagellates)	88	5,574	7,734	0	1,934	1,047	3,258±3,266

1.2 การศึกษาชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี

ช่วงเตรียมบ่อ

ชนิดและปริมาณของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติในช่วงเตรียมบ่อทั้ง 2 รอบการเลี้ยง เป็นเวลาทั้งหมด 30 วัน พบแพลงก์ตอนพืช 3 Division 15 สกุล และกลุ่มของไดโนแฟลกเจลเลต ได้แก่ Division Cyanophyta พบ 3 สกุล Division Chlorophyta พบ 2 สกุล Division Chromophyta พบ 10 สกุล แพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa 1 สกุล Phylum Rotifera 4 สกุล, Phylum Arthropoda ในกลุ่มของ copepod (ตารางที่ 4 - 7 และ 4 - 8) ชนิดของแพลงก์ตอนในช่วงเตรียมบ่อไม่มีความโดดเด่นของแพลงก์ตอนในกลุ่มใดเป็นพิเศษ ปริมาณแพลงก์ตอนที่พบในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นเฉลี่ยที่ $15,750 \pm 324$ unit cell/l ปริมาณแพลงก์ตอนพืชเฉลี่ย $15,130 \pm 133$ unit cell/l (ภาพที่ 4 - 3 a) พบแพลงก์ตอนพืชในสกุล Pennate Diatom มีความหนาแน่นสูงสุด $18,054 \pm 9,027$ unit cell/l รองลงมาได้แก่ *Nitzschia*, *Lyngbya* และ *Oscillatoria* มีความหนาแน่น $4,911 \pm 2,456$, $4,651 \pm 2,326$ และ $4,148 \pm 2,074$ unit cell/l (ตารางที่ 4 - 9 และ 4 - 10)

หลังปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง

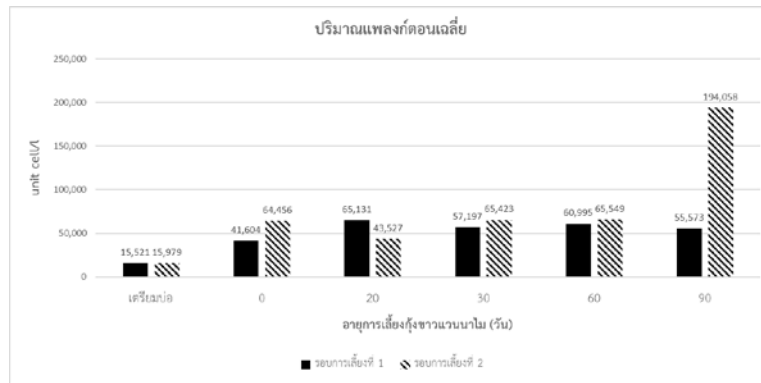
ชนิดแพลงก์ตอนที่พบหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง พบแพลงก์ตอนพืช 4 Division 18 สกุล ได้แก่ Division Cyanophyta พบ 10 สกุล Division Chlorophyta พบ 2 สกุล Division Chromophyta พบ 6 สกุล แพลงก์ตอนสัตว์ 3 Phylum ได้แก่ Phylum Protozoa 1 สกุล Phylum Rotifera 3 สกุล, และกลุ่ม copepod ใน Phylum Arthropoda (ตารางที่ 4 - 7 และ 4 - 8) ปริมาณแพลงก์ตอนในแต่ละรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $280,500 \pm 8,904 - 433,013 \pm 60,796$ unit cell/l และมีปริมาณเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงอยู่ที่ $351,932 \pm 102,625$ unit cell/l ในขณะที่ปริมาณแพลงก์ตอนพืชในแต่ละรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $279,365 \pm 8,932 - 624,498 \pm 60,163$ unit cell/l และมีปริมาณเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงอยู่ที่ $351,932 \pm 102,625$ unit cell/l และแพลงก์ตอนสัตว์ในแต่ละรอบการเลี้ยงมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $1,135 \pm 164 - 8,515 \pm 802$ unit cell/l และมีปริมาณเฉลี่ยตลอดการเลี้ยงอยู่ที่ $4,825 \pm 5,218$ unit cell/l โดยปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงที่ปริมาณแพลงก์ตอนพืชลดลง โดยเฉพาะในช่วง 60 และ 90 วันของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 3 b และ c)

เมื่อพิจารณาแนวโน้มปริมาณแพลงก์ตอนในพื้นที่พบว่า ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนรวมในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงสุดในวันที่ 30, 60 และ 90 ของการเลี้ยง มีความหนาแน่น $122,620 \pm 4,604$, $126,544 \pm 4,902$ และ $249,631 \pm 14,730$ unit cell/l ตามลำดับ (ภาพที่ 4 - 3 a)

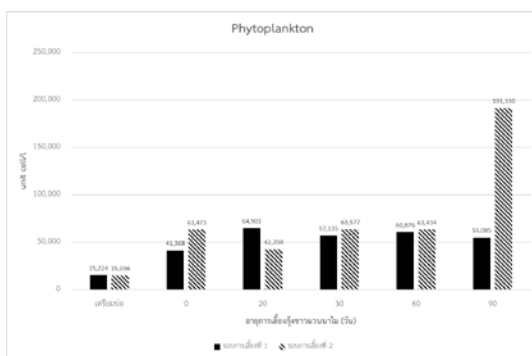
แพลงก์ตอนที่พบเป็นกลุ่มหลักตลอดการศึกษา ได้แก่ แพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* มีความหนาแน่นสูงสุด $149,169 \pm 1,430$ unit cell/l รองลงมาได้แก่ *Cyclotella*, *Lyngbya*, และกลุ่ม *Pleurosigma* / *Gyrosigma* มีความหนาแน่น $96,286 \pm 22,390$, $95,528 \pm 5,557$ และ $72,287 \pm 7,407$ unit cell/l ตามลำดับ ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงแวนโน้มปริมาณแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* มีความหนาแน่นสูงสุดในวันที่ 30, 60 และ 90 เช่นเดียวกับปริมาณแพลงก์ตอนรวมที่พบในบ่อ (ภาพที่ 4 – 3 b)

ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $1,135 \pm 164$ – $8,515 \pm 802$ unit cell/l มีความหนาแน่นสูงสุดในวันที่ 60 และ 90 ของการศึกษา $1,117 \pm 1,411$ และ $1,618 \pm 1,598$ unit cell/l ตามลำดับ แต่หลังจากวันที่ 30 ของการเลี้ยงเป็นต้นไป พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีแวนโน้มเพิ่มขึ้น แพลงก์ตอนสัตว์กลุ่มเด่นที่พบในพื้นที่การเลี้ยง ได้แก่ แพลงก์ตอนสัตว์ในสกุล *Tintinopsis* และ Copepod มีความหนาแน่นอยู่ $4,131 \pm 782$ unit cell/l และ $2,114 \pm 243$ (ภาพที่ 4 – 1 c)

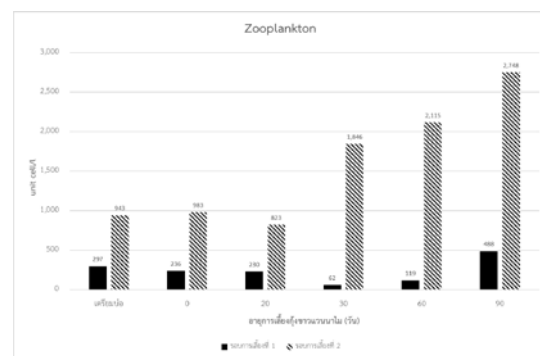
โดยแพลงก์ตอนพืชมีสัดส่วนมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยของพื้นที่ทั้งสองรอบการเลี้ยง โดยรอบการเลี้ยงที่ 2 มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนมากกว่ารอบการเลี้ยงที่ 1 (ภาพที่ 4 – 1 d และ e) แล้วยังพบว่าชนิดของแพลงก์ตอนทั้งสองรอบการเลี้ยงไม่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่จะพบแพลงก์ตอนพืชในสกุล *Oscillatoria* และ *Anabaena Cyclotella* เป็นกลุ่มเด่น



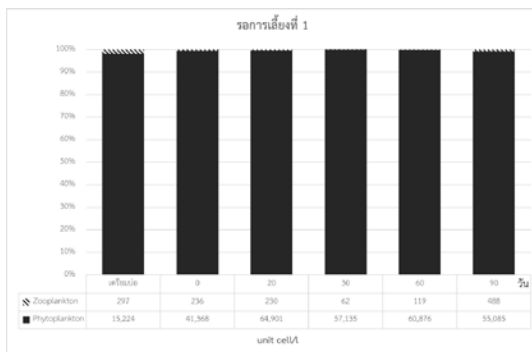
a



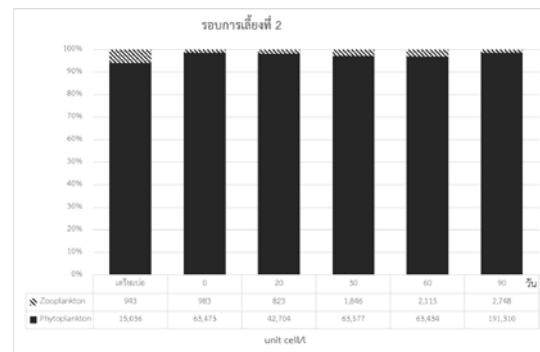
b



c



d



e

ภาพที่ 4 - 4 ปริมาณแพลงก์ตอนเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนพืช (b), ปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์ (c), สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (d) สัดส่วนแพลงก์ตอนพืชต่อแพลงก์ตอนสัตว์ในรอบการเลี้ยงที่ 2 (e)

ตารางที่ 4 - 7 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่อยู่ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อย
กุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี

Division	Genus	เตรียมบ่อ		หลังจากปล่อยกุ้ง	
		รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2	รอบการเลี้ยงที่ 1	รอบการเลี้ยงที่ 2
Cyanophyta	<i>Chroococcus</i>	×	×	×	×
	<i>Oscillatoria</i>	×	×	×	×
	<i>Lyngbya</i>			×	×
Euglenophyta	<i>Trachelomonas</i>			×	×
	<i>flagellate</i>		×	×	×
Chromophyta	<i>Cyclotella</i>	×	×	×	×
	<i>Entomoneis</i>	×	×	×	×
	<i>Bacteriastrum</i>	×	×		×
	Pennate Diatom	×	×	×	×
	<i>Pleurosigma</i>	×	×	×	×
	<i>/Gyrosigma</i>				
	<i>Nitzschia</i>	×	×	×	×
	<i>Climachosphaenia</i>			×	
Dinophyta	Dinoflagellate	×	×	×	×
Protozoa	<i>Tintinopsis</i>			×	×
Rotifera	<i>Brachionus</i>	×	×	×	×
Arthropoda	Copepod	×	×	×	×
	Nauplii copepod	×		×	×
Mollusk		×			

ตารางที่ 4 - 8 ชนิดแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วย
น้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี

Division	Class	Order	Family	Genus
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>
				<i>Oscillatoria</i>
				<i>Lyngbya</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i> <i>flagellate</i>
Chromophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cyclotella</i>
				<i>Entomoneis</i>
			Naviculaceae	<i>Bacteriastrum</i>
				Pennate Diatom
				<i>Pleurosigma /Gyrosigma</i>
Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>			
				<i>Climachosphaenia</i>
Dinophyta	Dinophyceae			Dinoflagellate
Protozoa	Ciliata	Tintinnida	Codonellidae	<i>Tintinopsis</i>
Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus</i>
Arthropoda	Crustacea	Diplostraca		Copepod
				Nauplii copepod

ตารางที่ 4 - 9 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 1

Division	Class	Order	Family	Genus	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย	
						0	20	30	60	90		
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	0	520	125	1,765	1,057	1,147	769±628	
				<i>Oscillatoria</i>	2,575	12,587	22,579	1,046	4,753	5,863	8,234±8,481	
				<i>Lyngbya</i>	1,075	5,787	2,347	18,535	10,587	5,782	7,352±6,277	
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i>	787	787	1,879	2,789	12,658	2,686	3,598±4,818	
				<i>flagellate</i>	0	0	1,215	476	2,786	18,376	3,809±7,789	
Chromophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cyclotella</i>	278	751	403	1,276	2,486	2,525	1,287±979	
				<i>Entomoneis</i>	1,078	485	188	1,786	3,457	7,813	2,468±3,113	
				<i>Bacteriastrum</i>	1,272	1,284	2,766	4,772	5,548	4,452	3,349±1,719	
			Naviculaceae	Pennate Diatom		2,896	5,648	4,552	7,872	8,675	1,096	5,123±3,000
					<i>Pleurosigma</i>	857	4,521	25,846	5,494	2,583		
				<i>/Gyrosigma</i>						2,861	7,027±9,903	
				Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	4,124	8,282	1,276	5,537	5,681	1,157	4,343±3,094
		<i>Climachosphaenia</i>	102	589	1,273	5,612	242	1,205	1,504±2,183			
Dinophyta	Dinophyceae			Dinoflagellate	180	127	452	175	363	122	175±151	
Protozoa	Ciliata	Tintinnida	Codonellidae	<i>Tintinopsis</i>	127	172	125	0	0	157	97±85	
Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus</i>	170	0	0	45	47	127	65±52	
Arthropoda	Crustacea	Diplostraca		Copepod	0	17	0	0	48	157	37±66	
				Nauplii copepod	0	47	105	17	24	47	40±35	

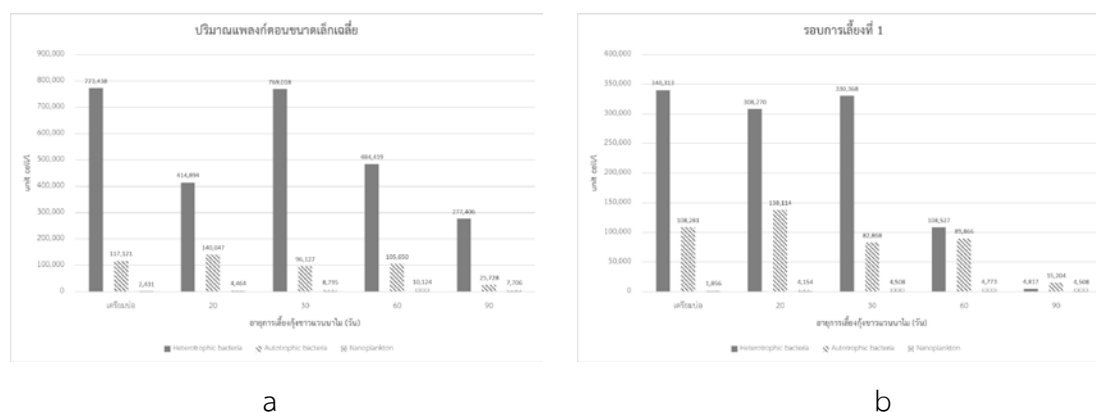
ตารางที่ 4 - 10 ชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืช และแพลงก์ตอนสัตว์ที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 2

Division	Class	Order	Family	Genus	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย
						0	20	30	60	90	
Cyanophyta	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcaceae	<i>Chroococcus</i>	780	512	1,258	2,562	2,431	1,268	1,469±870
				<i>Oscillatoria</i>	1,573	27,628	12,787	10,589	3,484	47,853	17,319±17,651
				<i>Lyngbya</i>	3,576	17,683	5,879	12,587	4,765	11,576	9,344±5,276
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Trachelomonas</i>	225	1,028	1,637	2,379	1,587	15,696	3,759±6,296
				<i>flagellate</i>	128	2,057	458	1,773	23,890	2,866	5,195±9,922
Chromophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Cyclotella</i>	2,476	3,584	2,453	4,438	5,168	73,202	15,220±31,004
				<i>Entomoneis</i>	1,025	285	1,025	787	1,227	1,860	1,035±579
				<i>Bacteriastrum</i>	427	205	244	152	55	1,027	352±392
			Naviculaceae	Pennate Diatom	2,778	2,452	10,258	10,476	9,837	10,579	7,730±3,516
				<i>Pleurosigma</i> <i>/Gyrosigma</i>	1,015	4,521	2,578	4,573	4,737	14,573	5,333±4,765
			Bacillariaceae	<i>Nitzschia</i>	787	2,588	3,547	12,870	5,783	10,257	5,972±4,414
				<i>Climachosphaenia</i>	102	178	102	205	453	478	253±171
Dinophyta	Dinophyceae			Dinoflagellate	144	752	478	186	17	75	275±308
Protozoa	Ciliata	Tintinnida	Codonellidae	<i>Tintinopsis</i>	712	44	0	124	1,057	2,452	732±1,054
Rotifera	Monogononta	Ploima	Brachionidae	<i>Brachionus</i>	74	258	24	1,057	17	7	240±451
Arthropoda	Crustacea	Diplostraca		Copepod	45	576	316	458	568	7	328±236
				Nauplii copepod	112	105	483	207	473	282	277±166

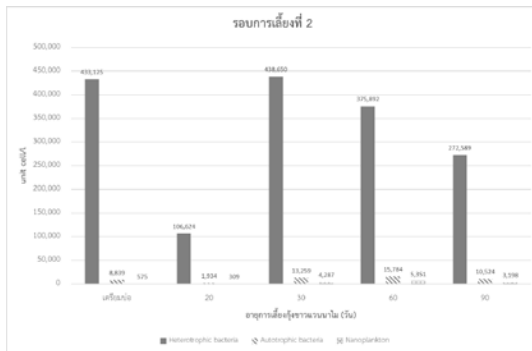
กลุ่มแพลงก์ตอนขนาดเล็ก

จากการศึกษาพีโคแพลงก์ตอนในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี สามารถจัดจำแนกกลุ่มของพีโคแพลงก์ตอนได้ 2 กลุ่มคือ Heterotrophic bacteria และ Autotrophic bacteria (ตารางที่ 4 - 11 และ 4 - 12) โดยความหนาแน่นตลอดการเลี้ยงของ Heterotrophic bacteria คือ $1,945,737 \pm 207,098$ unit cell/L และ Autotrophic bacteria คือ $367,552 \pm 47,927$ unit cell/L ซึ่งมีสัดส่วนของ Heterotrophic picoplankton ประมาณ 24 - 98 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 4 - 4)

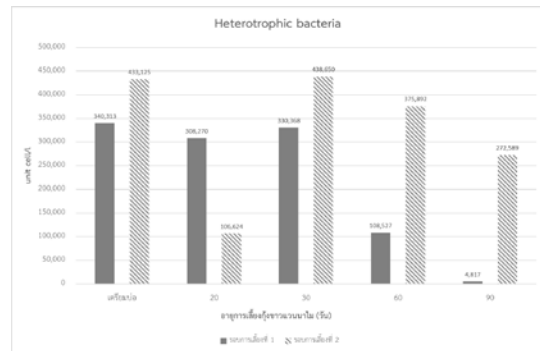
จากการศึกษานาโนแพลงก์ตอนในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี สามารถจัดจำแนกกลุ่มของนาโนแพลงก์ตอนได้ 4 กลุ่ม คือ Cyanophyta, Chlorophyta, Bacillariophyceae (Diatom) และ Dinophyceae (Dinoflagellates) (ตารางที่ 4 - 5 และ 4 - 6) ซึ่งพบเป็นปริมาณน้อยกว่ากลุ่มพีโคแพลงก์ตอน โดยมีความหนาแน่นตลอดการเลี้ยง $31,089 \pm 2,417$ unit cell/L (ภาพที่ 4 - 4)



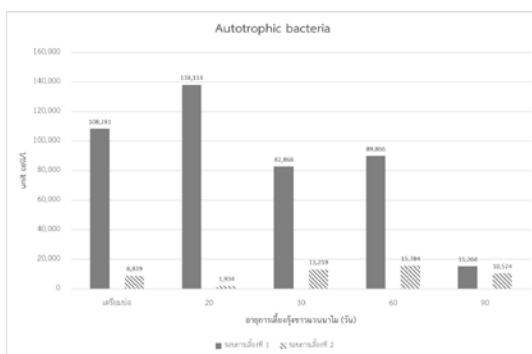
ภาพที่ 4 - 4 ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กเฉลี่ยที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ (a), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 1 (b), ปริมาณแพลงก์ตอนขนาดเล็กในรอบการเลี้ยงที่ 2 (c), ปริมาณ Heterotrophic bacteria (d), ปริมาณ Autotrophic bacteria (e), ปริมาณ Nanoplankton (f), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (g), สัดส่วน Heterotrophic bacteria ต่อ Autotrophic bacteria ต่อ Nanoplankton ในรอบการเลี้ยงที่ 1 (h) ในรอบการเลี้ยงที่ 2



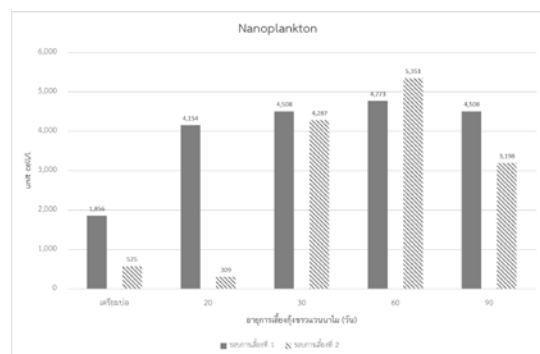
c



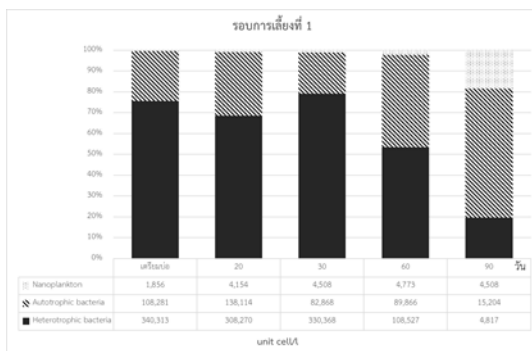
d



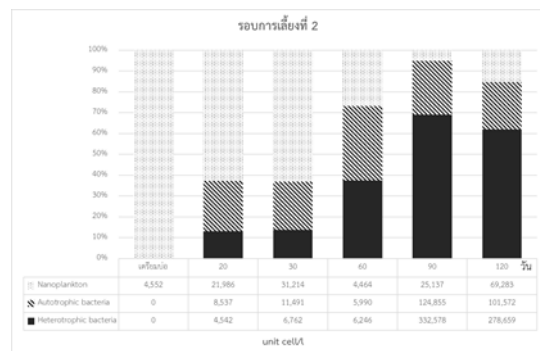
e



f



g



h

ภาพที่ 4 - 4 (ต่อ)

ตารางที่ 4 - 11 ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton
 ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วย
 น้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 1

กลุ่ม/ชนิด	เตรียมบ่อ	20	30	60	90	เฉลี่ย
Heterotrophic bacteria	340,313	308,270	330,368	108,527	4,817	187,996±157,697
Autotrophic bacteria	108,281	138,114	82,868	89,866	15,204	81,513±50,571
Cyanophyta	530	3,226	2,784	3,447	2,829	3,072±320
Chlorophyta	575	928	1,414	1,105	1,414	1,215±241
Bacillariophyceae (Diatom)	663	0	88	88	133	77±56
Dinophyceae (Dinoflagellates)	88	0	221	133	133	122±91

ตารางที่ 4 - 12 ปริมาณ Heterotrophic bacteria Autotrophic bacteria และ Nanoplankton
 ในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วย
 น้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 2

กลุ่ม/ชนิด	เตรียมบ่อ	20	30	60	90	เฉลี่ย
Heterotrophic bacteria	433,125	106,624	438,650	375,892	272,589	298,439±145,051
Autotrophic bacteria	8,839	1,934	13,259	15,784	10,524	10,375±6,024
Cyanophyta	88	88	1,679	2,597	1,758	1,531±1,047
Chlorophyta	486	133	2,342	2,525	1,358	1,590±1,098
Bacillariophyceae (Diatom)	0	44	133	125	82	96±41
Dinophyceae (Dinoflagellates)	0	44	133	104	0	70±60

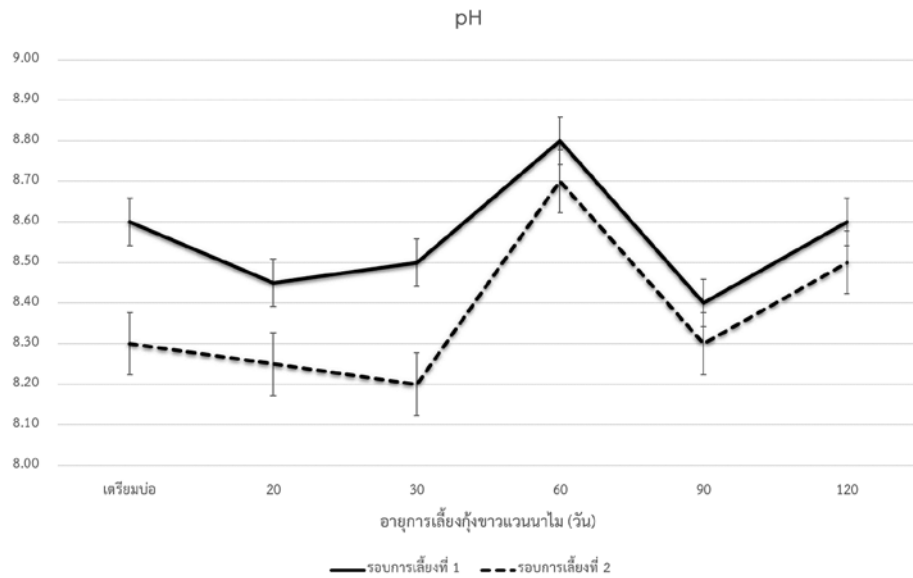
2. การศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มต่ำ และบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำที่มีความเค็มปกติ

ทำการศึกษาคูณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ และความเค็มปกติ ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) อุณหภูมิ (Temperature) ความเค็ม (Salinity) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ (EC) ความโปร่งแสงของน้ำ (Transparency) ความเป็นต่างของน้ำ (Alkalinity) ความกระด้าง (Hardness) แอมโมเนีย (Ammonia) ไนไตรท์ (Nitrite) ไนเตรท (Nitrate) ฟอสฟอรัสรวมในน้ำ (Total Phosphorus) ตะกอนแขวนลอย (Total suspension solid) และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (Total Chlorophyll *a*) มีรายละเอียดในแต่ละพื้นที่ดังต่อไปนี้

