การศึกษาประสิทธิภาพของสูตรอาหารดัดแปลง ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

Study on Efficiency of the Modified Medium in the Growth Performance of *Thalassiosira* sp.

พิเชษฐ์ สุขมะนู

สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
ปีการศึกษา 2564

ใบรับรองโครงงาน

เทคโนโลยีบัณฑิต (ทล.บ.)
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

เรื่อง การศึกษาประสิทธิภาพของสูตรอาหารดัดแปลงในการเพิ่มจำนวนเซลล์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp.
Study on Efficiency of the Modified Medium in the Growth Performance of *Thalassiosira* sp.

โดย พิเชษฐ์ สุขมะนู

ได้รับพิจารณาเห็นชอบโดย

..... ประธานกรรมการ
(นายกรีฑา ดิษโสภา)

..... กรรมการ
(นางพัชริดา ขำขจร)

..... ประธานหลักสูตร
(นางกฤษณี วงศ์วุฒิวัฒน์) ทำหน้าที่ กรรมการและเลขานุการ

วันที่ 29 ตุลาคม พ.ศ. 2564
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์
สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
ปีการศึกษา 2564

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาเป็นอย่างสูง จาก อาจารย์กฤษณี วงศ์วุฒิวัฒน์ เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ ที่กรุณาให้คำปรึกษา และกำลังใจ ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดี ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริง และความทุ่มเทของอาจารย์ที่ปรึกษา ตั้งแต่กระบวนการวางแผนการทดลอง ตลอดจนสิ้นสุดการทดลอง และสำเร็จลุล่วง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ และจัดหาวัสดุอุปกรณ์การทดลองต่างๆ และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิตทุกท่าน และขอบคุณ เพื่อนๆ รวมถึงผู้ช่วยเหลือโครงการวิจัยทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆ ด้านผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

อนึ่ง ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านอยู่ไม่น้อย จึงขอมอบส่วนดีทั้งหลายให้แก่เหล่าคณาจารย์ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา จนทำให้ผลงานเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน ขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แต่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่านสำหรับข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยน้อมรับผิดแต่เพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำชี้แนะจากทุกท่านที่เข้ามาศึกษาโครงการวิจัยฉบับนี้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาต่อไป ขอกราบขอบพระคุณมา ณ ที่นี้

พิเชษฐ์ สุขมะนู
สาขาวิชาเทคโนโลยีเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
วิทยาลัยประมงติณสูลานนท์ สถาบันการอาชีวศึกษาเกษตรภาคใต้
29 ตุลาคม 2564

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	**(1)**
สารบัญตาราง	**(2)**
สารบัญภาพ	**(3)**
บทนำ	
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	
เอกสารวิชาการ	3
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	20
วิธีการดำเนินการ	
วัสดุอุปกรณ์	22
การวางแผนการทดลอง	23
วิธีการทดลอง	23
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง	
ผลการทดลอง	27
วิจารณ์ผลการทดลอง	28
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	
สรุปผลการทดลอง	30
ข้อเสนอแนะ	30
เอกสารอ้างอิง	**31**
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตารางแสดงข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	36
ภาคผนวก ข แสดงภาพวัสดุ และอุปกรณ์	41

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สารละลายส่วนที่ 1	24
2	ค่าคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน	25
3	แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนความหนาแน่นของเซลล์ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ($\times 10^6$ เซลล์ ต่อมิลลิลิตร) ในแต่ละวันของแต่ละชุดการทดลอง	27
4	แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนความหนาแน่นของเซลล์ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ในแต่ละวันของแต่ละชุดการทดลอง	28

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	Hemacytometer ของอเมริกา 0.1 mm. DEEP	16
2	Hemacytometer ของอเมริกา 1/10 mm. DEEP	16
3	Cover Glass ของ Hemacytometer	17
4	แสดงลักษณะการหยดน้ำน้อยเกินไป น้ำจืดไหลเข้าไม่เต็มตาราง	17
5	แสดงภาพถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 40 เท่า	18
6	แสดงภาพถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่า	19
7	แสดงตารางของ Hemacytometer 3 เส้น	19
8	แสดงการจัดวางชุดการทดลอง	25

การตรวจเอกสาร

ในการศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการทำโครงงานหัวข้อ การศึกษาประสิทธิภาพอาหารดัดแปลงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. โดยใช้สูตรอาหาร 4 สูตร คือ สูตรอาหาร Conway (ชุดควบคุม) สูตรอาหารดัดแปลง 1 (ชนิสรา, 2562) สูตรอาหารดัดแปลง 2 (ชนัญลดา, 2563) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่มีการพัฒนา และมีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้แล้ว และสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น โดยทำการเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ในโหลแก้วความจุ 10 ลิตร ปริมาตรน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง 5 ลิตร ซึ่งในครั้งนี้ประกอบด้วยข้อมูลในส่วนของแพลงก์ตอนพืช คุณสมบัติบางประการที่มีผลต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช และการนับจำนวนเซลล์ มีเอกสารวิชาการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

เอกสารวิชาการ

1. แพลงก์ตอนพืช

แพลงก์ตอนพืชเป็นสาหร่ายชนิดเดียวที่มีขนาดเล็กที่ล่องลอยอยู่ในมวลน้ำ อาจเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ตามแนวดิ่งของมวลน้ำ แต่ไม่สามารถทวนกระแสน้ำได้ ภายในเซลล์มีสารสีหรือรงควัตถุ เช่น คลอโรฟิลล์ ทำให้สามารถดูดซับพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์ และใช้พลังงานแสงที่ดูดรับมานั้นผ่านกระบวนการทางเคมีภายในเซลล์ร่วมกับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในกระบวนการสังคราะห์ด้วยแสง จะสร้างสารอินทรีย์ ได้แก่ สารพวกคาร์โบไฮเดรต โปรตีน รวมทั้งออกซิเจน ดังนั้นแพลงก์ตอนพืชจึงมีความสำคัญต่อระบบนิเวศในฐานะของผู้ผลิต เนื่องจากเป็นจุดเริ่มต้นของระบบห่วงโซ่อาหาร เนื่องจากแพลงก์ตอนพืชมีขนาดเล็ก เพราะนอกจากต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูแล้วยังต้องมีคู่มือการศึกษา หรือหนังสือที่มีรูปภาพพร้อมคำธิบายประกอบด้วย จึงจะเข้าใจ และทำให้ไม่รู้สึกเบื่อที่จะศึกษาต่อไป ซึ่งแพลงก์ตอนประกอบด้วยสิ่งมีชีวิตทั้งพืช และสัตว์ ปริมาณในแต่ละชนิดก็มีมากมายไม่แพ้กัน และปริมาณของแพลงก์ตอนไม่หมือนกัน จะแตกต่างกันไปตามลักษณะของแหล่งน้ำ เช่น องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนในน้ำจืด จะแตกต่างไปจากองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนในน้ำทะเล องค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนในน้ำสะอาด จะแตกต่างไปจากองค์ประกอบชนิดของแพลงก์ตอนในน้ำเสีย เป็นต้น แพลงก์ตอนน้ำจืด มักประกอบด้วยสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน สาหร่ายสีเขียว ไดอะตอม โปรโตซัว และครัสตาเชียน ส่วนเพลงก์ตอนน้ำเค็มประกอบด้วย ไดอะตอม ไดโนแฟลเจลเลต โปรโตซัว ทูนิเขท หนอนธนู แมงกะพรุนครัสตาเซียน และตัวอ่อนของพวกสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง (แพลงก์ตอนชั่วคราว) แพลงก์ตอนพืชมีความสำคัญ

ต่อห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำทุกชนิด คือ เป็นเบื้องต้น หรือเป็นห่วงแรกของโซ่อาหาร แพลงก์ตอนพืช เป็นอาหารของแพลงก์ตอนสัตว์อีกทอดหนึ่ง และจะถูกกินโดยลูกปลา และสุดท้ายปลาจะเป็นอาหารของมนุษย์ เมื่อเป็นเช่นนี้ ชนิด และปริมาณของทุกห่วงโซ่ในอาหาร จึงมีความสัมพันธ์กันอย่างแยกไม่ได้ กล่าวคือ ชนิด และปริมาณของเพลงก์ตอนพืชจะเป็นตัวกำหนดชนิด และปริมาณของแพลงก์ตอนสัตว์ และเรื่อยๆ ไปจบสิ้นสุดห่วงโซ่อาหาร ฉะนั้นธาตุอาหาร และปัจจัยสิ่งแวดล้อมทุกด้าน จึงมีความสำคัญในการกำหนดชนิด และปริมาณแพลงก์ตอนพืช (ปารีหน่ะ, 2540)

1.1 ประโยชน์ของแพลงก์ตอนพืช

1) แพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิ (Primary Producer) ของห่วงโซ่อาหารใธรรชาติ

2) เป็นอาหารของสัตว์น้ำในธรรมชาติ และในการอนุบาลสัตว์น้ำวัยอ่อน

3) ใช้เป็นอาหารโดยตรง เช่น ไดอะตอม *Spirulina* sp. ในประเทศแถบทวีปแอฟริกา ไดอะตอม *Nostoc* sp. ใช้เป็นอาหารของคนในประเทศจีน ปัจจุบันนิยมใช้เป็นอาหารเสริม เช่น ไดอะตอม *Chlorella* sp. และไดอะตอม *Spirulina* sp. โดยเชื่อว่า อุดมไปด้วยแร่ธาตุ และวิตามินมากมาย และปัจจุบันได้ใช้เป็นอาหารของมนุษย์อวกาศขณะเดินทางไปในอวกาศ หากเป็นการเดินทางระยะเวลาช่วงสั้น สาหร่ายจะถูกนำขึ้นไปในลักษณะของอาหารเม็ด หากเป็นการเดินทางไกลใช้วิธีการลี้ยงสาหร่ายแบบครบวงจรในกระสวยอวกาศ อาหารที่ลี้ยงสาหร่าย ได้แก่ สิ่งขับถ่ายจากมนุษย์อวกาศ (ยูเรีย) ขณะที่สาหร่ายสังเคราะห์ด้วยแสง ก็จะผลิตออกซิเจนสำหรับการหายใจ ระหว่างกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง สาหร่ายได้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์จากการหายใจของมนุษย์ ซึ่งกระบวนการนี้ เป็นการหมุนเวียนนำเอาของเสียจากการดำรงชีวิตของมนุษย์กลับมาใช้ประโยชน์สำหรับการผลิตสาหร่ายเพื่อเป็นอาหาร นับว่าเป็นกระบวนการที่ชาญฉลาด และมีประสิทธิภาพอย่างยิ่ง

4) ใช้ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เช่น ใช้ไดอะตอม *Chlorella* sp. เพื่อศึกษาสรีรวิทยา และชีวเคมี โดยการศึกษาการสังเคราะห์ด้วยแสงของเซลล์ เนื่องจากเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวที่เลี้ยงง่ายเติบโตเร็ว นอกจากไดอะตอม *Chlorella* sp. แล้วยังใช้ไดอะตอม *Euglena* sp., ไดอะตอม *Chlamydomonas* sp., ไดอะตอม *Volvox* sp. ในการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ เพราะสามารถเจริญเติบโตได้ดี ทั้งในที่มีแสงสว่าง และในที่มืดด้วยเหตุนี้ สาหร่ายทั้ง 3 สกุล มีวิธีการสืบพันธุ์ที่มีทั้งที่อาศัยเพศ และไม่อาศัยเพศ จึงมีประโยชน์ในการศึกษาด้านพันธุกรรม นอกจากนี้ยังนำสาหร่ายเซลล์เดียวหลายสกุลศึกษา Bioregulatory System สำหรับการเดินทางในอวกาศ

5) มีประโยชน์ด้านการอุตสาหกรรม โดยการสกัดผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ทางยา เช่น เบตาแคโรทีน จากไดอะตอม *Spirulina* sp. และสาหร่ายสีเขียวบางชนิด แอสทาแซนธิน จากสาหร่ายสีเขียวจากไดอะตอม *Haematococcus* sp. กลีเซรอลจากไดอะตอม *Dunaliella* sp. เป็นต้น (ลัดดา, 2542)

1.2 กลุ่มของแพลงก์ตอนพืชที่ใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ซึ่งจำแนกได้ดังนี้

1) สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Blue–Green Algae, Cyanophyta) อยู่ใน Class Cyanophyceae, Division Cyanophyta สาหร่ายกลุ่มนี้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า Cyanobacteria เนื่องจากโครงสร้างของเซลล์เป็นแบบพืชชั้นต่ำ (Prokaryote) คือ มีโครงสร้างของเซลล์คล้ายแบคทีเรีย มีลักษณะที่ต่างจากแบคที่เรีย 2 ประการ คือ มีสารสีสังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic Pigments) สีเขียว (คลอไรฟิลล์ เอ) และผลิตออกซิเจนจากกระบวนการสังคราะห์ด้วยแสง สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินส่วนใหญ่มีสีเขียวแกมน้ำเงิน แต่บางชนิดมีสีแดง สีม่วง สีเหลือง หรือสีน้ำตาล ตามสภาพแวดล้อมสาหร่ายในดิวิชั่นนี้ ไม่มีหนวดทั้งเซลล์ปกติ (Vegetative Cell) และเซลล์สืบพันธุ์ (Reproductive Cell) เซลล์ปกติมีทั้งเซลล์เดี่ยว (Unicellular) เป็นโคโลนี และเส้นสาย (Filament หรือ Trichome)สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินอยู่ในแหล่งน้ำทุกประเภททั่วโลก แม้กระทั่งในทะเลทราย ตัวอย่างเช่น ไดอะตอม *Microcystis* sp. เป็นโคโลนีที่มีรูปร่างไม่แน่นอน อาจเป็นรูปวงแหวน รูปวงรี หรือโค้งงอ เป็นต้น ที่ประกอบด้วยเซลล์รูปกลมจำนวนมาก ภายในเซลล์มีโครงสร้างที่รียกว่า ก๊าซแวคิวโอล (Gas Vacuoles) ซึ่งเป็นเม็ดสีดำ หรือสีแดง หากส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ ชนิด Bright Field และเป็นจุดสีขาว หากส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิด Phase Contrast Illumination ก๊าซแวคิวโอล (Gas Vacuoles) ช่วยให้โคโลนีลอยขึ้น หรือจมลงสู่พื้นท้องน้ำ เมื่อน้ำนิ่ง โคโลนีจะลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ ทำให้เกิดฝ้าสีเขียวเข้ม ที่เรียกว่า การบลูมของแพลงก์ตอน (Plankton Bloom) ไดอะตอม *Microcystis* sp. บางชนิด เช่น ไดอะตอม *Microcystis aeruginosa* ผลิตท็อกซิน (Toxin) เรียกว่าMicrocystin ซึ่งทำอันตรายต่อตับของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม เช่น สัตว์เลี้ยง หรือมนุษย์ ที่ได้ดื่มน้ำที่มีสาหร่ายชนิดนี้

