

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG

MAI ĐỨC THAO

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN VÀ ỨNG DỤNG MỘT SỐ CHỦNG VI TẢO
TRONG SẢN XUẤT GIỐNG TÔM HE (*Penaeus*) TẠI VIỆT NAM

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

KHÁNH HÒA - 2025

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG

MAI ĐỨC THAO

NGHIÊN CỨU LỰA CHỌN VÀ ỨNG DỤNG MỘT SỐ CHỦNG VI TẢO
TRONG SẢN XUẤT GIỐNG TÔM HE (*Penaeus*) TẠI VIỆT NAM

Ngành đào tạo: Nuôi trồng Thủy sản

Mã số: 9620301

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:

1. GS. TS. PHẠM QUỐC HÙNG

2. TS. KIM LEE CHANG

KHÁNH HÒA - 2025

MỞ ĐẦU

Sản xuất giống tôm he ở Việt Nam phụ thuộc chủ yếu vào loài tảo khuê *Thalassiosira weissflogii*. Mặc dù vậy, vẫn còn những mặt hạn chế nhất định khi ứng dụng loài vi tảo *T. weissflogii* này trong sản xuất giống tôm.

Xuất phát từ vấn đề trên, Luận án “**Nghiên cứu lựa chọn và ứng dụng một số chủng vi tảo trong sản xuất giống tôm He (*Penaeus*) tại Việt Nam**” được triển khai thực hiện nhằm đạt được các mục tiêu:

Mục tiêu: nghiên cứu lựa chọn và ứng dụng một số chủng vi tảo làm nguồn thức ăn trực tiếp và gián tiếp trong sản xuất giống tôm thẻ chân trắng và tôm sú tại Việt Nam, cụ thể:

- Xác định được 2-3 chủng/loài vi tảo mới tiềm năng làm nguồn thức ăn trực tiếp trong sản xuất giống tôm he tại Việt Nam.
- Xác định được 2-3 chủng/loài vi tảo mới tiềm năng làm nguồn thức ăn gián tiếp trong sản xuất giống tôm he tại Việt Nam.
- Tối ưu hóa một số điều kiện nuôi cấy cơ bản, gắn liền với thực tiễn sản xuất vi tảo tại Việt Nam.
- Xác định vai trò nguồn thức ăn gián tiếp của vi tảo trong sản xuất giống tôm he.
- Xác định khẩu phần thức ăn vi tảo tối ưu trong ương nuôi ấu trùng tôm he, từ đó xây dựng qui trình nuôi cấy và ứng dụng vi tảo trong sản xuất giống tôm he tại Việt Nam.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài:

Luận án là nguồn dữ liệu khoa học cung cấp thông tin về đặc điểm sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa một số chủng/loài vi tảo ứng dụng trong nuôi trồng thủy sản nói chung và sản xuất giống tôm he nói riêng. Kết quả nghiên cứu cung cấp các dẫn liệu khoa học về ảnh hưởng của một số điều kiện nuôi cấy lên sinh trưởng quần thể và giá trị dinh dưỡng tế bào vi tảo. Bên cạnh đó là những hiểu biết về ảnh hưởng khẩu phần thức ăn vi tảo lên kết quả ương nuôi ấu trùng tôm he tại Việt Nam. Nguồn thông tin này góp phần hữu ích phục vụ công tác giảng dạy, nghiên cứu và phát triển nghề nuôi tôm tại Việt Nam.

Trong khuôn khổ của một dự án hợp tác nghiên cứu và phát triển, luận án được xem xét xây dựng với định hướng góp phần vào sản xuất thực tiễn. Thành công của luận án bước đầu tạo cơ sở nguồn giống vi tảo phong phú về chủng loài phục vụ sản xuất giống tôm tại cơ sở. Kết quả nghiên cứu các thí nghiệm tối ưu hóa điều kiện nuôi cấy được ứng dụng làm nền tảng để xây dựng qui trình sản xuất vi tảo tại cơ sở. Bên cạnh đó, qui trình chăm sóc và ương nuôi ấu trùng tôm he được xây dựng và hoàn thiện dựa trên những kết quả nghiên cứu thử nghiệm các loài vi tảo, luân trùng làm thức ăn cho ấu trùng tôm.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Tổng quan về vi tảo

Vi tảo được biết đến là những sinh vật đơn bào, có thể được tìm thấy trong hầu hết các môi trường như đất, đá, nước (bao gồm cả thủy vực nước ngọt và nước mặn) hay đôi khi là kí sinh trên các sinh vật khác. Vi tảo sinh trưởng và phát triển nhanh trong các hệ sinh thái thủy sinh, các hệ sinh thái này bao phủ hơn 71% diện tích bề mặt của trái đất. Về mặt hình thái cấu tạo, các tế bào vi tảo có thể tồn tại ở dạng đơn độc một tế bào (unicellular) hay liên kết với nhau dạng chuỗi (colony). Hình dạng và kích thước tế bào vi tảo rất đa dạng, phụ thuộc vào từng loài cụ thể và đôi khi là điều kiện môi trường sống. Hình thức sinh sản ở vi tảo rất đa dạng. Khác với những sinh vật có kích thước lớn, sinh trưởng của vi tảo nói riêng và vi sinh vật nói chung được đặc trưng bởi sinh trưởng quần thể.

Có rất nhiều thành phần sinh hóa quan trọng làm nên giá trị dinh dưỡng của vi tảo. Tuy nhiên, hàm lượng lipid và thành phần các acid béo có lẽ là thành phần được quan tâm nhất trong nghiên cứu và ứng dụng. Hàm lượng protein trong vi tảo thay đổi rất lớn từ 6 đến 52% trọng lượng khô tế bào (dwt), phụ thuộc vào từng chủng loài vi tảo. Trong một số trường hợp đặc biệt, hàm lượng protein có thể đạt đến 71 % (dwt) [4, 8]. Bên cạnh các đặc điểm về chủng loài vi tảo, thì các yếu tố môi trường cũng ảnh hưởng rất lớn đến hàm lượng protein nội bào, có thể kể đến như nhiệt độ, độ mặn, ánh sáng, pH, muối dinh dưỡng bổ sung, điều kiện CO₂.

Các yếu tố môi trường nuôi cấy ảnh hưởng lớn lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào vi tảo. Ảnh hưởng của ánh sáng tác động đến vi tảo thể hiện dưới 3 khía cạnh tác động là cường độ chiếu sáng (light intensity), chu kỳ quang (photoperiod hoặc dark-light cycle), và quang phổ màu ánh sáng (light spectrum). Song song với ánh sáng, nhiệt độ được xem là yếu tố môi trường quan trọng quyết định đến hầu hết quá trình sinh lý, sinh hóa vi tảo nói riêng và sinh vật nói chung. Độ mặn ảnh hưởng tới sinh trưởng, phát triển, và thành phần sinh hóa tế bào ở hai phương diện là tác động trực tiếp và tác động gián tiếp. Hướng nghiên cứu ảnh hưởng của các muối dinh dưỡng bổ sung lên sinh trưởng, phát triển và thành phần sinh hóa của vi tảo cũng là một trong những hướng nghiên cứu được quan tâm nhiều nhất, đặc biệt trong lĩnh vực nghiên cứu ứng dụng (bao gồm cả nuôi cấy vi tảo phục vụ nuôi trồng thủy sản).

1.2. Tổng quan về tôm he

Họ tôm he bao gồm bốn giống (Penaeus, Metapenaeus, Parapenaeopsis, và Metapenaeopsis) và nhiều loài trong hệ thống phân loại. Quá trình phát triển phôi bao gồm nhiều giai đoạn nhỏ, bắt đầu từ khi trứng được thụ tinh đến khi trứng nở. Thời gian

phát triển phôi của ấu trùng khoảng từ 12 đến trên 20 giờ phụ thuộc vào loài và một số điều kiện môi trường sống nhất là nhiệt độ. Kết thúc quá trình phát triển phôi là giai đoạn phát triển của ấu trùng. Dựa vào các đặc điểm về hình thái, tập tính bơi lội, bắt mồi, người ta chia các giai đoạn phát triển của ấu trùng tôm thành 4 giai đoạn nauplius, zoea, mysis và post-larvae [2].

Nhu cầu protein trong khẩu phần ăn của ấu trùng tôm he dao động trong khoảng 30-56%, phụ thuộc vào đặc điểm nguồn thức ăn, giai đoạn phát triển, tình trạng sinh lý và các đặc điểm lý hóa học môi trường khác [3]. Ấu trùng và tôm he trưởng thành đều không có nhu cầu lipid một cách nhất định. Nhu cầu lipid được khuyến cáo trong nhiều tài liệu trong khoảng 6-7,5% và tối đa không vượt quá 10% [7]. Một số nguồn tài liệu thì cho rằng nhu cầu lipid ấu trùng tôm he nên ở khoảng 5,5% [3]. Ngược lại, thành phần các nhóm lipid và axit béo đường như quan trọng hơn đối với ấu trùng tôm he. Khi nhắc tới nhu cầu dinh dưỡng lipid của ấu trùng tôm, phần đông các học giả cho rằng có ba khía cạnh cần đặc biệt chú ý là axit béo không no đa nối đôi mạch dài, phospholipids, và sterols [7]. Ấu trùng tôm he không có nhu cầu trực tiếp nào về carbohydrates. Trong nuôi trồng thủy sản nói chung và ương nuôi tôm nói riêng, các polysaccharides bao gồm tinh bột và đường dextrin thường được sử dụng trong khẩu phần thức ăn của ấu trùng tôm để tạo nguồn năng lượng dự trữ, thay thế cho các nguồn protein đắt tiền. Ấu trùng tôm he có nhu cầu carbohydrates khoảng 7,5-33% [5, 6].

1.3. Nghiên cứu ứng dụng vi tảo trong sản xuất giống tôm he

1.3.1. Ứng dụng vi tảo làm nguồn thức ăn trực tiếp trong sản xuất giống tôm he

Vi tảo là nguồn thức ăn tươi sống quan trọng trong sản xuất giống tôm, biểu hiện ở (1) kích thước và màu sắc; (2) khả năng trôi nổi; (3) cải thiện chất lượng môi trường nước; và (4) nguồn thức ăn bổ dưỡng. Ấu trùng tôm cũng như mọi sinh vật tiêu thụ khác, đòi hỏi cung cấp một lượng đầy đủ hàm lượng protein, lipid, carbohydrate, khoáng chất, và vitamin cho quá trình sinh trưởng và phát triển. Trong khi carbohydrate là nguồn năng lượng cơ bản cho ấu trùng tôm, thì protein và các amino acid thiết yếu cần thiết cho rất nhiều quá trình phát triển. Lipid là nguồn năng lượng dự trữ và tham gia cấu thành lên cấu trúc màng tế bào cơ thể, hình thành hormone (steroid).

1.3.2. Ứng dụng của vi tảo làm nguồn thức ăn gián tiếp trong sản xuất giống tôm he

Trong qui trình sản xuất giống tôm he ở Việt Nam và nhiều nước trên thế giới nguồn thức ăn tự nhiên sử dụng trong ương nuôi ấu trùng là vi tảo và nauplii artemia (instar I/II). Điều đó có nghĩa là những nghiên cứu ứng dụng vi tảo làm nguồn thức ăn gián tiếp cho ấu trùng tôm là rất ít. Mặc dù vậy, ý tưởng nghiên cứu sử dụng vi tảo làm nguồn thức ăn nuôi cấy luân trùng và ứng dụng làm nguồn thức ăn cho ấu trùng tôm cũng là một hướng đi đầy triển vọng [1].

CHƯƠNG 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng, thời gian và địa điểm nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là 8 chủng vi tảo từ bộ sưu tập giống vi tảo ANACC (Australian National Algae Culture Collection), Tổ chức nghiên cứu của Chính phủ Úc CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation).