2.1 การศึกษาคูณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา

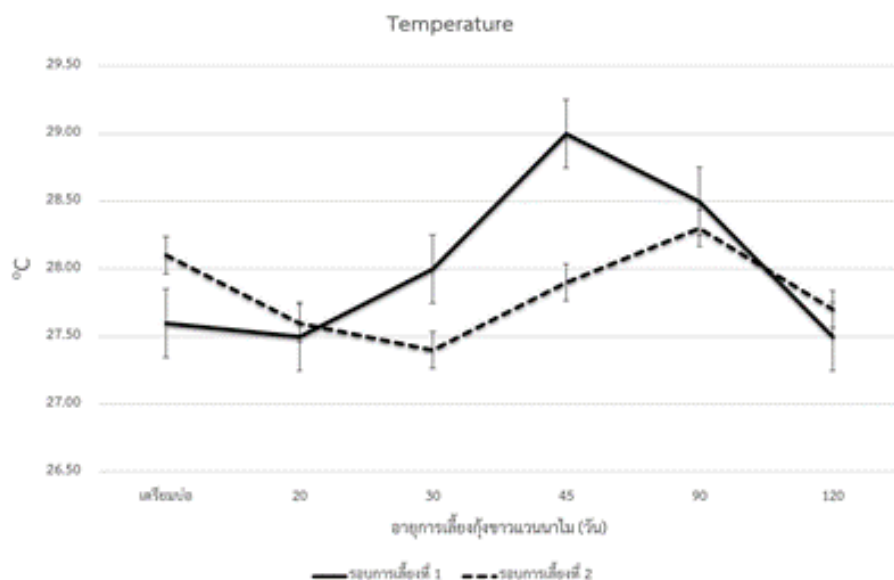
คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ ในจังหวัดฉะเชิงเทรา ในช่วงเตรียมบ่อ รอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 พบว่ามีคุณภาพเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในขณะที่คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงพบว่า มีคุณภาพเหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม คุณภาพน้ำตลอดการเลี้ยง พบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งพื้นที่ดังต่อไปนี้

2.1.1 พีเอชของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $8.38 \pm 0.19 - 8.56 \pm 0.14$ รอบการเลี้ยงที่ 1 พีเอชมีแนวโน้มเพิ่มในในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง ยกเว้นในช่วงก่อนจับที่มีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย รอบการเลี้ยงที่ 2 พีเอชของน้ำมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 30 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยง พีเอชน้ำในบ่อเลี้ยงรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าพีเอชสูงกว่าในรอบการเลี้ยง 2 และมีค่ามากกว่าช่วงพีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง (7.3 - 8.5) (ภาพที่ 4 - 5) การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในน้ำจะขึ้นกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Boyd, 1982) แพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสงและปล่อยออกซิเจนสู่ระบบ ทำให้พีเอชในน้ำลดลง ในขณะที่เวลากลางคืน แพลงก์ตอนใช้ออกซิเจนในการหายใจและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้เวลากลางคืน พีเอชของน้ำลดลงต่ำกว่าในช่วงเวลากลางวัน (ชลอ ลิมสุวรรณ และพรเลิศ จันทรรักษ์กุล, 2547) พีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 7.3 - 8.8 (Chiang. *et al.*, 1989) การที่พีเอช ลดลงในระหว่างการเลี้ยงเนื่องมาจากปริมาณแพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในบ่อต้องใช้ออกซิเจนในการหายใจตลอดเวลา รวมทั้งการสะสมของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ตามกาลเวลาในการเลี้ยง ทำให้ต้องใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามาก พีเอชของน้ำลดต่ำลง (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)



ภาพที่ 4 - 5 พีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.1.2 อุณหภูมิ น้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยตลอดการเลี้ยง $27.83 \pm 0.33 - 28.02 \pm 0.62$ องศาเซลเซียส โดยรอบการเลี้ยงที่ 1 อุณหภูมิ น้ำมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง อุณหภูมิ น้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 ลดต่ำลงหลังจากผ่านการเลี้ยงไปได้ 20 วัน เนื่องจากเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว (ภาพที่ 4 - 6) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)



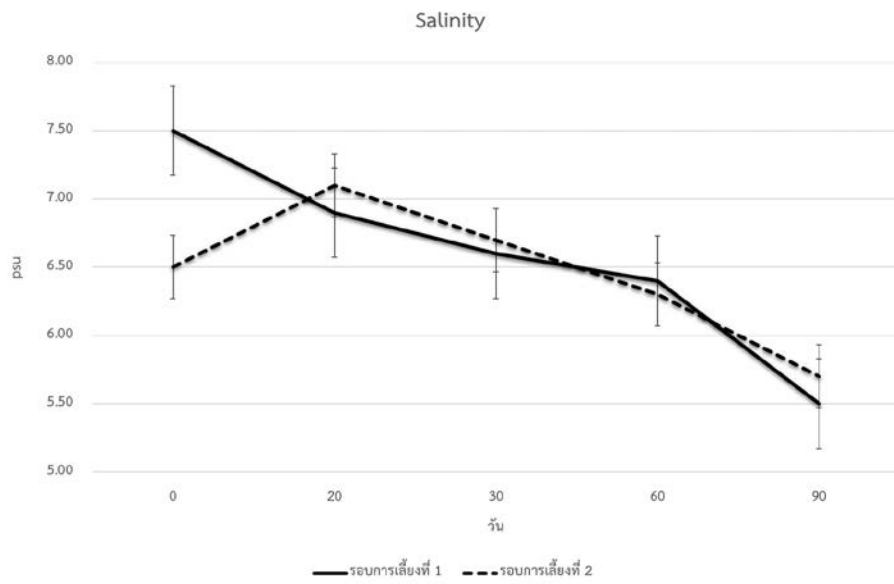
ภาพที่ 4 - 6 อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.1.3 ความเค็มของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยตลอดการเลี้ยง $6.53 \pm 0.50 - 6.68 \pm 0.70$ psu โดยรอบการเลี้ยงที่ 1 ความเค็มของน้ำมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ส่วนรอบการเลี้ยงที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 60 วันแรกและเริ่มลดลง เช่นกับการเลี้ยงในรอบแรก (ภาพที่ 4 - 7) เนื่องจากในช่วงท้ายของการเลี้ยงมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ แต่เนื่องจากน้ำที่เติมเป็นน้ำจากบ่อพักซึ่งมีความเค็มของน้ำใกล้เคียงกับในบ่อเลี้ยง ทำให้ความเค็มเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

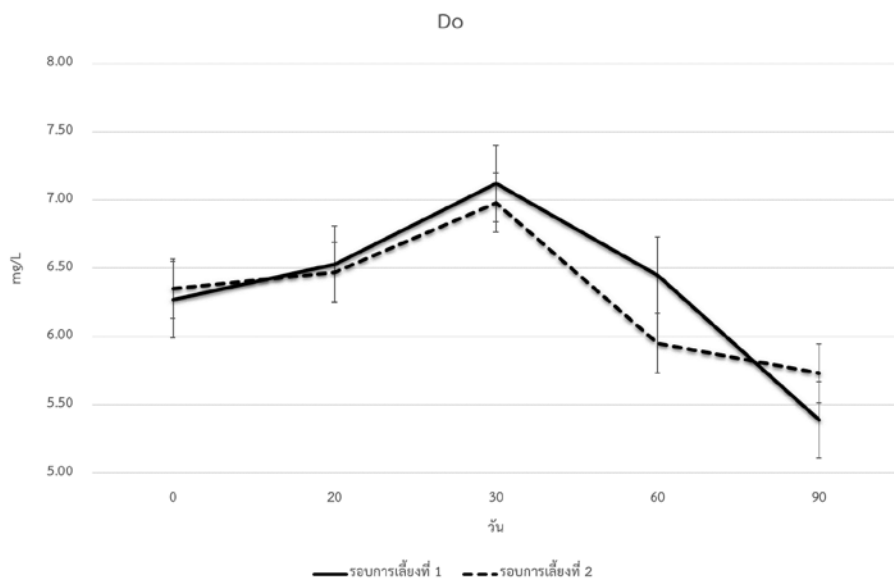
2.1.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 แลรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $6.32 \pm 0.44 - 6.37 \pm 0.56$ มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยง พบว่าการเลี้ยงในรอบที่ 1 สูงกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 2 เนื่องจากในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าในรอบการเลี้ยงแรก และเมื่อสังเคราะห์แสงจึงเกิดออกซิเจนในระบบออกมามาก (Boyd, 1990) ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 สูงมากในช่วงเวลากลางวัน (ภาพที่ 4 - 8) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

2.1.5 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $9.15 \pm 0.99 - 10.89 \pm 2.75$ mS/cm ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงและใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4 - 9) ค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความเค็มซึ่งเป็นปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของไอออนที่ละลายในน้ำ และความกระด้างของน้ำซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณไอออนในกลุ่มที่มีประจุ +2 ได้แก่ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} และ Fe^{3+} (ลาวไมย สาวะรก, 2545) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

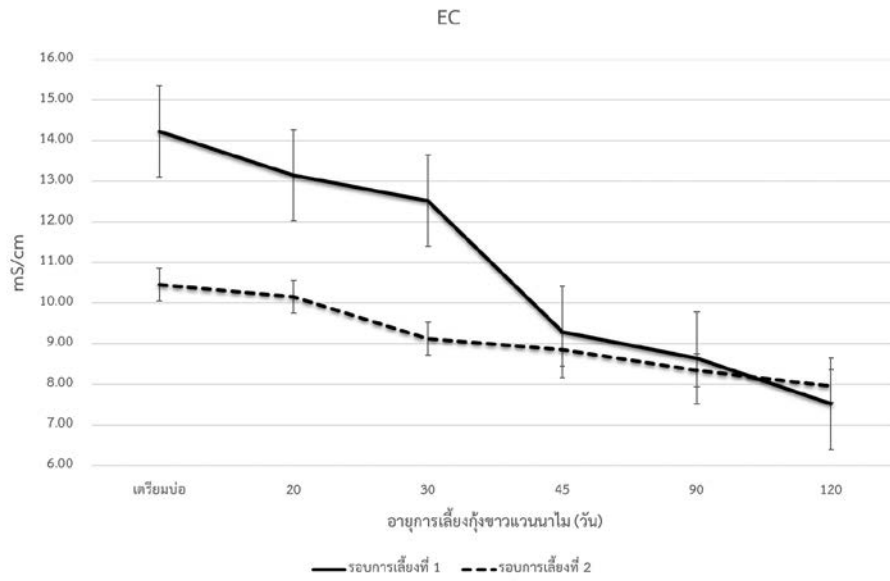
2.1.6 ความโปร่งแสงของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $40.03 \pm 11.20 - 41.82 \pm 12.36$ เซนติเมตร ความโปร่งแสงของน้ำในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงส่วนใหญ่จะมีค่าตั้งแต่ 20 - 100 เซนติเมตร หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ค่าความโปร่งแสงของน้ำลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากผ่านการเลี้ยงไปแล้ว 60 วัน และเหลือเพียง 5 เซนติเมตร ในช่วงก่อนจับกุ้ง ตามปกติแล้วความโปร่งแสงที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 25 - 50 เซนติเมตร (Brock and Main, 1994) ในกรณีที่น้ำมีความขุ่นซึ่งเกิดจากตะกอนดินหรือสารแขวนลอยที่เป็นสารอินทรีย์อาจส่งผลทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงได้ (ยนต์ มุสิก, 2539) นอกจากนี้ตะกอนที่กระจายอยู่ในมวลน้ำถ้ามีมากเกินไปจะส่งผลให้กุ้งมีปัญหาเหงือกดำ หนวดกุด หางกร่อนตามมา (ชลอ ลิมสุวรรณ, 2535) เกษตรกรต้องแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระหว่างการเลี้ยงมากขึ้น (ชลอ และพรเลิศ, 2547) (ภาพที่ 4 - 10) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)



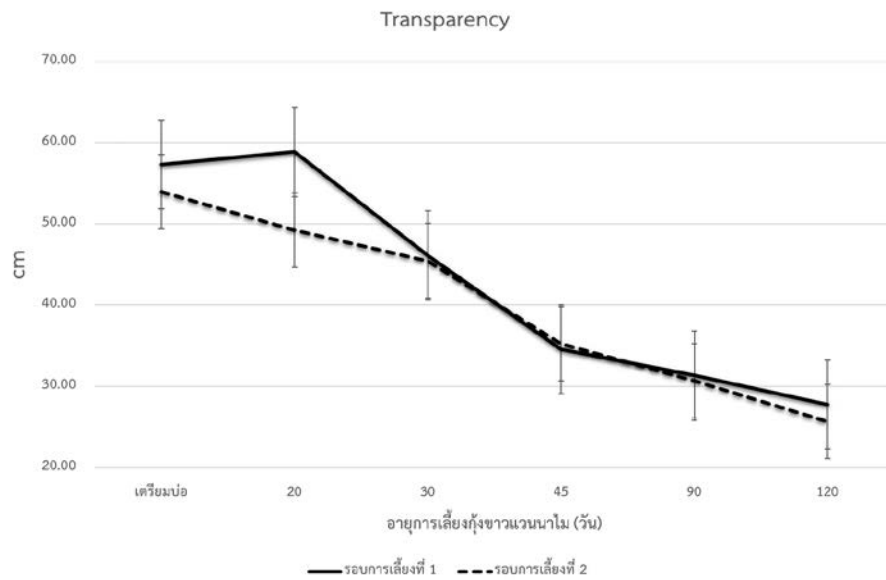
ภาพที่ 4 – 7 ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 – 8 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 – 9 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



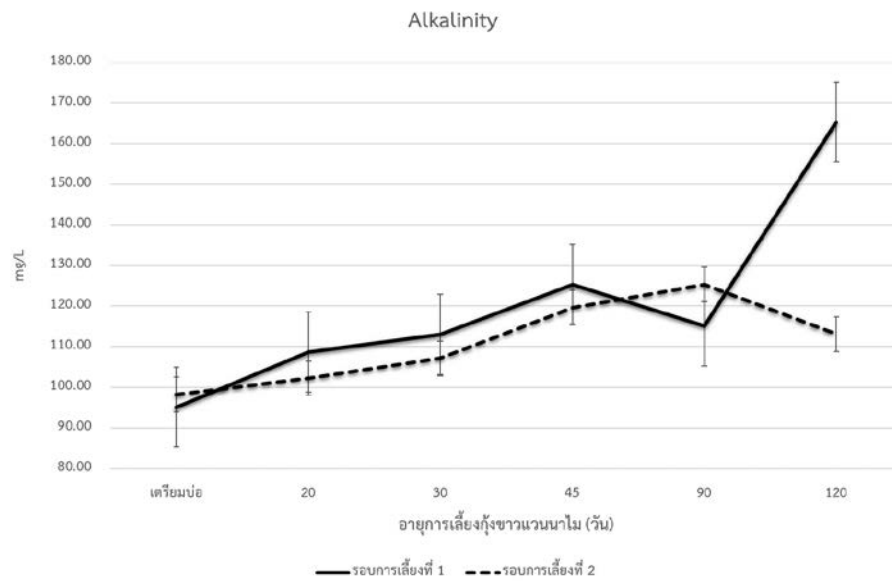
ภาพที่ 4 – 10 ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.1.7 ความเป็นต่างของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $110.95 \pm 10.39 - 120.41 \pm 24.09$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มความเป็นต่างของน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงกัน และเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลายของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 11) อย่างไรก็ตามค่าความเป็นต่างที่พบในการศึกษาครั้งนี้ถือว่า มีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับค่าความเป็นต่างที่พบในการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มต่ำทั่ว ๆ ไป ซึ่งมักมีค่าประมาณ 130 - 180 มิลลิกรัมต่อลิตร (พจมาน เขยเดช, 2549) เนื่องจากการเลี้ยงเป็นระบบน้ำหมุนเวียน ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ยังคงเหลือในน้ำที่นำกลับมาใช้เลี้ยงใหม่ และสภาพบ่อที่มีการสะสมของซากแพลงก์ตอนพืชที่ตายในระหว่างการเลี้ยง การย่อยสลาย และการหายใจของแบคทีเรีย จึงทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อมากขึ้น และส่งผลให้ความเป็นต่างรวมของน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

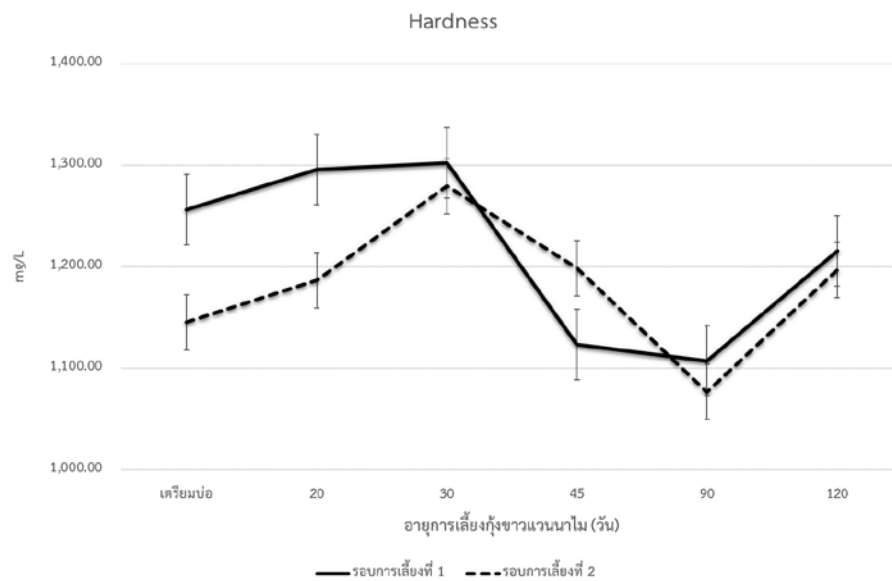
2.1.8 ความกระด้างของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1,180.37 \pm 66.91 - 1,216.53 \pm 84.66$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มความกระด้างของน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงการเลี้ยงที่ 20 - 30 วัน หลังจากนั้นจะลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 12) ความกระด้างของน้ำส่วนใหญ่มีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมซึ่งในการเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยน้ำความเค็มต่ำที่ให้ผลผลิตสูง ความกระด้างของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และคณะ, 2547) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

2.1.9 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $0.10 \pm 0.02 - 0.12 \pm 0.03$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณแอมโมเนียลดลงหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง และเพิ่มขึ้นเมื่อกุ้งขาวมีอายุประมาณ 60 วัน โดยมีค่าสูงสุดในช่วงวันที่ 60 - 90 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 13) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตามปกติแล้วปริมาณแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Boyd and Tucker, 1998; ชลอและพรเลิศ, 2547) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

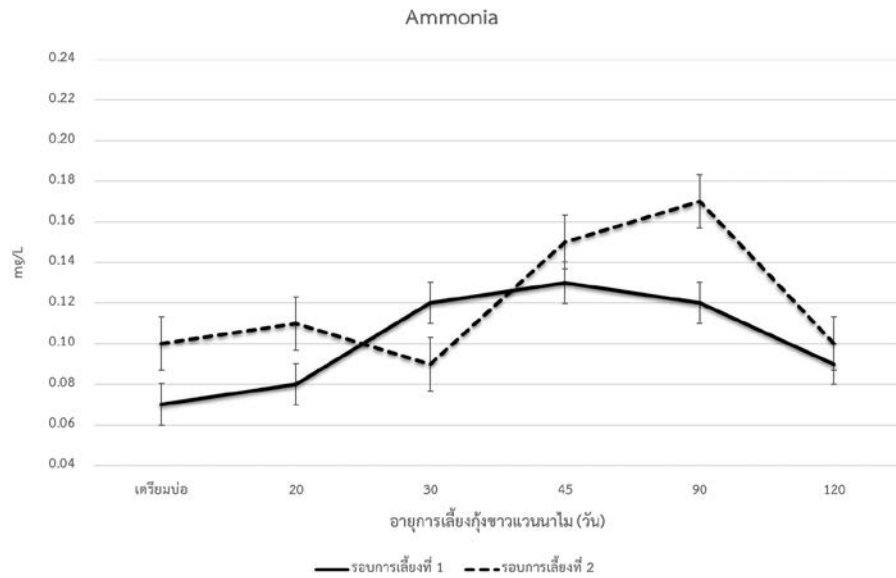
2.1.10 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.03 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนจะคล้ายคลึงกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำ คือ มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงหลังจาก 60 วันของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 14) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)



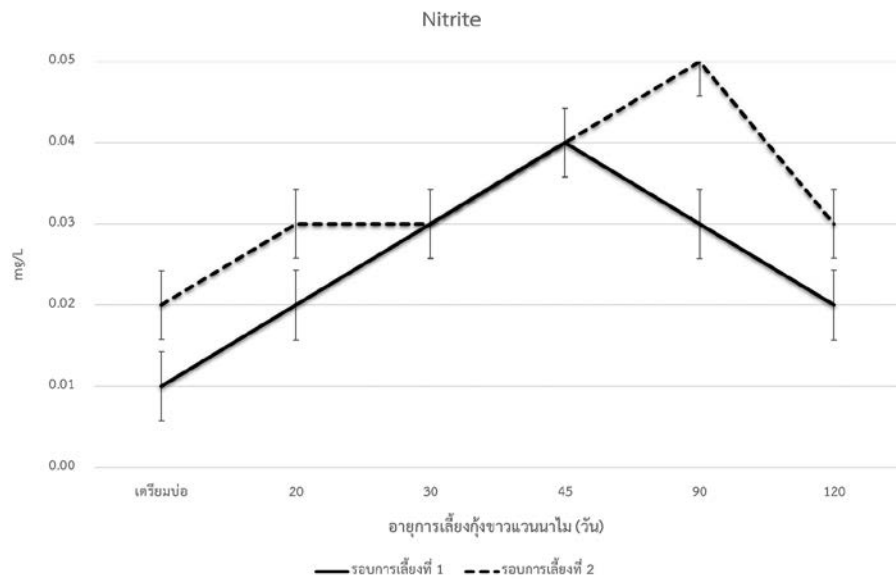
ภาพที่ 4 – 11 ความเป็นต่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 – 12 ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

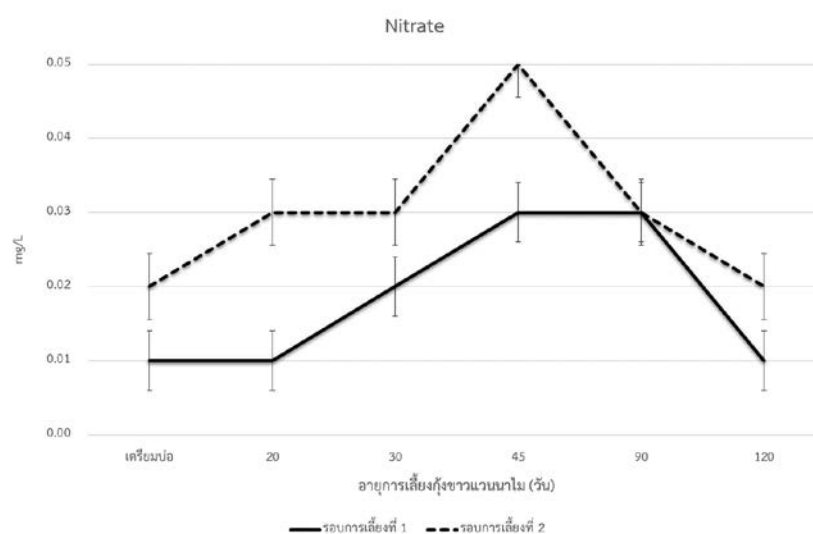


ภาพที่ 4 - 13 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



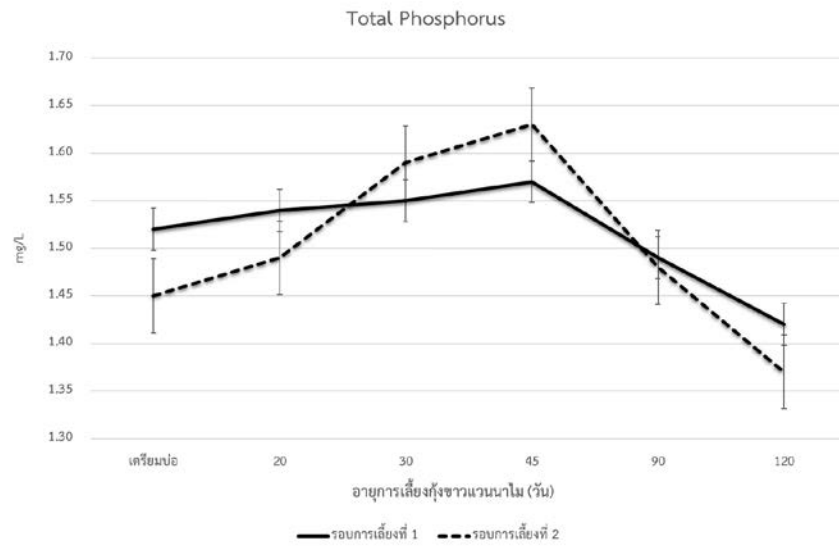
ภาพที่ 4 - 14 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.1.11 ปริมาณไนเตรทในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $0.02 \pm 0.01 - 0.03 \pm 0.01$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเพียงพอ ทำให้แอมโมเนียสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้อย่างสมบูรณ์ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ทำให้มีการสะสมของไนเตรทตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 15) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)



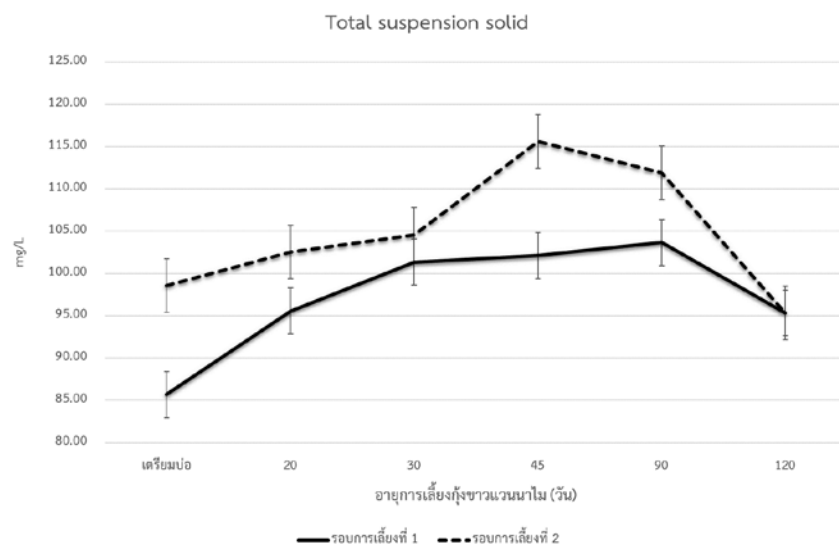
ภาพที่ 4 - 15 ปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.1.12 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีและรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.50 \pm 0.09 - 1.52 \pm 0.05$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในรอบการเลี้ยงที่ 1 ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำสูงกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 2 (ภาพที่ 4 - 16) ฟอสฟอรัสในน้ำส่วนใหญ่จะมาจากจากอาหารที่เกษตรกรให้ตลอดการเลี้ยง และจะมีปริมาณมากขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง (Burford and Lorenzen, 2004; Paerl and Tucker, 1995) ฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในดินตะกอนพื้นบ่อ (Funge-Smith and Briggs, 1998) และละลายขึ้นสู่ผิวน้ำ สุดท้ายจะถูกแพลงก์ตอนพืชใช้ในการเจริญเติบโต (Boyd and Tucker, 1998) การตากบ่อ ไถพรวนเพื่อเปิดหน้าดินอย่างน้อย 10 เซนติเมตรจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในดินลดลง (Seo and Boyd, 2001) และลดปริมาณการละลายฟอสฟอรัสจากดินสู่ผิวน้ำในช่วงเตรียมบ่อ ทำให้เกษตรกรสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในช่วงแรกของการเลี้ยงได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Kaplan et al., 1986) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)