2) สาหร่ายสีเขียว (Green Algae), Class Chlorophyceae, Division Chlorophyta เป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มที่มีจำนวนสมาชิกมาก และประกอบด้วยสาหร่ายที่มีโครงสร้างของเซลล์แตกต่างกันมากมาย อยู่กันเป็นโคโลนี หรือกลุ่มเซลล์ บางกลุ่มไม่มีหนวด ซึ่งมีทั้งที่เป็นเซลล์เดี่ยวๆ และเป็นโคโลนี สาหร่ายสีเขียวส่วนใหญ่อยู่เป็นโคโลนี ส่วนใหญ่สกุลที่เป็นเส้นสายชอบอาศัยตามพื้นที่ขึ้นแฉะ หรือบริเวณชายฝั่ง แพลงก์ตอนพืชในกลุ่มนี้มีสีเขียว เนื่องจากสารสีที่ใช้สังเคราะห์ด้วยแสง (Photosynthetic Pigments) ส่วนใหญ่ประกอบด้วยสารสีสีเขียว แต่บางครั้งสารสีสีอื่นอาจมีมากกว่าสารสีสีเขียว ทำให้เซลล์มีสีส้มแกมเหลือง หรือมีสีออกแดง

3) ไดอะตอม ไดอะตอมเป็นกลุ่มแพลงก์ตอนพืชที่มีการใช้ประโยชน์มากต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน มีลักษณะพิเศษต่างจากแพลงก์ตอนพืชกลุ่มอื่น คือ เซลล์ประกอบด้วยฝา 2 ฝาครอบกันพอดี ลักษณะคล้ายกับจานแก้ว หรือ Petri Dish ไดอะตอมมีรูปร่างมากมายหลายแบบ เช่น กลม สี่เหลี่ยม หลายเหลี่ยม รูปเรือ รูปเข็ม อาจอยู่เดี่ยวๆ หรือเชื่อมต่อกันเป็นสายโซ่ (Chain) ผนังเซลล์ประกอบด้วย

ซิลิกา มีลวดลายที่มีความงามอันวิจิตรพิสดารของลวดลายบนผนังเซลล์ของไดอะตอม จึงดึงดูดนักอนุกรมวิธานทั่วโลกให้มาศึกษา นับตั้งแต่มีการประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ขึ้นมา นอกจากนี้ ยังใช้วัดคุณภาพเลนส์ของกล้องจุลทรรศน์ตามระดับที่แสดงรายละเอียดของลวดลายบนผนังเซลล์ แม้ว่าการจำแนกชนิดของไดอะตอมจะสามารถทำได้โดยใช้กล้องประเภท Light Microscope ซึ่งมีกำลังขยายสูงสุด 1,000 เท่า แต่ไดอะตอมที่มีขนาดเล็กก็ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron) ที่ให้รายละเอียดบนผนังเซลล์ของไดอะตอมได้อย่างน่าพิศวง รวมทั้งแสดงโครงสร้างเซลล์ 3 มิติ ได้อีกด้วย (ลัดดา, 2544)

2. ไดอะตอม

2.1 โครงสร้างของไดอะตอม

ไดอะตอมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ซึ่งผนังเซลล์ของไดอะตอมประกอบด้วยซิลิกอนออกไซค์ 96.5 เปอร์เซ็นต์ อลูมิเนียมออกไซด์ 11.5 เปอร์เซ็นต์ และเฟอริกออกไซด์เล็กน้อย มีฟรัสตูล (Frustule) คือ เซลล์ของไดอะตอมที่มีลักษณะเป็นฝา 2 ฝา ครอบกันอยู่พอดี แต่ละฝาเรียกว่า Theca ฝาบน เรียกว่า Epitheca ฝาล่างเรียกว่า Valve Face บริเวณที่ฝาบนกับฝาล่างเกยกันเรียกว่า Connecting Band ด้านข้างที่เป็นขอบครอบกันอยู่ เรียกว่า Girdle หรือเรียกว่า Cingulum

2.2 ประเภทของไดอะตอม

ลัดดา (2544) กล่าวว่า ไดอะตอมแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ตามสมมาตร (Symmetry) ของเซลล์ คือ

1) เพนเนตไดอะตอม (Pennate Diatom) มีสมมาตรแบบซ้ายขวา (Bilateral Symmetry) มีรูปร่างหลายแบบ เช่น รูปร่างรี รูปร่างยาวรี รูปร่างสี่เหลี่ยม ขนมเปียกปูน รูปร่างคล้ายหอก เป็นต้น

2) เซนทริกไดอะตอม (Centric Diatom) มีสมมาตรแบบรัศมี (Radial Symmetry) มีรูปร่างกลม

2.3 ลักษณะเซลล์ของไดอะตอม

ไดอะตอมล้อมรอบด้วยฝา ซึ่งโอบล้อมด้วยโปรโตพลาสต์ และมีคลอโรพลาสต์เป็นแผ่นจำนวน 1-4 แผ่น หรืออาจเป็นเม็ดกลมจำนวนมาก สีของคลอโรพลาสต์แตกต่างกันมาก เช่น สีเหลืองอ่อน สีน้ำตาลแกมเขียว สีน้ำตาลอ่อน สีน้ำตาลเข้ม เป็นต้น รูปร่างของคลอโรพลาสต์มีแบบน้อย เช่น เป็นแผ่น คล้ายแผ่น ขอบเรียบ เป็นพู พื้นที่ในเซลล์ส่วนใหญ่เป็นช่องว่าง (Vacuole) 1-2 ช่อง ดังนั้น ไซโตพลาสซึม จึงอยู่บริเวณฝาไดอะตอม สะสมอาหารเป็นแป้งในรูปของเหลวเรียกว่า คริโซลามินารีน (Chrysolaminarin) และไขมัน (Fat) ไดอะตอมมีรงควัตถุที่สังเคราะห์ด้วยแสง

ได้ 3 ชนิด คือ Chlorophyll, Carotenoid และ Xanthophyll นอกจากนี้ ไดอะตอมยังสามารถดูดซึมสารละลายในแหล่งที่อยู่ เช่น น้ำตาล กรดอะมิโน และสารประกอบอื่นมาใช้ได้

2.4 การสืบพันธุ์ของไดอะตอม

การสืบพันธุ์ของไดอะตอม สามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ และแบบไม่อาศัยเพศ โดยการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศใช้วิธีการแบ่งเซลล์ (Binary Fission) ฝาของเซลล์เดิมจะถูกแยกไปเซลล์ใหม่ 2 เซลล์ ฝานี้จะไปเป็นฝาบน (Epitheca) ส่วนฝาล่างแต่ละเซลล์จะสร้างขึ้นมาใหม่ เนื่องจากฝาล่างของเซลล์แม่ (Hypotheca) จะเปลี่ยนเป็นฝาบนของเซลล์ลูก ดังนั้น จำนวนไดอะตอมส่วนใหญ่ จึงมีขนาดของเซลล์เล็กลงเรื่อยๆ ตามจำนวนครั้งของการแบ่งเซลล์ ยกเว้นบางชนิดที่มีผนังเซลล์ยืดหยุ่นตัวดีเท่านั้น ที่สามารถคงขนาดของเซลล์เป็นเวลานาน เมื่อสามารถแบ่งเซลล์ได้อีกจึงมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ สร้างออโซสปอร์ (Auxospore) มีขนาดใหญ่ซึ่งเกิดจากไซโกต (Zygote) และในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจะสร้างเรสติงสปอร์ (Resting Spore) ที่มีคุณสมบัติทนทานต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ด้วย

2.5 แหล่งที่อยู่อาศัยของไดอะตอม

ไดอะตอมสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ ไดอะตอมที่อยู่บนพื้น (Benthic Diatom) และไดอะตอมที่เป็นแพลงก์ตอน (Planktonic Diatom) ไดอะตอมพบได้ทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำทะเล แต่ส่วนใหญ่จะเป็นแพลงก์ตอนทะเล สามารถบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1) Holoplanktonic Diatom ไดอะตอมที่อาศัยตามบริเวณชายฝั่งทะเลในของวัฏจักรชีวิตจะไม่เกาะอยู่กับพื้นเลย

2) Meroplanktonic Diatom ไดอะตอมที่ลอยอย่างอิสระช่วงระยะเวลาหนึ่งของชีวิต ส่วนเวลาที่เหลือจะเกาะติดพื้น

3) Tychoplanktonic Diatom ไดอะตอมที่ใช้เวลาส่วนใหญ่ของวัฏจักรชีวิตเกาะอยู่กับพื้น แต่จะหลุดออกจากที่หากถูกรบกวน

2.6 การจำแนกชนิดของไดอะตอม

สามารถจำแนกชนิดของไดอะตอมได้ โดยหยดตัวอย่างบนสไลด์โดยตรง ที่เรียกว่า Water Mount แต่ไอะตอมหลายชนิด โดยเฉพาะไดอะตอมน้ำจืด มีลายบนเซลล์ใกล้เคียงกันมาก จึงจำเป็นต้องทำความสะอาดเซลล์ โดยขจัดสารอินทรีย์ในเซลล์ให้หมดไป วิธีทำความสะอาดเซลล์ไดอะตอมตามวิธีของ Patrick and Reimer (1966) คือ ถ้าตัวอย่างไดอะตอมไม่มีสิ่งเจือปนมากนักควรล้างตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นหลายครั้งจนหมดเกลือ หรือหมดน้ำยาที่ดองตัวอย่าง หยดตัวอย่างเล็กน้อยบน Cover Glass นำมาเผาบน Hot Plate หรือใช้เปลวไฟจากตะเกียง จนได้เถ้าสีเหลืองหรือสีน้ำตาล คว่ำ Cover Glass ลงบนสไลด์ที่มีหยดของ Mounting Media เช่น Hyrax ในสไลด์ด้วยเปลวไฟจากตะเกียง เพื่อให้ Solvent ระเหยไป นำแผ่นสไลด์ไปจำแนกชนิดได้ หากตัวอย่าง

มีสิ่งเจือปนมาก ให้รินน้ำในตัวอย่างให้มากที่สุด แล้วเติมกรดซัลฟูริคเข้มข้น และต้มตัวอย่างประมาณ 20 นาที หรือจนสิ่งเจือปนหมดไป ล้างตะกอนที่ได้ด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง จน pH ของน้ำเท่ากับ 7

2.7 ประโยชน์ของไดอะตอม

ไดอะตอมนั้นมีความสำคัญต่อระบบนิเวสเป็นอย่างยิ่ง เพราะเป็นผู้ผลิตที่สำคัญในห่วงโซ่อาหาร นอกจากนี้ ซากของไดอะตอมที่ทับถมกัน (Diatomaceous Earth) เรียกว่า ไดอะโตไมต์ (Diatomite) ซึ่งใช้ประโยชน์ในกระบวนการกรอง ทำเหล้า ไวน์ ฉนวนความร้อน และทำดินระเบิดได้และในบริเวณที่มี Diatomaceous Earth อาจเกิดการเปลี่ยนแปลงเกิดเป็นแผ่นดินขึ้นมาได้เช่น ในประเทศไทยมีมากทางภาคหนือ ในประเทศสหรัฐอเมริกาพบเป็นแหล่งใหญ่ที่สุด ได้แก่ Lompoc รัฐแคลิฟอร์เนีย (ลัดดา, 2544)

3. ไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ซึ่งเป็นแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในกลุ่มเซนทริคไดอะตอม มีคุณค่าทางทางอาหารเพียงพอที่จะใช้อนุบาลลูกกุ้ง และลูกหอยได้ อาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งนิยมให้อาหารที่มีชีวิตกลุ่มแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะมีปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งพบว่า HUFA มีผลต่อการทนต่อความเครียด (ปกป้อง, 2543)

3.1 อนุกรมวิธานของไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

Domain Eukaryota
Unranked SAR
Superphylum Heterokonta
Class Coscinodiscophyceae
Order Thalassiosirales
Family Thalassiosiraceae
Genus Thalassiosira

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)

3.2 ชนิดและรูปร่างของไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. เป็นไดอะตอมที่มีความหลากหลาย แต่สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งในสกุลนี้ คือ ไดอะตอมชนิด *Thalassiosira pseudonana* ได้รับความสำคัญเป็นพิเศษในฐานะแพลงก์ตอนพืชในทะเลชนิดแรกที่มีการจัดลำดับ ไดอะตอมชนิดนี้ได้กลายเป็นสิ่งมีชีวิตต้นแบบที่สำคัญสำหรับการศึกษาสรีรวิทยาของไดอะตอม ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. มีหลายรูปทรง ตั้งแต่รูปทรงกล่องทรงกระบอก หรือทรงกลม บางเซลล์พบได้ตามลำพัง ในขณะที่เซลล์อื่นๆ อยู่รวมตัวกัน