Nghiên cứu thực hiện tại trong khoảng thời gian từ tháng 1/2021 đến 8/2023.

Phòng thí nghiệm Vi tảo, Viện nuôi trồng thủy sản, Trường Đại học Nha Trang, Công ty TNHH sản xuất giống thủy sản Minh Phú, An Hải – Ninh Phước - Ninh Thuận và Phòng phân tích sinh hóa, CSIRO, Hobart – Tasmania – Úc.

2.2. Nội dung nghiên cứu

Luận án thực hiện 4 nội dung nghiên cứu, bao gồm:

- **Nội dung 1**: Sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo tiềm năng.
- **Nội dung 2**: Ảnh hưởng của một số điều kiện nuôi cấy lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo.
- **Nội dung 3**: Nghiên cứu sử dụng một số chủng vi tảo trong nuôi cấy luân trùng ứng dụng trong sản xuất giống tôm.
- **Nội dung 4**: Ảnh hưởng các khẩu phần thức ăn vi tảo khác nhau lên sinh trưởng, phát triển và sức khỏe ấu trùng tôm He.

2.3. Bố trí thí nghiệm

2.3.1. Thí nghiệm 1: Khảo sát sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào một số chủng vi tảo trong điều kiện Việt Nam

2.3.2. Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng của một số loại môi trường dinh dưỡng (f, f/2, và AGP-C) lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào một số chủng vi tảo

2.3.3. Thí nghiệm 3: Tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào một số chủng vi tảo.

2.3.4. Thí nghiệm 4: Ảnh hưởng của nhiệt độ khác nhau lên thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo

2.3.5. Thí nghiệm 5: Ảnh hưởng của độ mặn khác nhau lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo

2.3.6. Thí nghiệm 6: Nghiên cứu sử dụng một chủng vi tảo trong nuôi cấy luân trùng, ứng dụng trong sản xuất giống tôm

2.3.7. Thí nghiệm 7: Ảnh hưởng các khẩu phần thức ăn vi tảo khác nhau lên sinh trưởng, phát triển và sức khỏe ấu trùng tôm he

2.4. Phương pháp thu thập số liệu

2.4.1. Xác định thông số sinh trưởng quần thể và tế bào vi tảo

2.4.2. Phương pháp phân tích lipid và thành phần các axit béo

2.4.3. Phương pháp xác định sinh trưởng quần thể luân trùng

2.4.4. Phương pháp xác định sinh trưởng và phát triển ấu trùng tôm

2.5. Phân tích và xử lý số liệu

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo tiềm năng phục vụ sản xuất giống tôm he (TN 1)

3.1.1. Sinh trưởng quần thể một số chủng vi tảo

Xét ở khía cạnh mật độ cực đại, sinh trưởng quần thể tảo *N. oceanica* đạt cao nhất trong số các chủng vi tảo thí nghiệm. Quần thể *N. oceanica* đạt sinh khối cực đại, $78,92 \pm 5,63 \times 10^6$ tb/mL, vào ngày nuôi thứ 8 trong chu kỳ nuôi cấy. Sinh khối này gấp 5,5 lần sinh khối cực đại ghi nhận được ở chủng vi tảo xếp thứ hai *P. tricornutum* ở $14,37 \pm 2,04 \times 10^6$ tb/mL (bảng 3.1). Kế đến tảo silic biển, *C. muelleri* có MCDs đạt $8,26 \pm 0,35 \times 10^6$ tb/mL. Sự khác biệt về mật độ cực đại giữa các chủng vi tảo này là có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa α ở 0,05. Ngược lại sinh trưởng quần thể ở nghiệm thức *Thalassiosira weissflogii* biểu hiện thông qua thông số mật độ cực đại là thấp nhất, đạt $0,60 \pm 0,04 \times 10^6$ tb/mL, trong số các chủng vi tảo nghiên cứu. Mật độ cực đại này thấp hơn có ý nghĩa thống kê so với ba chủng vi tảo *N. oceanica*, *P. tricornutum* và *C. muelleri* nhưng không có sự khác biệt với các chủng tảo còn lại.

Bảng 3.1. Sinh trưởng quần thể một số chủng vi tảo (Min-Max Mean $\pm$ SD, n=3)

Tên chủng/loài vi tảo	MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	EGRs (/ngày)	Max SGRs (/ngày)
<i>Chaetoceros calcitrans</i> CS-178	4,11-4,6 4,37 $\pm$ 0,25 ^a	0,31-0,34 0,33 $\pm$ 0,1 ^a	0,53-0,62 0,57 $\pm$ 0,04 ^a
<i>Chaetoceros muelleri</i> CS-176	7,88-8,55 8,26 $\pm$ 0,35 ^b	0,68-0,75 0,71 $\pm$ 0,03 ^c	0,75-1,01 0,89 $\pm$ 0,13 ^b
<i>Isochrysis galbana</i> CS-186	3,40-3,81 3,60 $\pm$ 0,20 ^a	0,54-0,61 0,58 $\pm$ 0,04 ^b	0,57-0,70 0,63 $\pm$ 0,06 ^a
<i>Nannochloropsis oceanica</i> CS-179	72,50-83,00 78,92 $\pm$ 5,63 ^d	0,92-1,06 0,98 $\pm$ 0,07 ^e	1,09-1,36 1,24 $\pm$ 0,14 ^c
<i>Phaeodactylum tricornutum</i> CS-29	12,50-16,55 14,37 $\pm$ 2,04 ^c	0,79-0,92 0,88 $\pm$ 0,07 ^{de}	1,05-1,17 1,11 $\pm$ 0,06 ^{bc}
<i>Tisochrysis lutea</i> CS-177	3,70-4,20 3,88 $\pm$ 0,28 ^a	0,41-0,69 0,57 $\pm$ 0,16 ^b	0,45-0,76 0,64 $\pm$ 0,17 ^a
<i>Thalassiosira pseudonana</i> CS-173	3,49-4,61 4,11 $\pm$ 0,57 ^a	0,70-0,87 0,81 $\pm$ 0,09 ^{cd}	0,94-1,18 1,06 $\pm$ 0,12 ^{bc}
<i>Thalassiosira weissflogii</i> CS-871	0,56-0,64 0,60 $\pm$ 0,04 ^a	0,70-0,77 0,72 $\pm$ 0,04 ^c	0,73-1,09 0,95 $\pm$ 0,19 ^b

Ghi chú: các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai khác có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa 0,05

3.1.2. Thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo tiềm năng

Nhìn chung, có sự khác biệt lớn về thành phần sinh hóa giữa các chủng vi tảo trong nghiên cứu (bảng 3.2). Hàm lượng lipid thu được trong các chủng vi tảo dao động từ 16 đến 90 mg/g (trọng lượng khô). Hai chủng tảo Haptophytes, *Tisochrysis lutea* và *Isochrysis galbana*, có hàm lượng lipid cao nhất lần lượt là 90,3 và 61,1 mg/g. Tiếp đến là vi tảo Eustigmatophyte, *Nannochloropsis oceanica*, chứa tổng lipid ở mức 55 mg/g.

Hàm lượng lipid thấp nhất được tìm thấy trong tảo silic biển, đặc biệt ở cả hai loài *Thalassiosira weissflogii* và *T. pseudonana* ở mức 16 mg/g. Trong số các lớp lipid thì lipid phân cực chiếm tỷ trọng lớn, dao động trong khoảng khoảng từ 87,2 đến 97,3% tổng lượng lipid trong hầu hết các vi tảo được nghiên cứu.

Nói tóm lại, kết quả sinh trưởng quần thể, thành phần sinh hóa và một số đặc điểm sinh học tế bào trong thí nghiệm 1 này là các cơ sở để lựa chọn ba chủng vi tảo khuê làm thức ăn trực tiếp cho ấu trùng tôm he là *Chaetoceros muelleri*, *Phaeodactylum tricornutum* và *Thalassiosira weissflogii*. Bên cạnh đó, hai chủng vi tảo được lựa chọn cho thí nghiệm nghiên cứu ứng dụng làm nguồn thức ăn gián tiếp trong sản xuất giống tôm he bao gồm *Nannochloropsis oceanica* và *Tisochrysis lutea*.

Bảng 3.2. Thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo trong nghiên cứu

Loài	<i>C. calcitrans</i>	<i>C. muelleri</i>	<i>I. galbana</i>	<i>N. oceanica</i>
Mã số chủng	CS-178	CS-176	CS-186	CS-179
Axit béo (% TFA)				
20:4 ω 6 ARA	2,3 $\pm$ 2,9	10,6 $\pm$ 10,7	Tr	6,5 $\pm$ 1,5
20:5 ω 3 EPA	21,2 $\pm$ 11,3	0,7 $\pm$ 0,3	0,5 $\pm$ 0,1	30,0 $\pm$ 7,4
22:6 ω 3 DHA	0,8 $\pm$ 0,0	0,5 $\pm$ 0,2	10,1 $\pm$ 0,8	Tr
Nhóm (%TFA)				
Σ SFA	20,7	27,2	31,3	27,5
Σ MUFA	27,6	25,9	19,2	26,6
Σ PUFA	38,9	35,1	41,1	40,4
Σ LC-PUFA	22,0	11,0	10,6	30,0
Lớp lipid (% TL)				
Wax ester	Tr	0,2	2,2	Tr
Triacylglycerol	Tr	2,0	2,5	Tr
Free fatty acid	2,5	5,7	0,0	2,5
Sterol	1,1	1,3	0,9	1,1
Polar lipid	96,3	90,8	94,4	96,3
Total lipid (mg/g)	55,0	43,7	61,1	55,0

3.2. Ảnh hưởng của một số điều kiện nuôi cấy lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo.

3.2.1. Ảnh hưởng của một số loại môi trường dinh dưỡng (f, f/2, và AGP-C) lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào một số chủng vi tảo (TN 2)

❖ Ảnh hưởng của các môi trường dinh dưỡng khác nhau lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *Chaetoceros muelleri*

Vi tảo khuê *C. muelleri* sinh trưởng tốt nhất trong môi trường dinh dưỡng bổ sung f, kế đến là môi trường thương mại AGP-C và cuối cùng là môi trường dinh dưỡng f/2 ở tất cả các thông số quan sát (MCDs, EGRs, và Max SGRs). Kết quả phân tích thống kê ANOVA một yếu tố trong lần thí nghiệm thứ hai này chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở cả ba thông số quan sát (bảng 3.3).

Bảng 3.3. Tổng hợp kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo *C. muelleri* trong ba môi trường dinh dưỡng bổ sung khác nhau (Min-Max, Mean $\pm$ SD, n=4)

	f	f/2	AGP-C
Lần thí nghiệm thứ nhất			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	11,45-12,51	8,26-8,91	9,29-10,11
	12,01 $\pm$ 0,48 ^c	8,54 $\pm$ 0,30 ^a	9,81 $\pm$ 0,37 ^b
EGRs (/ngày)	0,76-0,92	0,66-0,76	0,70-0,79
	0,84 $\pm$ 0,07 ^b	0,72 $\pm$ 0,05 ^a	0,74 $\pm$ 0,04 ^a
Max SGRs (/ngày)	1,12-1,32	0,73-1,08	1,02-1,13
	1,21 $\pm$ 0,10 ^b	0,88 $\pm$ 0,15 ^a	1,08 $\pm$ 0,05 ^b
Lần thí nghiệm thứ hai			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	9,61-10,13	7,46-8,21	9,81-10,03
	9,95 $\pm$ 0,23 ^b	7,79 $\pm$ 0,31 ^a	9,92 $\pm$ 0,11 ^b
EGRs (/ngày)	0,74-0,87	0,64-0,77	0,68-0,77
	0,79 $\pm$ 0,06 ^b	0,70 $\pm$ 0,06 ^a	0,73 $\pm$ 0,04 ^{ab}
Max SGRs (/ngày)	0,92-1,24	0,71-0,97	0,78-0,91
	1,03 $\pm$ 0,14 ^b	0,82 $\pm$ 0,11 ^a	0,84 $\pm$ 0,07 ^a

Ghi chú: các chữ cái khác nhau chỉ sự khác nhau có ý nghĩa thống kê (mức ý nghĩa 0,05) trong cùng một hàng.

Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng, hàm lượng các axit béo SFAs và MUFAs thu được ở các nghiệm thức thí nghiệm sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f và f/2 là thấp hơn so với nghiệm thức thí nghiệm sử dụng môi trường dinh dưỡng thương mại AGP-C. Ngược lại, hàm lượng các PUFAs, Lc-PUFAs được tìm thấy cao hơn trong hai nghiệm thức NT-2.1 và NT-2.2. Xu hướng này cũng được thấy rõ khi quan sát hai axit béo quan trọng là EPA và DHA. Cụ thể, hàm lượng EPA được tìm thấy cao trong hai nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f và f/2, lần lượt đạt 24,27 và

20,94 (%TFA). Trong khi đó, hàm lượng axit béo EPA này thu được chỉ đạt 10,48 (%TFA) ở nghiệm thức sử dụng môi trường thương mại AGP-C. Tương tự như vậy, hàm lượng DHA thu được trong hai nghiệm thức NT-2.1 và NT-2.2 này lần lượt đạt 1,13 và 1,42 (%TFA), cao hơn ở nghiệm thức NT-2.3 đạt 0,84 (%TFA). Sự khác biệt về xu hướng thay đổi được tìm thấy khi quan sát hàm lượng axit béo ARA. Theo đó, hàm lượng axit béo ARA được tìm thấy rất cao ở hai nghiệm thức NT-2.2 (sử dụng môi trường f/2) và NT-2.3 (sử dụng môi trường AGP-C), lần lượt đạt 5,3 và 4,2 (%TFA), con số này cao hơn nhiều so với ở nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f (NT-2.1) đạt 1,64 (%TFA).

❖ Ảnh hưởng của các môi trường dinh dưỡng khác nhau lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *Phaeodactylum tricornutum*

Trong lần thí nghiệm thứ nhất mật độ cực đại và tốc độ sinh trưởng quần thể ở pha logarithm trong nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f (NT-2.4) thu được cao nhất, lần lượt là $21,54 \pm 2,62 \times 10^6$ (tb/mL) và $0,95 \pm 0,05$ (/ngày). Kế đến là nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng AGP-C (NT-2.6) với hai giá trị lần lượt là $18,22 \pm 0,89 \times 10^6$ (tb/mL) và $0,86 \pm 0,04$ (/ngày). Cuối cùng là NT-2.5 (sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f/2) có MCDs đạt $14,81 \pm 1,82 \times 10^6$ (tb/mL) và EGRs đạt $0,78 \pm 0,02$ (/ngày). Sự khác biệt là có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa α ở 0,05. Mặc dù vậy, có một khác biệt nhỏ khi quan sát tốc độ sinh trưởng theo ngày cực đại. Theo đó, hai nghiệm thức NT-2.4 và NT-2.6 đều cho kết quả Max SGRs tương đồng và rất cao, lần lượt đạt 1,07 và 0,98 (/ngày) cao hơn một cách có ý nghĩa thống kê so với chúng ở nghiệm thức NT-2.5 đạt 0,9 (/ngày) (Bảng 3.3).

Thành phần sinh hóa vi tảo *P. tricornutum* trong các nghiệm thức thí nghiệm khác nhau về môi trường dinh dưỡng thì khác nhau. Không giống như ở thí nghiệm trên tảo silic *C. muelleri*, ở tảo *P. tricornutum* hàm lượng lipid cao nhất thu được trong nghiệm thức thí nghiệm sử dụng môi trường dinh dưỡng AGP-C (NT-2.6) đạt 103,3 mg/g. Kế đến là NT-2.5 có hàm lượng lipid tổng số đạt 92,7 mg/g. Cuối cùng là NT-2.4 có kết quả phân tích hàm lượng lipid tổng số đạt 65,1 mg/g.

Các lớp lipid như polar lipid, sterol, và triacylglycerol thu được cao nhất ở nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f, lần lượt đạt 96,4, 1,6, và 1,8 (%TL). Ngược lại hàm lượng sterol và free fatty acid thấp nhất thu được ở nghiệm thức sử dụng môi trường thương mại AGP-C. Xu hướng biến thiên về hàm lượng các lớp lipid trong thí nghiệm này biểu hiện không thật sự rõ ràng.

Bảng 3.4. Tổng hợp kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo *P. tricornutum* trong ba môi trường dinh dưỡng bổ sung khác nhau (Min-Max, Mean±SD, n=4)

	f	f/2	AGP-C
Lần thí nghiệm thứ nhất			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	18,46-24,61	12,86-16,50	17,36-19,25
	21,54±2,62 ^c	14,81±1,82 ^a	18,22±0,89 ^b
EGRs (/ngày)	0,90-1,01	0,76-0,80	0,82-0,90
	0,95±0,05 ^c	0,78±0,02 ^a	0,86±0,04 ^b
Max SGRs (/ngày)	0,97-1,13	0,85-0,97	0,98-1,05
	1,07±0,07 ^b	0,90±0,05 ^a	0,98±0,15 ^b
Lần thí nghiệm thứ hai			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	13,68-16,06	8,60-13,51	14,40-16,26
	14,96±1,07 ^b	10,25±2,21 ^a	15,19±0,85 ^b
EGRs (/ngày)	0,87-0,90	0,64-0,76	0,77-0,83
	0,87±0,90 ^c	0,69±0,06 ^a	0,80±0,03 ^b
Max SGRs (/ngày)	0,94-1,02	0,75-0,84	0,87-0,90
	0,97±0,04 ^c	0,79±0,04 ^a	0,87±0,90 ^b

Ghi chú: các chữ cái khác nhau chỉ sự khác nhau có ý nghĩa thống kê (mức ý nghĩa 0,05) trong cùng một hàng.

❖ Ảnh hưởng của các môi trường dinh dưỡng khác nhau lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *Thalassiosira weissflogii*

Ở lần thí nghiệm thứ nhất, MCDs thu được ở các nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f (NT-2.7), nghiệm thức bổ sung môi trường f/2 (NT-2.8) và nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng thương mại AGP-C (NT-2.9) theo thứ tự lần lượt là $0,67\pm0,04$, $0,40\pm0,04$, và $0,52\pm0,04\times10^6$ (tb/mL). Sự khác biệt là có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa 0,05. Kết quả này được lặp lại hoàn toàn tương tự ở lần thí nghiệm thứ hai. Điều đó cho thấy trong ba môi trường nghiên cứu thì môi trường dinh dưỡng bổ sung f là phù hợp nhất cho sinh trưởng quần thể *T. weissflogii*. Ngược lại, môi trường dinh dưỡng bổ sung f/2 cho kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo là kém nhất.

Xét ở khía cạnh tốc độ sinh trưởng quần thể tại pha logarithm và tốc độ sinh trưởng theo ngày cực đại cũng đưa đến kết luận sự phù hợp của môi trường dinh dưỡng bổ sung f cho quần thể *T. weissflogii* sinh trưởng ở cả hai lần thí nghiệm (Bảng 3.5). Điểm khác biệt được tìm thấy trong kết quả EGRs và Max SGRs ở lần thí nghiệm thứ nhất. Cụ thể, EGRs và Max SGRs giữa hai nghiệm thức này là tương đồng về mặt thống kê. Hai giá trị này ở NT-2.8 lần lượt đạt $0,70\pm0,05$ và $0,71\pm0,05$ (/ngày). Tương tự như vậy, ở nghiệm thức NT-2.9 là $0,89\pm0,11$ và $0,93\pm0,10$ (/ngày).

Hàm lượng lipid tổng số thu được cao nhất ở nghiệm thức sử dụng môi trường dinh dưỡng bổ sung f/2 (NT-2.8) đạt 34,72 mg/g. Ngược lại, lipid tổng số thấp nhất thu được ở nghiệm thức NT-2.9 đạt 31,43 mg/g. So sánh với kết quả thí nghiệm 1 thì hàm lượng lipid trong thí nghiệm này cao hơn khoảng hai lần. Triacylglycerol và sterol thu được cao nhất ở nghiệm thức NT-2.9. Trong khi đó free fatty acid và triacylglycerol thấp nhất thu được ở nghiệm thức NT-2.7. Thành phần polar lipid ở các nghiệm thức NT-2.7 và NT-2.8 thu được là tương đối cao và đồng nhất ở khoảng 92-93 (%TL). Ngược lại, giá trị này thấp nhất ở NT-2.9 đạt 88,6 (%TL).

Nói tóm lại, kết quả nghiên cứu trong thí nghiệm 2 đã chỉ ra rằng môi trường dinh dưỡng bổ sung có ảnh hưởng lớn tới sinh trưởng quần thể vi tảo *C. muelleri*, *P. tricornutum* và *T. weissflogii*. Trong số ba môi trường dinh dưỡng bổ sung thì môi trường f mang đến kết quả sinh trưởng quần thể tốt nhất ở cả ba loài vi tảo trong nghiên cứu này. Bên cạnh đó, sự khác nhau về điều kiện muối dinh dưỡng môi trường nuôi cấy dường như cũng làm thay đổi thành phần sinh hóa tế bào vi tảo. Các loài vi tảo khác nhau có xu hướng khác nhau trong sinh tổng hợp và tích lũy các thành phần sinh hóa.

Bảng 3.5. Tổng hợp kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo *T. weissflogii* trong ba môi trường dinh dưỡng bổ sung khác nhau (Min-Max, Mean±SD, n=4)

	f	f/2	AGP-C
Lần thí nghiệm thứ nhất			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	0,64-0,74	0,34-0,44	0,49-0,56
	0,67±0,04 ^c	0,40±0,04 ^a	0,52±0,04 ^b
EGRs (/ngày)	0,89-0,97	0,65-0,75	0,68-0,79
	0,93±0,04 ^b	0,70±0,05 ^a	0,71±0,05 ^a
Max SGRs (/ngày)	1,16-1,30	0,75-1,01	0,80-1,06
	1,26±0,07 ^b	0,89±0,11 ^a	0,93±0,10 ^a
Lần thí nghiệm thứ hai			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	0,96-1,10	0,60-0,68	0,79-0,92
	1,03±0,06 ^c	0,63-0,04 ^a	0,84±0,06 ^b
EGRs (/ngày)	0,90-1,04	0,73-0,86	0,82-0,89
	0,97±0,05 ^c	0,76±0,06 ^a	0,86±0,04 ^b
Max SGRs (/ngày)	1,12-1,23	0,84-0,98	0,92-1,08
	1,16±0,05 ^c	0,90±0,06 ^a	1,02±0,07 ^b

Ghi chú: các chữ cái khác nhau chỉ sự khác nhau có ý nghĩa thống kê (mức ý nghĩa 0,05) trong cùng một hàng.