ภาพที่ 4 - 16 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.1.13 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $97.28 \pm 6.67 - 104.76 \pm 7.76$ มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง และค่อยลดลงในช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 17) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

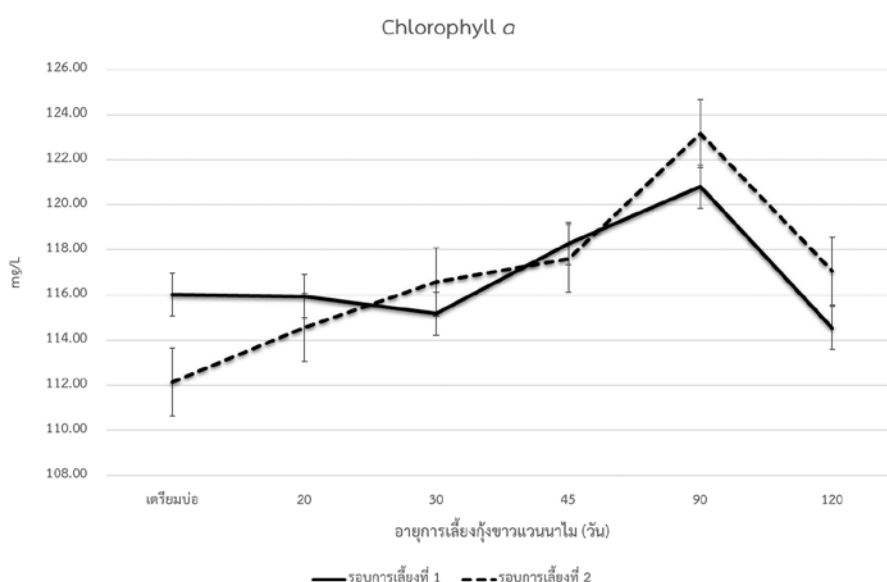


ภาพที่ 4 - 17 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

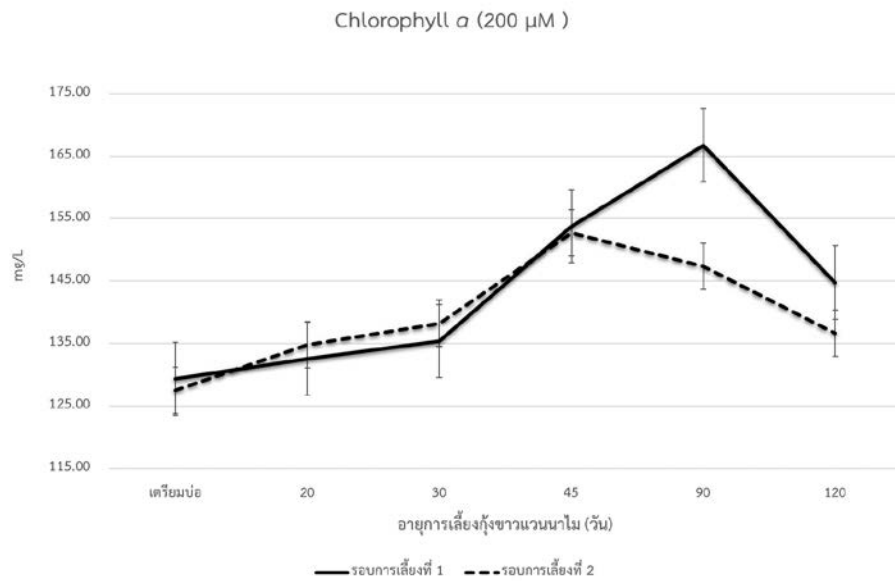
2.1.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $116.79 \pm 2.34 - 116.85 \pm 3.68$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวนอนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ช่วงแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 120 ของการเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 18) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

2.1.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $139.56 \pm 9.07 - 143.77 \pm 14.37$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวนอนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ช่วงแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 120 ของการเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 19) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)

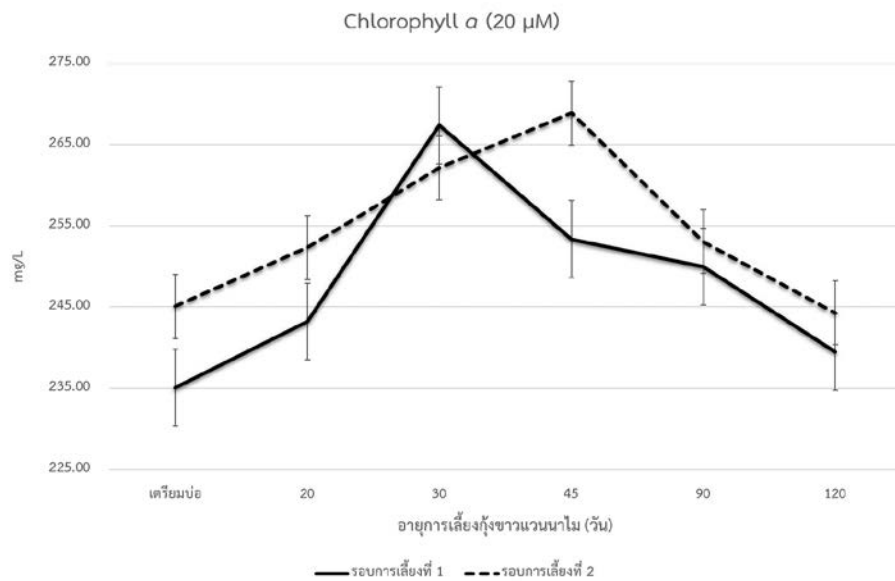
2.1.16 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $248.09 \pm 11.57 - 254.30 \pm 9.64$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวนอนมีปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ช่วงแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 90 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 20) (ตารางที่ 4 - 13 และ 4 - 14)



ภาพที่ 4 - 18 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 – 19 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 – 20 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4 - 13 คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรารอบการเลี้ยงที่ 1

คุณภาพน้ำ	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย
		20	30	60	90	120	
pH	8.60±0.15	8.45±0.13	8.50±0.06	8.80±0.14	8.40±0.10	8.60±0.07	8.56±0.14
Temperature (°C)	27.60±0.12	27.50±0.36	28.00±0.23	29.00±0.34	28.50±0.22	27.50±0.31	28.02±0.62
Salinity (psu)	7.50±0.07	7.20±0.12	6.90±0.14	6.60±0.45	6.40±0.15	5.50±0.25	6.68±0.70
Do (mg/L)	6.27±0.26	6.45±0.56	6.53±0.05	7.12±0.17	6.45±0.09	5.39±0.14	6.37±0.56
Ec (ms/cm)	14.23±2.35	13.15±2.63	12.52±2.45	9.29±3.33	8.65±2.12	7.52±1.24	10.89±2.75
Transparency (cm)	57.32±0.21	53.85±0.19	46.12±2.95	34.56±2.78	31.32±2.95	27.75±3.56	41.82±12.36
Alkalinity (mg/L)	95.12±13.13	108.65±11.12	113.02±13.05	125.32±12.05	115.06±11.25	165.31±12.1	120.41±24.09
Hardness (mg/L)	1,256.03±78.45	1,295.64±93.45	1,302.08±89.65	1,123.12±56.85	1,107.10±65.85	1,215.20±78.9	1,216.53±84.66
Ammonia (mg/L)	0.07±0.01	0.08±0.04	0.12±0.02	0.13±0.03	0.12±0.00	0.09±0.01	0.10±0.02
Nitrite (mg/L)	0.01±0.00	0.02±0.02	0.03±0.01	0.04±0.01	0.03±0.03	0.02±0.02	0.03±0.01
Nitrate (mg/L)	0.01±0.00	0.01±0.01	0.02±0.02	0.03±0.03	0.03±0.01	0.01±0.02	0.02±0.01
Total Phosphorus (mg/L)	1.52±0.03	1.54±0.10	1.55±0.01	1.57±0.01	1.49±0.04	1.42±0.01	1.52±0.05
Total suspension solid (mg/L)	85.67±2.56	95.55±3.43	101.33±3.56	102.12±2.35	103.67±2.65	95.33±3.45	97.28±6.67
Total Chlorophyll a (mg/L)	116.02±3.75	115.95±3.56	115.17±1.11	118.28±1.45	120.80±2.15	114.54±2.01	116.79±2.34
200 µM Chlorophyll a (mg/L)	129.37±3.61	132.56±3.01	135.40±12.60	153.76±1.15	166.75±8.75	144.76±9.35	143.77±14.37
20 µM Chlorophyll a (mg/L)	235.07±0.14	243.25±0.31	267.37±0.17	253.37±3.01	249.95±9.63	239.50±10.23	248.09±11.57

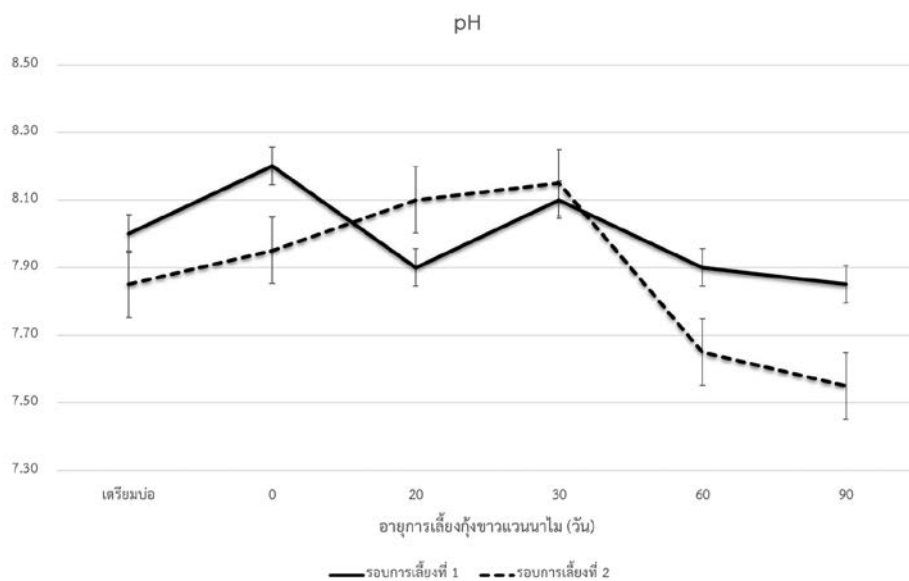
ตารางที่ 4 - 14 คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา รอบการเลี้ยงที่ 2

คุณภาพน้ำ	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย
		20	30	60	90	120	
pH	8.30±0.04	8.25±0.04	8.20±0.04	8.70±0.04	8.30±0.04	8.50±0.04	8.38±0.19
Temperature (°C)	28.10±0.04	27.60±0.04	27.40±0.04	27.90±0.04	28.30±0.04	27.70±0.04	27.83±0.33
Salinity (psu)	6.50±0.04	6.90±0.04	7.10±0.04	6.70±0.04	6.30±0.04	5.70±0.04	6.53±0.50
Do (mg/L)	6.35±0.04	6.42±0.04	6.47±0.04	6.98±0.04	5.95±0.04	5.73±0.04	6.32±0.44
Ec (ms/cm)	10.46±0.04	10.15±0.04	9.12±0.04	8.85±0.04	8.35±0.04	7.95±0.04	9.15±0.99
Transparency (cm)	53.96±0.04	49.26±0.04	45.45±0.04	35.25±0.04	30.65±0.04	25.63±0.04	40.03±11.20
Alkalinity (mg/L)	98.23±0.04	102.23±0.04	107.14±0.04	119.63±0.04	125.36±0.04	113.12±0.04	110.95±10.39
Hardness (mg/L)	1,145.16±0.04	1,186.45±0.04	1,279.20±0.04	1,198.32±0.04	1,076.63±0.04	1,196.45±0.04	1,180.3±66.91
Ammonia (mg/L)	0.10±0.04	0.11±0.04	0.09±0.04	0.15±0.04	0.17±0.04	0.10±0.04	0.12±0.03
Nitrite (mg/L)	0.02±0.04	0.03±0.04	0.03±0.04	0.04±0.04	0.05±0.04	0.03±0.04	0.03±0.01
Nitrate (mg/L)	0.02±0.04	0.03±0.04	0.03±0.04	0.05±0.04	0.03±0.04	0.02±0.04	0.03±0.01
Total Phosphorus (mg/L)	1.45±0.04	1.49±0.04	1.59±0.04	1.63±0.04	1.48±0.04	1.37±0.04	1.50±0.09
Total suspension solid (mg/L)	98.59±0.04	102.55±0.04	104.59±0.04	115.63±0.04	111.89±0.04	95.33±0.04	104.76±7.76
Total Chlorophyll a (mg/L)	112.14±0.04	114.56±0.04	116.59±0.04	117.62±0.04	123.15±0.04	117.06±0.04	116.85±3.68
200 µM Chlorophyll a (mg/L)	127.53±0.04	134.85±0.04	138.26±0.04	152.69±0.04	147.40±0.04	136.62±0.04	139.56±9.07
20 µM Chlorophyll a (mg/L)	245.07±0.04	252.35±0.04	262.13±0.04	268.88±0.04	253.06±0.04	244.2±0.049	254.30±9.64

2.2 การศึกษาคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี

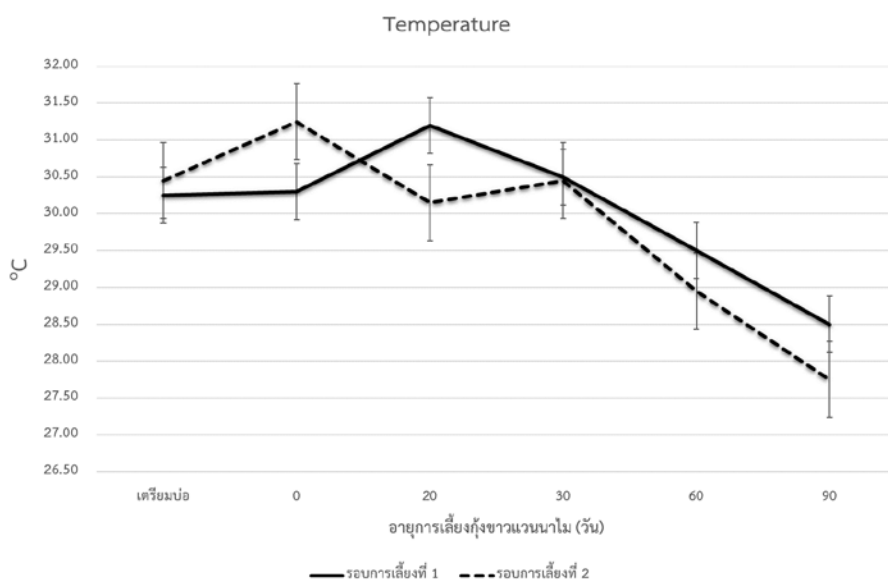
คุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ ในจังหวัดจันทบุรี ในช่วงเตรียมบ่อ รอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 พบว่ามีคุณภาพเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในขณะที่คุณภาพน้ำตลอดระยะเวลาการเลี้ยงพบว่า มีคุณภาพเหมาะสมกับการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม คุณภาพน้ำตลอดการเลี้ยง พบว่ามีค่าเฉลี่ยโดยรวมทั้งพื้นที่ดังต่อไปนี้

2.2.1 พีเอชของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $7.99 \pm 0.15 - 7.88 \pm 0.27$ รอบการเลี้ยงที่ 1 พีเอชมีแนวโน้มเพิ่มในในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงตามระยะเวลาการเลี้ยง ยกเว้นในช่วงก่อนจับที่มีค่า pH เพิ่มขึ้นเล็กน้อย รอบการเลี้ยงที่ 2 พีเอชของน้ำมีแนวโน้มลดลงตั้งแต่วันที่ 30 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจนกระทั่งสิ้นสุดการเลี้ยง พีเอชน้ำในบ่อเลี้ยงรอบการเลี้ยงที่ 1 มีค่าพีเอชสูงกว่าในรอบการเลี้ยง 2 และมีค่ามากกว่าช่วงพีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยง (7.3 - 8.5) (ภาพที่ 4 - 21) การเปลี่ยนแปลงของพีเอชในน้ำจะขึ้นกับปริมาณแพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ (Boyd, 1982) แพลงก์ตอนพืชจะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในการสังเคราะห์แสง และปล่อยออกซิเจนสู่ระบบ ทำให้พีเอชในน้ำลดลง ในขณะที่เวลากลางคืน แพลงก์ตอนใช้ออกซิเจนในการหายใจและปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ออกมา ทำให้เวลากลางคืน พีเอชของน้ำลดลงต่ำกว่าในช่วงเวลากลางวัน (ชโล ลิมสุวรรณ และพรเลิศ จันทร์รัชชกุล, 2547) พีเอชที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะอยู่ในช่วงระหว่าง 7.3 - 8.8 (Chiang. *et al.*, 1989) การที่พีเอช ลดลงในระหว่างการเลี้ยงเนื่องมาจากปริมาณแพลงก์ตอนและสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในบ่อต้องใช้ ออกซิเจนในการหายใจตลอดเวลา รวมทั้งการสะสมของสารอินทรีย์ต่าง ๆ ตามกาลเวลาในการเลี้ยง ทำให้ต้องใช้ ออกซิเจนในการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ทำให้เกิดคาร์บอนไดออกไซด์ออกมามาก พีเอชของน้ำลดต่ำลง (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)



ภาพที่ 4 - 21 พีเอชของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.2.2 อุณหภูมิน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยตลอดการเลี้ยง $29.71 \pm 1.37 - 30.00 \pm 1.03$ องศาเซลเซียส โดยรอบการเลี้ยงที่ 1 อุณหภูมิน้ำมีค่าคงที่ตลอดระยะเวลาการเลี้ยง อุณหภูมิน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 2 ลดต่ำลงหลังจากผ่านการเลี้ยงไปได้ 20 วัน เนื่องจากเริ่มเข้าสู่ช่วงฤดูหนาว (ภาพที่ 4 - 22) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)



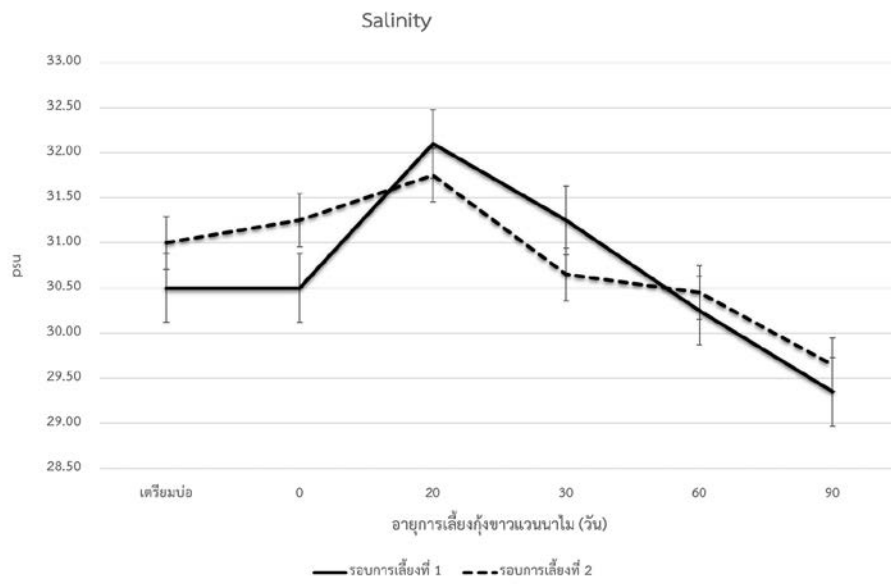
ภาพที่ 4 - 22 อุณหภูมิของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.2.3 ความเค็มของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยตลอดการเลี้ยง $30.69 \pm 1.04 - 30.75 \pm 0.80$ psu โดยรอบการเลี้ยงที่ 1 ความเค็มของน้ำมีแนวโน้มลดลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ส่วนรอบการเลี้ยงที่ 2 มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 60 วันแรกและเริ่มลดลงเช่นกับการเลี้ยงในรอบแรก (ภาพที่ 4 - 23) เนื่องจากในช่วงท้ายของการเลี้ยงมีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ แต่เนื่องจากน้ำที่เติมเป็นน้ำจากบ่อพักซึ่งมีความเค็มของน้ำใกล้เคียงกับในบ่อเลี้ยง ทำให้ความเค็มเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

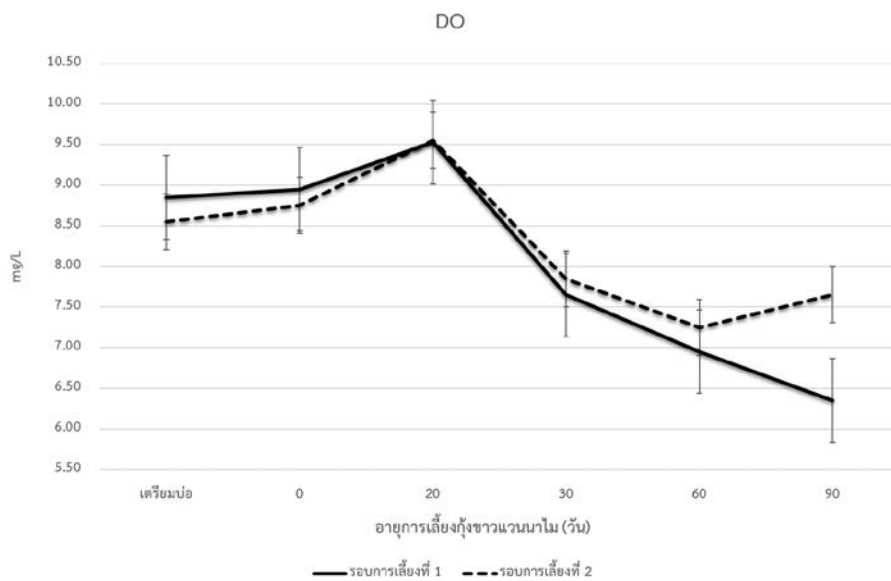
2.2.4 ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 แลรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $7.89 \pm 1.33 - 8.21 \pm 0.93$ มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยง พบว่าการเลี้ยงในรอบที่ 1 สูงกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 2 เนื่องจากในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมากกว่าในรอบการเลี้ยงแรก และเมื่อสังเคราะห์แสงจึงเกิดออกซิเจนในระบบออกมามาก (Boyd, 1990) ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำในรอบการเลี้ยงที่ 1 สูงมากในช่วงเวลากลางวัน (ภาพที่ 4 - 24) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

2.2.5 ค่าการนำไฟฟ้าในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $42.66 \pm 7.38 - 49.31 \pm 4.22$ mS/cm ตลอดระยะเวลาการเลี้ยงค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลงและใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 4 - 25) ค่าการนำไฟฟ้าจะมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับความเค็มซึ่งเป็นปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของไอออนที่ละลายในน้ำ และความกระด้างของน้ำซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงปริมาณไอออนในกลุ่มที่มีประจุ +2 ได้แก่ Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{2+} และ Fe^{3+} (ลาวไมย สาवरค, 2545) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

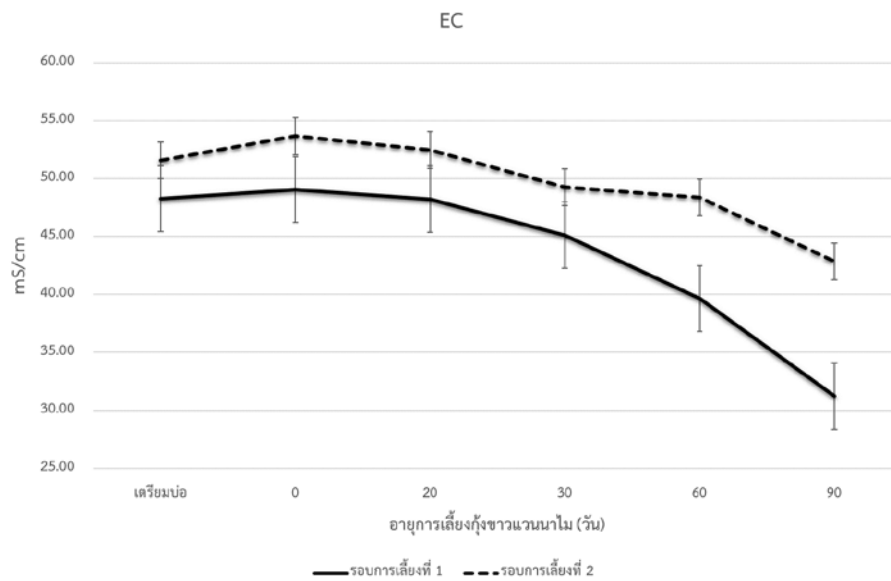
2.2.6 ความโปร่งแสงของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 รอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $44.79 \pm 17.79 - 46.58 \pm 8.20$ เซนติเมตร ความโปร่งแสงของน้ำในช่วงเริ่มต้นของการเลี้ยงส่วนใหญ่จะมีค่าตั้งแต่ 20 - 100 เซนติเมตร หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ค่าความโปร่งแสงของน้ำลดลงอย่างรวดเร็วหลังจากผ่านการเลี้ยงไปแล้ว 60 วัน และเหลือเพียง 5 เซนติเมตรในช่วงก่อนจับกุ้ง ตามปกติแล้วความโปร่งแสงที่เหมาะสมควรมีค่าอยู่ระหว่าง 25 - 50 เซนติเมตร (Brock and Main, 1994) ในกรณีที่น้ำมีความขุ่นซึ่งเกิดจากตะกอนดินหรือสารแขวนลอยที่เป็นสารอินทรีย์อาจส่งผลทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในบ่อเลี้ยงได้ (ยนต์ มุสิก, 2539) นอกจากนี้ตะกอนที่กระจายอยู่ในมวลน้ำถ้ามีมากเกินไปจะส่งผลให้กุ้งมีปัญหาเหงือกดำ หนวดกุด หางกร่อนตามมา (ชลอ ลิมสุวรรณ, 2535) เกษตรกรต้องแก้ปัญหาด้วยการเปลี่ยนถ่ายน้ำในระหว่างการเลี้ยงมากขึ้น (ชลอ และพรเลิศ, 2547) (ภาพที่ 4 - 26) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)