เป็นโซ่ มีพลาสมิดดิสรอยด์หลายตัว และวาล์ววงกลม ซึ่งมีรูพรุนเรียงเป็นแถว หรือส่วนโค้งเปิดออกด้านนอก เป็นแพลงก์ตอนบริเวณชายฝั่งทะเล จึงนิยมใช้เป็นอาหารสำหรับการอนุบาลลูกกุ้งวัยอ่อนในโรงเพาะฟักทั่วไป และถูกค้นพบครั้งแรกในปี พ. ศ. 2416 โดย PT Cleve ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน นำไปสู่การศึกษาที่เพิ่มขึ้นเกี่ยวกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืช และสัตว์ รวมถึงการรับรู้ที่มาของกว่า 100 สายพันธุ์

ไดอะตอมชนิด *Thalassiosira pseudonana* นี้ที่ได้รับเลือกเป็นครั้งแรกในการศึกษาแพลงก์ตอนพืช ด้วยเหตุนี้จึงทำหน้าที่เป็นต้นแบบสิ่งมีชีวิต เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับชีววิทยาของไดอะตอม การศึกษาทางพันธุกรรมเมื่อเร็วๆ นี้สามารถแยกแยะ และจัดจำแนกชนิดของไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ได้ดีขึ้น ซึ่งไดอะตอมชนิดนี้ มีถิ่นที่อยู่อาศัยที่หลากหลายทั้งในทะเล และน้ำจืด ไดอะตอมสกุลนี้เป็นผู้ผลิตหลักที่สำคัญ ในเขตอบอุ่น และเขตขั้วโลก ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. สามารถเจริญเติบโตได้ในอุณหภูมิ และแสงต่ำเช่นเดียวกับน้ำกร่อย ดังนั้น จึงพบส่วนใหญ่ของไดอะตอมสกุลนี้ในช่วงฤดูใบไม้ผลิในเขตอบอุ่น เช่น น่านน้ำแคนาดา และในอลาสก้า ไดอะตอมในสกุลนี้ก็ยังสามารถอยู่รอดได้อีกด้วย

สายพันธุ์ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. มีความหลากหลายทั้งในด้านนิเวศวิทยา และสรีรวิทยา โดยมีกลไกการกักเก็บไนโตรเจน และธาตุเหล็ก ความเข้มข้นของธาตุเหล็ก อุณหภูมิ และความพร้อมของธาตุอาหารหลัก ได้รับการระบุว่าเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับองค์ประกอบของไอะตอม *Thalassiosira* sp. ในน่านน้ำทะเล ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. สามารถสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ การสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ คือ เซลล์แม่จะแบ่งออกเป็นเซลล์ลูกสองเซลล์ที่มีขนาดไม่เท่ากัน เซลล์หนึ่งมีขนาดเท่ากับแม่ และอีกเซลล์หนึ่งมีขนาดเล็กกว่า ข้อจำกัดด้านขนาดระหว่างการแบ่งตัว เนื่องจากการมีผนังเซลล์ซิลิกาที่แข็ง ด้วยเหตุนี้ ในการแบ่งเซลล์หลายๆ เซลล์ขนาดเซลล์ของลูกแต่ละเซลล์จะลดลง เพื่อรับมือกับขนาดเซลล์ที่ลดลง และสามารถเปลี่ยนไปสู่การสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ ซึ่งเกิดจากปัจจัยสิ่งแวดล้อมหลายประเภท และในการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศคือ สเปิร์ม และไข่ สามารถเกิดขึ้นได้จากเซลล์เดียวกัน จะหลอมรวมกันเพื่อสร้างไซโกตแบบ Diploid ซึ่งเรียกว่า Auxospore จากนั้น จะสร้างผนังเซลล์ขึ้นมาใหม่ กลายเป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เนื่องจากไดอะตอม *Thalassiosira* sp. เป็นไดอะตอมรูปร่างกลม มีลักษณะเซลล์รูปร่างกลมคล้ายกับจานนูน เป็นแพลงก์ตอนชายฝั่งทะเล จึงนิยมใช้เป็นอาหารสำหรับอนุบาลลูกกุ้งวัยอ่อน และที่ใช้ในโรงเพาะฟักมี 2 ชนิด คือ

1) *Thalassisira pseudonana* เซลล์เล็กขนาด 31.25-37.50 ตารางไมครอน

2) *Thalassiosira weissflogii* เซลล์ใหญ่ขนาด 1,500-1,800 ตารางไมครอน

ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. เป็นแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในกลุ่มเซนทริคไดอะตอมมีคุณค่าทางอาหารเพียงพอที่จะใช้อนุบาลลูกกุ้ง และลูกหอยได้ อาหารที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งนิยมให้อาหาร

ที่มีชีวิต กลุ่มแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยเฉพาะมีปริมาณกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวสูง ซึ่งพบว่า HUFA มีผลต่อการทนต่อความเครียด (ปกป้อง, 2543) สามารถเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต และอัตราการรอดตาย (ทาริกา, 2543) การผลิตไดอะตอม *Thalassiosira* sp. สะดวกต่อการนำไปใช้ คือ สามารถให้เป็นอาหารสด หรือแช่เย็นไว้ได้ ซึ่งจะไม่ทำให้เสียคุณค่าทางอาหารไป

3.3 ประโยชน์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. เป็นแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ใน Division Chromophyta, Class Bacillariophyceae เป็นไดอะตอมสกุลหนึ่ง เซลล์รูปร่างกลม มีขนาดประมาณ 2-4 ไมครอน เป็นแพลงก์ตอนทะเลที่มีจำนวนชนิดมากกว่า 100 ชนิด และอาจเป็นแพลงก์ตอนพืชทะเลที่มีผู้ศึกษามากที่สุด (ลัดดา, 2542) ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบด้วยโปรตีน 34.0 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรต 8.8 เปอร์เซ็นต์ และไขมัน 19.0 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง (Lavens and Sorgeloos, 1996) มี EPA 10.6-13.9 เปอร์เซ็นต์ และ DHA 2.3-4.6 เปอร์เซ็นต์ ของกรดไขมันที่มีอยู่ (Ishida *et al*. 2000) มีศักยภาพสูงในการเพาะเลี้ยงทั้งในห้องปฏิบัติการ และนอห้องปฏิบัติการ และมีการนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำของประเทศไทย ในการเพิ่มศักยภาพการผลิตลูกพันธุ์กุ้ง และปู (วุฒิชัย และคณะ, 2553)

4. คุณสมบัติบางประการที่มีผลต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืช

4.1 คุณสมบัติทางกายภาพ

1) อุณหภูมิ อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำมีผลทำให้น้ำมีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบต่างๆ ภายในแหล่งน้ำ โดยจะมีผลต่อกระบวนการทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ โดยอุณหภูมิมีผลต่อความหนาแน่นของน้ำ การละลายของธาตุ และก๊าซในน้ำ การแบ่งชั้นของน้ำ ความหนืด และการหมุนเวียนของแร่ธาตุต่างๆ (นันทนา, 2544) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ โดยอุณหภูมิสูงการละลายของออกซิเจนจะลดต่ำลง (สมสุข, 2528) นอกจากนี้ ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณความเข้มของแสง ถ้าปริมาณความเข้มของแสงมาก มีผลทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในแหล่งน้ำเกิดจากการที่แสงส่องผ่านลงไปในแม่น้ำ ซึ่งต่อมามีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแสงเป็นพลังความร้อน ทำให้แหล่งน้ำมีอุณหภูมิแตกต่างกันตามระดับความลึก (เปี่ยมศักดิ์, 2538) และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากจนเกินช่วงที่สาหร่ายทนได้ จะส่งผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสง และการเจริญเติบโตลดลง และตายในที่สุด แต่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม จะมีผลให้การเติบโตของสาหร่ายลดลง แต่ไม่ทำให้สาหร่ายตาย สาหร่ายที่เจริญเติบโตในน้ำจืดเกือบทุกชนิด และเจริญเติบโตได้ดี

ที่ระดับอุณหภูมิตั้งแต่ 15-25 องศาเซลเซียส (Jonh, 2005) แต่ก็มีสาหร่ายบางชนิดเจริญได้ดีในน้ำที่มีความเข้มของแสงมาก และอุณหภูมิสูงกว่าปกติ เช่น ไดอะตอม *Gymnodinium* sp. แต่สาหร่ายสีเขียวเจริญได้ดีที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส (Boney, 1975) อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเจริญของแพลงก์ตอนพืชในกลุ่มไดอะตอม คือ 20-28 องศาเซลเซียส สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินบางชนิดสามารถเจริญได้ดี ที่อุณหภูมิมากกว่า 3 องศาเซลเซียส (Welch,1952) และอุณหภูมิมีผลต่อการเพิ่ม หรือลดอัตราการเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของแพลงก์ตอนพืช (Smith, 1950) นอกจากนี้ ยังส่งผลกระทบต่อการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะอย่างยิ่งมีผลต่อความสามารถในการดำเนินชีวิตของสิ่งมีชีวิต และเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช (สมสุข, 2528)

2) แสง แสงมีความสำคัญในห่วงโซ่อาหารที่จะทำให้ระบบนิเวศมีความสมดุลตาธรรมชาติ ซึ่งแสงจะมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดยแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดต้องการปริมาณแสงในการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน (Smith, 1950) แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโตได้ดีในบริเวณใกล้ผิวน้ำ เนื่องจากมีแสงเหมาะสมต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง และการเจริญเติบโตจะลดลงตามระดับความลึกของน้ำ ถ้าบริเวณผิวน้ำมีความเข้มแสงมากเกินไป แพลงก์ตอนพืชจะอพยพลงสู่ที่ลึกเพื่อให้ได้แสงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต (Moss, 1980 ; Lorenzen, 1963) โดยความสูงจาระดับน้ำทะเลมีผลต่อความเข้มของแสงรวมทั้งช่วงคลื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งมีชีวิตที่ต้องการแสง เพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง จะเกิดขึ้นได้ดีในช่วงความยาวคลื่น 390-710 นาโนเมตร (Wetzel, 2001) ปริมาณความเข้มจะถูกดูดกลืนด้วยบรรยากาศขณะที่แสงส่องผ่านลงสู่พื้นโลกถึง 20 เปอร์เซ็นต์ดังนั้น ลักษณะภูมิประเทศ มีผลต่อความเข้มแสง โดยเฉพาะความลาดชันของพื้นที่ และทิศทางของส่วนที่ลาดชัน ทำให้ได้รับความเข้มของแสง และช่วงระยะเวลาของการได้รับแสงต่อวันไม่เท่ากัน แม้จะอยู่ในเขตภูมิศาสตร์เดียวกันก็ตาม (สมสุข, 2528) เมื่อแสงส่องลงมาผิวน้ำบางส่วน จะมีการสะท้อนกลับ ซึ่งจะแปรผันตามมุมของแสงที่ตกกระทบผิวน้ำ และมีบางส่วนที่ถูกดูดซับเอาไว้แล้วมีการเปลี่ยนรูปพลังงานแสงเป็นพลังงานความร้อน ซึ่งจะส่งผลทำให้อุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้น หรือลดลงขึ้นอยู่กับปริมาณการดูดซับของแสง ว่ามีการดูดซับมาก หรือน้อยเพียงใด และก็จะส่งผลถึงปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ซึ่งจะสังเกตได้จากในช่วงกลางวัน ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำสูงกว่ากลางคืน เนื่องจากกลางคืนไม่มีการสังเคราะห์ด้วยแสง มีแต่การใช้ออกซิเจนในการหายใจ (Palmer, 1977) โดยพลังงานดังกล่าวจะเป็นแหล่งในการกระตุ้น และควบคุมกระบวนการเมตาบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ (Wetzel, 2001) นอกจากนี้ ปริมาณแสงยังมีความแตกต่างกันในแต่ละฤดูกาล โดยในช่วงฤดูร้อนจะมีการแพร่กระจาย และความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืชมาก เนื่องจากในฤดูร้อนจะมีแสงส่องตลอดวัน

3) ความขุ่นของน้ำ เป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับแสง โดยแสงส่องผ่านผิวน้ำได้มากหรือน้อยนั้น ขึ้นอยู่กับความขุ่นของน้ำเป็นสำคัญ โดยความขุ่นของน้ำเกิดจากอนุภาคสารแขวนลอย ทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ในน้ำ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ซึ่งมีขนาดตั้งแต่เล็กมากจนถึงขนาดใหญ่ สารแขวนลอยที่มีขนาดเล็ก และไม่ตกตะกอนในแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยปกติจะมีขนาดตั้งแต่ 1–100 มิลลิไมครอน (10-9 เมตร) และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า หรือแม้แต่กล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงธรรมดา สารแขวนลอยเหล่านี้อาจเกิดจากการรวมตัวกันของอะตอมโมเลกุล ที่เกิดจากการรวมตัวของอะตอมของสารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปก็ได้ (Sawyer And McCarty, 1976) เช่น ตะกอนดิน ดินเหนียว ดินโคลน แพลงก์ตอน แบคทีเรีย เป็นต้น สารแขวนลอยเหล่านี้จะขัดขวางการสะท้อนแสง และดูดซับแสงเอาไว้ เป็นสาเหตุให้แสงที่ส่องลงในน้ำเกิดการกระจายออกจากน้ำ และการดูดซึมแสงบางส่วนเอาไว้ ทำให้ความสามารถของแสงที่ส่องลงไปในน้ำที่มีระดับความลึกมีปริมาณลดลง (นันทนา, 2544) ซึ่งมีผลทำให้ความเข้มแสงในน้ำมีน้อย แพลงก์ตอนพืชที่เจริญอยู่ในแหล่งน้ำก็เจริญได้ไม่ดีเท่าที่ควร เพราะปริมาณแสงไม่เพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงพบว่า จำนวนแพลงก์ตอนพืชลดลงได้ เมื่อความขุ่นเพิ่มขึ้น ทำให้แพลงก์ตอนพืชจำกัดการเจริญเติบโตอยู่เฉพาะบริเวณผิวน้ำเท่านั้น (Hobson, 1966) จึงทำให้ปริมาณอาหารในธรรมชาติหรือผู้ผลิตในห่วงโซ่อาหารในแหล่งน้ำลดลง โดยน้ำที่มีความขุ่นจะมีการดูดซับความร้อนที่บริเวณผิวน้ำ ทำให้อุณหภูมิสูงกว่าปกติ และยังส่งผลทำให้ปริมาณออกซิเจนละลายในน้ำได้จำกัด โดยในแหล่งน้ำธรรมชาติควรมีค่าความโปร่งแสงในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในแหล่งน้ำ อยู่ในช่วงระหว่าง 30-60 เซนติเมตร และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำไม่ควรเกิน 25 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