3.2.2. Tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kì quang lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào một số chủng vi tảo (TN 3)

❖ Tương tác giữa chu cường độ ánh sáng và chu kì quang lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *C. muelleri*

Tương tác giữa cường độ chiếu sáng (CĐ) và chu kì quang (CKQ) lên sinh trưởng quần thể *C. muelleri* thể hiện rất rõ ràng khi quan sát kết quả tốc độ sinh trưởng quần thể ở pha logarithm (EGRs). Kết quả phân tích hồi qui tuyến tính đa biến mô hình [EGRs = $0,82 \times \text{CĐ} + 1,91 \times \text{CKQ} - 1,25 \times (\text{CĐ} \times \text{CKA})$] có ý nghĩa thống kê cao ($R^2 = 0,901$ và $p=0,000$). Theo đó, chu kì quang có ảnh hưởng lớn nhất, quyết định đến tốc độ sinh trưởng quần thể ở pha logarithm ($\beta = 1,91$, $t = 5,8$, $p < 0,001$). Thời gian chiếu sáng càng cao, EGRs quần thể vi tảo *C. muelleri* thu được càng lớn. Tương tự như vậy, cường độ ánh sáng cũng có tác động rõ rệt, thúc đẩy sinh trưởng quần thể vi tảo này ($\beta = 0,82$, $t = 3,3$, $p=0,003$) (phụ lục 3.3.3). Đặc biệt, kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kì quang lên EGRs là có ý nghĩa thống kê ($\beta = -1,25$, $t = -3,07$, $p = 0,005$). Hệ số hồi qui âm cho sự tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kì quang chỉ ra rằng những ảnh hưởng thúc đẩy sinh trưởng quần thể của việc tăng cường độ ánh sáng sẽ bị suy giảm khi tăng thời gian chiếu sáng trong chu kì nuôi cấy.

Bảng 3.6. Kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo *C. muelleri* trong chín nghiệm thức thí nghiệm (Min-Max, Mean $\pm$ SD, n=3)

Nghiệm thức	MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	EGRs (/ngày)	Max SGRs (/ngày)
NT-3.1	7,85-9,15	0,87-0,90	0,99-1,16
(75 μ E12hL:12hD)	8,38$\pm$0,68	0,88$\pm$0,02	1,10$\pm$0,10
NT-3.2	8,93-10,25	1,05-1,11	1,20-1,35
(75 μ E18hL:6hD)	9,63 $\pm$ 0,67	1,08 $\pm$ 0,03	1,29 $\pm$ 0,07
NT-3.3	9,50-10,13	1,21-1,33	1,16-1,43
(75 μ E24hL:0hD)	9,76$\pm$0,33	1,27$\pm$0,06	1,27$\pm$0,14
NT-3.4	8,88-9,15	0,91-0,96	1,19-1,35
(100 μ E12hL:12hD)	9,02$\pm$0,14	0,93$\pm$0,03	1,29$\pm$0,09
NT-3.5	9,45-10,43	1,08-1,17	1,32-1,48
(100 μ E18hL:6hD)	9,92$\pm$0,49	1,14$\pm$0,05	1,42$\pm$0,09
NT-3.6	9,55-11,05	1,19-1,24	1,19-1,22
(100 μ E24hL:0hD)	10,15$\pm$0,7	1,21$\pm$0,03	1,20$\pm$0,02
NT-3.7	9,68-10,65	0,93-1,04	1,34-1,62
(125 μ E12hL:12hD)	10,13$\pm$0,49	0,98$\pm$0,05	1,50$\pm$0,15
NT-3.8	8,65-11,03	1,07-1,18	1,33-1,54
(125 μ E18hL:6hD)	9,77$\pm$1,19	1,11$\pm$0,06	1,46$\pm$0,11
NT-3.9	9,45-10,13	1,17-1,26	1,37-1,56
(125 μ E24hL:0hD)	9,75$\pm$0,34	1,22$\pm$0,05	1,44$\pm$0,10

Nhìn chung, ánh sáng có ảnh hưởng tới thành phần sinh hóa vi tảo *C. muelleri* với các mức độ khác nhau, tùy vào từng thành phần cụ thể. Đáng kể nhất là hàm lượng lipid tổng số. Hàm lượng lipid này tăng lên đồng biến với cả cường độ ánh sáng và chu kì quang. Cụ thể, ở điều kiện cường độ chiếu sáng và chu kì quang thấp (tức là 75 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ và 12hL:12hD), khi tăng cường độ ánh sáng và chu kì quang lên mức 100 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ và 18 giờ chiếu sáng, lipid tổng số tăng lên một cách rõ rệt (khoảng 20%). Tiếp tục tăng cường độ chiếu sáng và chu kì quang lên mức 125 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ và 24 giờ chiếu sáng liên tục, lipid tổng số này có tăng lên nhưng ở mức độ thấp hơn. Xu hướng này được lặp lại khi quan sát hàm lượng triacylglycerol. Ngược lại, hàm lượng sterol có xu hướng giảm xuống khi cường độ ánh sáng và chu kì quang tăng.

❖ Tương tác giữa chu cường độ ánh sáng và chu kì quang lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *P. tricornutum*

Kết quả phân tích hồi qui tuyến tính đã chỉ ra một số ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng, chu kì quang cũng như tương tác hai biến này lên sinh trưởng quần thể *P. tricornutum*. Cụ thể, mô hình hồi qui tuyến tính dự đoán tốc độ sinh trưởng quần thể ở pha logarithm thu được [$\text{EGRs} = 0,78 \times \text{CĐ} + 1,39 \times \text{CKQ} - 0,66 \times (\text{CĐ} \times \text{CKA})$] có ý nghĩa thống kê cao, $p < 0,001$). Mô hình này được tin là giải thích cho khoảng 86% sự biến thiên về EGRs quần thể *P. tricornutum* ($R^2 = 0,860$).

Bảng 3.7. Thông số sinh trưởng quần thể vi tảo *P. tricornutum* trong chín thí nghiệm thức thí nghiệm (Min-Max, Mean $\pm$ SD)

	MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	EGRs (/ngày)	Max SGRs (/ngày)
NT-3.10	15,43-22,25	0,79-0,82	1,07-1,22
(75 μE 12hL:12hD)	18,64$\pm$3,43	0,81$\pm$0,01	1,14$\pm$0,08
NT-3.11	15,75-21,25	0,94-0,96	1,04-1,08
(75 μE 18hL:6hD)	18,50$\pm$2,75	0,95$\pm$0,01	1,06$\pm$0,02
NT-3.12	15,25-21,75	0,96-1,02	1,11-1,21
(75 μE 24hL:0hD)	18,67$\pm$3,26	1,00$\pm$0,03	1,16$\pm$0,05
NT-3.13	16,75-17,50	0,85-0,89	0,90-1,04
(100 μE 12hL:12hD)	17,25$\pm$0,43	0,86$\pm$0,02	0,95$\pm$0,08
NT-3.14	19,50-20,50	0,91-0,95	1,05-1,17
(100 μE 18hL:6hD)	19,92$\pm$0,52	0,94$\pm$0,02	1,11$\pm$0,06
NT-3.15	21,00-22,50	1,06-1,10	1,32-1,40
(100 μE 24hL:0hD)	21,75$\pm$0,75	1,09$\pm$0,03	1,36$\pm$0,04
NT-3.16	16,75-17,50	0,93-0,94	1,14-1,19
(125 μE 12hL:12hD)	17,17$\pm$0,38	0,93$\pm$0,00	1,16$\pm$0,03
NT-3.17	19,75-21,25	0,93-0,98	1,00-1,13
(125 μE 18hL:6hD)	20,50$\pm$0,75	0,96$\pm$0,03	1,08$\pm$0,08
NT-3.18	20,43-21,50	1,02-1,10	1,11-1,21
(125 μE 24hL:0hD)	20,80$\pm$0,61	1,07$\pm$0,05	1,16$\pm$0,05

Ảnh hưởng của các điều kiện chiếu sáng lên thành phần sinh hóa vi tảo *P. tricornutum* cũng đa dạng tùy theo từng thành phần cụ thể. Đầu tiên là lipid tổng số, kết quả phân tích đã chỉ ra rằng, việc tăng cường độ chiếu sáng dường như làm giảm đáng kể hàm lượng lipid tổng số ở loài vi tảo này. Đơn cử, khi tăng cường độ từ 75 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ lên 100 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$ lipid tổng số giảm một cách rõ rệt. Xu hướng tác động này càng được thấy rõ khi quan sát ở nhóm nghiệm thức có chu kỳ quang cao (18hL:6hD và 24hL:0hD). Tương tự như lipid tổng số, hàm lượng polar lipid ở *P. tricornutum* cũng giảm rõ rệt khi điều kiện cường độ chiếu sáng tăng lên.

Cũng giống như kết quả nghiên cứu trên đối tượng *C. muelleri*, chu kỳ quang có ảnh hưởng mang tính quyết định đến sinh trưởng quần thể vi tảo này. Thời gian chiếu sáng càng lớn sinh trưởng quần thể *P. tricornutum* thu được càng cao. Tác động này có ý nghĩa thống kê cao ($\beta = 1,39, t = 3,6, p=0,002$). Cũng cùng xu hướng như vậy, cường độ chiếu sáng tăng cũng làm tăng sinh trưởng quần thể tảo này một cách đáng kể. So với chu kỳ quang thì tác động của cường độ ánh sáng lên sinh trưởng quần thể *P. tricornutum* này là yếu hơn ($\beta = 0,72, t = 2,42, p=0,024$). Tương tác giữa cường độ ánh sáng và chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể vi tảo cũng theo xu hướng nghịch biến. Mặc dù vậy, điểm khác biệt so với kết quả nghiên cứu trên loài *C. muelleri* là tương tác giữa hai biến này lên sinh trưởng quần thể *P. tricornutum* không có ý nghĩa về mặt thống kê ($p=1.82$).

❖ Tương tác giữa chu cường độ ánh sáng và chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *T. weissflogii*

Kết quả tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể *T. weissflogii* biểu hiện rất rõ ràng và cụ thể. Tác động này rất đồng nhất và có ý nghĩa thống kê trên tất cả các thông số sinh trưởng quần thể đã quan sát, bao gồm EGRs, MCDs, và SGRs. Thật vậy, kết quả xây dựng mô hình hồi qui tuyến tính giữa cường độ chiếu sáng và chu kỳ quang lên EGRs đạt $[\text{EGRs} = 1,22 \times \text{CĐ} + 2,12 \times \text{CKQ} - 1,65 \times (\text{CĐ} \times \text{CKA})]$. Mô hình này có ý nghĩa thống kê cao với $p < 0,001, R^2 = 0,792$. Cả chu kỳ quang và cường độ ánh sáng đều có ảnh hưởng lớn và đồng biến với EGRs quần thể. Bên cạnh đó, cũng giống như kết quả nghiên cứu ở loài *C. muelleri*, ảnh hưởng của chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể vi tảo này là lớn hơn. Tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể *T. weissflogii* có ý nghĩa về mặt thống kê ($\beta = -1,65, t = -2,8, p=0,01$) cho thấy ảnh hưởng của chu kỳ quang lên EGRs cũng đồng thời phụ thuộc vào số giờ chiếu sáng trong chu kỳ quang.