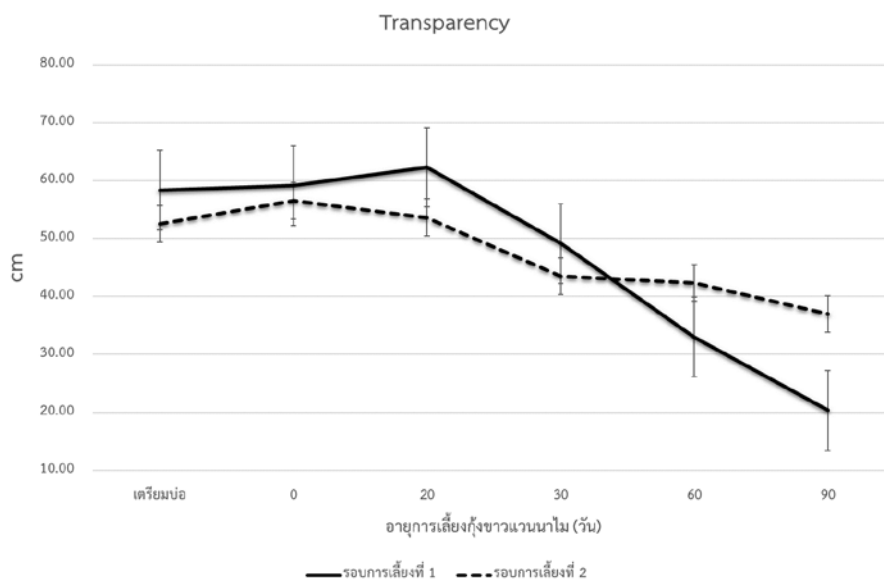
ภาพที่ 4 – 23 ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 – 24 ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 - 25 ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



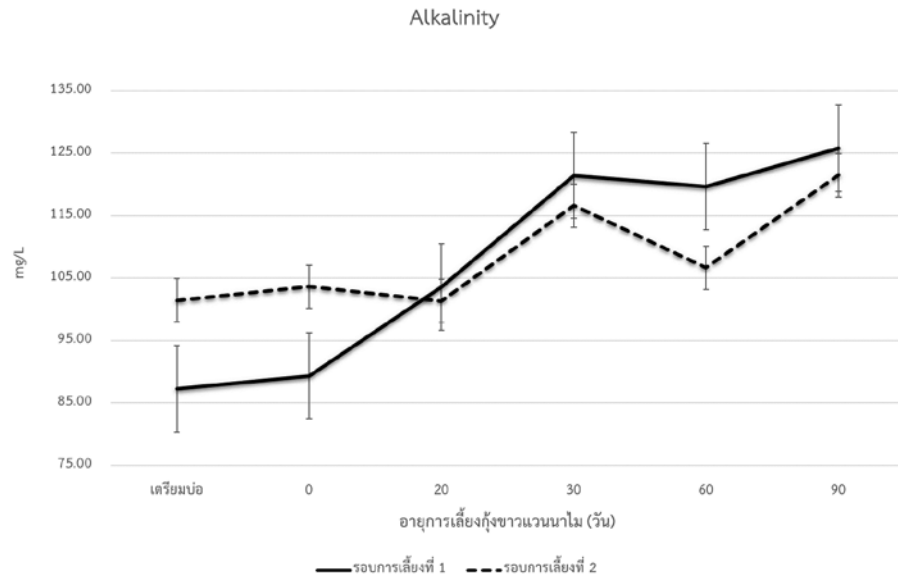
ภาพที่ 4 - 26 ความโปร่งแสงของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.2.7 ความเป็นต่างของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $109.95 \pm 8.68 - 111.97 \pm 15.18$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มความเป็นต่างของน้ำทั้งสองรอบการเลี้ยงมีค่าใกล้เคียงกัน และเหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงปลายของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 27) อย่างไรก็ตามค่าความเป็นต่างที่พบในการศึกษาครั้งนี้ถือว่า มีค่าที่สูงมากเมื่อเทียบกับค่าความเป็นต่างที่พบในการเลี้ยงกุ้งด้วยน้ำความเค็มปกติทั่ว ๆ ไป ซึ่งมักมีค่าประมาณ 130 - 180 มิลลิกรัมต่อลิตร (พจมาน เขยเดช, 2549) เนื่องจากการเลี้ยงเป็นระบบน้ำหมุนเวียน ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ยังคงเหลือในน้ำที่นำกลับมาใช้เลี้ยงใหม่ และสภาพบ่อที่มีการสะสมของซากแพลงก์ตอนพืชที่ตายในระหว่างการเลี้ยง การย่อยสลาย และการหายใจของแบคทีเรีย จึงทำให้คาร์บอนไดออกไซด์ในบ่อมากขึ้น และส่งผลให้ความเป็นต่างรวมของน้ำเพิ่มสูงขึ้นด้วย (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

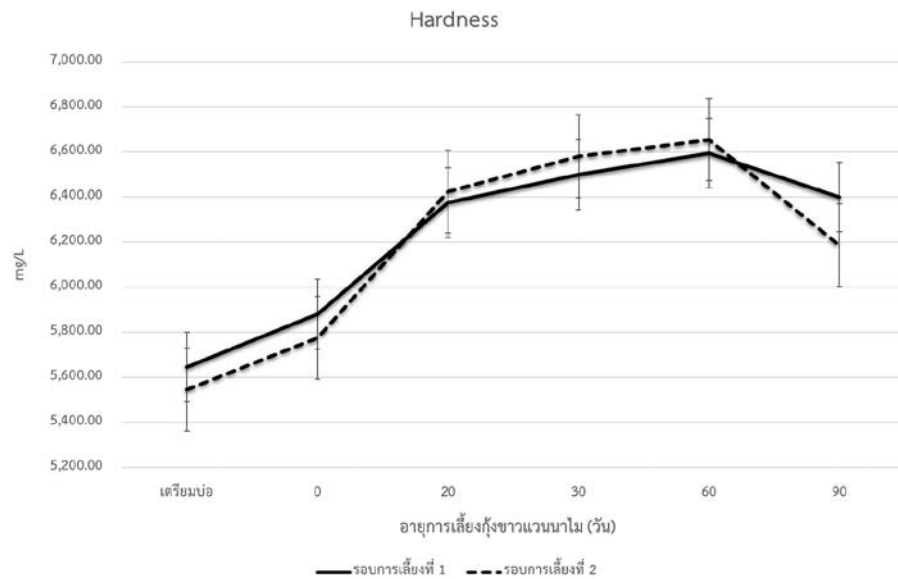
2.2.8 ความกระด้างของน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $6,323.47 \pm 355.09 - 6,348.91 \pm 276.38$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มความกระด้างของน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงการเลี้ยงที่ 20 - 30 วัน หลังจากนั้นจะลดลง และเพิ่มขึ้นอีกครั้งในช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 28) ความกระด้างของน้ำส่วนใหญ่มีค่าที่เหมาะสมต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมซึ่งในการเลี้ยงกุ้งทะเลด้วยน้ำความเค็มปกติที่ให้ผลผลิตสูง ความกระด้างของน้ำไม่ควรต่ำกว่า 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร (ชลอ และคณะ, 2547) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

2.2.9 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $0.11 \pm 0.02 - 0.13 \pm 0.03$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณแอมโมเนียลดลงหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง และเพิ่มขึ้นเมื่อกุ้งขาวมีอายุประมาณ 60 วัน โดยมีค่าสูงสุดในช่วงวันที่ 60 - 90 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 29) อย่างไรก็ตามจะเห็นได้ว่าปริมาณแอมโมเนียรวมในน้ำส่วนใหญ่มีค่ามากกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งตามปกติแล้วปริมาณแอมโมเนียที่ปลอดภัยต่อการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมควรน้อยกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร (Boyd and Tucker, 1998; ชลอ และพรเลิศ, 2547) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

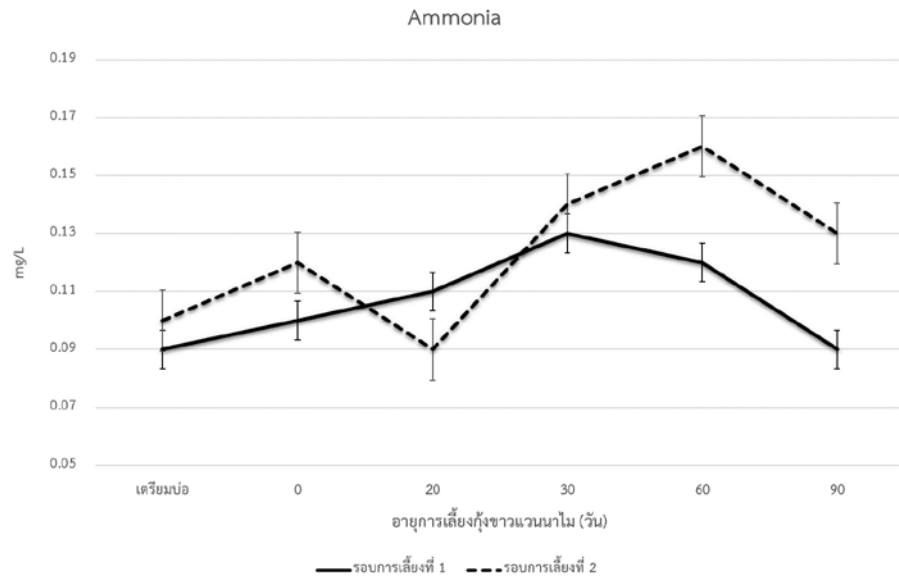
2.2.10 ปริมาณไนโตรเจนในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.03 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณไนโตรเจนจะคล้ายคลึงกับปริมาณแอมโมเนียในน้ำ คือ มีปริมาณเพิ่มขึ้นในช่วงหลังจาก 60 วันของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 30) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)



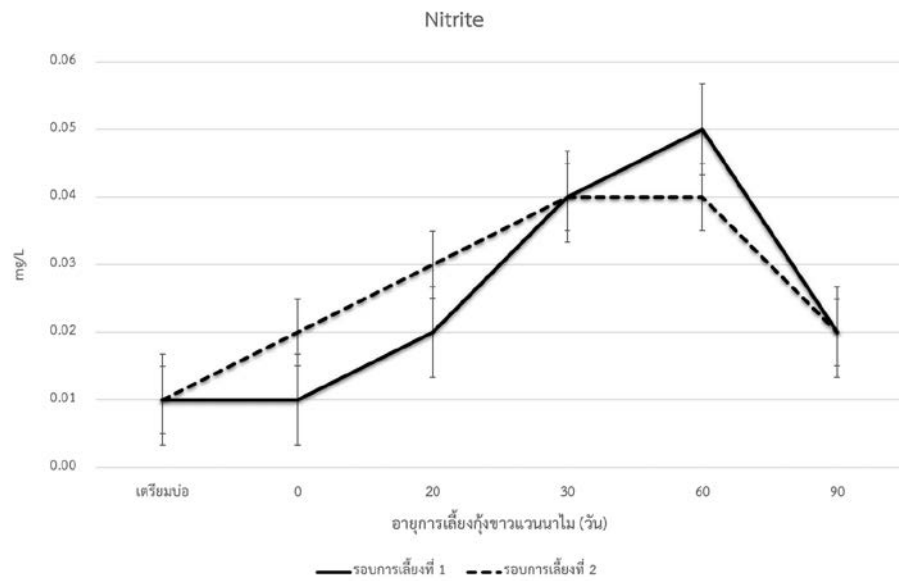
ภาพที่ 4 – 27 ความเป็นต่างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 – 28 ความกระด้างของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

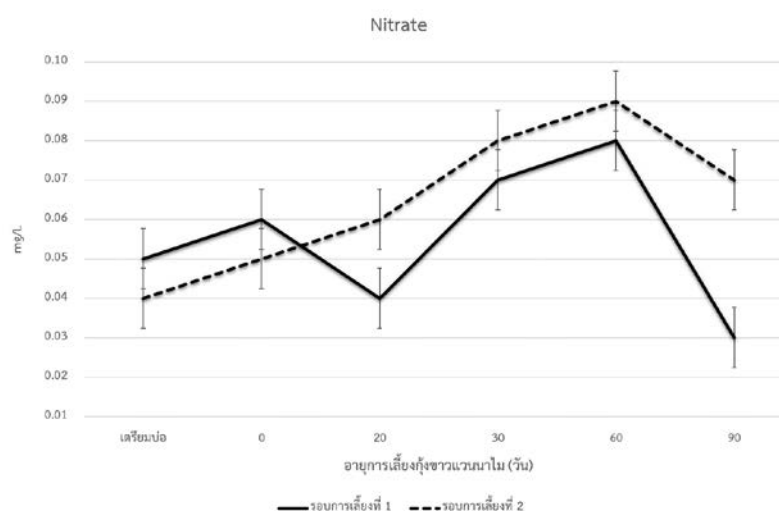


ภาพที่ 4 – 29 ปริมาณแอมโมเนียในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



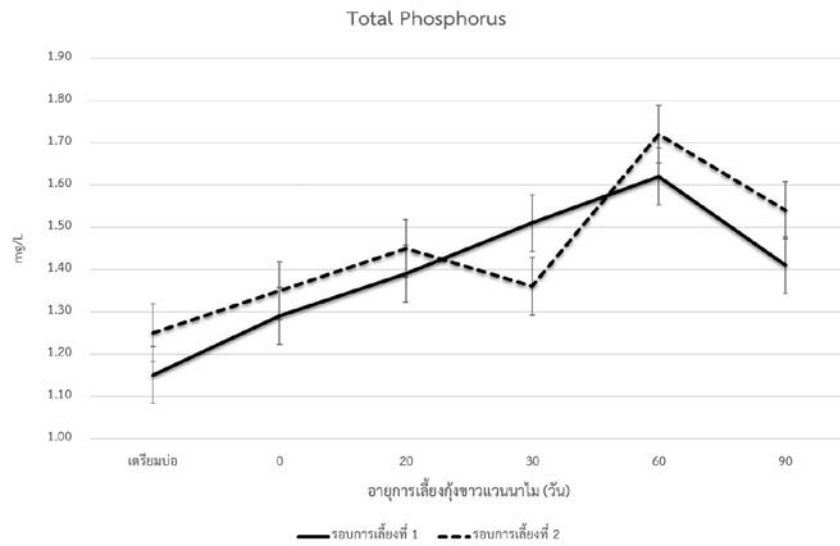
ภาพที่ 4 – 30 ปริมาณไนไตรท์ในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.2.11 ปริมาณไนเตรทในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $0.06 \pm 0.02 - 0.07 \pm 0.02$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณไนเตรทเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนตลอดระยะเวลาการเลี้ยงเพียงพอ ทำให้แอมโมเนียสามารถเปลี่ยนเป็นไนไตรท์และไนเตรทได้อย่างสมบูรณ์ (ชลอ และพรเลิศ, 2547) ทำให้มีการสะสมของไนเตรทตลอดระยะเวลาการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 31) ((ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)



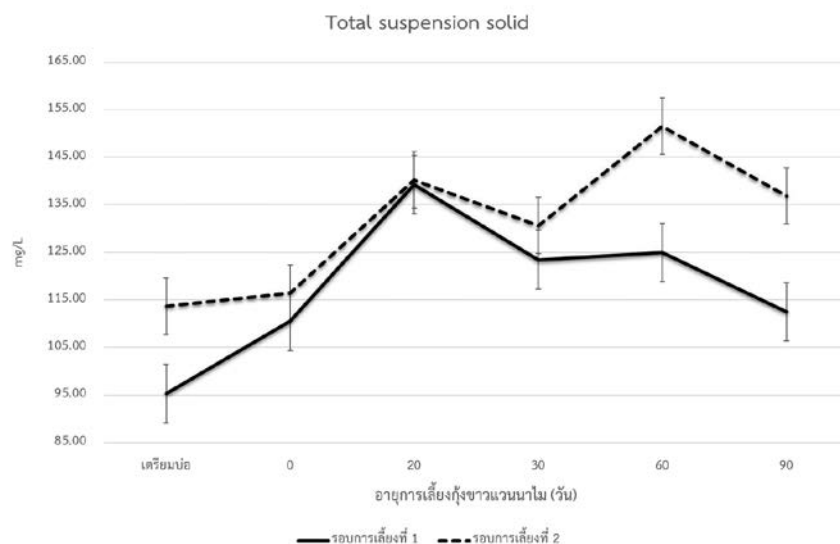
ภาพที่ 4 -31 ปริมาณไนเตรทในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.2.12 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 มีและรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $1.44 \pm 0.13 - 1.48 \pm 0.15$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณฟอสฟอรัสทั้งสองรอบการเลี้ยงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในรอบการเลี้ยงที่ 1 ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำสูงกว่าในรอบการเลี้ยงที่ 2 (ภาพที่ 4 - 32) ฟอสฟอรัสในน้ำส่วนใหญ่จะมาจากจากอาหารที่เกษตรกรให้ตลอดการเลี้ยง และจะมีปริมาณมากขึ้นในช่วงท้ายของการเลี้ยง (Burford and Lorenzen, 2004; Paerl and Tucker, 1995) ฟอสฟอรัสจะสะสมอยู่ในดินตะกอนพื้นบ่อ (Funge-Smith and Briggs, 1998) และละลายขึ้นสู่ผิวน้ำ สุดท้ายจะถูกแพลงก์ตอนพืชใช้ในการเจริญเติบโต (Boyd and Tucker, 1998) การตากบ่อ ไถพรวนเพื่อเปิดหน้าดินอย่างน้อย 10 เซนติเมตรจะทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สะสมในดินลดลง (Seo and Boyd, 2001) และลดปริมาณการละลายฟอสฟอรัสจากดินสู่ผิวน้ำในช่วงเตรียมบ่อ ทำให้เกษตรกรสามารถควบคุมการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชในช่วงแรกของการเลี้ยงได้ เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารจำกัดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืชภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (Kaplan et al., 1986) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)



ภาพที่ 4 – 32 ปริมาณฟอสฟอรัสรวมในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

2.2.13 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 122.12 ± 11.53 – 135.15 ± 12.92 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเลี้ยง และค่อยลดลงในช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 33) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

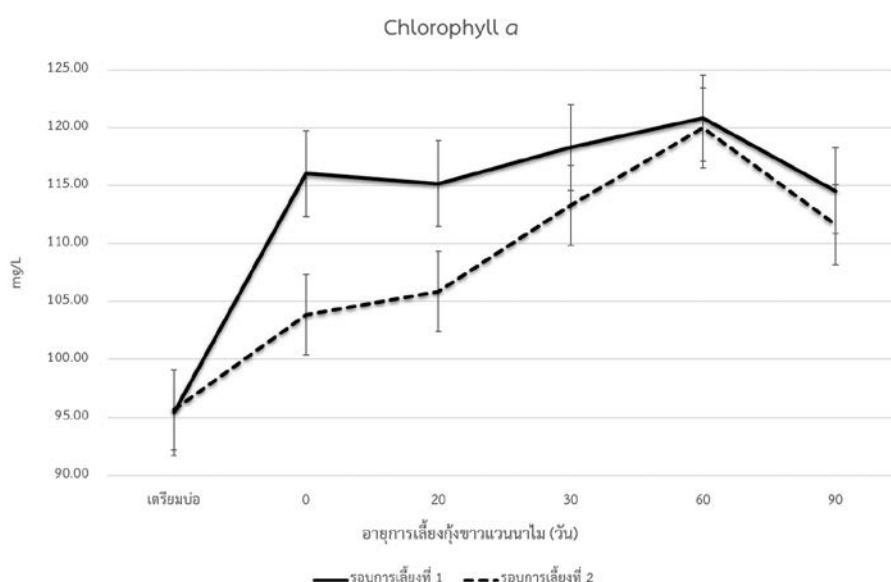


ภาพที่ 4 – 33 ปริมาณตะกอนแขวนลอยในน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

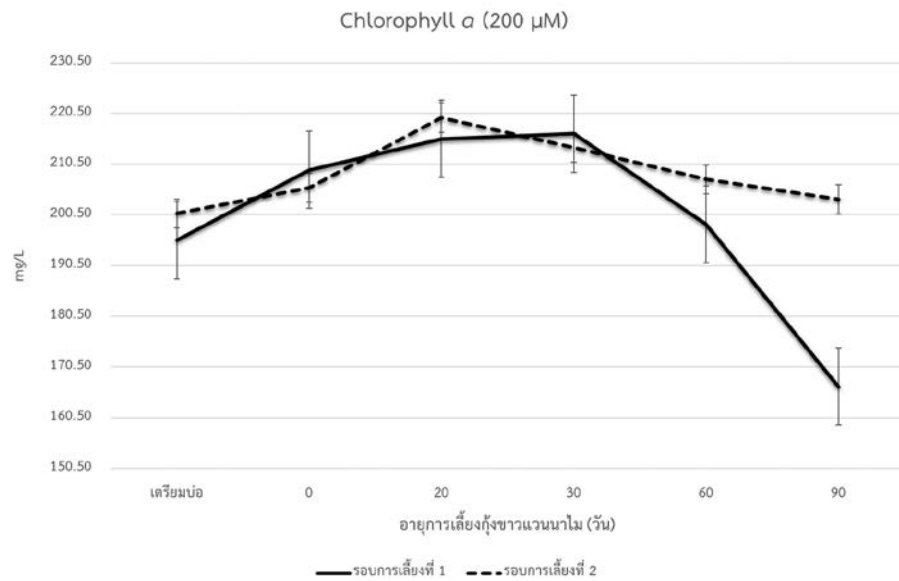
2.2.14 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $110.69 \pm 5.80 - 110.95 \pm 6.39$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ช่วงแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 120 ของการเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 34) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

2.2.15 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $201.31 \pm 20.65 - 210.06 \pm 6.56$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ช่วงแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 120 ของการเลี้ยง ซึ่งเป็นช่วงก่อนการจับ (ภาพที่ 4 - 35) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)

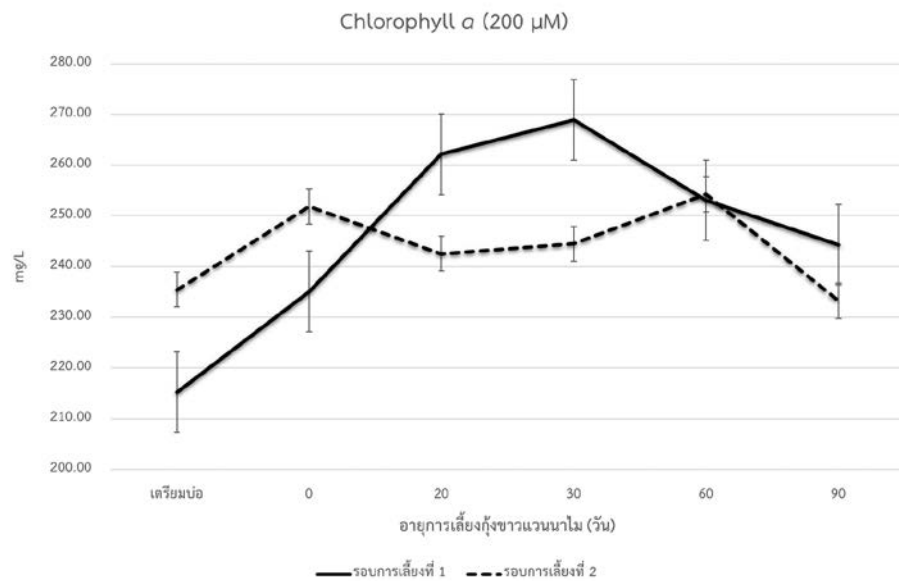
2.2.16 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) ในรอบการเลี้ยงที่ 1 และรอบการเลี้ยงที่ 2 มีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง $245.27 \pm 8.34 - 252.69 \pm 13.53$ มิลลิกรัมต่อลิตร แนวโน้มปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) มีการเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ช่วงแรกปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วง 20 วันแรกของการเลี้ยง และลดลงในวันที่ 90 ของการเลี้ยง (ภาพที่ 4 - 36) (ตารางที่ 4 - 15 และ 4 - 16)



ภาพที่ 4 - 34 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 -35 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (200 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติรอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2



ภาพที่ 4 - 36 ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ (20 ไมโครเมตร) ในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติ รอบการเลี้ยงที่ 1 และ 2

ตารางที่ 4 - 15 คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 1

คุณภาพน้ำ	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย
		0	20	30	60	90	
pH	8.00±0.11	8.20±0.21	7.90±0.09	8.10±0.04	7.90±0.07	7.85±0.12	7.99±0.15
Temperature (°C)	30.25±1.02	30.30±2.01	31.20±0.04	30.50±0.09	29.50±0.01	28.50±0.04	30.00±1.03
Salinity (psu)	30.50±1.02	30.50±1.03	32.10±1.04	31.25±1.06	30.25±1.07	29.35±1.06	30.69±1.04
Do (mg/L)	8.85±1.22	8.95±1.12	9.53±1.45	7.65±1.36	6.95±1.24	6.35±1.11	7.89±1.33
Ec (ms/cm)	48.25±6.56	49.05±4.23	48.23±3.42	45.13±2.63	39.65±3.45	31.23±4.12	42.66±7.38
Transparency (cm)	58.35±12.36	59.12±13.25	62.30±14.75	49.15±16.10	33.02±15.23	20.36±10.36	44.79±17.79
Alkalinity (mg/L)	87.25±0.90	89.36±0.42	103.56±0.76	121.45±0.86	119.68±0.32	125.78±0.45	111.97±15.18
Hardness (mg/L)	5,645.25±136.53	5,879.45±245.69	6,375.12±235.64	6,498.12±245.36	6,593.33±295.36	6,398.52±271.36	6,348.91±276.38
Ammonia (mg/L)	0.09±0.01	0.10±0.03	0.11±0.01	0.13±0.04	0.12±0.05	0.09±0.01	0.11±0.02
Nitrite (mg/L)	0.01±0.01	0.01±0.00	0.02±0.01	0.04±0.02	0.05±0.03	0.02±0.04	0.03±0.02
Nitrate (mg/L)	0.05±0.06	0.06±0.03	0.04±0.01	0.07±0.02	0.08±0.04	0.03±0.01	0.06±0.02
Total Phosphorus (mg/L)	1.15±0.11	1.29±0.13	1.39±0.14	1.51±0.12	1.62±0.09	1.41±0.04	1.44±0.13
Total suspension solid (mg/L)	95.25±0.15	110.50±0.95	139.25±0.84	123.46±0.73	124.93±1.12	112.44±14.36	122.12±11.53
Total Chlorophyll a (mg/L)	95.45±0.47	108.69±0.86	106.80±4.56	114.65±6.36	118.64±7.45	104.65±8.36	110.69±5.80
200 µM Chlorophyll a (mg/L)	195.45±19.25	209.36±23.54	215.47±22.03	216.48±22.75	198.63±21.36	166.62±19.14	201.31±20.65
20 µM Chlorophyll a (mg/L)	215.25±11.36	235.07±10.52	262.13±0.74	268.88±0.89	253.06±0.45	244.29±0.33	252.69±13.53

ตารางที่ 4 - 16 คุณภาพน้ำในระยะเตรียมบ่อและหลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยง ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี รอบการเลี้ยงที่ 2