4) ค่าการนำไฟฟ้า ซึ่งเป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ โดยจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิด ปริมาณอิออนที่แตกตัวอยู่ในน้ำ อุณหภูมิขณะทำการวัด โดยสารประกอบที่มีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดี คือ สารประกอบอินทรีย์ของกรด ด่าง และเกลือ (ธงชัย และวิบูลย์ลักษณ์, 2540) ถ้าน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าสูง แสดงว่ามีปริมาณสารที่ละลายในน้ำมาก แต่ถ้าน้ำมีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ก็แสดงว่าในน้ำมีปริมาณสารที่ละลายในน้ำน้อย (APHA, AWWA, and WPCF, 2012) โดยค่าการนำไฟฟ้านี้ จะใช้ในการคาดคะเนผลของประจุไฟฟ้าต่างๆ ที่มีผลต่อสมดุลทางเคมี และมีผลทางกายภาพ ที่มีต่อพืช และสัตว์ (ธงชัย และวิบูลย์ลักษณ์, 2540) ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีคุณภาพดี จะมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 150-300 โมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร ถ้าค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่า 300 โมโครซีเมนส์ต่อเซนติเมตร แสดงว่าแหล่งน้ำมีมลพิษ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับ 8, 2537) ซึ่งมีผลต่อการเจริญของสาหร่ายบางชนิดได้ (ณรงค์, 2525) นอกจากนี้ อุณหภูมิยังมีผลต่อค่าการนำไฟฟ้า โดยค่าการนำไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น 2.5 เปอร์เซ็นต์ ทุกๆ 1 องศาเซลเซียสที่เพิ่มขึ้น (นันทนา, 2544)

4.2 คุณสมบัติทางเคมี

1) ความเป็นกรด-ด่างของน้ำ มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตที่ดำรงชีพในแหล่งน้ำ ในการควบคุมการหายใจ และระบบการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งจะมีผลต่อกระบวนการหมุนเวียนธาตุคาร์บอนในแหล่งน้ำด้วย เนื่องจากเมื่อความเป็นด่างของน้ำมีความคงที่ การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรด-ด่าง จะเป็นปฏิภาคต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของคาร์บอนไดออกไซด์ และการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรด-ด่างต่อหน่วยของคาร์บอนไดออกไซด์ที่เปลี่ยนแปลงจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการแสดงคุณสมบัติเป็นบัฟเฟอร์ของน้ำ ดังนั้น ในลำธารซึ่งเป็นน้ำอ่อนและมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์น้อย จะมีการเปลี่ยนระดับความเป็นกรด-ด่างได้ง่ายกว่าน้ำทะเล ซึ่งมีความสามารถในการเป็นบัฟเฟอร์มากกว่า (สมสุข, 2528) โดยในแหล่งน้ำธรรมชาตินั้นจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.9-9.0 ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะของภูมิประเทศ และขึ้นอยู่กับหลายประการ เช่น พื้นดิน หิน แต่ช่วงที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิตในแหล่งน้ำ คือ 6.0-8.0 แหล่งน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่มักจะมีค่าความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 7 ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากในน้ำมีปริมาณอิออนกลุ่มไบคาร์บอเนต และคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (นันทนา, 2544) จึงมีผลต่อสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งแพลงก์ตอนพืช ซึ่งเป็นผู้ผลิตในระดับต้นๆ ของห่วงโซอาหาร ที่จะต้องมีการดำรงชีวิตในระดับความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างกันโดยในแหล่งน้ำที่มีสภาพความเป็นกลาง การกระจายชนิดแพลงก์ตอนจะไม่แตกต่างกัน แต่ถ้าเป็นกรด-ด่างสูง จะทำให้ชนิดแพลงก์ตอนพืชกระจายค่อนข้างอิสระ (Palmer, 1977) ซึ่งความแตกต่างเหล่านี้ ทำให้แพลงก์ตอนพืชดำรงชีวิตในระดับความเป็นกรด-ด่าง ที่แตกต่างไปด้วย เช่น สาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินจะเจริญเติบโตได้ดีในน้ำที่มีสภาพเป็นกลางจนถึงสภาพเป็นด่าง หรือมีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 6.5-7.5 สาหร่ายสีเขียวบางกลุ่ม เช่น เดสมิดส์ ชอบน้ำที่มีสภาพเป็นกรดอ่อน ที่มีค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 5.5-6.5 สาหร่ายบางชนิดเจริญในน้ำที่มีสภาพเป็นกรดมาก

2) ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ ก๊าซออกซิเจนเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในระบบนิเวศ เพราะสิ่งมีชีวิตทั้งหมดในระบบนิเวศในน้ำต้องการมากที่สุด โดยในการละลายน้ำของออกซิเจนจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ เมื่ออุณหภูมิต่ำออกซิเจนจะละลายได้มากขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิสูงออกซิเจนจะละลายได้น้อยลง (วิจิตรและคณะ, 2533) แต่ถ้าหากมีการสังเคราะห์ด้วยแสงของแพลงก์ตอนพืช จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำสูง (ปรัชญา, 2539) ความกดอากาศก็มีผลต่อการละลายออกซิเจนด้วย โดยความดันบรรยากาศสูงออกซิเจนจะละลายได้มาก แต่ถ้าความดันอากาศน้อย ออกซิเจนก็ละลายได้น้อยไปด้วย (Wetzel, 2001) โดยก๊าซออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำจืด จะมาจากบรรยากาศ หรือมาจากผลิตผลสุดท้ายของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของพืชน้ำต่างๆ รวมทั้งแพลงก์ตอนพืชด้วย (ลานทอง, 2549) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ ยังขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของออกซิเจน โดยออกซิเจน

จะมีความเข้มข้น หรือปริมาณมากบริเวณผิวน้ำ ยิ่งลึกความเข้มข้นของออกซิเจนยิ่งลดลง เนื่องจากออกซิเจนละลายได้เพียงเล็กน้อย (บัญญัติ, 2532) โดยทั่วไปความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำที่เหมาะสมต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำ คือ 5-7 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้าออกซิเจนที่ละลายน้ำต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร จะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ ออกซิเจนที่ละลายในน้ำนั้น มาจากการซึมอิสระจากบรรยากาศ หรือมาจากกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชน้ำ และสาหร่าย (นันทนา, 2544)

3) ไนโตรเจน เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศของแหล่งน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสิ่งมีชีวิตพวก Macrophyte และ Microphyte ที่ใช้ในการเจริญเติบโต และยังเป็นองค์ประกอบของโปรตีน และไขมันบางชนิดที่ใช้ในการดำรงชีพอีกด้วย โดยในแหล่งน้ำจะได้สารประกอบไนโตรเจนจากกิจกรรมการเกษตร น้ำทิ้งจากชุมชน และน้ำฝนยังเป็นแหล่งไนโตรเจนหลักสำหรับแหล่งน้ำในแหล่งน้ำนั้น สารประกอบไนโตรเจนอยู่ในรูปไนเตรท ไนไตรท์ และแอมโมเนีย ซึ่งแพลงก์ตอนพืชนำไนเตรทไปใช้ได้ โดยการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแอมโมเนียก่อน แล้วจึงนำไปสร้างโครงสร้างต่างๆ ในเซลล์ (นันทนา, 2544) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ไดอะตอมบางชนิด เช่น ไดอะตอมชนิด *Melosira varians, Synedra ulna* และ *Navicula viridula* สามารถเจริญได้ดีในน้ำที่มีไนเตรทสูง 2.0-3.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พวกไดอะตอมชนิด *Navicula crytocephala* และ *Nitzschia palea* เจริญได้ดีในน้ำเสีย ซึ่งมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคาร์บอน (Patrick, 1977) ถ้าในแหล่งน้ำธรรมชาติมีไนโตรเจน สารอินทรีย์ และแอมโมเนียไนโตรเจนมาก และมีไนเตรทไนโตรเจน และไนไตรท์ไนโตรเจนในปริมาณน้อย แสดงว่าเป็นน้ำที่มีการปนเปื้อน จะเป็นน้ำที่ไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค แต่ถ้าน้ำมีไนเตรทไนโตรเจนเล็กน้อย ไม่มีไนโตรเจนอินทรีย์ และแอมโมเนียเลย จัดเป็นน้ำคุณภาพดี โดยทั่วไปแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีไนโตรเจนต่ำ คือ ประมาณ 2.50 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเป็นไนเตรทประมาณ 0.01-0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าปริมาณแอมโมเนียเกิน 0.50-1.00 มิลลิกรัมต่อลิตร จะยับยั้งการใช้ไนเตรท (Darley, 1982) ในแหล่งน้ำธรรมชาติ จะมีไนไตรท์ประมาณ 0.5-5.00 มิลลิกรัมต่อลิตร และถ้าหากมีความเข้มข้นมากจะเป็นอันตรายต่อปลาได้ (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2537)

4) ฟอสฟอรัส เป็นธาตุที่สำคัญสำหรับสิ่งมีชีวิต เนื่องจากมีความจำเป็นต่อกระบวนการเมตาบอลิซึมในสิ่งมีชีวิต ดังนั้น จึงเป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบนิเวศ โดยฟอสฟอรัสเมื่อละลายน้ำจะอยู่ในรูปของออร์โธฟอสเฟต ซึ่งถูกนำไปใช้อย่างรวดเร็ว โดยสิ่งมีชีวิตในน้ำ ดังนั้นออร์โธฟอสเฟตจึงมีปริมาณต่ำในน้ำจืด (นันทนา, 2544) ในแหล่งน้ำมักได้ฟอสเฟตจากน้ำทิ้ง ถ้าในน้ำมีปริมาณไนโตรทมาก ทำให้สาหร่าย และพืชน้ำเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดสภาวะขาดออกซิเจนในแหล่งน้ำ (ผกาวรรณ, 2534 และนันทนา, 2544) ซึ่งสาหร่ายที่มักจะพบ คือ *Oscillatoria rabescus, Aphanizomenonflos aquae, Anabaena spiroides*

และ *Microcystis aeruginosa* ในการควบคุม และป้องกันปัญหาการเสื่อมโทรมของแหล่งน้ำ มีค่ามาตรฐานกำหนดปริมาณฟอสฟอรัสไม่ควรเกิน 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร (ไมตรี และจารุวรรณ, 2528)

5. การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช

การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนพืช หมายถึง การเพิ่มจำนวนซึ่งโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 5 ระยะ คือ

1) ระยะที่ 1 Lag Phase คือ ระยะปรับตัวเข้ากับสภาพเลี้ยง เช่น แสง อุณหภูมิ และธาตุอาหาร แพลงก์ตอนพืชไม่มีการแบ่งเซลล์ ฉะนั้นถ้าเซลล์ที่ไม่ปรับตัวจะตายลง การที่แพลงก์ตอนจะผ่านระยะนี้ได้เร็ว ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของเซลล์ และความอุดมสมบูรณ์ของอาหารที่เลี้ยง ถ้าสภาพทั้งสองเหมาะสม จะเข้าสู่ระยะที่ 2 ได้เร็วขึ้น

2) ระยะที่ 2 Log Phase คือ ระยะที่แพลงก์ตอนพืชเจริญเติบโต และขยายพันธุ์อย่างรวดเร็ว ระยะนี้จะนานเพียงใดขึ้นอยู่กับปริมาณสารอาหาร และคุณสมบัติทางฟิสิกส์ เคมีของสิ่งแวดล้อม เช่นอุณหภูมิ ความเข้มแสง เป็นต้น

3) ระยะที่ 3 Declining Phase คือ ระยะที่เซลล์มีการเจริญเติบโตช้าลง เนื่องจากขาดแคลนอาหาร เช่น ไนโตรเจน คาร์บอน ออกซิเจน เป็นต้น เนื่องจากเซลล์เกิดความหนาแน่นเกินไป

4) ระยะที่ 4 Stationary Phase คือ ระยะที่การเจริญเติบโตของแพลงก์ตอนหยุดนิ่ง เนื่องจากธาตุอาหารลดน้อยลง และเกิดสารพิษ จากกระบวนการเมตาบอลิซึม หรือการสลายตัวของเซลล์เพิ่มมากขึ้น

5) ระยะที่ 5 Death phase คือ ระยะที่เซลล์หยุดการเจริญเติบโตโดยสิ้นเชิง เนื่องจากธาตุอาหารหมดลง เซลล์จะเริ่มตาย และการตายจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ และรวดเร็วขึ้น

6. การนับจำนวนแพลงก์ตอนพืช

6.1 หน่วยวัดปริมาณแพลงก์ตอนพืช และอุปกรณ์ การนับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนใช้หน่วยจำนวนเซลล์ต่อปริมาตรน้ำ โดยทั่วไปที่ใช้กันมี 2 หน่วย ได้แก่

1) เซลล์ต่อลิตรเป็นหน่วยที่นิยมใช้กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนในแหล่งน้ำธรรมชาติ

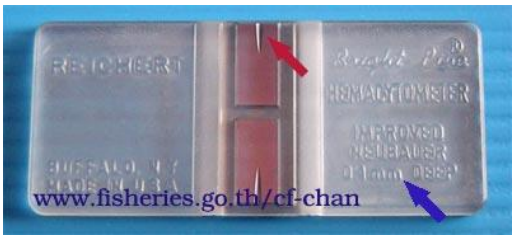
2) เซลล์ต่อมิลลิลิตรเป็นหน่วยที่นิยมใช้กับความหนาแน่นของแพลงก์ตอนในห้องปฏิบัติการ หรือในโรงเพาะฟักการใช้หน่วยปริมาตรเป็นมิลลิลิตร เนื่องจากแพลงก์ตอน