Bảng 3.8. Thông số sinh trưởng quần thể vi tảo *T. weissflogii* trong chín nghiệm thức thí nghiệm (Min-Max, Mean±SD, n=3)

	MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	EGRs (/ngày)	Max SGRs (/ngày)
NT-3.19	0,19-0,19	1,15-1,18	1,31-1,50
(75 μ E12hL:12hD)	0,19±0,00	1,17±0,01	1,43±0,10
NT-3.20	0,20-0,21	1,51-1,75	1,44-1,61
(75 μ E18hL:6hD)	0,20±0,00	1,66±0,13	1,55±0,10
NT-3.21	0,23-0,23	1,81-1,83	1,41-1,70
(75 μ E24hL:0hD)	0,23±0,00	1,82±0,01	1,61±0,17
NT-3.22	0,20-0,20	1,21-1,31	1,95-2,05
(100 μ E12hL:12hD)	0,20±0,00	1,28±0,06	2,00±0,05
NT-3.23	0,22-0,23	1,77-1,78	1,84-1,95
(100 μ E18hL:6hD)	0,22±0,00	1,78±0,01	1,88±0,06
NT-3.24	0,22-0,23	1,71-1,89	1,67-2,08
(100 μ E24hL:0hD)	0,22±0,01	1,83±0,10	1,92±0,22
NT-3.25	0,20-0,21	1,40-1,62	1,95-2,16
(125 μ E12hL:12hD)	0,22±0,00	1,53±0,12	2,04±0,11
NT-3.26	0,22-0,23	1,61-1,84	1,95-1,98
(125 μ E18hL:6hD)	0,23±0,00	1,76±0,13	1,97±0,02
NT-3.27	0,18-0,19	1,72-1,93	1,73-1,88
(125 μ E24hL:0hD)	0,19±0,00	1,80±0,12	1,82±0,07

Hoàn toàn tương tự khi quan sát kết quả phân tích hồi qui tuyến tính ảnh hưởng của ánh sáng lên hai thông số sinh trưởng quần thể còn lại. Mô hình hồi qui tuyến tính dự đoán mật độ cực đại [$MCDs = 2,18 \times C\bar{D} + 3,37 \times CKQ - 3,77 \times (C\bar{D} \times CKA)$] và tốc độ sinh trưởng theo ngày cực đại [$SGRs = 1,22 \times C\bar{D} + 2,12 \times CKQ - 1,65 \times (C\bar{D} \times CKA)$] đều có ý nghĩa thống kê cao. Bên cạnh đó, tác động của từng biến số cường độ ánh sáng, chu kì quang, và tương tác hai yếu tố này đều biểu hiện xu hướng tương tự và có ý nghĩa về mặt thống kê.

Ảnh hưởng của cường độ chiếu sáng và chu kì quang lên thành phần sinh hóa vi tảo được thể hiện tương đối rõ ràng ở một số thành phần sinh hóa. Việc tăng cường độ chiếu sáng dường như làm tăng quá trình tích lũy, tổng hợp lipid tổng số ở *T. weissflogii* này. Đơn cử như ở điều kiện chu kì quang 12hL:12hD, hàm lượng lipid tổng số tăng từ 44,08 mg/g (ở điều kiện 75 μ E/m²/s) lên 50,51 mg/g (ở điều kiện 100 μ E/m²/s) và đạt 56,60 mg/g (ở điều kiện 125 μ E/m²/s). Xu hướng biến động này cũng tước tìm thấy ở sterol. Đặc biệt, xu hướng tác động còn tìm thấy ở các axit béo no (SFAs), nhóm các axit béo không no một nối đôi (MUFAs), và triacylglycerol.

3.2.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ khác nhau lên thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo (TN 4)

Ảnh hưởng của nhiệt độ khác nhau lên thành phần sinh hóa vi tảo *Chaetoceros muelleri*

Kết quả nghiên cứu ở bảng 3.14 đã chỉ ra rằng nhiệt độ có ảnh hưởng lớn tới thành phần sinh hóa vi tảo *C. muelleri*. Nhiệt độ tăng kích thích quá trình sinh tổng hợp và tích lũy lipid ở vi tảo *C. muelleri*. Thật vậy, lipid tổng số ở vi tảo silic này tăng từ 43,73 mg/g trong điều kiện nhiệt độ thấp 20 °C (NT-4.1), lên đến 50,33 mg/g ở nhiệt độ 25°C (NT-4.2) và đạt 61,3 mg/g ở nhiệt độ 30°C (NT-4.3). Xu hướng biến động này cũng được tìm thấy ở sterol, hàm lượng lipid này tăng nhẹ từ 1,3 %TL (ở điều kiện 20°C lên đến 1,7 ở điều kiện 30°C).

Thành phần các axit béo cũng có những sự thay đổi khác nhau, phụ thuộc vào từng loại FA cụ thể. Hàm lượng AA trong vi tảo *C. muelleri* có xu hướng tăng lên khi nhiệt độ môi trường tăng (bảng 3.14). Trong khi đó, hàm lượng axit béo EPA lại thay đổi một cách khác biệt, không theo định hướng cụ thể. Nghiệm thức NT-4.2 (25°C) cho kết quả hàm lượng EPA là cao nhất, đạt 34,27 %TFA. Kế đến là ở NT-4.1 (20°C), hàm lượng EPA thu được đạt 26,53 %TFA, và cuối cùng là ở NT-4.3 (30°C) đạt 18,83 %TFA. Hàm lượng DHA trong *C. muelleri* có xu hướng ổn định trong cả 3 nghiệm thức thí nghiệm khác nhau về nhiệt độ.

Hàm lượng các axit béo SFAs cao trong các điều kiện nhiệt độ cao (30°C). Trong khi đó, nhiệt độ thấp (20°C) làm gia tăng hàm lượng các axit béo không no một nối đôi MUFA. Hàm lượng cao axit béo PUFAs và Lc-PUFAs được tìm thấy trong các điều kiện nhiệt độ 25°C.

Ảnh hưởng của nhiệt độ khác nhau lên thành phần sinh hóa vi tảo *Phaeodactylum tricornutum*

Tương tự như ở *C. muelleri*, hàm lượng lipid tổng số ở tảo silic *P. tricornutum* tăng lên một cách đáng kể theo sự gia tăng nhiệt độ môi trường sống. Hàm lượng lipid tổng số này tăng khoảng hai lần, từ 45,54 mg/g lên đến 89,7 mg/g khi nhiệt độ môi trường tăng từ 20 lên đến 30°C. Tương tự như vậy, hàm lượng wax ester tăng nhẹ từ 0,37 lên đến 0,7 mg/g khi nhiệt độ tăng từ 20 lên đến 30°C. Hàm lượng triacylglycerol và free fatty acid cao trong điều kiện nhiệt độ 25°C. Ngược lại, hàm lượng sterol và pola lipid tìm thấy là thấp trong điều kiện nhiệt độ này.

Ngược lại xu hướng với sự biến đổi ở hàm lượng lipid tổng số, axit béo EPA, các PUFAs và Lc-PUFAs được tìm thấy có hàm lượng cao trong các điều kiện nhiệt độ thấp. Nhiệt độ càng cao hàm lượng các axit béo này càng giảm. Trong khi đó, nhiệt độ 25°C đưa đến hàm lượng cao các MUFAs.

Ảnh hưởng của nhiệt độ khác nhau lên sinh trưởng và thành phần sinh hóa vi tảo *Thalassiosira weissflogii*

Tương tự như ở hai loài tảo silic ở trên, hàm lượng lipid tổng số ở *T. weissflogii* cũng biểu hiện xu hướng tăng lên khi nhiệt độ môi trường tăng. Lipid tổng số này tăng từ 16,07 mg/g ở NT-4.7 lên đến 28,6 mg/g ở nghiệm thức NT-4.9. Một số dữ liệu về lớp lipid trong nghiệm thức NT-4.9 không thu thập được bởi lý do kỹ thuật. Do đó, xác định sự biến đổi hàm lượng các lớp lipid theo các điều kiện nhiệt độ ở tảo này không được thực hiện. Mặc dù vậy, so sánh giữa hai điều kiện nhiệt độ 20 và 25°C, có thể thấy rằng hàm lượng các triacylglycerol và polar lipid cao hơn trong nghiệm thức 25°C. Ngược lại, hàm lượng wax ester, free fatty acid và sterol được tìm thấy cao hơn trong điều kiện nhiệt độ 20°C.

Ảnh hưởng của nhiệt độ lên thành phần các axit béo của loài tảo này cũng có nhiều điểm khác biệt. Sự thay đổi hàm lượng các axit béo AA, EPA, và DHA dường như không tuân theo qui luật cụ thể. Trong khi đó, sự biến động về các nhóm axit béo lại dễ nhận thấy hơn, hàm lượng PUFAs và Lc-PUFAs cao trong điều kiện nhiệt độ 25°C. Trong khi đó, điều kiện nhiệt độ 30°C làm gia tăng hàm lượng các SFAs. Nhiệt độ 20-25°C đưa đến kết quả cao về hàm lượng các MUFAs.

3.2.4. Thí nghiệm 5: Ảnh hưởng của độ mặn khác nhau lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa một số chủng vi tảo (TN 5)

❖ Ảnh hưởng của độ mặn khác nhau lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *Chaetoceros muelleri*

Kết quả nghiên cứu đồng thời cũng chỉ ra rằng độ mặn ảnh hưởng lớn đến sinh trưởng quần thể *C. muelleri* khi quan sát thông số mật độ cực đại. Thật vậy, kết quả tổng hợp từ bảng 3.18 đã cho thấy rằng MCDs thu được ở nghiệm thức thí nghiệm 25 ppt (NT-5.2) là cao nhất ở cả hai lần thí nghiệm với giá trị lần lượt đạt $17,70 \pm 0,33$ và $19,52 \pm 0,52 \times 10^6$ (tb/mL). Sự sai khác có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa 0,05. Tuy nhiên, ở lần thí nghiệm thứ nhất, nghiệm thức NT-5.3 (độ mặn 30 ppt) có kết quả mật độ cực đại là thấp nhất đạt $12,82 \pm 0,50 \times 10^6$ (tb/mL). Trong khi đó, ở lần thí nghiệm thứ hai, MCDs của quần thể *C. muelleri* thấp nhất được ghi nhận ở NT-5.1 (độ mặn 20 ppt). Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với mức ý nghĩa 0,05.

Ở một chiều hướng khác, khi quan sát hai thông số sinh trưởng quần thể là EGRs và Max SGRs, kết quả nghiên cứu ở thí nghiệm 5 này lại chỉ ra rằng độ mặn dường như không có ảnh hưởng đến sinh trưởng quần thể *C. muelleri*. EGRs trong lần thí nghiệm

thứ nhất và lần thứ 2 lần lượt dao động trong khoảng 1,64–1,71 và 1,79–1,88 (/ngày). Tương tự như vậy Max SGRs trong hai lần thí nghiệm này dao động trong khoảng (theo thứ tự) là 1,86–1,91 và 1,90–2,06 (/ngày). Kết quả phân tích ANOVA một yếu tố cho thấy không có sự khác biệt về mặt thống kê các giá trị này ở cả hai lần thí nghiệm

Vì tảo *C. muelleri* có xu hướng tăng cường tổng hợp tích lũy lipid tổng số theo điều kiện độ mặn môi trường sống. Độ mặn càng cao, hàm lượng lipid tổng số nội bào càng lớn. Thật vậy, hàm lượng lipid tổng số trong vi tảo *C. muelleri* tăng từ 145,33 mg/g trong điều kiện độ mặn 20 ppt (NT-5.1), lên đến 156,30 mg/g ở độ mặn 25 ppt (NT-5.2) và 182,17 mg/g ở độ mặn 30 ppt.

Xu hướng gia tăng tích lũy cùng với sự gia tăng độ mặn môi trường này cũng được tìm thấy ở triacylglycerol. Cụ thể, triacylglycerol tăng từ 4,75 ở 20 ppt (NT-5.1) lên đến 10,24 ở 25 ppt (NT-5.2) và 29,15 (%TL) ở 30 ppt (NT-5.3). Ngược lại, polar lipid có xu hướng giảm theo sự gia tăng của độ mặn môi trường sống. Hàm lượng lipid thu được trong các nghiệm thức NT-5.1, NT-5.2 và NT-5.3 theo thứ tự lần lượt là 81,52, 81,15, và 58,05 (%TL).