คุณภาพน้ำ	เตรียมบ่อ	อายุกุ้งขาวแวนนาไม (วัน)					เฉลี่ย
		0	20	30	60	90	
pH	7.85±0.14	7.95±0.26	8.10±0.12	8.15±0.11	7.65±0.23	7.55±0.14	7.88±0.27
Temperature (°C)	30.45±1.72	31.25±0.10	30.15±0.96	30.45±1.45	28.95±2.01	27.75±1.36	29.71±1.37
Salinity (psu)	31.00±0.01	31.25±0.02	31.75±0.03	30.65±0.05	30.45±0.08	29.65±0.10	30.75±0.08
Do (mg/L)	8.55±0.12	8.75±0.26	9.55±0.21	7.85±0.19	7.25±0.53	7.65±0.96	8.21±0.93
Ec (ms/cm)	51.56±2.33	53.65±3.10	52.45±3.65	49.25±2.45	48.37±2.85	42.85±2.90	49.31±4.22
Transparency (cm)	52.25±5.35	56.53±4.52	53.63±4.56	43.45±3.75	42.35±2.89	36.95±5.79	46.58±8.20
Alkalinity (mg/L)	101.45±3.65	103.63±2.63	101.36±5.36	116.59±4.12	106.68±8.23	121.47±7.45	109.95±8.68
Hardness (mg/L)	5,545.25±275.23	5,775.32±280.02	6,423.12±206.56	6,579.36±245.36	6,654.21±533.12	6,185.36±442.52	6,323.47±355.09
Ammonia (mg/L)	0.10±0.01	0.12±0.02	0.09±0.01	0.14±0.04	0.16±0.01	0.13±0.02	0.13±0.03
Nitrite (mg/L)	0.01±0.00	0.02±0.03	0.03±0.01	0.04±0.02	0.04±0.01	0.02±0.00	0.03±0.01
Nitrate (mg/L)	0.04±0.02	0.05±0.03	0.06±0.02	0.08±0.01	0.09±0.03	0.07±0.01	0.07±0.02
Total Phosphorus (mg/L)	1.25±0.12	1.35±0.11	1.45±0.12	1.36±0.21	1.72±0.14	1.54±0.16	1.48±0.15
Total suspension solid (mg/L)	113.65±16.23	116.44±9.63	140.25±9.64	130.66±8.75	151.54±4.78	136.86±11.36	135.15±12.92
Total Chlorophyll a (mg/L)	95.65±3.21	103.87±3.65	105.88±2.56	113.29±4.86	119.97±6.95	111.61±9.14	110.92±6.39
200 µM Chlorophyll a (mg/L)	200.75±2.56	205.84±4.12	219.64±4.56	213.77±6.75	207.47±7.61	203.56±4.54	210.06±6.56
20 µM Chlorophyll a (mg/L)	235.45±4.75	251.85±3.48	242.52±6.35	244.48±7.86	254.27±8.23	233.21±9.14	245.27±8.34

3. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ Heterotrophic picoplankton และ Autotrophic picoplankton ต่อคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วย ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา และน้ำความเค็มสูงในจังหวัดจันทบุรี

3.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ Heterotrophic bacteria และ Autotrophic bacteria ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนต่อคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในพื้นที่และปริมาณแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณตะกอนแขวนลอย ปริมาณแอมโมเนีย ปริมาณไนโตรเจนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ แล้วก็มีความสัมพันธ์กับปริมาณไนเตรท และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4 - 18) ซึ่งตามปกติแล้วเมื่อตะกอนแขวนลอยเพิ่มมากขึ้นจะบดบังแสง ทำให้แพลงก์ตอนพืชไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ แต่การศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชภายในบ่อมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง ซึ่งมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณตะกอนแขวนลอยที่เพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจจะมาจากการให้อาหารที่มากเกินไป โดยดูได้จากปริมาณไนเตรทในน้ำที่สะสมอยู่ในระบบการเลี้ยง ทำให้แพลงก์ตอนพืชยังสามารถเจริญเติบโตได้ดีทั้งในสภาพที่มีปริมาณตะกอนแขวนลอยมาก

โดยตะกอนแขวนลอย คือกลุ่มสารที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 10^{-4} เซนติเมตร ซึ่งจะลอยกระจายตัวในตัวกลางอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้เกิดสีน้ำและขุ่น แหล่งที่มาของตะกอนและสารแขวนลอยจะเกิดจากการชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) เป็นกระบวนการที่เกิดจากแรงน้ำแรงลม แรงโน้มถ่วงโลกที่ทำให้อนุภาคบนผิวดินแตกกระจายออกจากกัน (สมเจตน์ จันทวัฒน์, 2526) สำหรับตะกอนในบ่อเลี้ยงจะเกิดจากการกัดเซาะของกระแส น้ำ เนื่องจากเครื่องให้อากาศ 88 - 93 เปอร์เซ็นต์ (Funge-Smith and Briggs, 1998) สารแขวนลอยทั้งหมดในน้ำแบ่งออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ของแข็งที่ตกตะกอนและของแข็งที่แขวนลอย (Total suspension solid) ส่วนที่สองเป็นสารแขวนลอยทั้งหมดที่ละลายน้ำ (Total dissolved solids) ได้แก่ เกลืออนินทรีย์ต่าง ๆ เช่น NaCl, Na_2CO_3 และส่วนที่เป็นอินทรีย์สาร เช่น แป้ง น้ำตาล กรดอะมิโน และวิตามินบางชนิด (ณัฐกร ประดิษฐ์สรรรพ์, 2543) ความขุ่นของน้ำจะจำกัดปริมาณแสงที่ผ่านลงไปใต้น้ำ ซึ่งในบ่อเลี้ยง ความขุ่นจะเกิดจากปัจจัยสำคัญสองประการ คือ การเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืช และอนุภาคดินแขวนลอย

จากกระบวนการนี้จะทำให้เกิดการสะสมของตะกอนและทำให้เกิดการตื้นเขิน (Boyd, 1989) ในแหล่งน้ำที่ให้ผลผลิตทางการประมงที่ดีควรมีปริมาณสารแขวนลอยอยู่ในช่วง 25 - 80 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่ถ้าอยู่ในช่วงระหว่าง 80 - 400 มิลลิกรัมต่อลิตรจะให้ผลผลิตลดลง และถ้ามากเกินไป 400 มิลลิกรัมต่อลิตรขึ้นไปจะเลี้ยงปลาไม่ได้ (ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจากรุวรรณ สมศิริ, 2528)

สำหรับ Heterotrophic bacteria มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความเป็นต่างของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ แต่แปรผกผันกับความเค็ม ค่าความโปร่งแสงของน้ำ และค่าออกซิเจนละลายรวมของน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ และยังสัมพันธ์กับปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าการนำกระแสไฟฟ้าของน้ำ แต่เป็นไปในทิศทางตรงข้ามอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4 - 18)

สำหรับ Autotrophic bacteria มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณไนโตรเจนในน้ำ และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่แปรผกผันกับค่าความโปร่งแสงของน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4 - 18)

สำหรับ Nanoplankton มีความสัมพันธ์กับความเค็ม ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และค่าออกซิเจนละลายรวมของน้ำ ในทิศทางตรงข้าม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4 - 18)

3.2 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ Heterotrophic bacteria และ Autotrophic bacteria ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนต่อคุณภาพน้ำภายในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนโดยรวมในพื้นที่ ปริมาณแพลงก์ตอนพืช และปริมาณแพลงก์ตอนสัตว์มีความสัมพันธ์กับปัจจัยธาตุอาหาร แต่มีการแปรผกผันกับค่าพีเอชของน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และค่าความเค็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4 - 19) ซึ่งความสัมพันธ์ข้างต้นสอดคล้องกับการศึกษาของพัชริดา เหมมัน (2543) กล่าวว่า pH มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับ pH น้ำ เมื่อแพลงก์ตอนพืชสังเคราะห์แสง จะใช้คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำทำให้ pH ของน้ำเพิ่มขึ้น ดังสมการ



สำหรับ Heterotrophic bacteria และ Autotrophic bacteria มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับค่าการนำไฟฟ้าของน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4 - 19)

สำหรับ Nanoplankton มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับค่าความกระด้างของน้ำ ปริมาณแอมโมเนีย และปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ ในน้ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ แต่มีความสัมพันธ์กับความเค็มในทิศทางตรงข้าม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4 - 19)

ตารางที่ 4 - 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ Heterotrophic picoplankton และ Autotrophic picoplankton ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ จังหวัดฉะเชิงเทรา

คุณภาพน้ำ	ปริมาณแพลงก์ตอน (Unit cell/L)					
	Total plankton	Phytoplankton	Zooplankton	Heterotrophic picoplankton	Autotrophic picoplankton	Nanoplankton
pH	1	1.000**	.225	.106	.289	-.355
Temperature (°C)	1.000**	1	.201	.107	.281	-.350
Salinity (psu)	.225	.201	1	-.005	.402	-.297
Do (mg/L)	.106	.107	-.005	1	.689*	.648*
Ec (ms/cm)	.289	.281	.402	.689*	1	.210
Transparency (cm)	-.355	-.350	-.297	.648*	.210	1
Alkalinity (mg/L)	-.251	-.255	.103	.051	.135	-.093
Hardness (mg/L)	.272	.262	.453	.228	.488	-.395
Ammonia (mg/L)	.110	.107	.135	-.822**	-.441	-.717**
Nitrite (mg/L)	.314	.308	.305	-.659*	-.145	-.797**
Nitrate (mg/L)	-.341	-.346	.151	-.680*	-.469	-.476
Total Phosphorus (mg/L)	-.205	-.209	.122	-.840**	-.609*	-.575
Total suspension solid (mg/L)	.049	.049	.014	.650*	.232	.561
Total Chlorophyll <i>a</i> (mg/L)	-.408	-.407	-.147	-.546	-.567	.158
Chlorophyll <i>a</i> (200 µM) (mg/L)	.741**	.741**	.138	.345	.532	-.208
Chlorophyll <i>a</i> (20 µM) (mg/L)	.759**	.757**	.237	.377	.666*	-.072

หมายเหตุ : * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

** แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ($P < 0.01$)

ตารางที่ 4 - 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแพลงก์ตอนพืช แพลงก์ตอนสัตว์ Heterotrophic picoplankton และ Autotrophic picoplankton ต่อคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม ในพื้นที่ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มปกติ จังหวัดจันทบุรี

คุณภาพน้ำ	ปริมาณแพลงก์ตอน (Unit cell/L)					
	Total plankton	Phytoplankton	Zooplankton	Heterotrophic picoplankton	Autotrophic picoplankton	Nanoplankton
pH	1	1.000**	.679*	-.072	-.224	.287
Temperature (°C)	1.000**	1	.668*	-.080	-.214	.289
Salinity (psu)	.679*	.668*	1	.338	-.661*	.062
Do (mg/L)	-.072	-.080	.338	1	.051	-.053
Ec (ms/cm)	-.224	-.214	-.661*	.051	1	.245
Transparency (cm)	.287	.289	.062	-.053	.245	1
Alkalinity (mg/L)	-.604*	-.600*	-.599*	.024	.223	-.207
Hardness (mg/L)	-.615*	-.612*	-.529	.407	.508	-.248
Ammonia (mg/L)	-.370	-.368	-.330	.297	.376	-.325
Nitrite (mg/L)	-.278	-.278	-.213	.302	.278	-.667*
Nitrate (mg/L)	-.259	-.265	.121	.676*	-.021	-.534
Total Phosphorus (mg/L)	-.361	-.361	-.266	.561	.445	-.478
Total suspension solid (mg/L)	.527	.529	.254	-.370	-.265	.608
Total Chlorophyll <i>a</i> (mg/L)	.282	.282	.154	-.313	-.054	.710*
Chlorophyll <i>a</i> (200 µM) (mg/L)	.442	.436	.600*	.477	-.141	.656*
Chlorophyll <i>a</i> (20 µM) (mg/L)	.138	.138	.105	-.121	-.015	.601

หมายเหตุ : * แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

** แสดงความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % ($P < 0.01$)

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการศึกษา และสรุปผลการศึกษา

บทบาทของนาโนแพลงก์ตอน และฟิโคแพลงก์ตอนในระบบนิเวศจัดเป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ (Sigeo, 2005) ฟิโคแพลงก์ตอนเป็นกลุ่มของแบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินสามารถเจริญเติบโตได้ไวโดยเฉพาะในน้ำจืด ฟิโคแพลงก์ตอนส่วนใหญ่จะเป็นอาหารของโรติเฟอร์ขนาดเล็ก โปรโตซัว และครัสเตเชียนที่มีรูปแบบการกรองกินจากมวลน้ำ ฟิโคแพลงก์ตอนยังรวมถึงไวรัสบางกลุ่มที่อาจทำให้เกิดโรคในสัตว์น้ำได้ นาโนแพลงก์ตอนเป็นกลุ่มยูคาริโอตเซลล์เซลล์เดียว และมีหนวด (flagellate) และเป็นอาหารของไมโครแพลงก์ตอน และแมคโครแพลงก์ตอน แพลงก์ตอนกลุ่มนี้จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูง และเป็นกลุ่มหลักที่ทำให้เกิดการบลูม หรือสะพรังของแพลงก์ตอน (Sigeo, 2005) ฟิโคแพลงก์ตอนยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ autotrophic bacteria และ heterotrophic bacteria ซึ่ง autotrophic bacteria เป็นแบคทีเรียกลุ่มที่สังเคราะห์คาร์บอนไดออกไซด์ในน้ำมาใช้ ร่วมกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ซึ่งเป็นกลุ่มแพลงก์ตอนและแบคทีเรียที่เป็นผู้ผลิตเบื้องต้นของแหล่งน้ำ

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตลอดระยะเวลาการเลี้ยง และปริมาณของแพลงก์ตอนพืชมีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำในทิศทางเดียวกับธาตุอาหาร ได้แก่ แอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท ฟอสฟอรัส ตะกอนแขวนลอย และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในน้ำ ซึ่งธาตุอาหารเหล่านี้จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช (Funge-Smith and Briggs, 1998) ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช ส่วนใหญ่แพลงก์ตอนจะใช้ยูเรีย แอมโมเนียมไอออน และไนเตรทเป็นแหล่งไนโตรเจนในการเจริญเติบโต ส่วนไนโตรเจนจะมีความเป็นพิษเมื่อมีความเข้มข้นสูง (Morris, 1974) แพลงก์ตอนชนิดเด่นที่พบระหว่างการเลี้ยง ได้แก่ *Anabaena* และ *Oscillatoria* ซึ่งเป็น Cyanobacteria ในขณะที่กลุ่ม flagellate พบตลอดการเลี้ยง ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของนาโนแพลงก์ตอนเป็นกลุ่มยูคาริโอตเซลล์ เซลล์เดียวและมีหนวด (flagella) ส่วนใหญ่เป็นอาหารของไมโครแพลงก์ตอน และแมคโครแพลงก์ตอน แพลงก์ตอนกลุ่มนี้จะมีอัตราการเจริญเติบโตสูง และเป็นกลุ่มหลักที่ทำให้เกิดการบลูม หรือสะพรังของแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำจืด (Sigeo, 2005) และกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กับปริมาณแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และตะกอนแขวนลอยในน้ำในทิศทางเดียวกัน แต่แปรผกผันกับความเค็มและออกซิเจนรวมในน้ำ สัดส่วนของ autotrophic bacteria ต่อ heterotrophic bacteria 16 - 24 ต่อ 61 - 76 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Plongon & Salaenoi (2015) ที่รายงานว่าฟิโคแพลงก์ตอนเป็นแพลงก์ตอนกลุ่มหลักที่พบในพื้นที่ที่มีการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และพบสัดส่วนของคลอโรฟิลล์ เอ ฟิโคแพลงก์ตอน และนาโนแพลงก์ตอนมีสัดส่วน

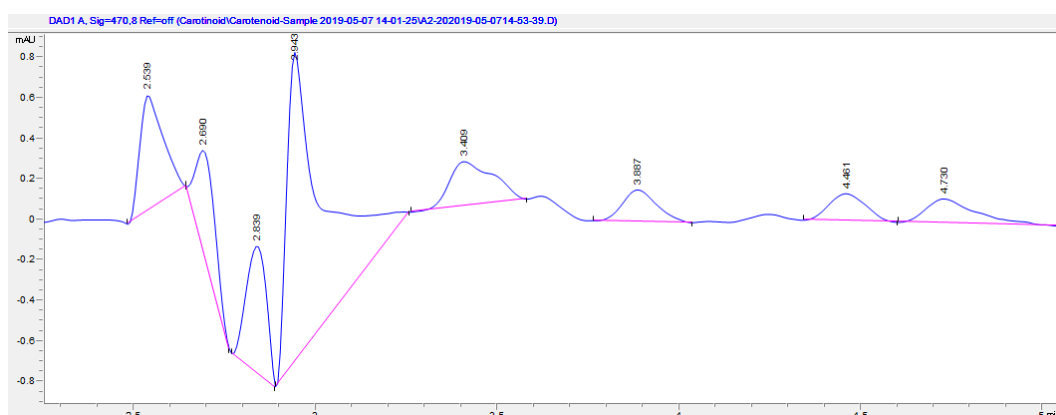
มากกว่าไมโครแพลงก์ตอน แสดงให้เห็นว่าในบ่อเลี้ยงด้วยความเค็มต่ำ heterotrophic bacteria จึงเป็นกลุ่มเด่น ซึ่งแพลงก์ตอนในกลุ่มนี้มีความสัมพันธ์กับอุณหภูมิของน้ำ และพีเอชในทิศทางเดียวกัน และแปรผันกับความเค็มของน้ำ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และค่าการนำกระแสไฟฟ้าในน้ำ (EC) และสัมพันธ์กับธาตุอาหารในน้ำ ได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท และออร์โธฟอสเฟต และปริมาณคลอโรฟิลล์รวม ซึ่งสอดคล้องกับ Sigee (2005) ที่กล่าวไว้ว่าความเข้มข้นของอิออนในน้ำ (conductivity) และความเค็มน้ำจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ heterotrophic bacteria

แพลงก์ตอนกลุ่มหลักที่พบในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มสูง พบ *Oscillatoria*, *Lyngbia* และ *Cyclotella* ซึ่งเป็นนาโนแพลงก์ตอน กลับมีความสัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์รวม และแปรผันกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณแอมโมเนียที่ละลายในน้ำ สัดส่วนของ autotrophic bacteria ต่อ heterotrophic bacteria 3 - 29 ต่อ 68 - 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในบ่อที่เลี้ยงน้ำความเค็มต่ำ heterotrophic bacteria จะสัมพันธ์กับความเข้มข้นของอิออนในน้ำ (conductivity) ในขณะที่ปริมาณธาตุอาหารสัมพันธ์กับนาโนแพลงก์ตอน และปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในน้ำ และแปรผันกับปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ แต่อย่างไรก็ตามนาโนแพลงก์ตอนมีสัดส่วนที่น้อยกว่า heterotrophic bacteria แสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงในน้ำที่มีความเค็มปกติจะเป็นตัวควบคุมประชาคมแพลงก์ตอนภายในบ่อ โดยเฉพาะนาโนแพลงก์ตอนที่มีความสัมพันธ์กับคุณภาพน้ำ

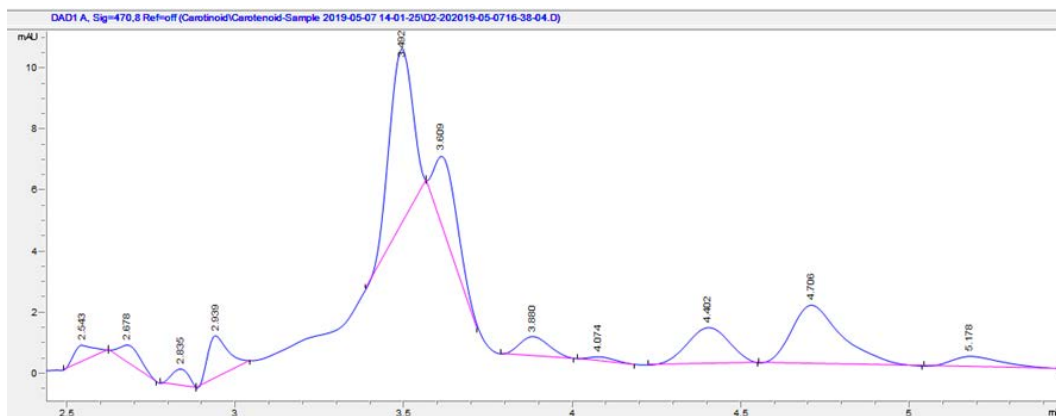
แสดงให้เห็นว่าการวัดปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมจะได้เกิดจากกลุ่มของ heterotrophic bacteria เป็นหลัก ซึ่งการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของ autotrophic bacteria heterotrophic bacteria และนาโนแพลงก์ตอนจะถูกควบคุมด้วยความเค็มของน้ำ เมื่อประชาคมของแพลงก์ตอนถูกควบคุมด้วยความเค็มจะทำให้การเปลี่ยนแปลงปริมาณเป็นไปได้ยาก ถึงแม้จะอยู่ในสภาวะที่มีธาตุอาหารมากก็ตาม

เมื่อวิเคราะห์รงควัตถุที่พบตลอดระยะเวลาการเลี้ยงด้วยวิธี High-performance liquid chromatography พบว่าตัวอย่างน้ำที่กรองด้วยถุงที่มีความถี่ตาขนาด 20 ไมโครเมตร พบไฟโคบิลิโพรตีน มีองค์ประกอบของไฟโคโรเอทริน ไฟโคไซยานิน และอัลโลไฟโคไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ช่วงเวลาที่ 2.5 - 3.5) แล้วยังพบกลุ่ม Chlorophyllide *a* และ *b*, Chlorophylls *c1* และ *c2* และ Pheophorbide *a* ร่องลงมา ซึ่งสารประกอบเม็ดสีกลุ่มนี้พบในกลุ่ม Autotrophic bacteria (ช่วงเวลาที่ 3.5 - 4) (Wright, et. al., 1991 และ Brotas, V. & Plante-Cuny, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้างต้น (ภาพที่ 5 - 1) และคล้ายคลึงกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างแพลงก์ตอนที่กรองด้วยถุงที่มีความถี่ตาขนาด 200 ไมโครเมตร (ภาพที่ 5 - 2)

สำหรับรงควัตถุที่พบในการเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติพบว่าตัวอย่างน้ำที่กรองด้วยถุงที่มีความถี่ตาขนาด 20 ไมโครเมตร พบไฟโคบิลิโพรตีน มีองค์ประกอบของไฟโตรเอเทริน ไฟโคไซยานิน และอัลโลไฟโคไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุหลักในกลุ่มของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (ช่วงเวลาที่ 2.5 - 3.5) แล้วยังพบกลุ่ม Chlorophyllide *a* และ *b*, Chlorophylls *c1* และ *c2* และ Pheophorbide *a* รองลงมา ซึ่งสารประกอบเม็ดสีกลุ่มนี้พบในกลุ่ม Autotrophic bacteria (ช่วงเวลาที่ 3.5 - 4) (Wright, *et. al.*, 1991 และ Brotas, V. & Plante-Cuny, 1998) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้างต้น (ภาพที่ 5 - 3) และคล้ายคลึงกับผลวิเคราะห์ตัวอย่างแพลงก์ตอนที่กรองด้วยถุงที่มีความถี่ตาขนาด 200 ไมโครเมตร (ภาพที่ 5 - 4)

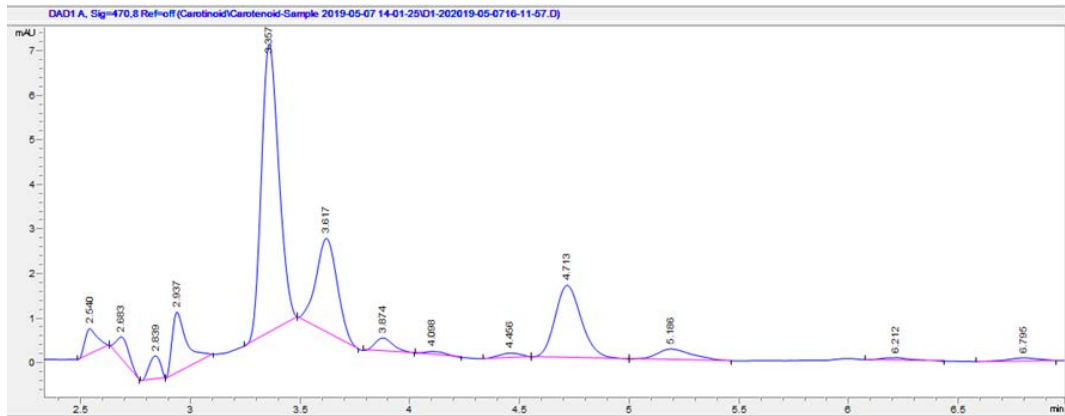


a

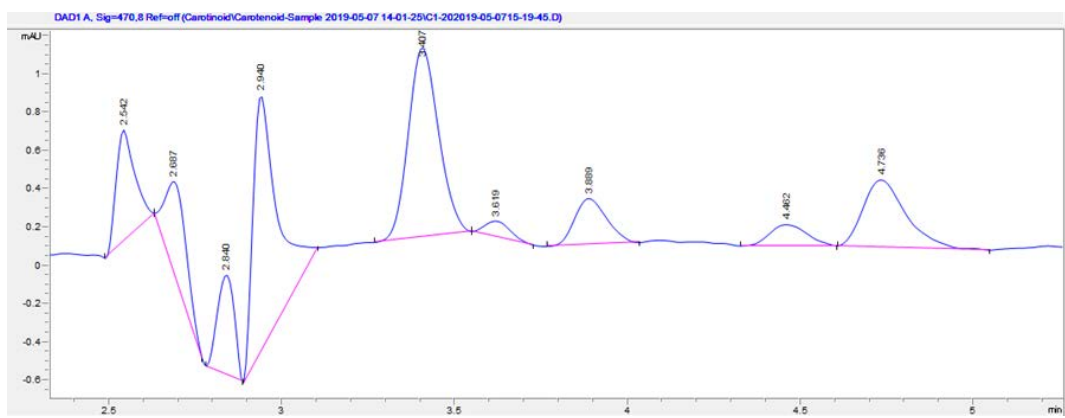


b

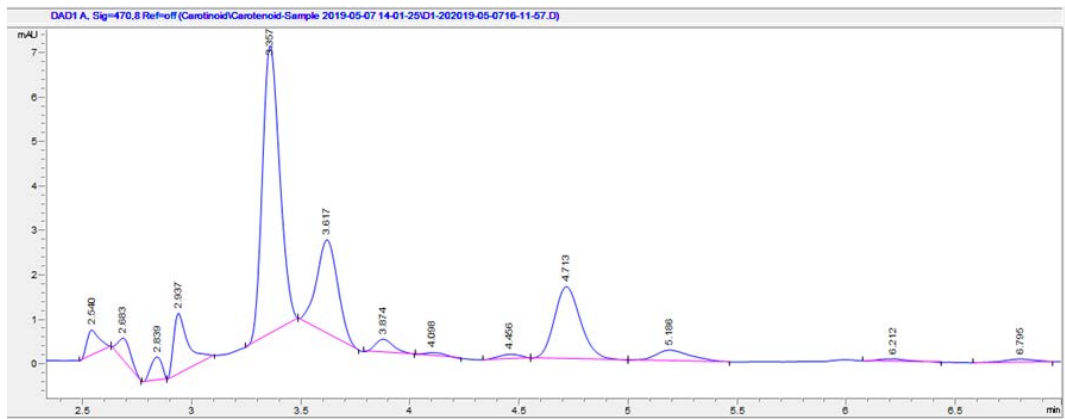
ภาพที่ 5 - 1 องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำในกลุ่มของไฟโคแพลงก์ตอน (0.2 - 2.0 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน; e หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 120 วัน