ในห้องปฏิบัติการมีความหนาแน่นสูงมาก สำหรับแพลงก์ตอนที่ไม่เป็นเซลล์เดี่ยว เช่น รวมกลุ่มหรือต่อเป็นสายหน่วยนับเซลล์อาจนับเป็นหน่วยหรือเป็นสายแทนได้ อุปกรณ์ที่ใช้นับปริมาณแพลงก์ตอนมีหลายชนิดในการนับแพลงก์ตอนที่มีขนาดเล็กความหนาแน่นสูงนิยมใช้ Hemacytometer ซึ่งใช้สำหรับนับเม็ดเลือด

6.2 รายละเอียดบน Hemacytometer บนแผ่น Hemacytometer นอกจากบอกชื่อ บริษัทและแหล่งผลิตแล้วยังมีรายละเอียดอื่นๆ เช่น

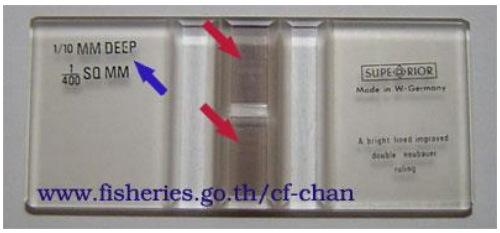
1) บอกระดับความลึกทั่วไป คือ 0.1 มิลลิลิตร

2) บอกการขีดตาราง เช่น Hemacytometer ตัวขวามือตารางแบบ IMPROVED NED NEUBAUER



ภาพที่ 1 Hemacytometer ของอเมริกา 0.1 mm. DEEP

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)



ภาพที่ 2 Hemacytometer ของอเมริกา 1/10 mm. DEEP

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)

6.3 Cover Glass ต้องใช้ที่ผลิตสำหรับ Hemacytometer

1) ปกติ Hemacytometer จะให้ Cover Glass มาเพียง 1-2 แผ่นเท่านั้น

2) หากทำ Cover Glass ที่มีอยู่แตกต้องซื้อ Cover Glass ที่ผลิตมาสำหรับใช้กับ Hemacytometer เท่านั้น

ภาพที่ 3 Cover Glass ของ Hemacytometer

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)

6.4 ขั้นตอนการใช้งาน Hemacytometer

1) วาง Cover Glass บน Hemacytometer ซึ่งแผ่น Cover Glass จะอยู่เหนือผิวตาราง 0.1 มิลลิเมตร

2) ใช้ไมโครปิเปตดูดน้ำตัวอย่างมา 9-10 ไมโครลิตร (ใช้ดรอปเปอร์ปลายแหลมหรือปิเปตธรรมดาได้)

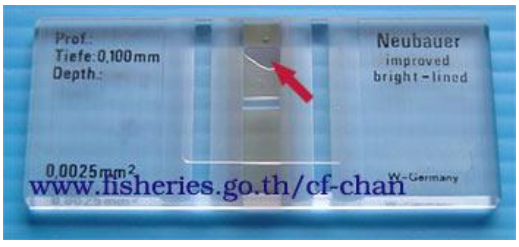
3) วางปลายปิเปตให้ใกล้ขอบ Cover Glass จากนั้นค่อยๆ หยดน้ำตัวอย่างลงไป ซึ่งน้ำจะไหลเข้าใต้ Cover Glass เองจนเต็มพื้นที่ตาราง

4) หากหยดน้ำตัวอย่างมากเกินไปจะล้น Cover Glass แต่หากหยดน้อยเกินไปจะไหลเข้าไม่เต็มพื้นที่ตาราง ต้องล้าง และหยดใหม่

5) เมื่อน้ำตัวอย่างไหลเข้า Cover Glass จนเต็มพื้นตารางจะสามารถคำนวณปริมาตรน้ำได้จากพื้นที่ตาราง x ความลึก

6) เมื่อนับจำนวนแพลงก์ตอนในตารางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ก็จะได้จำนวนแพลงก์ตอนต่อปริมาตรน้ำของตารางนั้น

7) จากนั้นคำนวณเป็นจำนวนแพลงก์ตอนต่อปริมาตรน้ำ 1 มิลลิลิตร



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะการหยดน้ำน้อยเกินไป น้ำจืดไหลเข้าไม่เต็มตาราง

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)

6.5 ลักษณะของตารางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 40 เท่า

1) ตารางบนผิว Hemacytometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 40 เท่า

2) ช่อง A B C D มีความกว้างและความยาวเท่ากับ 1 มิลลิเมตร

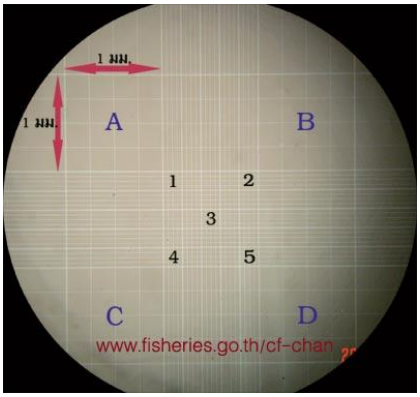
3) ดังนั้นปริมาตรน้ำของช่อง ABC หรือ D ช่องใดช่องหนึ่งเท่ากับความกว้าง x ความยาว x ความลึก (ภาพที่ 7)

เท่ากับ 1 มิลลิเมตร X 1 มิลลิเมตร X 1 มิลลิเมตร

เท่ากับ 0.1 เซนติเมตร X 0.1 เซนติเมตร X 0.1 เซนติเมตร

เท่ากับ 0.0001 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 0.0001 มิลลิลิตร เท่ากับ 10 มิลลิลิตร

ดังนั้นหากเลือกนับแพลงก์ตอนที่ช่อง A B C หรือ D ความหนาแน่นของแพลงก์ตอน จะเท่ากับค่าเฉลี่ยแพลงก์ตอนในช่อง A B C D x 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 5 แสดงภาพถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 40 เท่า

ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)

6.6 ลักษณะของตารางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่า

1) ตารางบนผิว Hemacytometer ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า ตำแหน่งกลางตาราง (ภาพที่ 8)

2) ช่อง 1 2 3 4 และ 5 มีความกว้างและยาวเท่ากับ 0. 2 มิลลิลิตร

3) ดังนั้นปริมาตรน้ำของช่อง 1, 2, 3, 4 หรือ 5 ช่องใดช่องหนึ่งเท่ากับ ความกว้าง x ความยาว x ความลึก

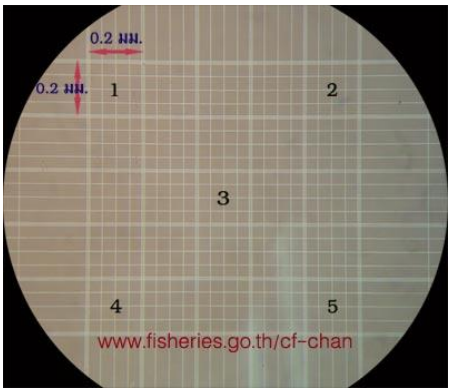
เท่ากับ 0.2 มิลลิลิตร X 0.2 มิลลิลิตร X 0.1 มิลลิลิตร

เท่ากับ 0.02 เซนติเมตร X 0.02 เซนติเมตร X 0.01 เซนติเมตร

เท่ากับ 0.000004 ลูกบาศก์เซนติเมตร หรือ 0.000004 มิลลิเมตร

เท่ากับ 4 x 10^{-6} มิลลิลิตร

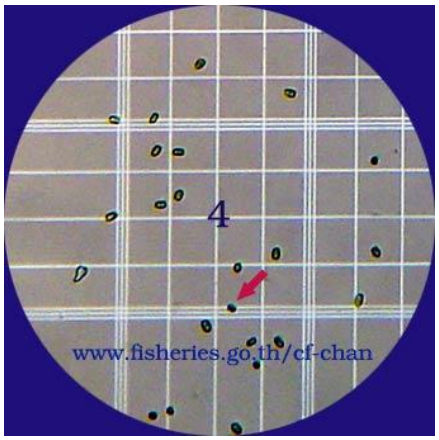
ดังนั้นหากเลือกนับแพลงก์ตอนที่ช่อง 1, 2, 3, 4 และ 5 ความหนาแน่นของแพลงก์ตอนจะเท่ากับค่าเฉลี่ยแพลงก์ตอน 5 ช่อง x 1/4 x 10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร



ภาพที่ 6 แสดงภาพถ่ายใต้กล้องจุลทรรศน์ขยาย 100 เท่า
ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)

6.7 วิธีการนับแพลงก์ตอนพืช

ตารางของ Hemacytometer ที่ผู้ผลิตแนะนำให้ใช้นับแพลงก์ตอนได้ เส้นขอบช่องสี่เหลี่ยมนั้นจะมี 3 เส้น (ภาพที่ 9) โดยเส้นตรงกลางเป็นเส้นของพื้นที่ตารางส่วนเส้นนอก และเส้นในมีไว้เพื่อให้ง่ายต่อการตัดสินใจว่าเซลล์ของแพลงก์ตอนจะอยู่นอกหรือในพื้นที่ช่องนับ (ลูกศรแดง)



ภาพที่ 7 แสดงตารางของ Hemacytometer 3 เส้น
ที่มา : ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี (2548)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จักรพงษ์ และศศิกานต์ (2555) ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ในห้องปฏิบัติการ ความหนาแน่นเซลล์เฉลี่ย 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 28 ± 1 องศาเซลเซียส ความเป็นกรด-ด่าง 7.5 ± 0.2 และความเข้มแสง 4,000 ลักซ์ เปรียบเทียบสูตรอาหารเพาะเลี้ยง 4 สูตรคือ AGP (ปุ๋ยเกรดการค้า) Guillard (F/2) Conway และ Conway modified (MF) ตรวจวัดการเติบโตทุก 6 ชั่วโมงจนความหนาแน่นเซลล์สูงสุด เพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่องจนจบการทดลองเมื่อความหนาแน่นเซลล์ลดลงติดต่อกัน 4 ครั้งภายในเวลา24 ชั่วโมง พบว่า *Thalassiosira* sp. มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดในอาหารสูตร AGP, F/2, Conway และ MF คือ 6.47 ± 0.198, 6.18 ± 0.168, 5.89 ± 0.198 และ 9.08 ± 0.307 × 10^5 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ อาหารเพาะเลี้ยงสูตร MF ใช้เวลาในการเติบโตนานที่สุดตามด้วยอาหารสูตร Conway, F/2 and AGP คือ 156, 144, 102 และ 96 ชั่วโมง ตามลำดับ พบความแตกต่างทางสถิติของค่าความหนาแน่นเซลล์ระหว่างอาหารเพาะเลี้ยงสูตร MF กับสูตรที่เหลือ ขนาดของเซลล์ลดลงเป็นลำดับในอาหารสูตร AGP, F/2, Conway และ MF มีความกว้างเซลล์เฉลี่ย 7.74 ± 1.07, 7.16 ± 1.21, 6.47 ± 1.01 และ5.92 ± 0.93 ไมโครเมตร ตามลำดับ และมีความยาวเซลล์เฉลี่ย 18.17 ± 0.51, 16.41 ± 1.03, 15.26 ± 1.12 และ 15.07 ± 1.04 ไมโครเมตร ตามลำดับ ความเป็นกรด-ด่างของน้ำเพาะเลี้ยงมีค่า 7.76-8.37 ปริมาณไนเตรท ไนไตรท์แอมโมเนีย ฟอสเฟตอนินทรีย์ และฟอสฟอรัสรวม คือ 0.94-2.20, 0.005-0.086, 0.010-1.577, 0.013-0.165 และ 0.078-0.528 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

อมรรัตน์ และคณะ (2563) ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กกลุ่มไดอะตอม 3 ชนิด *Thalassiosira* sp., *Odontella* sp. และ *Chaetoceros* sp. เลี้ยงด้วยระดับความเค็มที่แตกต่างกัน เพื่อศึกษาหาระดับความเค็มที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบ โดยเพาะเลี้ยง ด้วยความเค็มที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 10, 20, 30 และ 40 ส่วนในพันส่วน ในอาหารเหลวสูตร Guillard “f/2” ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความเข้มแสง 4000 ลักซ์ โดยทำการให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง และไม่ให้แสงสว่าง 12 ชั่วโมง ทำการเพาะเลี้ยงเป็นระยะเวลา 6 วัน ในระหว่างที่ทำการศึกษามีการเก็บตัวอย่าง เพื่อทำการตรวจนับจำนวนเซลล์ทุกวันจนสิ้นสุดการทดลอง จากการศึกษาพบว่า สาหร่ายขนาดเล็กทั้ง 3 ชนิดมีการเจริญเติบโตดีสุดเมื่อทำการเลี้ยงด้วยระดับความเค็ม 30 ส่วนในพันส่วน ซึ่งสาหร่ายขนาดเล็กทั้ง 3 นี้มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดที่แตกต่างกันคือ *Thalassiosira* sp. มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดที่ 5.82 X 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลตร ($P>0.05$) สาหร่ายขนาดเล็ก *Odontella* sp. มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดที่ 0.79 X 10^4 เซลล์ต่อมิลลิลตร ($P<0.05$)

ดำรงค์ และคณะ (2554) ศึกษาการเปรียบเทียบสูตรอาหารในการเพาะเลี้ยง *Chlorella ellipsoidea* ประสิทธิภาพสูตรอาหารในการเพาะเลี้ยง *Chlorella ellipsoidea* ที่เลี้ยง