Bảng 3.9. Tổng hợp kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo *C. muelleri* trong ba điều kiện độ mặn khác nhau (Min-Max, Mean±SD, n=4)

	20 ppt	25 ppt	30 ppt
Lần thí nghiệm thứ nhất			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	14,83-15,95	17,23-17,98	12,33-13,33
	15,38±0,48 ^b	17,70±0,33 ^c	12,82±0,50 ^a
EGRs (/ngày)	1,57-1,68	1,66-1,75	1,61-1,67
	1,64±0,05	1,71±0,04	1,64±0,03
Max SGRs (/ngày)	1,75-1,94	1,84-1,92	1,89-1,94
	1,86±0,09	1,88±0,04	1,91±0,02
Lần thí nghiệm thứ hai			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	15,65-16,45	18,75-19,88	16,48-17,45
	15,97±0,38 ^a	19,52±0,52 ^c	17,05±0,47 ^b
EGRs (/ngày)	1,79-1,92	1,88-2,00	1,88-1,96
	1,86±0,06	1,96±0,05	1,93±0,03
Max SGRs (/ngày)	1,80 -2,00	1,90-2,15	1,89-2,07
	1,90±0,08	2,06±0,11	1,99±0,08

❖ Ảnh hưởng của độ mặn khác nhau lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *Phaeodactylum tricornutum*

Quan sát kết quả mật độ cực đại có thể thấy rằng độ mặn 25 ppt (NT-5.5) cho kết quả sinh trưởng quần thể là cao hơn một cách đáng kể so với hai nghiệm thức còn lại là NT-5.4 (độ mặn 20 ppt) và NT-5.6 (độ mặn 30 ppt). Cụ thể, ở lần thí nghiệm thứ nhất MCDs ở nghiệm thức NT-5.4 đạt $49,81 \pm 1,95 (\times 10^6 \text{ tb/mL})$ cao hơn đáng kể so với ở nghiệm thức NT-5.3 đạt $39,00 \pm 3,42 (\times 10^6 \text{ tb/mL})$ ($p < 0,05$). Ở lần thí nghiệm thứ 2, giá trị MCDS thu được ở NT-5.4 này cao hơn một cách có ý nghĩa thống kê so với hai nghiệm thức còn lại NT-5.3 và NT-5.6. Kết quả nghiên cứu đồng thời cũng chỉ ra rằng độ mặn 25 và 30 ppt cho kết quả sinh trưởng quần thể tốt hơn điều kiện độ mặn 20 ppt khi quan sát hai thông số còn lại là EGRs và Max SGRs.

Không giống với các nghiệm thức thí nghiệm ở vi tảo *C. muelleri*, thành phần sinh hóa của *P. tricornutum* thay đổi khác nhau trong các điều kiện khác nhau về độ mặn. Đầu tiên là hàm lượng lipid tổng số. Lipid tổng số trong ba nghiệm thức thí nghiệm dao động trong khoảng từ 129,43-139,02 mg/g. Kết quả phân tích ở bảng 3.21 đã chỉ ra rằng, hàm lượng lipid tổng số ở vi tảo này giảm theo nhịp tăng độ mặn môi trường sống. Xu hướng này được tìm thấy trong một số lớp lipid bao gồm wax ester, triacylglycerol và free fatty acid. Ngược lại, hàm lượng polar lipid ở *P. tricornutum* có xu hướng tăng theo chiều tăng độ mặn môi trường sống. Sự khác biệt không lớn về hàm lượng sterol giữa ba nghiệm thức thí nghiệm.

Bảng 3.10. Tổng hợp kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo *P. tricornutum* trong ba điều kiện độ mặn khác nhau (Min-Max, Mean $\pm$ SD, n=4)

	20 ppt	25 ppt	30 ppt
Lần thí nghiệm thứ nhất			
MCDs ($\times 10^6 \text{ tb/mL}$)	34,50-42,50	48,25-52,50	46,75-48,75
	$39,00 \pm 3,42^a$	$49,81 \pm 1,95^b$	$47,75 \pm 0,91^b$
EGRs (/ngày)	1,02-1,05	1,12-1,18	1,10-1,13
	$1,03 \pm 0,01^a$	$1,16 \pm 0,03^c$	$1,11 \pm 0,02^b$
Max SGRs (/ngày)	1,18-1,39	1,40-1,57	1,34-1,55
	$1,25 \pm 0,10^a$	$1,50 \pm 0,09^b$	$1,44 \pm 0,09^b$
Lần thí nghiệm thứ hai			
MCDs ($\times 10^6 \text{ tb/mL}$)	37,25-40,25	41,25-45,50	38,75-41,25
	$38,63 \pm 1,25^a$	$43,44 \pm 1,75^b$	$40,25 \pm 1,22^a$
EGRs (/ngày)	1,23-1,31	1,37-1,44	1,35-1,42
	$1,26 \pm 0,03^a$	$1,41 \pm 0,03^b$	$1,39 \pm 0,03^b$
Max SGRs (/ngày)	1,48-1,58	1,63-1,69	1,61-1,67
	$1,53 \pm 0,05^a$	$1,66 \pm 0,03^b$	$1,64 \pm 0,03^b$

❖ Ảnh hưởng của độ mặn khác nhau lên sinh trưởng và thành phần sinh hóa vi tảo *Thalassiosira weissflogii*

Ở thông số mật độ cực đại, có sự khác biệt về mật thống kê giữa ba nghiệm thức thí nghiệm ở cả hai lần thí nghiệm. Theo đó, MCDs cao nhất thu được ở nghiệm thức thí nghiệm 25 ppt, đạt $1,45 \pm 0,06$ (lần thí nghiệm thứ nhất) và $1,35 \pm 0,11 \times 10^6$ (tb/mL) (lần thí nghiệm thứ hai). MCDs của hai nghiệm thức 20 ppt và 30 ppt trong lần thí nghiệm thứ nhất đạt $1,25 \pm 0,07$ và $1,23 \pm 0,03 \times 10^6$ (tb/mL). Tương tự như vậy, hai giá trị này ở lần thí nghiệm thứ hai là $1,06 \pm 0,09$ và $1,11 \pm 0,12 \times 10^6$ (tb/mL).

Nhìn chung, thành phần sinh hóa của vi tảo *T. weissflogii* thay đổi không lớn trong các điều kiện độ mặn môi trường. Lipid tổng số dao động trong khoảng 46,7-59,8 mg/g ở cả ba nghiệm thức. Các axit béo không no đa nối đôi PUFAs chiếm ưu thế trong thành phần các axit béo của vi tảo này, dao động trong khoảng từ 37,17-38,78%TFA. Cũng giống như kết quả phân tích ở nhiều thí nghiệm phía trên, vi tảo *T. weissflogii* có hàm lượng EPA và DHA rất cao.

Bảng 3.11. Tổng hợp kết quả sinh trưởng quần thể vi tảo *T. weissflogii* trong ba điều kiện độ mặn khác nhau (Min-Max, Mean $\pm$ SD)

	20 ppt	25 ppt	30 ppt
Lần thí nghiệm thứ nhất			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	1,18-1,34	1,39-1,54	1,18-1,25
	$1,25 \pm 0,07^a$	$1,45 \pm 0,06^b$	$1,23 \pm 0,03^a$
EGRs (/ngày)	1,07-1,33	1,42-1,46	0,97-1,07
	$1,21 \pm 0,13^c$	$1,43 \pm 0,02^b$	$1,01 \pm 0,05^a$
Max SGRs (/ngày)	1,45-1,61	1,50-1,70	1,35-1,61
	$1,52 \pm 0,07^a$	$1,60 \pm 0,08^a$	$1,46 \pm 0,12^a$
Lần thí nghiệm thứ hai			
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	0,96-1,16	1,24-1,50	0,98-1,24
	$1,06 \pm 0,09^a$	$1,35 \pm 0,11^b$	$1,11 \pm 0,12^a$
EGRs (/ngày)	1,00-1,29	1,26-1,39	1,19-1,35
	$1,15 \pm 0,12^a$	$1,31 \pm 0,06^a$	$1,27 \pm 0,07^a$
Max SGRs (/ngày)	1,27-1,39	1,39-1,79	1,29-1,50
	$1,32 \pm 0,05^a$	$1,56 \pm 0,18^a$	$1,41 \pm 0,11^a$

3.3. Nghiên cứu ứng dụng một số chủng vi tảo trong nuôi cấy luân trùng ứng dụng trong sản xuất giống tôm

3.3.1. Sinh trưởng quần thể *Brachionus plicatilis* trong các nghiệm thức thức ăn vi tảo khác nhau

Nhìn chung, nguồn thức ăn vi tảo *N. oceanica* là phù hợp nhất cho sinh trưởng quần thể luân trùng ở nghiên cứu này. Thật vậy, mật độ cực đại (MCDs) thu được ở nghiệm thức sử dụng thức ăn *N. oceanica* (NT-6.1) là cao nhất khoảng 738 ct/mL. Kế đến là nghiệm thức sử dụng kết hợp hai loài vi tảo (NT-6.3) đạt 685 ct/mL. Cuối cùng là nghiệm thức sử dụng thức ăn vi tảo *T. lutea* (NT-6.2) đạt 614 ct/mL. Sự khác biệt là có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$). Tương tự như vậy, quan sát kết quả tốc độ sinh trưởng theo ngày cực đại thu được ở NT-6.1 đạt cao nhất, 0,53 (/ngày), cao hơn có ý nghĩa thống kê nghiệm thức sử dụng thức ăn *T. lutea* NT-6.3 (đạt 0,37). Tỷ lệ luân trùng mang trứng ở cả 3 nghiệm thức trong hai ngày đầu tiên là không cao, dao động trong khoảng 0,28-0,38 (số liệu không thể hiện). Tỷ lệ này tăng mạnh mẽ từ ngày nuôi thứ 2 đến ngày thứ 4 trong chu kỳ nuôi cấy, khoảng 0,42-0,53.

Bảng 3.12. Kết quả sinh trưởng quần thể luân trùng trong các nghiệm thức thức ăn vi tảo (Min-Max, Mean $\pm$ SD, n=4)

Thông số	Nghiệm thức thí nghiệm		
	NT-6.1	NT-6.2	NT-6.3
MCDs (ct/mL)	700-760	580-630	670-700
	738 $\pm$ 18 ^c	614 $\pm$ 23 ^a	685 $\pm$ 13 ^b
Max SGRs (/ngày)	0,47-0,59	0,38-0,57	0,37-0,40
	0,53 $\pm$ 0,05 ^b	0,44 $\pm$ 0,08 ^a	0,38 $\pm$ 0,01 ^{ab}

Các chữ cái khác nhau thể hiện sự sai khác có ý nghĩa giữa các giá trị trong cùng một hàng

3.3.2. Nghiên cứu sử dụng thức ăn bổ sung luân trùng trong ương nuôi ấu trùng tôm thẻ chân trắng

❖ Kết quả tỷ lệ sống của ấu trùng qua từng giai đoạn

Nhìn chung, tỷ lệ sống ấu trùng tôm thẻ chân trắng giảm theo chu kỳ ương nuôi. Những giai đoạn đầu (Z_1 và Z_2), sự khác nhau không lớn về tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức. Tỷ lệ sống thu được ở giai đoạn Z_1 tương đối đồng nhất, dao động trong khoảng 91-98% ở tất cả các nghiệm thức thí nghiệm. Sang giai đoạn Z_2 , có sự khác biệt nhau về tỷ lệ sống đã dần được biểu hiện, trong đó nghiệm thức sử dụng thức ăn bổ sung luân trùng ở 75 ct/at/ngày (NT-6.5) và 100 ct/at/ngày (NT-6.6) có tỷ lệ sống cao hơn, lần lượt đạt 75,2 $\pm$ 1,32 và 81,6 $\pm$ 5,9%. Kế đến là nghiệm thức sử dụng NT-6.4 (khẩu phần ăn luân trùng ở 50 ct/at/ngày) đạt khoảng 67,32 $\pm$ 6,01%. Nghiệm thức đối chứng cho kết quả tỷ lệ sống

đạt khoảng $64,2 \pm 12,27\%$. Sự sai khác giữa các nghiệm thức thí nghiệm không có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Sự khác biệt về tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức thí nghiệm được biểu hiện rõ ràng hơn khi ấu trùng chuyển qua các giai đoạn tiếp theo (M_2 , PL_1 và PL_{12}). Ở giai đoạn M_2 tỷ lệ sống của ấu trùng tôm thu được cao nhất trong hai nghiệm thức NT-6.5 (khẩu phần 75 ct/at/ngày) và NT-6.6 (khẩu phần 100 ct/at/ngày). Cao hơn một cách đáng kể so với nghiệm thức đối chứng không bổ sung luân trùng vào khẩu phần ăn ấu trùng tôm ($p < 0,05$).