C

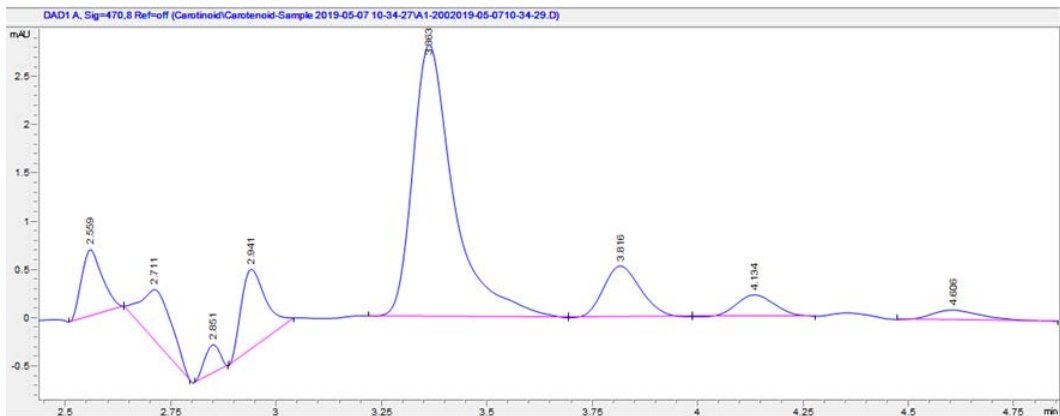


d

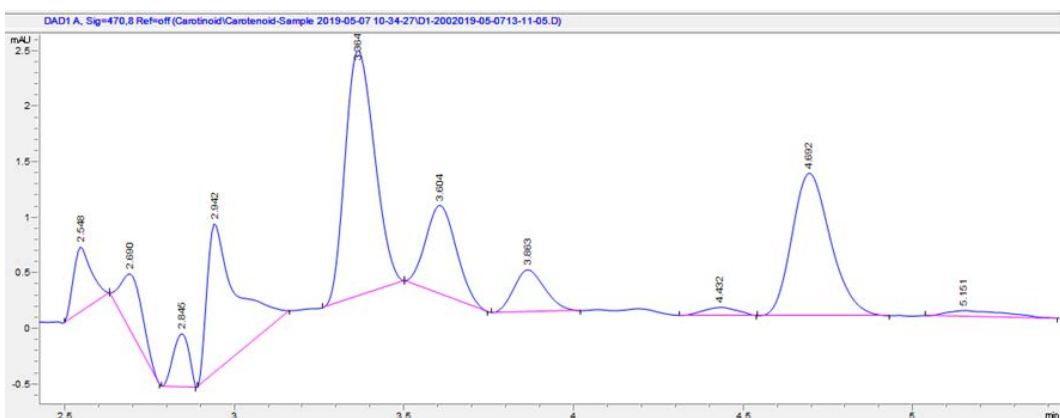


e

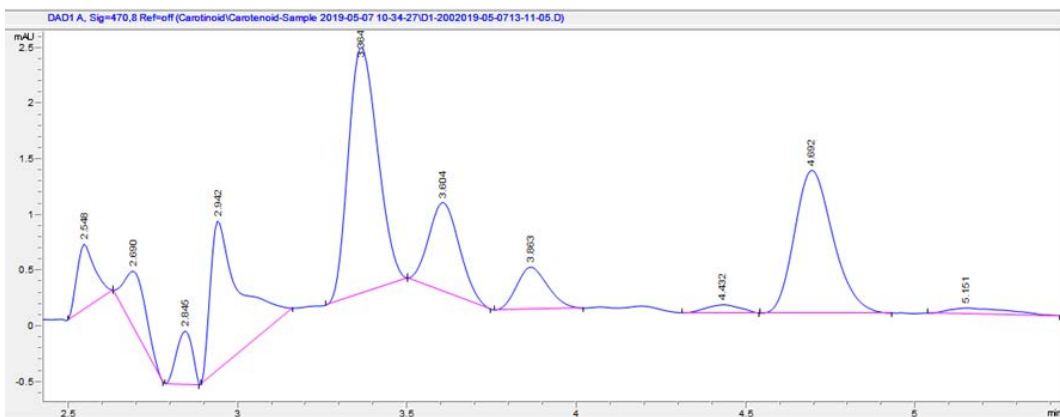
ภาพที่ 5 - 1 (ต่อ)



a

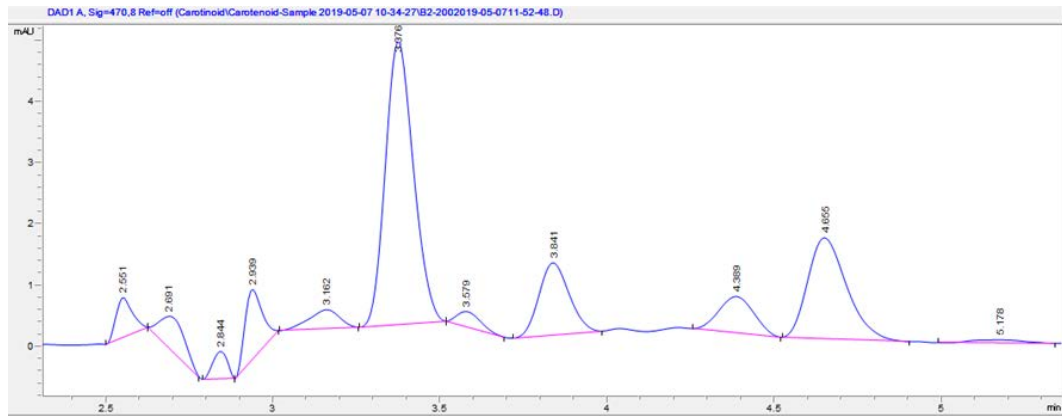


b

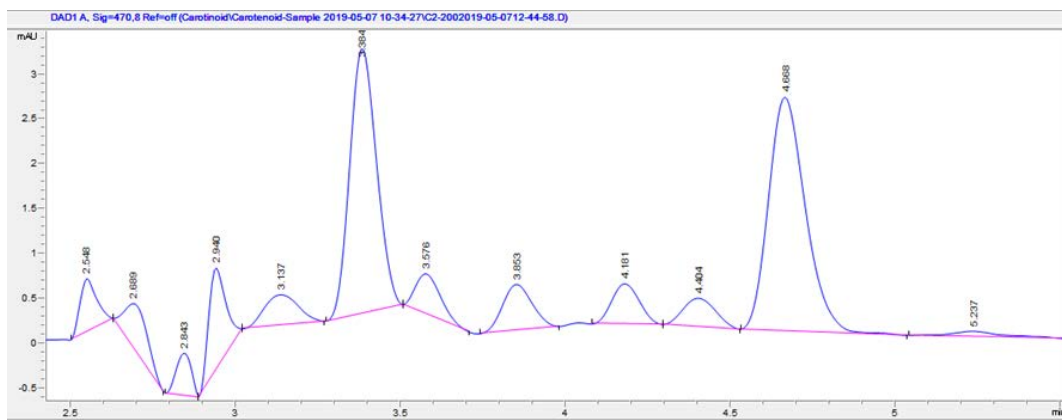


c

ภาพที่ 5 - 2 องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มต่ำในกลุ่มของนาโคแพลงก์ตอน (2.0 - 20 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน; e หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 120 วัน

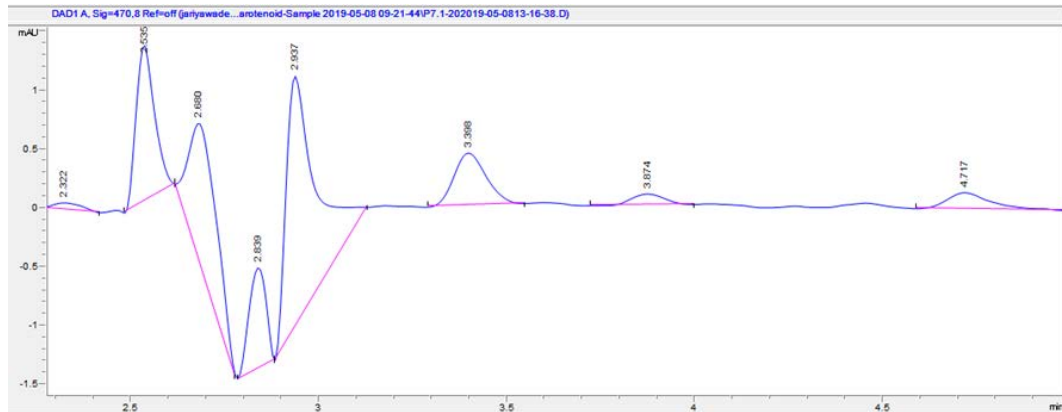


d

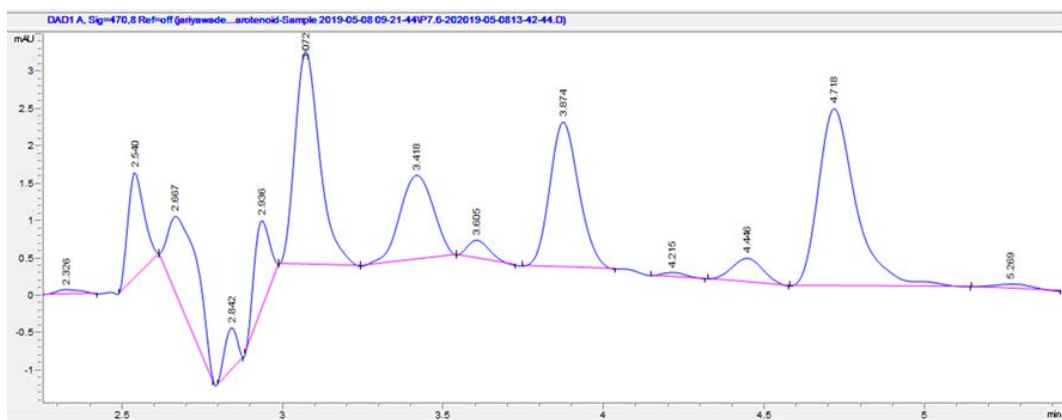


e

ภาพที่ 5 - 2 (ต่อ)

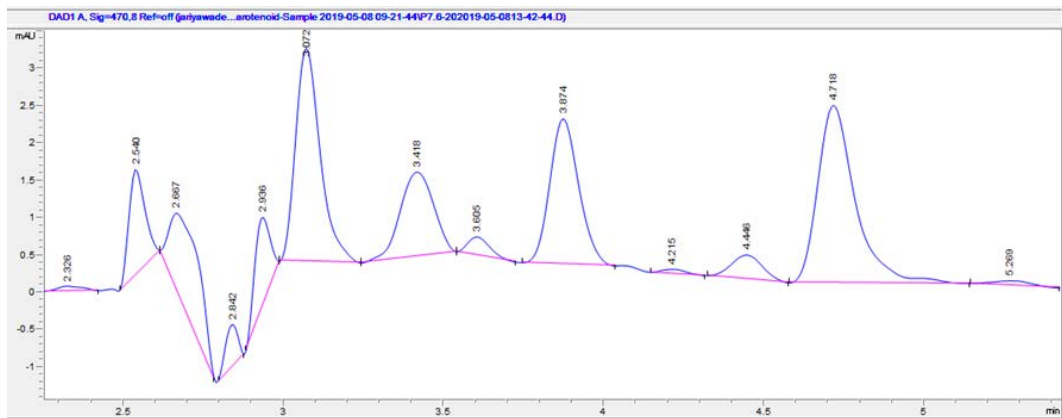


a

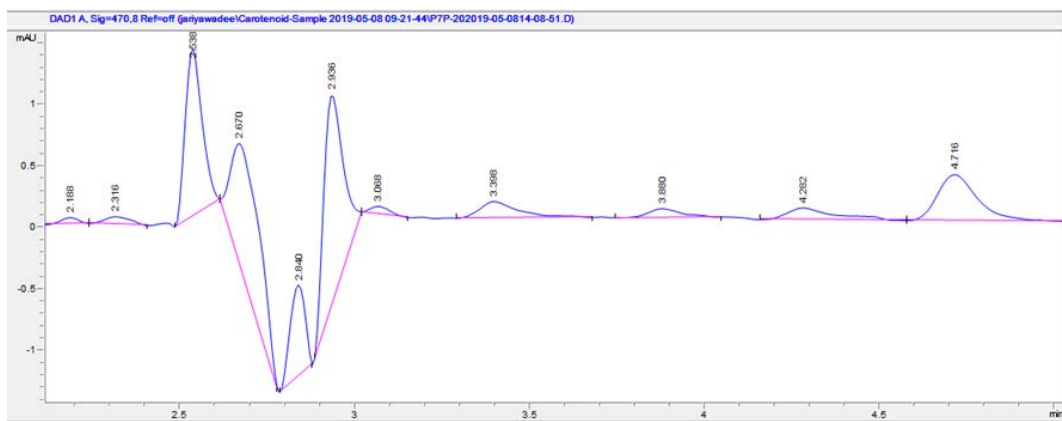


b

ภาพที่ 5 - 3 องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติในกลุ่มของพีโคแพลงก์ตอน (0.2 - 2.0 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน

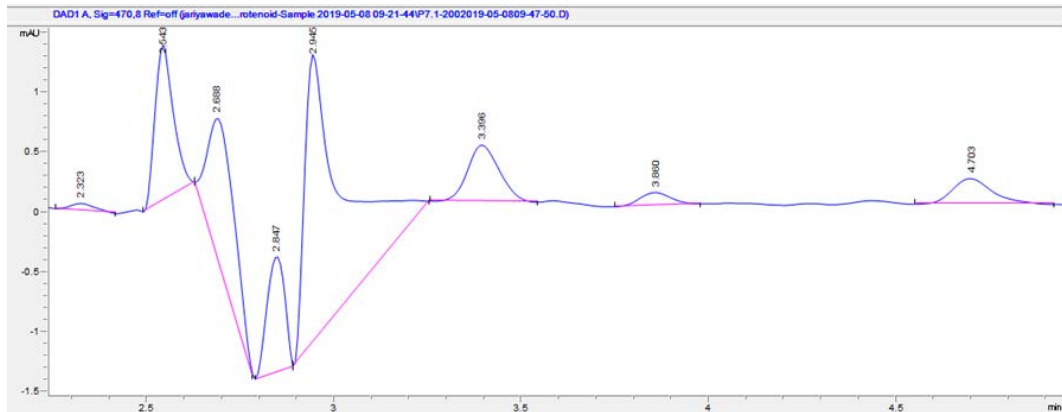


c

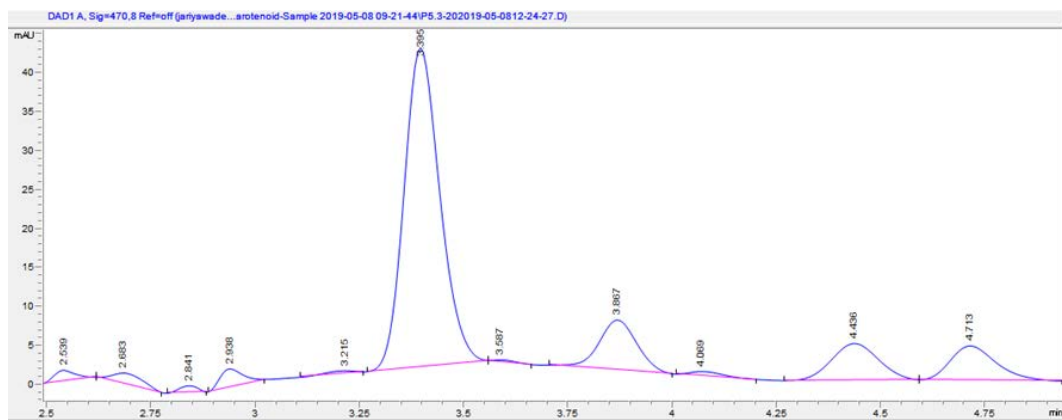


d

ภาพที่ 5 - 3 (ต่อ)

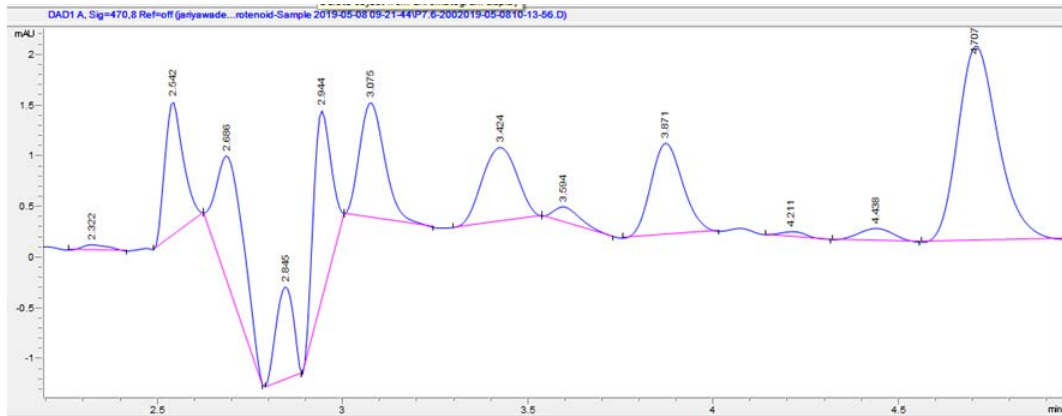


a

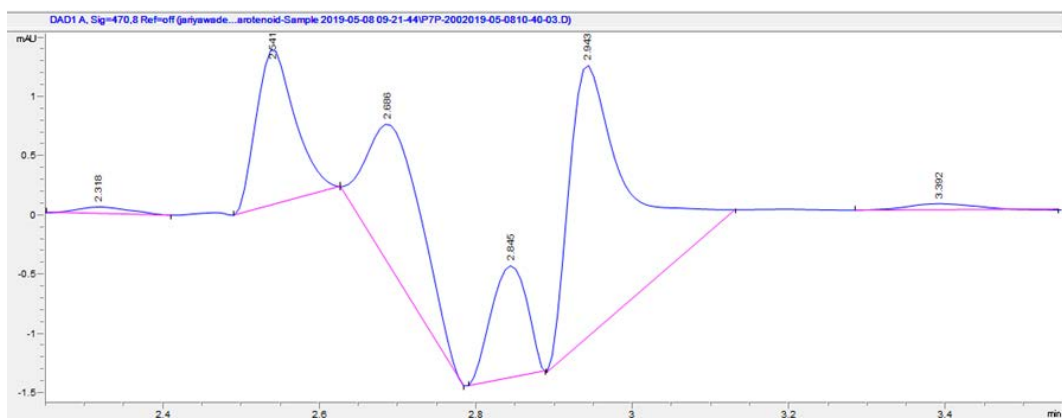


b

ภาพที่ 5 - 4 องค์ประกอบของสารสีที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไมด้วยน้ำความเค็มปกติในกลุ่มของนาโคแพลงก์ตอน (2.0 - 20 ไมโครเมตร) โดยที่ a คือ หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 20 วัน; b หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 30 วัน; c หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 60 วัน; d หลังจากปล่อยกุ้งขาวแวนนาไมลงเลี้ยงได้ 90 วัน



C



d

ภาพที่ 5 - 4 (ต่อ)

บรรณานุกรม

- จรรย์วดี สุริยพันธุ์. 2551. การศึกษาสัตว์หน้าดิน แพลงก์ตอน และสิ่งมีชีวิตอิงอาศัยในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) ร่วมกับสาหร่ายสีเขียว (*Ulva intestinalis* Linnaeus). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชลอ ลิมสุวรรณ. 2534. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ: ฐานเศรษฐกิจ.
- _____. 2535. คัมภีร์การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ฐานเศรษฐกิจ จำกัด
- _____. 2543. กุ้งไทย 2000 สู่ความยั่งยืนและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ: เจริญรัฐการพิมพ์.
- _____. , วราห์ เทพาหุดี, นิติ ชูเชิด, พรเลิศ จันทร์รัชกุล และนิธิศ ภัทรกุลชัย. 2547. การศึกษาหาระดับความเหมาะสมของอออนสำคัญที่มีต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำ, น. 268 - 279. ใน การสัมมนาเผยแพร่ผลงานวิจัย เรื่อง การวิจัยเพื่อแก้ปัญหาอุตสาหกรรมการเลี้ยงกุ้งของประเทศไทย, 28 กันยายน 2547, กรุงเทพฯ: ณ โรงแรมมิราเคิล แกรนด์
- _____. และพรเลิศ จันทร์รัชกุล. 2547. อุตสาหกรรมเพาะเลี้ยงกุ้งในประเทศไทย. สนับสนุนการจัดการพิมพ์โดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เพื่อเฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เนื่องในวโรกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 5 ธันวาคม พ.ศ.2547. กรุงเทพฯ: บริษัทเมจิก พับลิเคชั่น จำกัด.
- ณัฐกร ประดิษฐ์สรรพ์. 2543. ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำต่อการแพร่กระจายของแพลงก์ตอนในแม่น้ำเจ้าพระยา. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- บุญตริกา ทองดอนพุ่ม. 2547. ความสัมพันธ์ของคุณภาพน้ำ คุณภาพดิน ความขุกขุมของแพลงก์ตอนพืชและผลผลิตของกุ้งกุลาดำ ในระบบการเลี้ยงแบบพัฒนา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ภาคภูมิ พระประเสริฐ. 2550. สรีรวิทยาของพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.
- ธิดา เพชรมณี. 2543. ผลกระทบและการควบคุมปริมาณแพลงก์ตอนพืชที่พบในบ่อกุ้ง. เอกสารเผยแพร่กุ้งเอเชีย ปีที่ 5(10): 14 - 16.
- บพิธ จารุพันธุ์ และนันทพร จารุพันธุ์. 2549. โพรโตซัวในแหล่งน้ำจืด (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ.: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ปัทมาภรณ์ เหล่าเกียรติโสภณ. 2547. การศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอน, คุณภาพน้ำและองค์ประกอบอาหารในกระเพาะอาหารในกุ้งขาวแปซิฟิก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พจมาน เขยเดช. 2549. การศึกษาคุณภาพของกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ที่เลี้ยงด้วยน้ำความเค็มต่ำในสภาวะการเลี้ยงที่แตกต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พัชริดา เหมมัน. 2543. การศึกษาความผันแปรของคุณภาพน้ำและดิน, แพลงก์ตอนพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* FABRICIUS) ในเขตพื้นที่น้ำจืด จังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พรเทพ วิรัชวงศ์. 2538. การจัดการแพลงก์ตอนในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วรัญญา มีเดช. 2551. การเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei* boone, 1931) ร่วมกับสาหร่ายไส้ไก่ (*Ulva intestinalis* Linnaeus, 1753). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วราห์ เทพหุดี. 2534 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแพลงค์ตอนและคุณภาพน้ำในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ. กรุงเทพฯ:มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- วิเชษฐ อนันต์กิจไพบูลย์. (2540). การแพร่กระจายของคลอโรฟิลล์บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงถึงเกาะสีชังและศรีราชา. ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต, ภาควิชาวาริชศาสตร์, คณะวิทยาศาสตร์. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ไมตรี ดวงสวัสดิ์ และจรรุวรรณ สมศิริ . 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีการวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืด. กรุงเทพฯ: กรมประมง.
- ยนต์ มุสิก. 2539. คุณภาพน้ำกับกำลังผลิตของบ่อปลา. ภาควิชาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ คณะประมง, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2541. คู่มือการเลี้ยงแพลงก์ตอน. (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____. 2542. แพลงก์ตอนพืช. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- ลัดดา วงศ์รัตน์. 2543. **แพลงก์ตอนสัตว์**. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- _____. และโสภณา บุญญาภิวัฒน์. 2546. **คู่มือวิธีการเก็บและวิเคราะห์แพลงก์ตอน**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลวไมย สวาระก. 2545. **การศึกษาการใช้แร่ธาตุผสมในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ยุวดี พิรพรพิศาล. 2556. **สาหร่ายน้ำจืดในประเทศไทย** (พิมพ์ครั้งที่ 2). เชียงใหม่: ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2526. **การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่มที่ 2, หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ**. ภาควิชา ปฐพีวิทยา คณะเกษตร. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สมชาย หวังวิบูลย์กิจ. 2551. **ปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน *Oscillatoria* sp. และ *Microcystis* sp. และความสัมพันธ์ของปริมาณสาหร่ายต่อกลิ่นโคลนในกุ้งขาวแวนนาไม (*Litopenaeus vannamei*) ในบ่อเลี้ยง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- APHA AWWA and WPCF. 1995. **Standard methods for the examination of water and wastewater 19th edition**. Washington: America Public Health Association.
- Arar, E.J. and Collins, G.B. 1992. Methods 445.0: In vitro determination of chlorophyll *a* and phaeophytin *a* in marine and freshwater algae by fluorescence. In **USEPA methods for the determination of chemical substances in Marine and estuarine environmental samples**. EPA / 600 / R – 92 / 121. U.S., Ohio: Environmental protection Agency.
- Boyd, C.E. 1982. **Water Quality in Management for Fish Pond Culture**. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Scientific Publishing.
- _____. and C.S. Tucker. 1998. **Pond Aquaculture Water Quality Management**. Alabama Agricultural Experimental Station, Auburn University, AL.
- _____. 1990. **Water Quality in Pond for Aquaculture**. Alabama Agricultural Experiment Station. Alabama: Auburn University.

- Brotas, V. ,and Plante- Cuny, M. R. , 1998. Spatial and temporal patterns of micro phytobenthic taxa of estuarine tidal flats in the Tagus estuary (Portugal) using pigment analysis. **Marine Ecology Progress Series**: 171, 43 - 57
- Burford, M.A. and K.C. Williams. 2001. The fate of nitrogenous waste from shrimp feeding. **Aquaculture** 198: 79– 93.
- Burford M. A. , and Lorenzen K. , 2004. Modelling nitrogen dynamics in intensive shrimp ponds: the role of sediment remineralization. **Aquaculture**, 229: 129 - 145.
- Chiang, S. H. , Pettigrew, J. E. , Clarke, S. D. , and Cornelius, S. G. , 1989. Digestion and absorption of fish oil by neonatal piglets. **Journal of Nutrition**, 119 (11): 1741 - 1743
- Funge-Smith, S.J. and Briggs, M.R.P. 1998. Nutrient Budgets in Intensive Shrimp Ponds: Implication for Sustainability. **Aquaculture**, 164: 117 - 133.
- Hewes, C.D. and Holm-Hansen, O. 1983). A method for recovering nanoplankton from filters for identification with the microscope: The filter- transfer- freeze (FTF) technique. **Limnology Oceanography**, 28: 389 – 394
- Kana, T.M. and Glibert, P.M. (1987). Effect of irradiances up to 2000 $\mu\text{Em}^{-2} \text{s}^{-1}$ on marine *Synechococcus* WH7803.1. Growth, pigmentation, and cell composition. **Deep-Sea Research**, 34: 479 - 495.
- Kaplan, D. , Richmond, A. E. , Dubinsky, Z. and Aronson, S. 1986. Algal nutrition. In A. Richmond. (ed). **CRC Handbook of Microalgal Mass Culture**. (pp 147 - 198). Florida: CRC Press, Inc.
- Kirchman, D. , Sigda, J. , Kapuscinski, R. , and Mitchell, R. (1982). Statistical analysis of the direct count method for enumerating bacteria. **Applied and Environmental Microbiology**, 44(3): 376 - 382.
- Morris, I. 1974. Nitrogen assimilation and protein synthesis. In W. D. P Stewart. (ed.), **Algal Physiology and Biochemistry**. (pp. 115 - 125). Los Angeles: University of California Press.