ด้วยสูตรอาหารต่างกัน 5 สูตร โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 5 ชุดการทดลอง ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ ใช้ระยะเวลาในการทดลอง 72 ชั่วโมง โดยทำการทดลองในตู้กระจกขนาดบรรจุ 40 ลิตร เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตด้านจำนวนเซลล์ เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า มีจำนวนเซลล์สูงสุดในสูตรอาหาร C รองลงมา คือ สูตรอาหาร D สูตรอาหาร E สูตรอาหาร A และสูตรอาหาร B ตามลำดับ โดยมีจำนวนเซลล์เฉลี่ยเท่ากับ $3.23\pm0.19\times10^4$, $2.04\pm0.15\times10^4$, $2.03\pm0.02\times10^4$, $1.05\pm0.03\times10^4$ และ$1.04\pm0.05\times10^4$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเปรียบเทียบจำนวนเซลล์พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่สถิติ ($P<0.05$)

สุพัตรา และคณะ (2561) ศึกษาผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางอาหารของคีโตเซอรอส การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบของ *Chaetoceros gracilis* โดยใช้สูตรอาหารที่แตกต่างกัน 3 ชุดการทดลอง ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 อาหารสูตร F/2 ของ Guillard and Ryther (1962) ชุดการทดลองที่ 2 อาหารสูตรปรับปรุง F/2 ของ Guillard and Ryther (1962) และชุดการทดลองที่ 3 อาหารสำเร็จรูปพร้อมใช้ผลิตโดยศูนย์วิจัยความเป็นเลิศทางด้านกุ้ง มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ผลการทดลองพบว่าอาหารสูตรที่ 2 มีค่าความหนาแน่นของเซลล์เฉลี่ยอยู่ที่ 6.08×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร และมีปริมาณไขมันในเซลล์เฉลี่ย มีค่า 8.82 ± 0.41 เปอร์เซ็นต์ของ *Chaetoceros gracilis* ซึ่งมีค่ามากกว่าอาหารสูตรอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p <0.05$)

อัชฌา และคณะ (2554) การศึกษาระยะเวลาการเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. สำหรับการอนุบาลลูกกุ้ง การศึกษาระยะเวลาในการเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. เข้มข้น ซึ่งได้จากการเก็บเกี่ยวด้วยวิธีการกรองแบบแบ่งส่วน และการตกตะกอนด้วยสารส้ม โดยตรวจสอบคุณภาพทุก 2 สัปดาห์พบว่า *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยวจากการกรองมีอัตรารอดลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 2 ขณะที่การเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนแล้วเก็บรักษาจนถึงสัปดาห์ที่ 2 มีอัตรารอด 82.7 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P>0.05$) กับสัปดาห์ที่ 0 ปริมาณจุลินทรีย์รวมที่พบในตัวอย่างจากการกรองและการตกตะกอน มีค่าอยู่ในช่วง 1.6x105-2.0x106 CFU/ml และ 2.8x104-7.0x106 CFU/ml ตามลำดับ การนำ *Thalassiosira* sp. ที่เก็บเกี่ยว และเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ในที่มืดมาเพาะขยายอีกครั้ง พบว่า สามารถเพาะขยายได้เมื่อเก็บรักษาเซลล์ไว้ไม่เกิน 2 สัปดาห์ การเก็บเกี่ยวโดยการตกตะกอนสามารถเก็บรักษา *Thalassiosira* sp. ไว้เป็นอาหารลูกกุ้งได้นาน 6 สัปดาห์ โดยลูกกุ้งมีอัตรารอดเฉลี่ย 78.0 เปอร์เซนต์ ขณะที่การกรองสามารถเก็บรักษาเพื่อใช้เป็นอาหารลูกกุ้งได้ในช่วงสัปดาห์แรก ลูกกุ้งกิน *Thalassiosira* sp. เข้มข้น ที่เก็บรักษาไว้อย่างน้อย 2 สัปดาห์ จะส่งผลให้อัตรารอด และความยาวของลูกกุ้งลดลง แตกต่างจากลูกกุ้งที่ได้รับอาหารปกติอย่างมีนัยสำคัญ

วิธีการดำเนินการ

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรอาหาร 4 สูตร คือ สูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น สูตรอาหาร Conway (ชุดควบคุม) สูตรอาหารดัดแปลง 1 (ชนิสรา, 2562) และสูตรอาหารดัดแปลง 2 (ชนัญลดา, 2563) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่มีการพัฒนา และมีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp. โดยทำการทดลองในโหลแก้ว ขนาด 10 ลิตร ปริมาตรน้ำ 5 ลิตร มีวิธีการดำเนินการ ดังนี้

วัสดุและอุปกรณ์

1) โหลแก้วขนาด 10 ลิตร	12	โหล
2) ชุดให้อากาศ	12	ชุด
3) ชุดตรวจ pH (pH Testkit)	1	ชุด
4) ชุดตรวจความเป็นด่าง	1	ชุด
5) ชุดตรวจคลอรีน	1	ชุด
6) เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว	1	ชุด
7) เครื่องวัดความเค็ม (Salinometer)	1	อัน
8) ปิเปต (Pipet) ขนาด 5 มิลลิลิตร	4	แท่ง
9) Hemocytometer	1	อัน
10) Cover slip	1	อัน
11) ดรอปเปอร์	1	อัน
12) บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร	1	อัน
13) ปั๊มลม	1	เครื่อง
14) ปั๊มไดโว่	1	เครื่อง
15) เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล	1	เครื่อง
16) กล้องจุลทรรศน์	1	เครื่อง
17) พลาสติกแรป	1	ม้วน
18) หัวเชื้อไดอะตอม *Thalassiosira* sp.	4	ลิตร
19) ถังขนาด 200 ลิตร	2	ถัง
20) น้ำความเค็ม 20 ppt	70	ลิตร
21) โซเดียมไบคาร์บอเนต		

22) เกลือวิทยาศาสตร์

23) คลอรีน

24) ฟองน้ำ

25) น้ำยาล้างจาน

26) กระดาษชำระ

27) ที่นับจำนวนแบบกดมือ

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองด้วยวิธีการสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) โดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 4 ชุดการทดลองๆ ละ 5 ซ้ำ คือ

ชุดการทดลองที่ 1 การเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ด้วยสูตรอาหาร Conway (ชุดควบคุม)

ชุดการทดลองที่ 2 การเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ด้วยสูตรอาหารดัดแปลง 1

ชุดการทดลองที่ 3 การเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ด้วยสูตรอาหารดัดแปลง 2

ชุดการทดลองที่ 4 การเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ด้วยสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น

วิธีการทดลอง

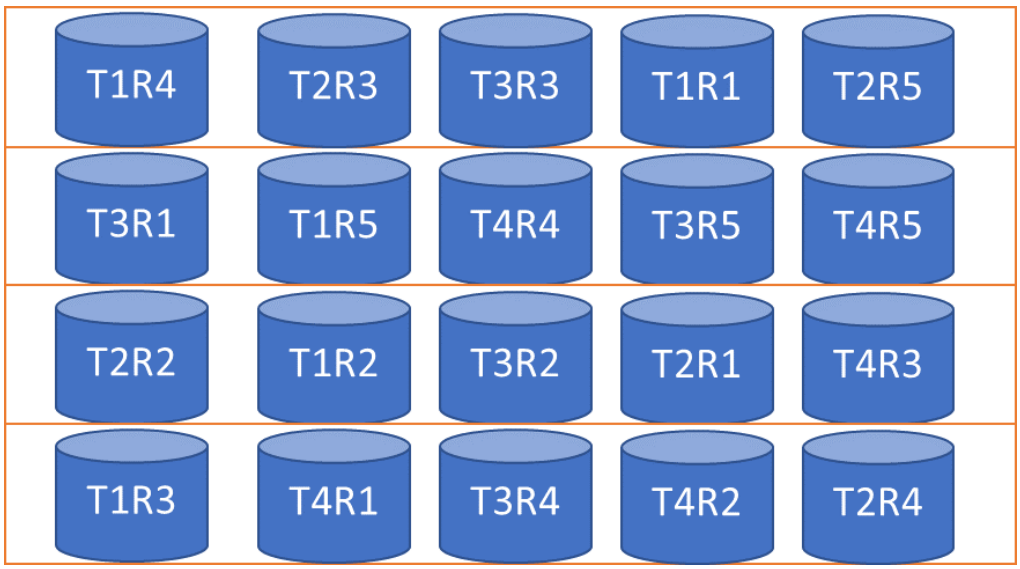
1. เตรียมถังใส่น้ำ 2 ถัง ถังที่ 1 ใส่น้ำจืด 70 ลิตร พร้อมกับปรับน้ำให้มีความเค็ม 20 ส่วนในพันส่วน ด้วยเกลือวิทยาศาสตร์ ฆ่าเชื้อด้วยคลอรีน 50 ส่วนในล้านส่วน และกรองน้ำด้วยใยสังเคราะห์ ไปยังถังที่ 2 เพื่อให้ได้น้ำที่เหมาะต่อการเพาะเลี้ยง *Thalassiosira* sp.

2. เตรียมสูตรอาหารเพื่อการเพาะเลี้ยง *Thalassiosira* sp. มีรายละเอียด ดังนี้

ตารางที่ 1 สารละลายส่วนที่ 1

ส่วนผสม (มิลลิกรัม/ลิตร)	Conway (ชควคุม)	สูตรอาหารดัดแปลง 1	สูตรอาหารดัดแปลง 2	สูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น
Na_2SiO_3-$9H_2O$	30	30	30	30
NaH_2PO_4-	-	-	5	-
$Na_2EDTA6H_2O$	-	-	4.36	-
$NaNO_3$	75	75	75	75
NaH_2PO_4-H_2O	5	5	5	5
$FeCl_3 6H_2O$	6.45	19.35	12.9	19.35
$CuSO_4$-$5H_2O$	19.6	19.6	19.6	19.6
Na_2MoO_4-$2H_2O$	12.5	12.5	12.5	12.5
$CoCl_2 6H_2O$	20	20	20	20
$ZnSO_4$-$7H_2O$	44	44	44	44
$MnCl_2 4H_2O$	36	36	36	36
Vitamin B1	4	4	-	-
Vitamin B12	20	10	10	10
Biotin	20	10	20	20
EDTA	10	-	10	-
H_3BO_3	33.6	-	-	-

3. เตรียมโหลแก้วความจุ 10 ลิตร จำนวน 20 ใบ ล้างทำความสะอาดโหลแก้วด้วยน้ำยาล้างจานแล้วล้างออกด้วยน้ำจืด คว่ำทิ้งไว้ให้แห้ง และจัดวางโหลแก้ว 4 ชั้น ชั้นละ 5 โหล ดังนี้



ภาพที่ 8 แสดงการจัดวางชุดการทดลอง

4. ติดตั้งระบบไฟ 3 หลอด บริเวณชั้นวางโหล แล้วต่อชุดให้อากาศ ทุกๆ โหลแก้ว

5. ตรวจวัดคุณภาพน้ำ และปรับคุณภาพน้ำ ให้เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

ตารางที่ 2 ค่าคุณภาพน้ำที่เหมาะสมในการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน

พารามิเตอร์	**ค่าที่เหมาะสม**
ความเค็ม (Salinity)	25-30 ส่วนในพันส่วน
ความเป็นด่าง (Alkalinity)	150-180 ส่วนในล้านส่วน
อุณหภูมิ (Temperature)	28-33 องศาเซลเซียส
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	7.3-7.9

6. เติมน้ำที่พร้อมขยายแพลงก์ตอนลงในโหลแก้ว โหลละ 4,700 มิลลิลิตร พร้อมให้อากาศ

7. เติมอาหารขยายแพลงก์ตอนทุกวัน เวลา 09.00 น. ในอัตราส่วน (มิลลิลิตร) : น้ำ (ลิตร) = 1:1

8. เติมหัวเชื้อ *Thalassiosira* sp. 300 มิลลิลิตร ลงในโหลแก้ว ทุกๆ โหลแก้ว

9. ปิดปากโหลด้วย พลาสติกแรป

10. นับเซลล์วันละ 1 ครั้ง เวลา 16.00 น. ของทุกวัน เมื่อครบทุกๆ 24 ชั่วโมง จนสิ้นสุดการทดลอง หรือจนกว่าเซลล์จะลดลงเหลือน้อยกว่าจำนวนเซลล์สูงสุด

11. สรุปผล และบันทึกข้อมูล นำมาหาค่าการเพิ่มจำนวนของเซลล์ของแต่ละชุดการทดลอง และนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้การวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนแบบทางเดียว (One way Analysis of Variance) ตามแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ระหว่างชุดการทดลองโดยใช้ DMRT (Duncan Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลอง

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรอาหาร 4 สูตร คือ สูตรอาหาร Conway (ชุดควบคุม) สูตรอาหารดัดแปลง 1 (ชนิสรา, 2562) สูตรอาหารดัดแปลง 2 (ชนัญลดา, 2563) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่มีการพัฒนา และมีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้แล้ว และสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. โดยทำการทดลองในโหลแก้วขนาด 10 ลิตร ปริมาตรน้ำที่ใช้เพาะเลี้ยง 5 ลิตร ผลการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าเฉลี่ยจำนวนความหนาแน่นของเซลล์ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ในแต่ละวันของแต่ละชุดการทดลอง

เวลา (ชั่วโมง)	สูตรอาหาร			
	สูตรอาหาร Conway	สูตรอาหาร ดัดแปลง 1	สูตรอาหาร ดัดแปลง 2	สูตรอาหาร ที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น
	($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร)			
0	0.024±0.002	0.024±0.002	0.024±0.000	0.024±0.000
24	0.034±0.002	0.038±0.002	0.043±0.005	0.039±0.000
48	0.053±0.004	0.060±0.002	0.075±0.002	0.071±0.002
72	0.089±0.002	0.087±0.003	0.077±0.059	0.089±0.043
96	0.118±0.002	0.128±0.002	0.170±0.004	0.168±0.001
120	0.135±0.004	0.168±0.003	0.133±0.004	0.125±0.003
144	0.109±0.004	0.113±0.004	0.104±0.002	0.097±0.002