❖ Chiều dài và CV ấu trùng

Khi ấu trùng chuyển sang giai đoạn M_2 sự khác biệt về kết quả chiều dài của ấu trùng tôm dần được thể hiện. Theo đó, các nghiệm thức có khẩu phần thức ăn luân trùng 75 (NT-6.5) và 100 ct/at/ngày (NT-6.6) cho kết quả chiều dài tốt hơn hai nghiệm thức còn lại. Mặc dù vậy, sự khác biệt này không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức ý nghĩa 0,05. Xu hướng kết quả này thể hiện một cách rõ rệt khi ấu trùng chuyển sang giai đoạn PL_1 . Các nghiệm thức NT-6.5 và NT-6.6 đưa đến kết quả chiều dài ấu trùng cao hơn rất đáng kể so với hai nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$).

Bảng 3.13 Chiều dài (mm) và CV (%) ấu trùng tôm ở các nghiệm thức (n=3)

Ấu trùng	Nghiệm thức			
	NT-6.4	NT-6.5	NT-6.6	NT-6ĐC
Z_2	$1,74 \pm 0,19$	$1,79 \pm 0,11$	$1,81 \pm 0,08$	$1,76 \pm 0,08$
M_2	$3,39 \pm 0,20$	$3,53 \pm 0,25$	$3,60 \pm 0,13$	$3,30 \pm 0,24$
PL_1	$4,89 \pm 0,53^a$	$5,15 \pm 0,61^b$	$5,19 \pm 0,67^b$	$4,82 \pm 0,82^a$
PL_{12}	$9,58 \pm 1,09$	$8,97 \pm 0,87$	$9,49 \pm 0,69$	$9,16 \pm 1,15$
CV PL_{12}	$10,69 \pm 4,38$	$9,67 \pm 3,12$	$6,62 \pm 2,87$	$11,35 \pm 2,88$

Các chữ cái khác nhau để chỉ sự sai khác có ý nghĩa về mặt thống kê (mức ý nghĩa 0,05) của các giá trị trong cùng một hàng

❖ Thời gian phát triển ấu trùng (giờ)

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các khẩu phần thức ăn bổ sung luân trùng lên phát triển của ấu trùng tôm thể chân trắng thể hiện cụ thể trong bảng 3.26 (lược án toàn văn). Về cơ bản, thời gian phát triển của ấu trùng trong nghiên cứu này là tương đối đồng nhất giữa các nghiệm thức và các đơn vị thí nghiệm trong cùng một nghiệm thức. Bên cạnh đó, khoảng thời gian này là tương đối dài so với tình trạng chung trong sản xuất tại cơ sở. Nguyên nhân được nghĩ tới nhiều nhất là nhiệt độ môi trường hơi thấp.

Bên cạnh đó, thể tích các bể nuôi nhỏ là nguyên nhân dẫn đến biên độ dao động nhiệt độ tương đối cao, kết quả làm kéo dài thời gian phát triển của ấu trùng trong nghiên cứu này.

Các nghiệm thức đối chứng và NT-6.4 cho kết quả thời gian phát triển ấu trùng là dài hơn. Ngược lại, các nghiệm thức bổ sung luân trùng với mức 75 và 100 ct/at/ngày cho hiệu quả tốt hơn về thời gian phát triển. Bên cạnh đó, quan sát trong quá trình thí nghiệm thấy rằng ấu trùng trong các nghiệm thức NT-6.5 và NT-6.6 chuyển giai đoạn nhanh gọn hơn (kết quả định lượng không thể hiện).

Bảng 3.14. Thời gian phát triển (giờ) ấu trùng tôm thẻ chân trắng

Ấu trùng	Nghiệm thức			
	NT-6.4	NT-6.5	NT-6.6	NT-6ĐC
Z ₂	37,33±0,29	37,55±0,09	37,33±0,29	37,16±0,29
M ₂	144,5±0,29	144,0±0,00	144,67±0,00	146,28±0,19
PL ₁	218,50±0,33	217,50±0,17	216,83±0,17	222,75±0,30

❖ Khả năng chịu shock môi trường

Kết quả kiểm tra sức khỏe ấu trùng PL₁₂ thông qua hai thông số khả năng chịu shock độ mặn và formalin được thể hiện cụ thể trong bảng 3.27. Nhìn chung, không có sự khác biệt đáng kể nào về khả năng chịu shock môi trường của ấu trùng giữa các nghiệm thức. Ấu trùng đạt tỷ lệ sống cao sau 30 phút trong các điều kiện shock formalin (100 ppm) và độ mặn (0 ppt). Các kết quả này hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu tiêu chuẩn chất lượng tôm giống của cơ sở cũng như qui định pháp luật Việt Nam. Các điều kiện ương nuôi đồng nhất cho các nghiệm thức từ giai đoạn PL₁-PL₁₂ được tin là lý do chính giải thích cho kết quả nghiên cứu này.

Bảng 3.15 Khả năng chịu shock môi trường (%) của ấu trùng (n=3)

Ấu trùng	Nghiệm thức			
	NT-6.4	NT-6.5	NT-6.6	NT-6ĐC
Độ mặn	93,00±2,00	94,33±1,53	95,00±3,61	91,67±1,53
Formol	100±0,00	100±0,00	100±0,00	100±0,00

❖ Lipid gan tụy và tỷ lệ cơ:ruột

Hai thông số phổ biến được sử dụng để đánh giá sức khỏe hậu ấu trùng PL₁₂ bao gồm tỷ lệ cơ:ruột và lipid gan tụy (giọt dầu). Về cơ bản, tỷ lệ cơ:ruột càng cao, sức khỏe ấu trùng được xem là càng tốt. Tương tự như vậy, phân loại A trong đánh giá lipid gan tụy để đánh giá lipid dự trữ cao trong tôm, hay nói cách khác sức khỏe ấu trùng tốt hơn. Ngược lại, phân loại E được sử dụng để đánh giá tình trạng lipid gan tụy kém của hậu ấu trùng. Trong nghiên cứu này, các nghiệm thức có khẩu phần thức ăn bổ sung luân trùng cao cho kết quả lipid gan tụy và tỷ lệ cơ:ruột tốt hơn.

3.4. Ảnh hưởng các khẩu phần thức ăn vi tảo khác nhau lên sinh trưởng, phát triển và sức khỏe ấu trùng tôm he.

❖ Kết quả tỷ lệ sống của ấu trùng qua từng giai đoạn

Nghiên cứu trên đối tượng tôm sú, các khẩu phần thức ăn vi tảo khác nhau (NT-7.1 đến NT-7.6) dường như không làm thay đổi đáng kể tỷ lệ sống ấu trùng ở giai đoạn Z₂. Tỷ lệ sống của ấu trùng tôm sú ở giai đoạn này đạt được tương đối cao trong khoảng 89,9-99,7% ở cả sáu nghiệm thức thí nghiệm. Sự khác biệt về tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức bắt đầu xuất hiện khi ấu trùng chuyển sang giai đoạn M₂. Ở giai đoạn này, kết quả về tỷ lệ sống ấu trùng tôm sú được chia thành hai nhóm rõ rệt. Trong đó, các nghiệm thức sử dụng kết hợp hai loài vi tảo (NT-7.4, NT-7.5 và NT-7.6) đưa đến kết quả tỷ lệ sống ấu trùng tốt hơn rõ rệt so với các nghiệm thức sử dụng đơn loài vi tảo trong khẩu phần thức ăn (NT-7.1, NT-7.2 và NT-7.3). Sự khác biệt là có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Sự khác biệt về tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức trở nên lớn hơn khi ấu trùng chuyển qua giai đoạn PL₁. Hai nghiệm thức sử dụng kết hợp đa loài vi tảo và có sự hiện diện của vi tảo *Thalassiosira weissflogii* là NT-7.4 (Tw+Cm) và NT-7.5 (Tw+Pt) đưa đến kết quả tỷ lệ sống ấu trùng rất cao, theo thứ tự lần lượt là 91,02 và 88,76%. Kế đến là nghiệm thức NT-7.6 (Cm+Pt) có tỷ lệ sống ấu trùng đạt khoảng 79,52%. Ngược lại, nghiệm thức sử dụng khẩu phần thức ăn đơn loài vi tảo *Phaeodactylum tricornutum* đưa cho tỷ lệ sống ấu trùng tôm sú là thấp nhất, khoảng 67,86%. Sự khác biệt là có ý nghĩa về mặt thống kê với mức ý nghĩa 0,05. Xu hướng kết quả này cũng được thể hiện tương tự tại thời điểm kết thúc thí nghiệm. Tỷ lệ sống của ấu trùng tôm sú ở hai nghiệm thức NT-7.4 và NT-7.5 cao hơn đáng kể so với các nghiệm thức còn lại, ngoại trừ duy nhất nghiệm thức sử dụng đơn loài *Chaetoceros muelleri*.

Không giống như ở đối tượng tôm sú, sự khác biệt về tỷ lệ sống của ấu trùng tôm thẻ chân trắng giữa các nghiệm thức xuất hiện ngay ở những giai đoạn đầu tiên trong quá trình phát triển (Z₂). Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng hai nghiệm thức NT-7.10 (Tw+Cm) và NT-7.12 (Cm+Pt) cho đưa đến kết quả tỷ lệ sống ấu trùng cao nhất, lần lượt đạt 98,34 và 99,77%. Ngược lại, tỷ lệ sống ấu trùng tôm ở hai nghiệm thức sử dụng đơn loài vi tảo *C. muelleri* và *P. tricornutum* là thấp nhất, lần lượt đạt 92,13 và 89,94%. Mặc dù vậy, từ giai đoạn M₂ trở đi, xu hướng ảnh hưởng các khẩu phần thức ăn vi tảo lên tỷ lệ sống ấu trùng tôm thẻ chân trắng có nhiều điểm tương đồng với kết quả nghiên cứu trên đối tượng tôm sú. Cụ thể hai nghiệm thức đa loài vi tảo NT-7.10 (Tw+Cm) và NT-7.11 (Tw+Pt) cho kết quả tỷ lệ sống ấu trùng tôm thẻ chân trắng cao hơn các nghiệm thức còn lại. Ở chiều ngược lại, các nghiệm thức sử dụng đơn loài vi tảo, đặc biệt là *Phaeodactylum tricornutum*, biểu hiện những kết quả thấp hơn về tỷ lệ sống ấu trùng tôm thẻ chân trắng.

❖ Chiều dài và CV ấu trùng

Trên đối tượng ấu trùng tôm sú ở giai đoạn Z₂, các nghiệm thức sử dụng thức ăn đa loài vi tảo và nghiệm thức sử dụng đơn loài *T. weissflogii* cho kết quả cao hơn hai nghiệm thức sử dụng đơn loài *C. muelleri* và *P. tricornutum* ($p < 0,05$). Trong khi đó, hai nghiệm thức sử dụng kết hợp đa loài vi tảo Tw+Cm và Tw+Pt lại cho kết quả vượt trội hơn các nghiệm thức còn lại trong thí nghiệm ấu trùng tôm thẻ chân trắng.

Sự khác biệt về chiều dài ấu trùng giữa các nghiệm thức trở lên rõ ràng hơn khi ấu trùng chuyển sang các giai đoạn phát triển tiếp theo, đặc biệt là giai đoạn PL₁. Cụ thể, nghiệm thức sử dụng kết hợp đa loài vi tảo *T. weissflogii* + *C. muelleri* (NT-7.4) đưa đến kết quả chiều dài ấu trùng tốt hơn hầu hết các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$).