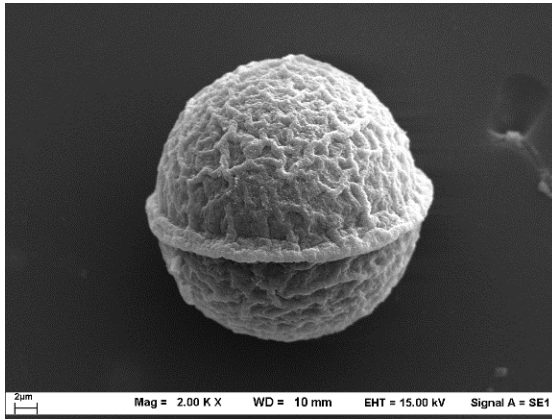
- Margalith, P. Z. 1992. **Pigment Microbiology**. London: Chapman and Hall.
- Parsons, T.R., Maita, R.Y. and Lalli, C.M. (1984). **A manual of chemical and biological methods for seawater analysis**. Oxford, England: Pergamon Press.
- Piumsomboon, A. , Tarangkoon, W. , Sao-sii, P. , Sikhanthakasamit, B. , Punnarak, P. , Paphavasit, N. and Sivaipram, I. (2004). Diversity and plankton production in mangrove plantation and pakphanang estuary, Nakorn si Thammarat province. In **Integrated Management of Mangrove Plantations for Development of Coastal Resources and Environment of Thailand**. The Thailand Research Fund (TRF).
- Plongon, B. and Salaenoi, J. 2015. Seasonal Influences Size-Fractionated Chlorophyll *a* in Aquaculture Area at Bandon Bay, Thailand. **International conference on Plant, Marine and Environment Science (PMES-2015)**. Jan.1 - 2. Malaysia: Kuala Lumpur
- Porter, K.G. and Feig, Y.S. (1980). The use of DAPI for identifying and counting aquatic microflora. **Limnology Oceanography**, 25: 943 - 948.
- Paerl, H. W. and Tucker, C. S. 1995. Ecology of blue-green algae in aquaculture ponds. **Journal of the World Aquaculture Society**, 26: 109 – 131.
- Raymont, J.E.G.1980. **Plankton and Productivity in the Oceans**. 2nd Edition. Vol. 1. Phytoplankton. London, UK: Pergamon Press Ltd.
- Seo, J. and Boyd, C. E. 2001. Effect of bottom soil management practices on water quality improvement in channel catfish *Ictalurus punctatus* ponds. **Aquacultural Engineering**, 25: 83 - 97.
- Sigee, David C. (2005) **Fresh Microbiology: Biodiversity and Dynamic Interactions of Microorganisms in the Aquatic environment**. New York City: John Wiley and Sons, LTD
- Strathmann, R.R. (1967). Estimating the organic carbon content of phytoplankton from cell volume or plasma volume. **Limnology Oceanography**, 12: 411 - 418.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R.. 1972. **A Practical Handbook of Seawater Analysis**. Ottawa: Fisheries Research Board Canadian Builetin.

- Theil - Nielsen, J. and SØndergaard, M. (1998). Bacterial carbon biomass calculated from biovolumes. **Archiv für Hydrobiologie**, 141: 195 - 207.
- Venrick, E.L. (1978). Estimating cell numbers: How many cells to count?, pp. 167 – 189. In Sournia, A (ed.), **Phytoplankton Manual**. Paris: UNESCO, 337 pp
- Verity, P.G., Robertson, C.Y., Tronzo, G.R., Andrews, M.G., Nelson, J.R. and Sieracki, M.F. (1992). Relationships between cell volume and carbon and nitrogen content of marine photosynthetic nanoplankton. **Limnology Oceanography**, 37: 1434 – 1446.
- Wright S, Jeffrey S, Mantoura R, Llewellyn C, Bjornland T, Repeta D, and Welschmeyer N 1991. Improved HPLC method for the analysis of chlorophylls and carotenoids in marine phytoplankton. **Marine Ecology Progress Series**, 77: 183 – 196.

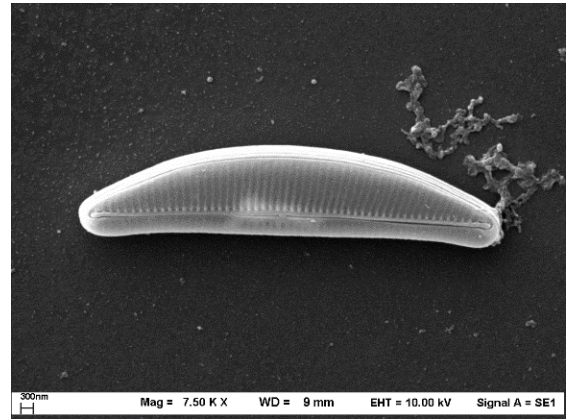
ภาคผนวก

ภาคผนวกที่ 1

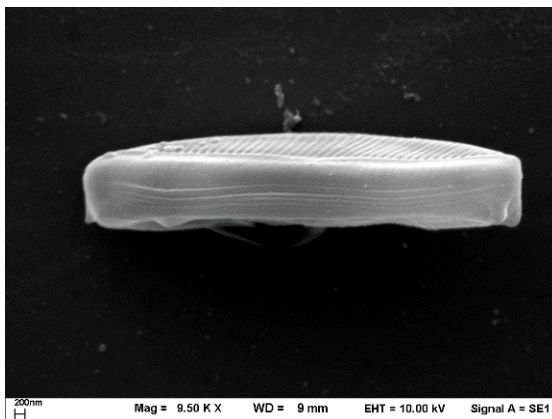
ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



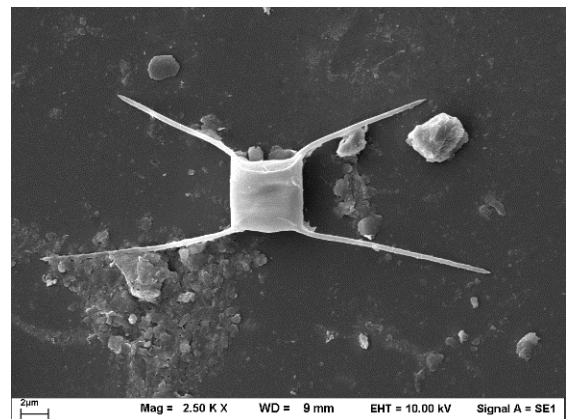
Dinoflagellate



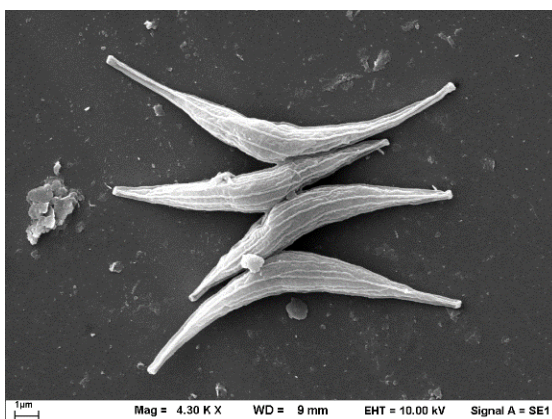
Cymbella sp.



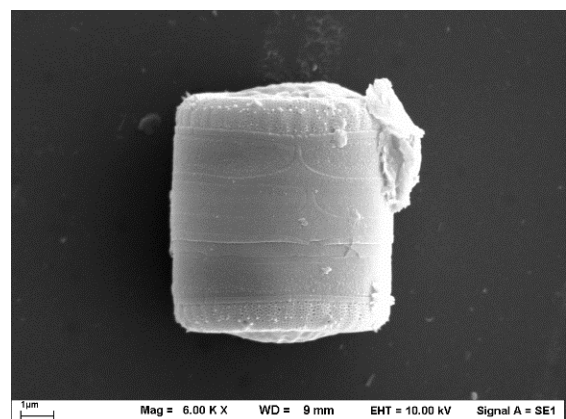
Cymbella sp.



Chaetoceros ceratosporus Ostenfeld

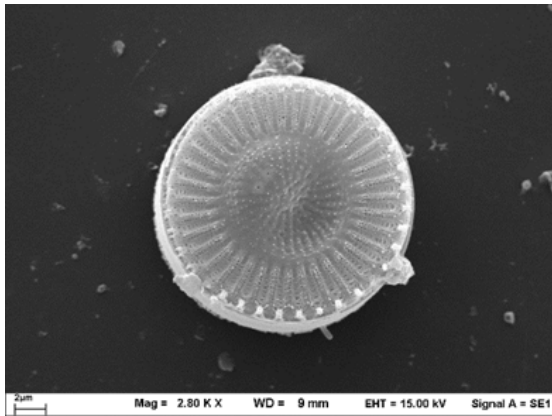


Scenedesmus sp.

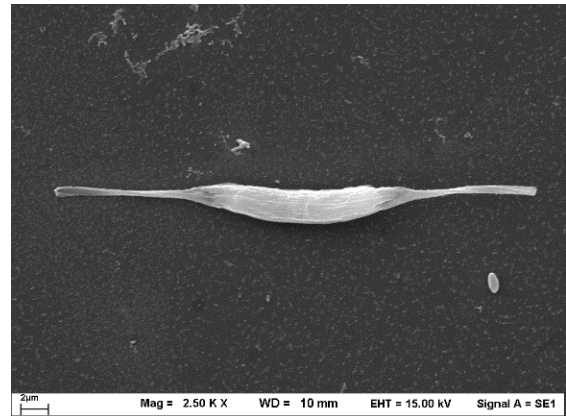


Cyclotella

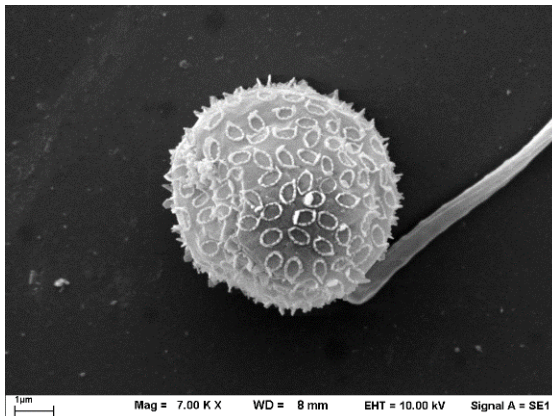
ภาพภาคผนวกที่ 1 - 1 ชนิดของแพลงก์ตอนพืชที่พบในบ่อเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม



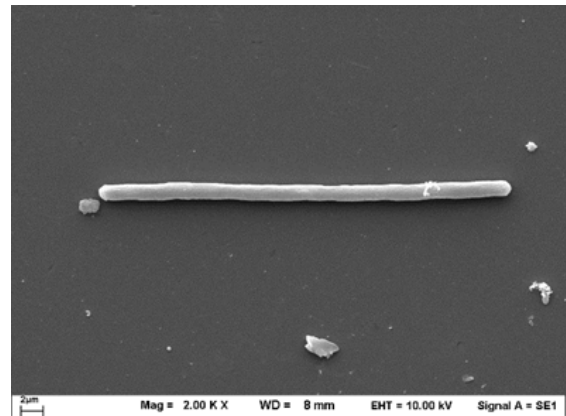
Cyclotella



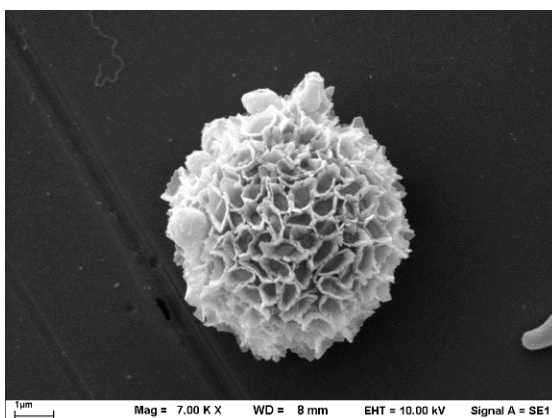
Nitzschia sp.



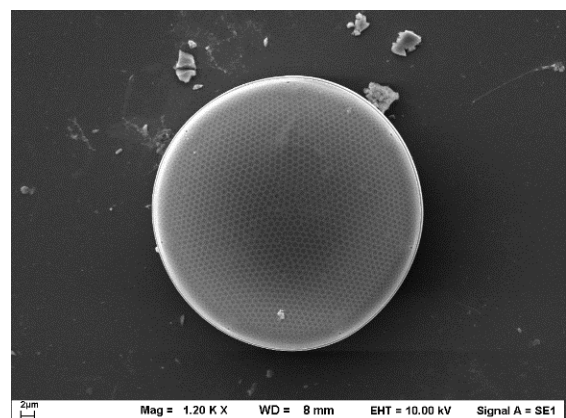
Coccolithophorid



Oscillatoria sp.

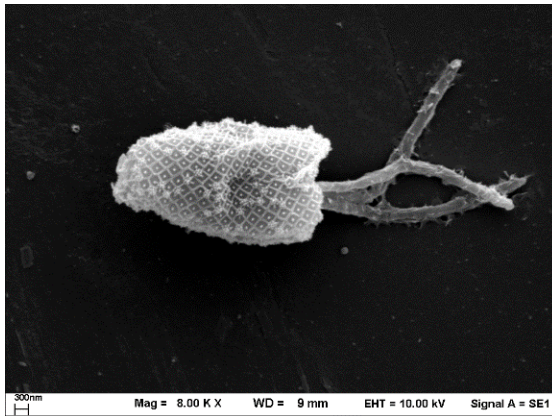


Syracosphaera sp.

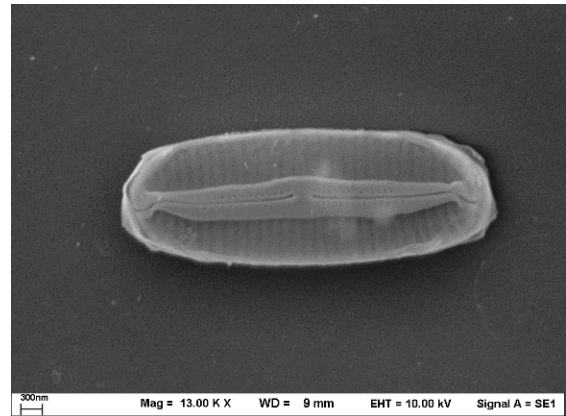


Coscinodiscus

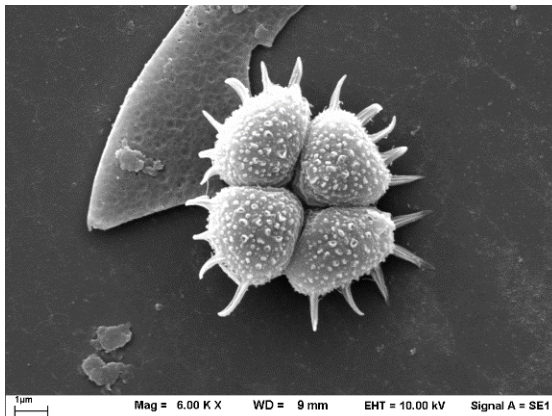
ภาพภาคผนวกที่ 1 - 1 (ต่อ)



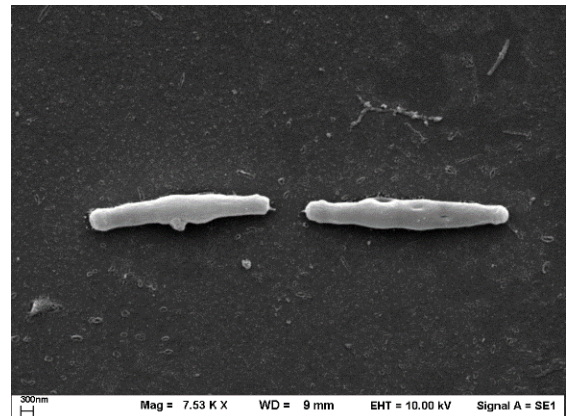
Syracosphaera sp.



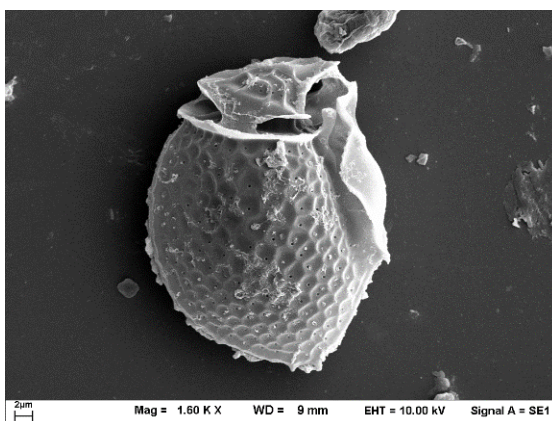
Entomeneis



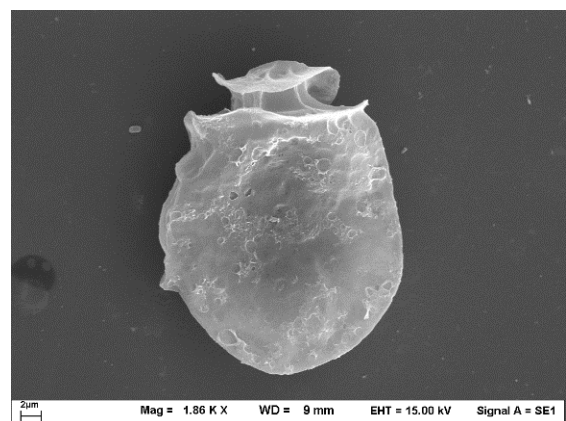
Desmid



Bacteria



Dinophysis sp.



Dinophysis sp.

ภาพภาคผนวกที่ 1 - 1 (ต่อ)

ภาคผนวกที่ 2

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำ

1. วิเคราะห์ปริมาณแอมโมเนียรวม (Total ammonia nitrogen: TAN) ใช้วิธี phenol - hypochloride

สารเคมี และวิธีเตรียม

1. น้ำกลั่น de-ionized น้ำกลั่น de-ionized ใช้สำหรับเตรียมสารละลาย, แบลงค์ และสารมาตรฐาน น้ำกลั่นที่ใช้ควรได้จากการกลั่นใหม่

2. สารละลายฟีนอล (C_2H_5OH) ละลายฟีนอล 20 กรัม ในเอทิลแอลกอฮอล์ 95% (V/V) 200 มิลลิลิตร

3. สารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซค์ ละลายโซเดียมไนโตรปริสไซค์ ($Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$) 1 กรัม ในน้ำ de-ionized 200 มิลลิลิตร เก็บรักษาสารละลายนี้ในขวดแก้วสีน้ำตาลสารละลายนี้มีอายุ 1 เดือน

4. สารละลายอัลคาไลน์ ละลายไตรโซเดียมซิเตรทไดไฮเดรต ($Na_3C_2H_5O_7 \cdot 2H_2O$) (analytical reagent grade) 100 กรัม และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) (analytical reagent grade) 5 กรัม ในน้ำ de-ionized 500 มิลลิลิตร

5. สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ใช้สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ ที่มีอยู่ในท้องตลาด (เช่น ไฮเตอร์) เพื่อให้ความเข้มข้นของคลอไรด์มากกว่า 1.5 นอร์มอล ควรซื้อที่ผลิตขึ้นมาใหม่ อย่างไรก็ตามจะต้องตรวจสอบความแรงของไฮเตอร์ก่อนใช้ ดังนี้

1) ละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) 12.5 กรัม ในน้ำ deionized 500 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล

2) ละลายโปแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 2 กรัม ในน้ำ deionized 50 มิลลิลิตร ในพลาสติก แล้วเติมไฮเตอร์ลงไป ในอัตราส่วน 4:1

3) เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (12 นอร์มอล) ลงในสารละลายในข้อ 2

4) ไตเตรทด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 นอร์มอล จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีเหลืองเป็นไม่มีสี

5) ไฮเตอร์จะเสื่อมสภาพและนำมาวิเคราะห์หาแอมโมเนียไม่ได้ถ้าการไตเตรท ตามข้อ 4) ใช้สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตน้อยกว่า 12 มิลลิลิตร

6. สารละลายออกซิไดซิง ผสมสารละลายอัลคาไลน์และสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ เข้าด้วยกันในอัตรา ส่วน 4 : 1 (อัลคาไลน์ 100 มิลลิลิตร และ สารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรท์ 25 มิลลิลิตร) สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกวัน

7. **น้ำทะเลเทียม** ละลายโซเดียมคลอไรด์ (analytical reagent quality) เป็นกรัมตามความเค็มที่ต้องการในน้ำกลั่น 1 ลิตร

8. สารละลายมาตรฐานของแอมโมเนีย

8.1) ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์(NH_4Cl) (analytical reagent grade) ที่อบแห้ง 105 - 110 องศาเซลเซียส นาน 2 - 3 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในโถดวงความชื้น แล้วชั่ง 0.1910 กรัม ด้วยน้ำกลั่น de - ionized แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1 ลิตร ด้วยขวดวัดปริมาตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 50 mg-N/L และเรียกสารละลายนี้ว่า stock standard solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชา สารละลายนี้มีอายุการใช้งาน 6 เดือนถึง 1 ปี

นำสารละลายมาตรฐานมา 2 มิลลิลิตร และเจือจางให้เป็น 100 มิลลิลิตร ใน Volumetric Flask ด้วยน้ำกลั่น (2 ppm)

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 1 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 2 ppm (มล.)
0	20	0
0.2	18	2
0.4	16	4
0.6	14	6
0.8	12	8
1.0	10	10

ขั้นตอนวิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน (Calibration curve)

- 1) ตวงสารละลายมาตรฐาน 25 มิลลิลิตร ใส่ขวดรูปชมพู่หรือหลอดทดลอง
- 2) เติมสารละลายฟีนอล 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- 3) เติมสารละลายโซเดียมไนโตรปรัสไซด์ 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- 4) เติมสารละลายออกซิไดซิง 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปิดฝาด้วยกระดาษฟลอยด์เพื่อป้องกันการปนเปื้อนแอมโมเนียในอากาศ
- 5) ทิ้งไว้อย่างน้อย 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการตวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร จดบันทึกค่าการตวงกลืนแสงที่ได้

6) วัดค่าการทวงกลืนแสงของรีเจนแบลนค์ (Reagen blank) โดยนำน้ำปราศจากไอออนมาเติมรีเอเจนท์ตามข้อ 1 - 5 แล้วนำไปวัดค่าการทวงกลืนแสงโดยใช้ cuvette ที่มี cell path 1 เซนติเมตร ค่าการทวงกลืนแสงของรีเอเจนแบงก์ไม่ควรเกินค่าเกิน 0.007

7) นำข้อมูลที่ได้มาทำกราฟมาตรฐานและหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการทวงกลืนแสงและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน

2.การวิเคราะห์ตัวอย่าง

1) ตวงน้ำตัวอย่าง 25 มิลลิลิตร ใส่ลงในขวดพลาสติกที่มีฝาปิดเป็นเกลียวเพื่อป้องกันการระเหยของแอมโมเนีย

2) เติมสารละลายฟีนอล 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ และสารละลายออกซิโดซิง 1 มิลลิลิตร และ 2.5 มิลลิลิตร ตามลำดับ หลังจากเติมน้ำยาเคมีแต่ละชนิดเขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

3) นำไปวัดค่าการทวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร

4) จดบันทึกค่าความเข้มข้นที่วัดได้ หรือนำค่าการทวงกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของแอมโมเนียในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

2. ปริมาณไนไตรท์ (nitrite - nitrogen) ใช้วิธี Colorimetric Method

สารเคมีและวิธีเตรียม

1. สารละลายซัลฟานิลลาไมด์ ละลายซัลฟานิลลาไมด์ ($C_6H_8N_2O_2S$) 5 กรัม ในของผสมของกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 50 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่นประมาณ 300 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายที่ได้ให้มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

2. สารละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED) ละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ ($C_{10}H_7NHCH_2CH_2NH_2 \cdot 2HCl \cdot CH_3OH$) 0.50 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 500 มิลลิลิตร สารละลายตัวนี้เก็บในที่มืดที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส แต่ควรเปลี่ยนทุก ๆ 1 เดือน หรือเปลี่ยนทันทีที่เห็นสารละลายเป็นสีน้ำตาล

3. สารละลายมาตรฐานของไนไตรท์ ละลายโซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$) ที่อบแห้ง 105 - 110 องศาเซลเซียส นาน 1 ชั่วโมง (อบนาน 24 ชั่วโมงก็ได้) แล้วชั่งมา 0.345 กรัม ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 70 mg-N/L หรือ 5 mg-at N/L (5 mM) สารละลายนี้เรียกว่า stock standard solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นไว้ สารละลายมีอายุการใช้งานประมาณ 1-2 เดือน จากนั้นนำสารละลาย NO_2^- -N ที่ความเข้มข้น 100

มิลลิกรัมต่อลิตร มา 1.25 มิลลิกรัม เจือจางให้เป็น 250 มิลลิกรัม ใน volumetric flask ด้วยน้ำกลั่น สารละลายนี้จะมีค่าความเข้มข้นของ NO_2^- -N เป็น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 2 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 0.5 ppm (มล.)
0	50	0
0.05	45	5
0.10	40	10
0.15	35	15
0.20	30	20
0.30	20	30

ขั้นตอนวิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

- 1) ตวงสารละลายมาตรฐาน 25 มิลลิกรัม ใส่ในหลอดทดลอง ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ
- 2) เติมสารละลายซัลไฟด์นิลาไมด์ 1 มิลลิกรัม เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์
- 3) เติมสารละลาย NED 1 มิลลิกรัม เขย่าตัวอย่างทันที ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง น้ำตัวอย่างที่มีไนไตรท์จะเป็นสีชมพู สีที่เกิดขึ้นจะคงตัวอยู่ประมาณ 2 ชั่วโมง
- 4) นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร
- 5) แบลงค์ใช้น้ำปราศจากไอออนและเติมรีเอเจนต์ตามข้อ 1 - 5
- 6) นำข้อมูลมาทำกราฟมาตรฐานและหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนไตรท์

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 1) ตวงน้ำตัวอย่าง 25 มิลลิกรัม ด้วยกระบอกตวงใส่พลาสติกรูปชมพู่ขนาด 50 มิลลิกรัม หากกรองแล้วน้ำตัวอย่างยังขุ่นให้ตวงน้ำตัวอย่างใส่พลาสติกเพิ่มอีกหนึ่งพลาสติก พลาสติกนี้ไม่ต้องเติมน้ำยาเคมี น้ำตัวอย่างในพลาสติกนี้เรียกว่า turbidity blank
- 2) เติมสารละลายซัลไฟด์นิลาไมด์ 1 มิลลิกรัม เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์
- 3) เติมสารละลาย NED 1 มิลลิกรัม เขย่าตัวอย่างทันที แล้วตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 2 ชั่วโมง จากนั้นนำน้ำตัวอย่างทั้งที่เติมน้ำยาเคมีและไม่ได้เติมน้ำยาเคมีไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