จากตารางที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า ชุดการทดลองที่ 3 มีการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุดในชั่วโมงที่ 96 เท่ากับ $0.170\pm0.004\times10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 4 มีการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุด ในชั่วโมงที่ 96 เท่ากับ $0.168\pm0.001\times10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งเท่ากับชุดการทดลองที่ 2 ที่มีการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุด ในชั่วโมงที่ 120 เท่ากับ$0.168\pm0.003\times10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร และชุดการทดลองที่ 1 มีการเพิ่มจำนวนเซลล์ในชั่วโมงที่ 120 น้อยที่สุด เท่ากับ $0.135\pm0.004\times10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ทางสถิติของค่าเฉลี่ยจำนวนความหนาแน่นของเซลล์ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร) ในแต่ละวันของแต่ละชุดการทดลอง

สูตรอาหาร Conway	สูตรอาหารดัดแปลง 1	สูตรอาหารดัดแปลง 2	สูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น
		($\times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร)	
0.133 ± 0.008^b	0.168 ± 0.003^a	0.170 ± 0.004^a	0.168 ± 0.001^a

หมายเหตุ ตัวอักษรที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ พบว่า ชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 2 มีค่าเฉลี่ยจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นมากกว่าชุดการทดลองที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) และไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างชุดการทดลองที่ 4 ชุดการทดลองที่ 3 และชุดการทดลองที่ 2

วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรอาหารดัดแปลงในการเพิ่มจำนวนเซลล์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp. พบว่า จำนวนเซลล์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ที่ทำการเพาะเลี้ยงด้วยสูตรอาหารดัดแปลง 2 มีการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุด ในชั่วโมงที่ 96 เท่ากับ $0.170 \pm 0.004 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร รองลงมา คือ ชุดการทดลองที่ 4 เพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุดในชั่วโมงที่ 96 เท่ากับ $0.168 \pm 0.001 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ซึ่งเท่ากับชุดการทดลองที่ 2 มีการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุด ในชั่วโมงที่ 120 เท่ากับ $0.168 \pm 0.003 \times 10^6$ เซลล์ต่มิลลิลิตร และชุดการทดลองที่ 1 มีการเพิ่มจำนวนเซลล์น้อยที่สุด ในชั่วโมงที่ 120 เท่ากับ $0.135 \pm 0.004 \times 10^6$ เซลล์ต่อมิลลิลิตร ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะว่าสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น มีการเติมธาตุเหล็ก ($FeCl_3 6H_2O$) ปริมาณ 19.35 มิลลิกรัมต่อลิตร เท่ากับสูตรอาหารดัดแปลง 1 ซึ่งมากกว่าสูตรอาหาร Conway สามเท่า และมากกว่าสูตรอาหารดัดแปลง 2 สองเท่า ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช เพื่อช่วยในการดูดซึมไนโตรเจน แต่ไม่ได้มีการใช้ธาตุอาหาร EDTA ที่มีหน้าที่ช่วยป้องกันการตกตะกอนของธาตุเหล็ก และทำให้ธาตุเหล็กทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น รวมถึงได้ลดธาตุอาหารบางตัวที่ใช้ในสูตรอาหาร Conway สูตรอาหารดัดแปลง 1 และสูตรอาหารดัดแปลง 2 ได้แก่ NaH_2PO_4-, $Na_2EDTA6H_2O$, Vitamin B1, EDTA และ H_3BO_3 ทำให้ไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

ที่เพาะเลี้ยงในอาหารสูตรดังกล่าว เจริญเติบโต และมีความหนาแน่นของเซลล์น้อยกว่าสูตรอาหารดัดแปลง 2 แต่มีความเจริญเติบโต และมีความหนาแน่นเท่ากับชุดการทดลองที่ 2 และมีความหนาแน่นของเซลล์สูงกว่าสูตรอาหาร Conway และสูตรอาหารดัดแปลง 1 และสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น สามารถทดแทนสูตรอาหารดัดแปลง 2 ได้ เพราะสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น มีการใช้ธาตุอาหารที่เหมือนกับสูตรอาหารดัดแปลง 2 และลดธาตุอาหารบางตัวที่สูตรอาหารดัดแปลง 2 ใช้ อาจจะเป็นทางเลือกที่สามารถใช้สูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้นได้ในกรณีที่มีธาตุอาหารบางตัวไม่เพียงพอ หรือขาดธาตุอาหารบางตัวในการใช้ผสมสูตรอาหารดัดแปลง 2 รวมถึงเป็นการลดต้นทุนในการผลิตไดอะตอม *Thalassiosira* sp. และเป็นทางเลือกให้เกษตรกรมากยิ่งขึ้นในการผลิตไดอะตอมสำหรับอนุบาลลูกกุ้งทะเลได้ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของจักรพงษ์ และศศิกานต์ (2555) ศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้อาหาร 4 สูตร คือ AGP (ปุ๋ยเกรดการค้า) Guillard (F/2) Conway และ Conway modified (MF) ซึ่งพบว่า ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. มีความหนาแน่นเซลล์สูงสุดในอาหารสูตร MF ซึ่งมีการเติมธาตุเหล็กเช่นเดียวกัน เพราะธาตุเหล็กจะช่วยดูดซึมไนโตรเจนในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงได้ดียิ่งขึ้น

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้นกับสูตรอาหาร Conway (ชุดควบคุม) สูตรอาหารดัดแปลง 1 (ชนิสรา, 2562) และสูตรอาหารดัดแปลง 2 (ชนัญลดา, 2563) ในการเพิ่มจำนวนเซลล์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp. โดยทำการทดลองในโหลแก้ว ขนาด 10 ลิตร ปริมาตรน้ำ 5 ลิตร ใช้ระยะเวลา 144 ชั่วโมง พบว่า สูตรอาหารดัดแปลง 2 และสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น มีการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุดในชั่วโมงที่ 96 และมากกว่าสูตรอาหาร Conway อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) ในขณะที่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) ระหว่างสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลง สูตรอาหารดัดแปลง 2 และสูตรอาหารดัดแปลง 1 แต่สูตรอาหารดัดแปลง 1 มีการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุดในระยะเวลาที่มากกว่า (ชั่วโมงที่ 120)

ดังนั้น สูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น และสูตรอาหารดัดแปลง 2 น่าจะเป็นทางเลือกให้กับเกษตรกรในการอนุบาลลูกกุ้งทะเลได้เป็นอย่างดี อีกทั้งจะเป็นการลดต้นทุนการผลิตได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาต่อยอดเพื่อพัฒนาสูตรอาหารให้ดียิ่งขึ้น
2. ทดลองใช้สูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้นกับไดอะตอมชนิดอื่นในการเพาะเลี้ยง
3. ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องต้นทุนการผลิต และผลตอบแทนที่ได้รับจากการผลิตไดอะตอม

บทนำ

ที่มาและความสำคัญ

ผลผลิตกุ้งทะเลจากการเพาะเลี้ยงแบบพัฒนา (กุ้งขาวแวนนาไม และกุ้งกุลาดำ) ในปี พ.ศ. 2563 มีผลผลิตรวม 288,765.35 ตัน ประกอบด้วย ผลผลิตที่ได้จากการประเมินจากฐานข้อมูลใบกำกับการเคลื่อนย้ายสินค้าสัตว์น้ำ (MD : Movement Document) ปริมาณ 257,262.57 ตัน หรือคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 89.09 เปอร์เซนต์ ของผลผลิตกุ้งทะเลที่ผลิตได้จากการเลี้ยงแบบพัฒนา โดยเป็นผลผลิตกุ้งขาวแวนนาไม 245,644.08 ตัน (95.48 เปอร์เซ็นต์) กุ้งกุลาดำ 11,618.49 ตัน (4.52 เปอร์เซ็นต์) (กรมประมง, 2562) โดยผลิตภัณฑ์กุ้งที่ส่งออกเกือบทั้งหมดจะเป็นกุ้งขาวแวนนาไม ซึ่งกรมประมงได้อนุญาตให้มีการนำเข้ามาเลี้ยงในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 และมีการขยายตัวด้านการเลี้ยงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งถึงปัจจุบัน เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งส่วนใหญ่ เปลี่ยนจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มาเลี้ยงกุ้งขาวแวนนาไม เนื่องจากกุ้งขาวแวนนาไม เป็นกุ้งที่ได้รับการพัฒนาสายพันธุ์มาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน ทำให้เลี้ยงง่าย การเจริญเติบโตเร็วมีขนาดสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม การผลิตลูกกุ้งทะเลก็ยังคงมีข้อจำกัดบางประการที่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คือ อาหารของลูกกุ้งวัยอ่อนระยะแรกที่เริ่มกินอาหารจากภายนอก เนื่องจากลูกกุ้งวัยอ่อนมีการพัฒนาระบบการมองเห็น และระบบทางเดินอาหารที่ยังไม่สมบูรณ์จึงเป็นข้อจำกัดในการจับกิน และการย่อยอาหารในช่วงเริ่มแรก (Yúfera *et al*., 2014) ซึ่งในช่วงระยะเวลา 1-3 วัน เป็นช่วงเวลาที่สำคัญที่จะกำหนดให้เราทราบว่าลูกกุ้งวัยอ่อนที่เพาะพันธุ์นั้นมีอัตราการรอดตายมากน้อยเพียงใด

ในการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ อาหารนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญ โดยเฉพาะสัตว์น้ำวัยอ่อน ชนิดและขนาดของอาหาร ต้องมีความสัมพันธ์กับระยะต่างๆ ของสัตว์น้ำ แพลงก์ตอนพืชจัดเป็นอาหารขั้นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในแหล่งน้ำธรรมชาติ จัดเป็นแหล่งอาหารขนาดใหญ่ แพลงก์ตอนพืชส่วนใหญ่นั้นมีขนาดเล็ก จึงเหมาะแก่การเป็นอาหารของสัตว์น้ำวัยอ่อนและลูกสัตว์น้ำขนาดเล็ก สัตว์นำใช้โปรตีนในการเจริญเติบโต ใช้ไขมันเป็นแหล่งพลังงานและเป็นแหล่งของกรดไขมันจำเป็นสำหรับสัตว์น้ำ กรดไขมันกลุ่มโอเมก้า 3 และกลุ่มโอเมก้า 6 ซึ่งเป็นกรดไขมันที่มีบทบาทอย่างมากในการเพิ่มอัตราการรอดตาย และมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำ ซึ่งกรดไขมันจำเป็นเหล่านี้สัตว์น้ำไม่สามารถสังเคราะห์ได้เอง จะต้องได้รับจากอาหารที่กินเข้าไปเท่านั้น (สุพิศ, 2535) อาหารธรรมชาติ ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อลูกสัตว์น้ำวัยอ่อนเพื่อพัฒนาเป็นวัยเจริญพันธุ์ชนิดของอาหารธรรมชาติ ที่นิยมนำมาอนุบาลลูกสัตว์น้ำทะเลวัยอ่อน

มักเป็นแพลงก์ตอนพืชกลุ่มไดอะตอม เช่น ไดอะตอม *Chaetoceros* sp. และไดอะตอม *Skeletonema* sp. (Amos, 1986) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นชนิดไดอะตอมที่เพาะเลี้ยงง่าย ใช้เวลาในการเพิ่มจำนวนเซลล์สั้น และมีคุณค่าทางอาหารสูง ปัจจุบันมีการศึกษาค้นคว้าเพื่อนำแพลงก์ตอนพืชชนิดอื่นมาใช้ทดแทน หรือใช้เสริมไดอะตอมชนิดเดิมที่มีการใช้กันอยู่ เช่น ไดอะตอม *Thalassiosira* sp. (ฤทธิพร, 2548) ประโยชน์ของไดอะตอม *Thalassiosira* sp. คือ เป็นตัวบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของแหล่งน้ำ เป็นแหล่งทดแทนแพลงก์ตอนชนิดเดิมที่นิยมใช้ เป็นแหล่งคุณค่าทางโภชนาการที่สูงต่อสัตว์น้ำวัยอ่อน โดยเฉพาะเป็นอาหารมีชีวิตให้กับลูกสัตว์น้ำวัยอ่อน (Maurizio *et al*., 2007) ลูกกุ้งที่ได้รับไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ช่วยทำให้ระบบการย่อยอาหารของลูกกุ้งดีขึ้น และสะดวกต่อการนำไปใช้ คือ สามารถให้เป็นอาหารสดหรือแช่เย็นไว้ก็ได้ ซึ่งจะไม่ทำให้เสียคุณค่าทางอาหารไป

ดังนั้น การศึกษาสูตรอาหารที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. จึงเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้ได้ผลผลิตไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ในปริมาณมาก พอเพียง ปราศจากการปนเปื้อน ใช้เวลาพอเหมาะ มีคุณค่าทางอาหารสูง และใช้ต้นทุนไม่สูงมากนัก ในการเพาะเลี้ยงไดอะตอม โดยนำสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น ไปเปรียบเทียบกับสูตรอาหาร Conway (ควบคุม) สูตรอาหารดัดแปลง 1 (ชนิสรา, 2562) และสูตรอาหารรดัดแปลง 2 (ชนัญลดา, 2563) ซึ่งเป็นสูตรอาหารที่มีการพัฒนา และมีการศึกษาไว้ก่อนหน้านี้แล้ว

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพสูตรอาหารที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น ในการเพาะเลี้ยงไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวน และระยะเวลาในการเพิ่มจำนวนเซลล์สูงสุด

เอกสารอ้างอิง

กรมประมง. 2562. เศรษฐกิจการประมงและยุทธศาสตร์พัฒนาการประมง. (ออนไลน์) สืบค้นจาก : https://www.fisheries.go.th/strategy/UserFiles/shimp (15 กรกฎา 2564).

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8. 2537. มาตรฐานคุณภาพแหล่งน้ำ. ฝ่ายแหล่งน้ำจืดและฝ่ายแหล่งน้ำทะเล กองจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตร แห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ.

จักรพงษ์ และศศิกานต์. 2555. สูตรอาหารที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงไดอะตอมทาลัสซิโอซิรา (*Thalassiosira* sp.) ในห้องปฏิบัติการ. สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ การประมง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร จังหวัดชุมพร 86160.

ณิษา และอมรรัตน์. 2563. ผลของความเค็มต่อคุณค่าทางอาหารและกรดไขมันจำเป็นในสาหร่ายขนาดเล็ก *Thalassiosira* sp. วารสารแก่นเกษตร 48. ฉบับพิเศษ 1 : 899-906.

ณรงค์. 2525. มลพิษสิ่งแวดล้อม. โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 87 น.

ดำรงค์ และคณะ. 2554. การเปรียบเทียบสูตรอาหารในการเพาะเลี้ยง *Chlorella ellipsoidea.* วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 5, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม-ธันวาคม, 48-54.

ธงชัย และวิบูลย์ลักษณ์. 2540. คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย. (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ : สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

นันทนา. 2544. คู่มือปฏิบัติการนิเวศวิทยาน้ำจืด. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : หาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

บัญญัติ. 2532. แพลงก์ตอนวิทยาเบื้องต้น. เชียงใหม่ : ภาควิชาเทคโนโลยีการประมง สถาบันเทคโนโลยีการเกษตรแม่โจ้.

ปกป้อง. 2543. ผลของกรดไขมันชนิดไม่อิ่มตัว (กลุ่ม โอเมกา 3) ที่มีอัตราส่วนของกรด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

ปารีหน๊ะ. 2540. “แพลงก์ตอนพืช (phytoplankton)”. โปรแกรมชีววิทยาประยุกต์. คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

เปี่ยมศักดิ์. 2538. แหล่งน้ำกับปัญหามลภาวะ. โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ผกาวรรณ. 2534. ผลกระทบการพัฒนาพื้นที่ลุ่มน้ำต่อศักยภาพการเพาะเลี้ยงสัตว์ในอ่างเก็บน้ำบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ไมตรี และจารุวรรณ. 2528. คุณสมบัติของน้ำและวิธีวิเคราะห์สำหรับการวิจัยทางการประมง. สถาบันประมงน้ำจืดแห่งชาติ กรมประมง กระทรวงเกษตร และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

มาวิทย์ และธิดา. 2534. ปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของสเกลีโตนีมาในห้องปฏิบัติการ. เอกสาร วิชาการฉบับที่ 2/2534. สงขลา: สถาบันวิจัยการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง. 9 น.

ลัดดา. 2524. แพลงก์ตอนวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 329 น.

ลัดดา. 2543. คู่มือการเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลัดดา. 2544. แพลงก์ตอนพืช. พิมพ์ครั้งที่ 2 คณะประมง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 851 น.

ลานทอง. 2549. ความหลากหลาย การกระจายในแนวดิ่งและนิเวศวิทยาเชิงประชากรของแพลงกต์อน เพื่อการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในอ่างเก็บน้ำ ดอยเต่า จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วิภูษิต. 2548. ระเบียบวิธีการวิจัยทางวาริชศาสตร์. ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. ISBN: 9741332246.

วุฒิชัย และคณะ. 2553. การผลิตไดอะตอม *Thalassiosira* sp. ภายในห้องปฏิบัติการและแบบปริมาณมากที่ระดับความเค็มแตกต่างกันเพื่อใช้ในการอนุบาลลูกสัตว์ทะเลวัยอ่อน. วารสาร การประมง 63 : 422-427.

วาสนา และวุฒิชัย. 2555 ผลขอลแสงสีของการผลิตแพลงก์ตอนพืช (*Isochrysis* sp., *Thalassiosira* sp., *Chlorella* sp. และ T*etraselmis* sp.) ในห้องปฏิบัติการ. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50 : สาขาสัตว์, สาขาสัตวแพทยศาตร์, สาขาประมง. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 50. (หน้า 574-581). สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาประมงชายฝั่งจันทบุรี, กรมประมง. 2548. การหาความหนาแน่นของแพลงก์ตอนพืช. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http: / / www. fisheries. go. th / cf-chan. (9 มีนาคม 2564).

สุพัตรา และคณะ. 2561. ศึกษาผลของสูตรอาหารต่อการเจริญเติบโต และคุณค่าทางอาหารของคิโตเซอรอส. วารสารวิจียเทคโนโลยีการประมง ปีที่ 12, ฉบับที่ 2, กรกฎาคม-ธันวาคม, 2561.

สถาบันบัณฑิตวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย สวทช. 2543. “ความหลากหลายทางชีวภาพของแพลงก์ตอน” (ออนไลน์) สืบค้นจาก : http://www.sa.ac.th/biodiversity/contents/2plankton/chapter_2.html (9 มีนาคม 2564).

สุภวัช และคณะ. 2555. ผลของการให้แสงไฟและการเติมอากาศต่อการเจริญเติบโตและความสมบูรณ์เซลล์ของแพลงก์ตอนพืช. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. นนทบุรี

สุพิศ. 2535. ความสำคัญของไขมันในอาหารสัตว์น้ำ. วารสารกรมประมง 45 (4) 943-950.

สมสุข. 2528. นิเวศวิทยา. หน้า 252. กรุงเทพ : เจริญรัฐการพิมพ์.

อิชณิกา. 2542. พลวัต และความหลากหลายของแพลงก์ตอนพืชในบริณปากแม่น้ำท่าจีน จังหวัดสมุทรสาคร, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อมรรัตน์ และคณะ. 2563. ศึกษาการเจริญเติบโตของสาหร่ายขนาดเล็กกลุ่มไดอะตอม 3 ชนิด *Thalassiosira* sp., *Odontella* sp. และ *Chaetoceros* sp. เลี้ยงด้วยระดับความเค็มที่ตกกต่างกัน. วารสารแก่นเกษตร 48 ฉบับพิเศษ 1: 975- 982

ฤทธิพร. 2548. การเพาะเลี้ยงแพลงก์ตอนพืช. เอกสารประกอบการฝึกงาน.ชุมพร : ศูนย์ปรับปรุงพันธุกรรมกุ้งปะทิวเครือเจริญโภคภัณฑ์. 36 หน้า.

Amos, R. 1986. In CRC Handbookof Microalgal Mass Culture. United States, Israel. 528 pp.

APHA, *et al*. 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Rice E.W., Baird R.B., Eaton A.D., Clesceri L.S. (Eds.), 22nd ed., Washington DC.

Boney, A.D. 1975. Phytoplankton. London: Institute of Biology's Studies in Biology. 116 pp.

Darley, W. M. 1982. Algal Biology : a Physiological Approach. In Wilkinson, J. F. (ed.), *Basic Microbiology Volume 9*. Pp 74-87. London : Blacwell Scientific Publications.

ISHIDA, H. *et al*. 2000. Nutritive Evaluation on Chemical Components of Leaves, Stalks and Stems of Sweet Potatoes (Ipomoea batatas poir). Food Chemistry, v.68, n.3, p.359-367,

John D. M., *et al*. 2002. The Freshwater Algal Flora of the British Isles : an Identification Guide to Freshwater and Terrestrial Algae. Cambridge University Press. Cambridge. ISBN 0 521 77051 3, hardback including CD-ROM. Price £75.

Hobson, L.A. 1966. Some In Fluence of the Columbie River Effluent on Marine Phytoplankton During January 1961. Limnol. And Oceangr. 11 (2) : 223-223.

Lorenzen, C.J. 1963. Diurnal Variation in Photosynthetic Activity of Natural Phytoplankton Population. Limnol. Oceangr. 8 (1) : 56-57.

Maurizio, P., Manuzzi, M.P., Pagliarani, A.P., Trombetti, F., Borgatti, A.R. and Ventrella, V. 2007. Changes in Fatty Acid Composition of Mytilus Galloprovincialis (Lmk) Fed on Microalgal and Wheat Germ Diets. Comparative Biochemistry and Physiology. Part B 147: 616-626.

Moss, B. 1980. Ecology of Fresh Water. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Patrick, R. 1977. Ecology of Freshwater Diatoms-diatom communities, In D. Werner (ed.). the Biology of Diatom. University of California Press, Berkeley.332 p.

Plamer, M. C. and K. PA. Square. 1977. Algal and Water Pollution. Municipal Environmental Research Lab., Cincinnati, OH. 123 p.

Sawyer and McCarty. 1978. Chemistry of Environmemtal Engineering. 3rd ed. McGraw-Hill. Singapore.

Smith. 1950. The Fresh Water Algae of the United States. 2 nd ed. New York : Megraw-Hill. Book Co.

Welch, P.S. 1952. Limnology.Mc-Graw Hill Book, Ine, New York. 471 p.

Wetzel. 2001. Limnology: Lake and River Ecosystems, 3nd Edition. Academic Perss, New York.

Yúfera, M., J. B. Ortiz-Delgado, T. Hoffman, I. Siguero, B. Urup and C. Sarasquete. 2014. Organogenesis of Digestive Sytem, Visual System and Other Structures in Atlantic Bluefin Tuna Larvae Reared with Copepods in Mesocosm System. Aquaculture 426-427: 126-137.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงข้อมูลและผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ตารางแสดงข้อมูลจากการศึกษาจำนวนเซลล์ไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

ชุดการทดลองที่ 1 สูตร Conway

ชั่วโมง	จำนวนเซลล์ไดอะตอม (x 10^6 cell/ml)				
	R1	R2	R3	R4	R5
0	0.0242	0.0215	0.0290	0.0248	0.0236
24	0.0351	0.0303	0.0359	0.0362	0.0338
48	0.0502	0.0545	0.0483	0.0591	0.0543
72	0.0931	0.0875	0.0873	0.0918	0.0894
96	0.1154	0.1191	0.1218	0.1155	0.1193
120	0.1362	0.1318	0.1402	0.1395	0.1318
144	0.1085	0.1054	0.1122	0.1054	0.1158

ชุดการทดลองที่ 2 สูตรดัดแปลง 1 (ชนิสรา, 2562)

ชั่วโมง	จำนวนเซลล์ไดอะตอม (x 10^6 cell/ml)				
	R1	R2	R3	R4	R5
0	0.0241	0.0225	0.0291	0.0236	0.0248
24	0.0353	0.0381	0.0421	0.0369	0.0393
48	0.0592	0.0603	0.0641	0.0594	0.0586
72	0.0852	0.0838	0.0874	0.0879	0.0942
96	0.1251	0.1315	0.1301	0.1267	0.1288
120	0.1688	0.1695	0.1726	0.1623	0.1676
144	0.1098	0.1123	0.1181	0.1195	0.1087

ชุดการทดลองที่ 3 สูตรดัดแปลง 2 (ชนัญลดา, 2563)

ชั่วโมง	จำนวนเซลล์ไดอะตอม (x 10^6 cell/ml)				
	R1	R2	R3	R4	R5
0	0.0244	0.0256	0.0231	0.0248	0.0244
24	0.0448	0.0395	0.0452	0.0493	0.0365
48	0.0721	0.0748	0.0754	0.0742	0.0793
72	0.1194	0.1224	0.1235	0.1186	0.1194
96	0.1732	0.1695	0.1642	0.1756	0.1721
120	0.1389	0.1351	0.1292	0.1341	0.1278
144	0.1049	0.1025	0.1081	0.1038	0.1049

ชุดการทดลองที่ 4 สูตรที่ผู้วิจัยดัดแปลงขึ้น

ชั่วโมง	จำนวนเซลล์ไดอะตอม (x 10^6 cell/ml)				
	R1	R2	R3	R4	R5
0	0.0249	0.0238	0.0251	0.0246	0.0240
24	0.0391	0.0391	0.0391	0.0391	0.0391
48	0.0716	0.0696	0.0726	0.0673	0.0746
72	0.1084	0.1127	0.1067	0.1121	0.1097
96	0.1675	0.1704	0.1683	0.1694	0.1686
120	0.1278	0.1265	0.1273	0.1198	0.1265
144	0.0954	0.1008	0.0982	0.0986	0.0963

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

Descriptives

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1	5	.133400	.0085537	.0038253	.122779	.144021	.1193	.1402
2	5	.168160	.0037607	.0016818	.163490	.172830	.1623	.1726
3	5	.170920	.0043494	.0019451	.165520	.176320	.1642	.1756
4	5	.168840	.0011059	.0004946	.167467	.170213	.1675	.1704
Total	20	.160330	.0166785	.0037294	.152524	.168136	.1193	.1756

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.005	3	.002	60.253	.000
Within Groups	.000	16	.000		
Total	.005	19			

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Duncan

Teratmant	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	5	.133400	
2	5		.168160
4	5		.168840
3	5		.170920
Sig.		1.000	.437

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

ภาคผนวก ข
วัสดุและอุปกรณ์

หัวเชื้อไดอะตอม *Thalassiosira* sp.

ขวดโหล ขนาด 10 ลิตร

ชุดให้อากาศ

ปั๊มไดโว่

ปั๊มลม

เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งแก้ว

เครื่องวัดความเค็ม (Salinometer)

ปิเปต ขนาด 5 มิลลิลิตร

Cover slip

Hemocytometer

ดรอปเปอร์

บีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิลิตร

เครื่องชั่งน้ำหนักดิจิตอล

กล้องจุลทรรศน์

พลาสติกแรป

ถังขนาด 200 ลิตร

ที่นับจำนวนแบบกดมือ

กระดาษชำระ

น้ำยาล้างจาน

ฟองน้ำ

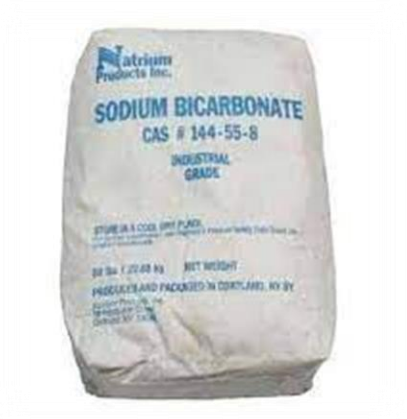
ชุดตรวจ pH (pH Testkit)

ชุดตรวจความเป็นด่าง

ชุดตรวจคลอรีน

คลอรีน

เกลือวิทยาศาสตร์



แคลเซียมคาร์บอเนต