- 4) สำหรับแบบลงคีย์ใช้น้ำกลั่น แล้วทำเช่นเดียวกับน้ำตัวอย่าง
- 5) จัดบันทึกค่าความเข้มข้นที่วัดได้ หรือนำค่าการตรวจกลั่นแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของไนโตรเจนในตัวอย่างจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

3. ปริมาณไนเตรท (nitrate - nitrogen) ใช้วิธี Cadmium Reduction

สารเคมี และวิธีเตรียม

1. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ (NH_4Cl) 125 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก
2. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง ตวงสารละลายในข้อ 1 มา 50 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 2,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่ได้ในขวดแก้วหรือขวดพลาสติก
3. สารละลายซัลฟานิลไมด์ ใช้สารละลายเดียวกับไนเตรท
4. สารละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED) ใช้สารละลายเดียวกับไนเตรท
5. น้ำทะเลเทียม เตรียมเช่นเดียวกับการวิเคราะห์หาแอมโมเนีย
6. Cadmium – copper
 - 1) นำเม็ดแคดเมียม ขนาด 0.5 - 2 มิลลิเมตร จำนวน 25 กรัม ล้างด้วย 6 N HCl (500 มิลลิลิตร เจือจางให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร) แล้วทำการล้างด้วยน้ำกลั่น 5 ครั้ง
 - 2) เติมสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต 2 % (v/w; 20 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และทำให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร) ให้ท่วมเม็ดแคดเมียมใช้แท่งแก้วคนจนกระทั่งสีน้ำเงินหายไป เทสารละลายออกแล้วเติมเข้าไปใหม่ใช้แท่งแก้วคนจนเกิดตะกอนแขวนลอยของคอปเปอร์
 - 3) จากนั้นล้างแคดเมียมที่เคลือบด้วยทองแดงแล้ว (Cu - Cd) ด้วยน้ำกลั่น อย่างน้อย 10 ครั้ง เพื่อล้างตะกอนทองแดงออกให้หมด
6. สารละลาย CuSO_4 2 % (W/V) ละลาย $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 10 กรัม ในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร
7. กรด HCl 5 % (v/v)
8. สารละลายมาตรฐานไนเตรท ละลายโปแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) ที่อบแห้ง 105 - 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 0.3611 กรัม ด้วยน้ำกลั่น และปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร ใน volumetric flask (200 ppm) นำ standard nitrate solution มา 5 มิลลิลิตร และเจือจางให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask จะมีความเข้มข้น 10 ppm สารละลายที่ได้เรียกว่า stock standard solution เก็บสารละลายนี้ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่เย็นไว้ สารละลายนี้เสถียรตลอดไป

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 3 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไนเตรท

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 10 ppm (มล.)
0	50	0
0.2	49	1
0.4	48	2
0.6	47	3
0.8	46	4
1.0	45	5

การเตรียมคอลัมน์

1. ใส่ใยแก้วที่ด้านล่างของคอลัมน์ จากนั้นเติมน้ำ แล้วค่อยๆเติมแคดเมียมที่เตรียมไว้แล้ว (Cd - Cu) โดยให้มีความยาวประมาณ 18.5 เซนติเมตร โดยให้ระดับน้ำอยู่เหนือเม็ดแคดเมียมตลอดเวลา

2. ทำการล้างคอลัมน์ ด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง

3. กระตุ้น reduction column โดยเทสารละลายซึ่งประกอบด้วยสารละลายมาตรฐานไนเตรต 1.0 มก./ล. ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ผสมกับแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น ปริมาตร 75 มิลลิลิตร ให้ไหลผ่าน reduction column ในอัตรา 7 - 10 มิลลิลิตรต่อนาที

การหาประสิทธิภาพคอลัมน์

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานของไนไตรท์และไนเตรทที่มีความเข้มข้นเดียวกันสำหรับคอลัมน์แต่ละคอลัมน์ (0.070 mg - N/L) (แปลงค่าใช้จากแปลงค่าของตัวอย่าง)

2. นำสารละลายของไนเตรทไปผ่านคอลัมน์โดยดำเนินการเช่นเดียวกับตัวอย่างทุกขั้นตอนสำหรับสารละลายมาตรฐานของไนไตรท์เติม sulfanilamide และ NED โดยไม่ต้องผ่านคอลัมน์

3. นำไปวัดค่าการทวงกลืนแสง คำนวณหาประสิทธิภาพของคอลัมน์ดังนี้ ประสิทธิภาพของคอลัมน์

$$= \frac{\text{Abs (0.070 mg-N/L NO}_3^-) - \text{Abs (Blank mg - N/L NO}_3^-)}{\text{Abs (0.070 mg - N/L NO}_2^-) - \text{Abs (Blank mg - N/L NO}_2^-)} \times 100$$

4. ประสิทธิภาพของคอลัมน์ควรอยู่ระหว่าง 90 - 110 เปอร์เซ็นต์ หากประสิทธิภาพของคอลัมน์มีค่า ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และมากกว่า 110 เปอร์เซ็นต์ ควรทำดังนี้

- ล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง 100 มิลลิลิตร 3 - 4 ครั้ง

- ผ่านตัวอย่างตามปกติ หากประสิทธิภาพของคอลัมน์ยังต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ควรเตรียมคอลัมน์ใหม่

- ผงแคดเมียมที่ใช้ไปนาน ๆ อาจแตกละเอียดทำให้สารละลายไหลช้า ควรกรองผงแคดเมียมด้วยตะแกรงร่อนที่มี mesh size 0.5 - 1 มิลลิเมตร เพื่อแยกผงที่ละเอียดออกไป

การเตรียมคอลัมน์ใหม่

นำเม็ดแคดเมียมใส่ในบีกเกอร์ และเติม 5 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไฮโดรคลอริก (v/v) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ทำการคนด้วยแท่งแก้วคนสาร จากนั้นทำการล้างด้วยน้ำกลั่นปริมาตร 200 - 300 มิลลิลิตร จนกระทั่งมีค่า pH สูงกว่า 5 รินน้ำล้างทิ้งไป

นำเม็ดแคดเมียมมาแช่ในสารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต (ตั้งขั้นตอนการเตรียมเม็ดแคดเมียม)

เติมสารละลายมาตรฐานของไนเตรท 1.4 mg-N/L 100 มิลลิลิตร (เติมสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เข้มข้น 2 มิลลิลิตร แล้ว) ปล่อยให้ไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราการไหล 8 - 12 มิลลิลิตร/นาที่ เพื่อ activated คอลัมน์ จากนั้นล้างคอลัมน์ด้วยสารละลายแอมโมเนียคลอไรด์เจือจางอีก 3 - 4 ครั้ง

ขั้นตอนวิเคราะห์

1. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

1) ตวง Working Standard Nitrate solution ที่แต่ละความเข้มข้นลงในขวดรูปชมพู่ ขวดละ 50 มิลลิลิตร ความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ เติม 1 มิลลิลิตร ของสารละลาย Ammonium Chloride เข้มข้นลงในแต่ละขวดเขย่าให้เข้ากัน

2) นำ working standard solution และแบลงค์ ไปผ่านคอลัมน์ โดยปรับให้สารละลายในคอลัมน์ไหลด้วยอัตรา 8 - 12 มิลลิลิตร/นาที่ จากนั้นเติมสารละลายที่ได้ประมาณ 5 - 10 มิลลิลิตร ปล่อยให้สารละลายในคอลัมน์ถึงจนเหลือระดับเดิม แล้วเติมสารละลายที่เหลือลงในคอลัมน์ ปล่อยให้สารละลายที่ประมาณ 25 มิลลิลิตร เก็บสารละลายที่เป็ดออกในช่วงหลังให้ได้ ปริมาตร 25 มิลลิลิตร ส่วนสารละลายที่เหลือปล่อยให้ไป

3) เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 1 มิลลิลิตร ทันทันที เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์ จากนั้นเติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง นำไปวัดค่าการตวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 543 นาโนเมตร

2. การวิเคราะห์ตัวอย่าง

- 1) ตวงน้ำตัวอย่าง 50 มิลลิลิตร ใส่พลาสติกรูปชมพู่ 125 มิลลิลิตร
- 2) เติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน
- 3) เติมสารละลายในข้อ 2) ประมาณ 5 - 10 มิลลิลิตร ลงในคอลัมน์ที่มีอัตราการไหล 8 - 12 นาที ต่อ 100 มิลลิลิตร ปลอ่ยสารละลายในคอลัมน์ทิ้งจนเหลือระดับเดิม
- 4) เติมสารละลายในข้อ 2) ที่เหลือลงในคอลัมน์ ปลอ่ยสารละลายทิ้งประมาณ 25 มิลลิลิตร แล้วเก็บสารละลายที่เป็ดออกในช่วงหลังให้ได้ปริมาตร 25 มิลลิลิตร
- 5) เติมสารละลายซัลฟานิลไมด์ 1 มิลลิลิตร ทันทึ เขย่าให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 2 - 8 นาที เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์
- 6) เติมสารละลาย NED 1 มิลลิลิตร เขย่าตัวอย่างทันที ตั้งทิ้งไว้ 10 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปวัดค่าการตวงกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร คำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรทจากกราฟมาตรฐานที่เตรียมไว้
- 7) ความเข้มข้นของไนเตรท = ความเข้มข้นจากตัวอย่างที่ผ่านคอลัมน์ - ค่าไนเตรทของตัวอย่างนั้น

4. การวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่ละลายได้ในน้ำ (Soluble reactive phosphorus)

สารเคมี และวิธีเตรียม

1. Sulfuric acid solution, 5 N ทำการเจือจาง กรดซัลฟูริกเข้มข้น ปริมาตร 70 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น ทำให้ปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร วางสารละลายให้มีอุณหภูมิเท่ากับ อุณหภูมิห้อง
2. Potassium antimonyl tartrate solution ทำการละลาย $C_6H_4O_6 \cdot 1/2H_2O$ 1.3715 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 400 มิลลิลิตร และทำให้ปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้ว ปิดฝา
3. Ammonium molybdate solution ทำการละลาย $(NH_4)_6Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ 20 กรัม ในน้ำกลั่น ทำให้ปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดพลาสติกที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
4. Ascorbic acid solution, 0.1 M ทำการละลาย ascorbic acid 1.76 กรัม ในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้จะคงตัวภายใน 1 สัปดาห์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส อาจจะถูกเก็บในช่องแช่แข็ง เพื่อให้เก็บได้นานขึ้น เมื่อจะใช้ก็จะนำมาทำการละลายและนำมาใช้กับ combined reagent

5. **Combined reagent** ทำการผสมสารให้ได้ 300 มิลลิลิตร โดยใช้สารต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

5 N H ₂ SO ₄	150	มิลลิลิตร
Potassium antimonyl tartrate solution	15	มิลลิลิตร
Ammonium molybdate solution	45	มิลลิลิตร
Ascorbic acid solution	90	มิลลิลิตร

รีเอเจนต์จะต้องอยู่ในที่อุณหภูมิห้อง ถ้าสารละลาย combined reagent มีความขุ่นเกิดขึ้น ให้ทำการเขย่าและตั้งทิ้งไว้ จนกระทั่งความขุ่นหายไป รีเอเจนต์นี้จะคงตัวได้เพียง 4 ชั่วโมง

6. **สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส** ทำการอบ KH₂PO₄ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำมาละลาย 0.2195 กรัม ด้วยน้ำกลั่น ปรับปริมาตรให้เป็น 1,000 มิลลิลิตร ใน volumetric flask สารละลายนี้将有ความเข้มข้นมากเกินไปที่จะนำมาใช้ (1 มิลลิลิตร = 50.0 ไมโครกรัม ของ PO₄-P; 50 ppm) จึงทำการเจือจางให้มีค่า 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตรของ PO₄-P โดยนำสารละลายมา 5 มิลลิลิตร จะเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร ใน volumetric flask สารนี้将有ความเข้มข้น 2.5 มิลลิกรัมต่อลิตร แล้วสร้างกราฟมาตรฐาน

การทำกราฟมาตรฐาน นำสารละลาย PO₄-P ที่มีความเข้มข้น 2.5 ppm มาทำการเตรียมสารละลายฟอสฟอรัสที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ดังนี้

ตารางภาคผนวกที่ 2 - 3 ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส

ความเข้มข้น (ppm)	น้ำกลั่นปราศจากไอออน (มล.)	สารละลายมาตรฐาน 2.5 ppm (มล.)
0	50	0
0.125	47.5	2.5
0.250	45	5
0.500	40	10
1.000	30	20

ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายมาตรฐาน จะเป็น 50 มิลลิลิตร นำมาเติมรีเอเจนต์ และทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer จากนั้นทำกราฟ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับค่าการดูดกลืนแสง

การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำตัวอย่างน้ำ 10 มิลลิลิตร มาเติม combined reagent 8 มิลลิลิตร ทำการเขย่าให้เข้ากัน พักสารละลายไว้ 10 นาที ไม่ควรนานเกิน 30 นาที ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 880 นาโนเมตร โดยใช้น้ำกลั่นปรับค่าให้เป็นศูนย์

5. การวิเคราะห์แพลงก์ตอนขนาดเล็ก

อุปกรณ์และสารเคมี

1. กระดาษกรองใยแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (Whatman Grade GF/F binder free glass microfiber filter circle 25 mm. diameter) (GE Healthcare Life Sciences, United States)
2. กระดาษกรองโพลีคาร์บอเนต ขนาดรูพรุน 1.2 ไมโครเมตร สีขาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (Isopore™ Membrane Filter polycarbonate, Hydrophilic, 1.2 µm, 25 mm. diameter, white) (Millipore®, Ireland)
3. กระดาษกรองโพลีคาร์บอเนต ขนาดรูพรุน 0.2 ไมโครเมตร สีดำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร (Isopore™ Membrane Filter polycarbonate, Hydrophilic, 0.2 µm, 25 mm. diameter, black) (Millipore®, Ireland)
4. เครื่องกรองน้ำสุญญากาศต่ำ (Nalgene® 6133 - 0010 Repairable Hand - Operated Vacuum Pump with Gauge, Zinc/Aluminum, Pumping Rate: 15 cc/Stroke) (Thermo Scientific, UK.)
5. เครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High - performance liquid chromatography: Agilent 1260 Infinity II LC System) (Agilent Technologies, Inc., USA.)
6. ขวดไวเอลขนาด 2.0 มิลลิลิตร (Vial, screw top, clear, certified, 2 มิลลิลิตร., Vial size: 12 x 32 mm, 12 mm cap) (Agilent Technologies, Inc., USA.)
7. ฝาปิดขวดไวเอล (Cap, screw, blue, PTFE/red silicone septa, Cap size: 12 mm)(Agilent Technologies, Inc., USA.)
8. ตัวกรองเยื่อ (PRECLEANTM 13 mm Syringe Filter Nylon membrane, 0.45 µm, white) (anpel laboratory technologies (shanghai) Inc., China)
9. หลอดฉีดยา ขนาด 3 มิลลิลิตร (Nipro Syringe 3 มิลลิลิตร, Thailand)
10. แผ่นสไลด์ ขนาด 25.4 x 76.2 มิลลิเมตรหนา 1 มิลลิเมตร (Microscope Slides 7101 Float Glass Specification 25.4 x 76.2 mm. 1 mm. Thickness (Sail Brand, China)
11. แผ่นปิดสไลด์ ขนาด 22 x 22 มิลลิเมตร (Cover glasses for automated Shandon equipment hydrolytic class 1) (Menzel Gläser, Germany)
12. สารละลายสีเรืองแสง DAPI (4,6-diamidino-2-phenylindole, C₁₆H₁₅N₅ : FW 277.331)
13. สารละลายอะซิโตน 90 เปอร์เซ็นต์ (Acetone, CH₃COCH₃: FW. 58.08) (RCI LABSCAN LIMITED, Thailand)

14. สารละลายอะซิโตไนไตรล์ (Acetonitrile, HPLC, CH₃CN: FW. 41.05) (RCI LABSCAN LIMITED, Thailand)
15. สารละลายไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane, HPLC, CH₂Cl₂: FW. 84.93) (RCI LABSCAN LIMITED, Thailand)
16. สารละลายเมทานอล (Methanol, HPLC, CH₃OH: FW. 32.04) (RCI LABSCAN LIMITED, Thailand)

การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ห้องค์ประกอบแพลงก์ตอนขนาดเล็ก

1. การเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอน ทำการรวบรวมตัวอย่างแพลงก์ตอนขนาดเล็ก โดยการตักน้ำปริมาตร 10 ลิตร ที่บริเวณสะพานย่อยของบ่อ ที่ความลึกประมาณ 30 และ 50 เซนติเมตร จากระดับผิวน้ำ จากนั้นกรองน้ำผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 200 ไมโครเมตร และเก็บน้ำตัวอย่างจากกระเปาะของถุงกรองแพลงก์ตอนใส่ขวดพลาสติก หลังจากนั้นนำน้ำที่อยู่ในถังที่ผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 200 ไมโครเมตร มากรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 20 ไมโครเมตร และเก็บน้ำตัวอย่างจากกระเปาะของถุงกรองแพลงก์ตอนใส่ขวดพลาสติก จากนั้นเก็บรักษาตัวอย่างแพลงก์ตอนด้วยน้ำยาฟอมาลินที่ถูกปรับสภาพให้เป็นกลาง (Buffer formalin) 2 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 1 - 10 มิลลิลิตร (ขึ้นอยู่กับความขุ่นของตัวอย่าง) โดยทำการเก็บตัวอย่างแพลงก์ตอนบ่อละ 3 ซ้ำ

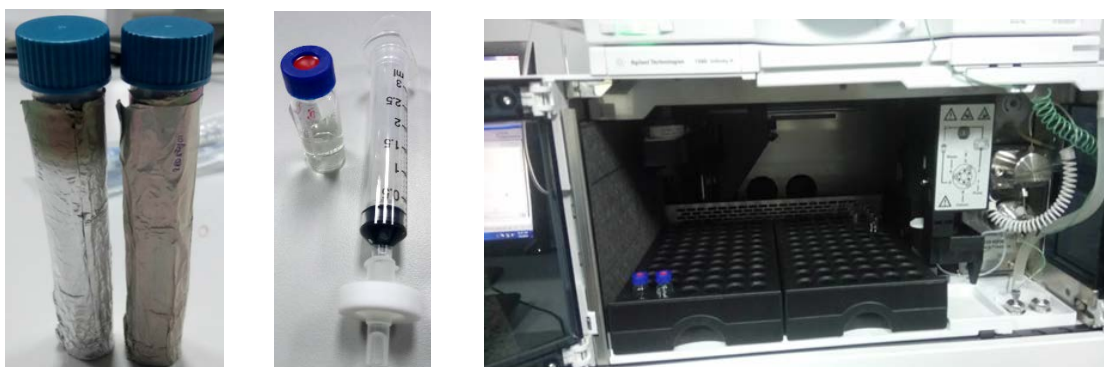
2. การวิเคราะห์แพลงก์ตอนขนาดนาโนและพีโคแพลงก์ตอน นำตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 20 ไมโครเมตร ปริมาตร 1 - 10 มิลลิลิตร มากรองด้วยกระดาษกรองโพลีคาร์บอนเนต ขนาดรูพรุน 1.2 ไมโครเมตร ภายใต้เครื่องกรองน้ำสุญญากาศต่ำ หลังจากนั้นนำแผ่นกระดาษกรองโพลีคาร์บอนเนตที่มีตัวอย่างของนาโนแพลงก์ตอนมาวางคว่ำลงบนสไลด์แก้วที่มีการหยดน้ำกลั่นหยดเล็ก ๆ ไว้ หลังจากนั้นนำสไลด์ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ประมาณ 5 - 10 นาที ตามการเตรียมตัวอย่างวิธี Filter - Transfer - Freeze technique (FTF) (Hewes & Holm - Hansen, 1983) หลังจากตัวอย่างถูกแช่แข็งเรียบร้อยแล้วนำมาค่อย ๆ ลอกเอาแผ่นกระดาษกรองโพลีคาร์บอนเนตออกอย่างระมัดระวัง เพื่อให้เซลล์ของนาโนแพลงก์ตอนติดอยู่บนสไลด์แก้ว แล้วสไลด์มาปิดทับด้วยแผ่นกระจกปิดสไลด์และทาทับบทั้ง 4 ด้านของแผ่นกระจกปิดสไลด์ด้วยสารละลายกลีเซอริน และนำแผ่นสไลด์มาตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แล้วทำการจำแนกกลุ่มและนับจำนวนเซลล์ของนาโนแพลงก์ตอน โดยใช้เอกสารประกอบการจำแนกกลุ่มของลัดดา วงศ์รัตน์ (2542), ลัดดา วงศ์รัตน์ (2543) ยุวดี พีรพรพิศาล (2556) และบพิช จารุพันธ์ และนันทพร จารุพันธ์ (2549) ส่วนการวิเคราะห์พีโคแพลงก์ตอน นำตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 20 ไมโครเมตร ปริมาตร 1 - 10 มิลลิลิตร มากรองด้วยกระดาษกรองโพลีคาร์บอนเนตพื้นสีดำ ขนาดรู

พรุณ 0.2 ไมโครเมตร ภายใต้เครื่องกรองน้ำสุญญากาศต่ำ แล้วทำการย้อมเซลล์ด้วยสีย้อมเรืองแสง 4'-6-diamidino-2-phenylindole (DAPI) หลังจากนั้นนำไปส่องดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบฟลูออเรสเซนซ์ (Epifluorescence) ทำการจำแนกออกเป็นกลุ่มแบคทีเรียเฮเทอโรโทรฟิก (Heterotrophic bacteria) และกลุ่มแบคทีเรียออโตโทรฟิก (Autotrophic bacteria) โดยใช้หลักการกระตุ้น (excitation) และดวงกสิณ (emission) ตามวิธีของ Porter and Feig (1980) แล้วนับจำนวนเซลล์ แพลงก์ตอนของกลุ่มที่พบอย่างน้อยกลุ่มละ 400 เซลล์ ด้วยความแม่นยำ ± 10 เปอร์เซ็นต์ (Venrick, 1978 และ Kirchman et al., 1982 และคำนวณความหนาแน่นของเซลล์ (เซลล์ / มล.) ปริมาณเซลล์ของนาโนแพลงก์ตอนและพีโคแพลงก์ตอนจะถูกคำนวณจากการวัดขนาดของเซลล์โดยใช้รูปทรงเรขาคณิตของเซลล์โดยประมาณ เพื่อนำมาใช้ในการประเมินมวลชีวภาพของคาร์บอนของกลุ่มพีโคแพลงก์ตอน แบ่งเป็นแบคทีเรียเฮเทอโรโทรฟิก: $105 \text{ fgC} / \mu\text{m}^3$ (Theil - Nielsen & Søndergaard, 1998) ไชยาโนแบคทีเรีย *Synechococcus*: $205 \text{ fgC} / \text{cell}$ (Kana & Glibert, 1987) และปริมาณคาร์บอนของกลุ่มนาโนแพลงก์ตอนนั้นถูกคำนวณจากปริมาตรของเซลล์โดยใช้ความสัมพันธ์เชิงประจักษ์ต่อไปนี้ $\log C = -0.422 + 0.758 (\log v)$ สำหรับกลุ่มไดอะตอม (Strathmann, 1967), $\log C = -0.363 + 0.863 (\log v)$ สำหรับกลุ่มแฟลกเจลเลตและไชยาโนแบคทีเรีย (Verity et al., 1992) และ $\log C = -0.760 + 0.819 (\log v)$ สำหรับกลุ่มไดโนแฟลกเจลเลต (Menden - Deuer & Lessard, 2000)

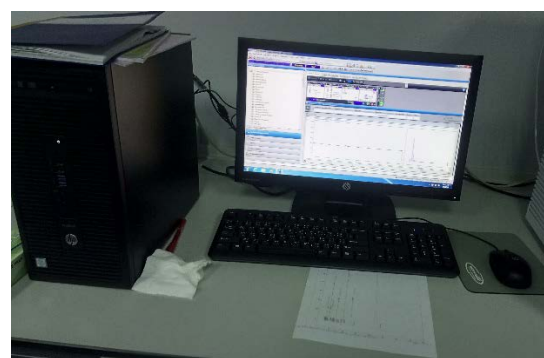
การเตรียมตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค High - performance liquid chromatography (HPLC)

- นำตัวอย่างน้ำที่กรองผ่านถุงกรองแพลงก์ตอนขนาดช่องตา 20 ไมโครเมตร ปริมาตร 1 - 10 มิลลิลิตร มากรองด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (GF / F) ภายใต้เครื่องกรองน้ำสุญญากาศต่ำ แล้วนำกระดาษกรองใยแก้ว (GF / F) มาสกัดคลอโรฟิลล์ เอ และฟีโอไฟติน เอ ด้วยสารละลายอะซิโตน ความเข้มข้น 90 เปอร์เซ็นต์ (Arar & Collins, 1992) เป็นเวลา 20 - 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำสารละลายตัวอย่างมากรองด้วยตัวกรองเยื่อ (filter membrane) ขนาดรูพรุณ 0.45 ไมโครเมตร ใส่ลงในขวดไวดเวล ขนาด 2 มิลลิลิตร แล้วปิดฝา แล้วนำขวดตัวอย่างที่ได้ใส่ลงไปในภาตสำหรับใส่ขวดตัวอย่างภายในเครื่องโครมาโทกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง (High - performance liquid chromatography: Agilent 1260 Infinity II LC System) แล้วใช้ระบบการจ่ายสารตัวอย่างอัตโนมัติ (Auto sampler) ที่ 20 ไมโครลิตร ใช้เครื่องตรวจจับไดโอด - อาร์เรย์ (Diode - Array Detector: DAD) คอลัมน์ที่ใช้ Nova-Pak C18, 60 Å, 4 ไมโครเมตร, 4.6 x 250 มิลลิเมตร (WATERS. ALL RIGHTS RESERVED, USA.) โดยใช้ระบบการไล่ระดับสีของตัวทำละลายที่แตกต่างกัน 4 ตัว (Gradients) คือ เมทานอล : อะซิโตนไตริล : ไดคลอโรมีเทน : น้ำ ในอัตราส่วนที่ 70 : 13

: 13 : 4 (1 % W / V) ที่อัตราการไหล 1.0 มิลลิตรต่อนาที ที่ความดัน 75.44 บาร์ (bar) ระบบที่ใช้ในการตรวจวัดสารคลอโรฟิลล์ และพีไอโอฟิติน เอ จะใช้ช่วงคลื่นแสงระหว่าง 380 – 600 นาโนเมตร



ภาพภาคผนวกที่ 2 - 1 การเตรียมตัวอย่างเข้าเครื่อง HPLC



ภาพภาคผนวกที่ 2 - 2 ระบบเครื่อง HPLC