Kết quả phân tích ANOVA một yếu tố cho thấy nguồn khẩu phần thức ăn phối trộn hai loài vi tảo *T. weissflogii* và *C. muelleri* đưa đến kết quả sinh trưởng chiều dài ấu trùng tôm thẻ chân trắng tốt hơn các nghiệm thức còn lại.

Bảng 3.16 Chiều dài (mm) và CV (%) ấu trùng tôm ở các nghiệm thức

Nghiệm thức thí nghiệm trên tôm sú						
	NT-7.1	NT-7.2	NT-7.3	NT-7.4	NT-7.5	NT-7.6
Z ₂	2,16±0,03 ^b	2,06±0,04 ^a	2,00±0,07 ^a	2,26±0,03 ^b	2,23±0,05 ^b	2,17±0,08 ^b
M ₂	4,16±0,06	4,08±0,28	3,91±0,16	4,29±0,06	4,21±0,28	4,05±0,17
PL ₁	6,04±0,10 ^b	5,80±0,09 ^a	6,10±0,11 ^{bc}	6,29±0,10 ^d	5,94±0,09 ^{ab}	6,24±0,11 ^{cd}
PL ₁₀	10,81±0,05	10,24±0,43	10,62±0,55	10,36±0,27	10,49±0,20	10,61±0,24
KLK	0,76±0,03	0,59±0,11	0,76±0,07	0,65±0,10	0,66±0,01	0,75±0,09
PL ₁₀						
Nghiệm thức thí nghiệm trên tôm thẻ chân trắng						
	NT-7.7	NT-7.8	NT-7.9	NT-7.10	NT-7.11	NT-7.12
Z ₂	1,85±0,03 ^{ab}	1,83±0,04 ^a	1,77±0,07 ^a	2,02±0,03 ^c	2,00±0,04 ^c	1,94±0,07 ^{bc}
M ₂	3,77±0,05	3,70±0,24	3,56±0,14	3,88±0,05	3,81±0,24	3,67±0,14
PL ₁	5,37±0,09 ^{cd}	5,07±0,08 ^a	5,33±0,09 ^{bc}	5,49±0,09 ^d	5,19±0,08 ^{ab}	5,45±0,09 ^{cd}
PL ₁₂	10,14±0,1 ^c	9,72±0,3 ^b	9,19±0,1 ^a	11,28±0,1 ^e	10,86±0,3 ^d	10,32±0,1 ^c
CV	10,2±2,12	11,04	10,7±4,38	7,62±1,87	8,62±2,87	9,35±2,88
PL ₁₂		±3,38				

Các chữ cái khác nhau để chỉ sự sai khác có ý nghĩa về mặt thống kê (mức ý nghĩa 0,05) của các giá trị trong cùng một hàng

❖ Thời gian phát triển của ấu trùng

Nhìn chung, thời gian phát triển của ấu trùng tôm sú dài hơn so với tôm thẻ chân trắng trong nghiên cứu này. Thời gian phát triển ấu trùng tôm giữa các nghiệm thức càng trở lên khác biệt theo chu kỳ ương nuôi. Kết quả kiểm định tính đồng nhất phương sai và phân bố chuẩn các dữ liệu thời gian phát triển ấu trùng cho thấy các dữ liệu thu thập

chưa đáp ứng được yêu cầu để phân tích ANOVA (Phụ lục 3.7.3). Do đó, các kết quả phân tích thống kê không được trình bày trong báo cáo này.

Quan sát kết quả thời gian phát triển của ấu trùng qua từng giai đoạn cho thấy một số khác biệt so với hai thông số tỷ lệ sống và chiều dài ấu trùng. Kết quả nghiên cứu từ bảng 3.17 đã chỉ ra rằng, các nghiệm thức có sử dụng tảo *T. weissflogii* (NT-7.1, NT-7.4, NT-7.5 ở đối tượng tôm sú, và NT-7.7, NT-7.10, NT-7.11 ở đối tượng tôm thẻ chân trắng) đưa đến thời gian phát triển của ấu trùng tôm ngắn hơn các nghiệm thức còn lại.

Tính đến giai đoạn PL₁, các nghiệm thức có sử dụng thức ăn vi tảo *T. weissflogii* góp phần rút ngắn thời gian phát triển ấu trùng hơn 2 ngày ở đối tượng tôm sú và khoảng 1 ngày trên đối tượng tôm thẻ chân trắng. Mặc dù vậy kết quả này không đi ngược lại hoàn toàn kết quả quan sát tỷ lệ sống và chiều dài ấu trùng. Hay nói cách khác, các nghiệm thức sử dụng kết hợp hai loài vi tảo *T. weissflogii* + *C. muelleri* vẫn cho kết quả rất khả quan về thời gian phát triển ấu trùng ở cả hai đối tượng tôm he trong nghiên cứu.

Bảng 3.17. Thời gian phát triển của ấu trùng tôm he

Nghiệm thức thí nghiệm trên tôm sú						
	NT-7.1	NT-7.2	NT-7.3	NT-7.4	NT-7.5	NT-7.6
Z₂	29,11±0,10	30,28±0,25	29,83±0,58	29,19±0,27	29,00±0,00	30,22±0,10
M₂	142,06±0,1	213,39±0,4	180,2±15,0	145,22±0,1	145,11±0,1	189,94±8,0
PL₁	204,56±0,1	280,89±8,4	276,9±0,10	204,50±0,0	204,50±0,0	268,7±13,5
Nghiệm thức thí nghiệm trên tôm thẻ chân trắng						
	NT-7.7	NT-7.8	NT-7.9	NT-7.10	NT-7.11	NT-7.12
Z₂	35,00±0,00	35,33±0,14	35,72±0,69	32,67±0,29	33,17±0,29	34,11±0,09
M₂	136,17±0,2	137,22±0,3	143,17±0,2	134,17±0,2	134,33±0,5	135,33±0,5
PL₁	182,67±0,2	183,72±0,3	189,67±0,2	160,80±0,0	164,00±1,3	180,80±1,3

Nói tóm lại, kết quả nghiên cứu trong thí nghiệm 7 đã chỉ ra rằng các khẩu phần thức ăn vi tảo có ảnh hưởng rất lớn đến kết quả ương nuôi hai đối tượng tôm he. Việc kết hợp hai loài vi tảo *T. weissflogii* và *C. muelleri* làm nguồn thức ăn tự nhiên trong ương nuôi ấu trùng tôm he cho hiệu quả cao nhất

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

KẾT LUẬN

4.1. Nghiên cứu khảo sát sinh trưởng và thành phần sinh hóa của 8 chủng vi tảo nhập nội từ CSIRO, kết quả cho thấy các chủng vi tảo này đều sinh trưởng và thích nghi tốt với điều kiện Việt Nam. Thành phần sinh hóa phong phú, phù hợp với mục đích nuôi trồng thủy sản. Nghiên cứu lựa chọn được 3 chủng vi tảo làm nguồn thức ăn trực tiếp cho ấu trùng tôm bao gồm *T. weissflogii*, *P. tricornutum*, và *C. muelleri*. Hai chủng làm nguồn thức ăn gián tiếp cho ương nuôi luân trùng phục vụ sản xuất giống tôm là *N. oceanica* và *T. lutea*.

4.2. Các điều kiện nuôi cấy ảnh hưởng lớn sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa các chủng vi tảo trong nghiên cứu

- Ba môi trường dinh dưỡng f, f/2 và AGP-C đều rất phù hợp cho nuôi cấy 3 loài vi tảo silic. Môi trường dinh dưỡng ảnh hưởng tới sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào. Môi trường dinh dưỡng bổ sung f cho hiệu quả cao nhất trong nuôi cấy ở hầu hết các loài tảo trong nghiên cứu. Các loài vi tảo khác nhau có xu hướng khác nhau trong sinh tổng hợp và tích lũy các thành phần sinh hóa.

- Tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể vi tảo là rất rõ ràng. Ở mỗi loài vi tảo khác nhau, các ảnh hưởng này cũng biểu hiện một số khác biệt. Trong nghiên cứu này, tương tác giữa cường độ chiếu sáng và chu kỳ quang lên sinh trưởng quần thể *T. weissflogii* là rõ ràng và lớn nhất. Kế đến là *C. muelleri* và cuối cùng là *P. tricornutum*. Trong khi cường độ chiếu sáng và chu kỳ quang tác động theo chiều đồng biến thì tương tác của hai yếu tố này lại nghịch biến với sinh trưởng các quần thể vi tảo nghiên cứu. Ảnh hưởng của các điều kiện chiếu sáng lên thành phần sinh hóa vi tảo là khác nhau, phụ thuộc vào từng loài cụ thể.

- Nhiệt độ ảnh hưởng rõ rệt tới sinh trưởng quần thể vi tảo và thành phần sinh hóa tế bào. Nhiệt độ ở mức 25-30°C cho hiệu quả cao nhất nuôi cấy các loài vi tảo trong nghiên cứu. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên thành phần sinh hóa vi tảo khác nhau phụ thuộc vào loài và những ngưỡng nhiệt độ cụ thể.

- Độ mặn ảnh hưởng lớn tới sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tế bào vi tảo khuê trong nghiên cứu. Độ mặn ở mức 25-30 ppt cho hiệu quả cao nuôi cấy vi tảo. Mỗi loài vi tảo khác nhau có xu hướng thay đổi thành phần sinh hóa khác nhau trong các điều kiện nhiệt độ.

4.3. Hai loài vi tảo *N. oceanica* và *T. lutea* đều rất phù hợp để nuôi cấy luân trùng. Nuôi cấy luân trùng bằng nguồn thức ăn vi tảo *N. oceanica* cho kết quả tốt hơn về sinh trưởng quần thể. Việc ứng dụng luân trùng vào quá trình ương nuôi ấu trùng tôm thẻ chân trắng cho hiệu quả rõ rệt. Khẩu phần thức ăn luân trùng ở khoảng 75-100 ct/at/ngày cho hiệu quả cao nhất.

4.4. Các loài vi tảo *T. weissflogii*, *P. tricornutum*, và *C. muelleri* đều rất phù hợp làm nguồn thức ăn cho ấu trùng tôm. Việc phối trộn hai loài vi *T. weissflogii* và *C. muelleri* cho hiệu quả ương nuôi cao nhất. Giúp cải thiện hầu hết các thông số sinh trưởng, phát triển và chất lượng ấu trùng.

KIẾN NGHỊ

❖ Nghiên cứu này thuộc khuôn khổ của một chương trình nghiên cứu ứng dụng. Khả năng ứng dụng kết quả nghiên cứu vào sản xuất thực tiễn được xem như những tiêu chí hàng đầu. Do đó, một số nghiên cứu cơ bản quan trọng liên quan chưa có điều kiện triển khai thực hiện. Do vậy, kiến nghị đầu tiên được đưa ra là cần có thêm những nghiên cứu cơ bản, chuyên sâu trong lĩnh vực này như, nghiên cứu sinh học phân tử, tế bào vi tảo, phản ứng sinh lý nội bào, hay nghiên cứu phân lập và ứng dụng những chủng vi tảo có nguồn gốc bản địa vào sản xuất giống tôm he tại Việt Nam

❖ Để có những hiểu biết một cách rõ hơn về cơ chế ảnh hưởng, tác động của các khẩu phần thức ăn vi tảo lên sinh trưởng, phát triển của ấu trùng tôm he, cần có thêm một số nghiên cứu đặc trưng khác nữa như nghiên cứu chọn lọc thức ăn của ấu trùng, cơ chế tiêu hóa, hấp thu ở với từng loại thức ăn vi tảo.

❖ Khía cạnh kỹ thuật, nên có thêm những nghiên cứu về công nghệ nuôi cấy vi tảo để cải thiện hơn nữa hiệu quả trong sản xuất, ví dụ như công nghệ nuôi cấy trên màng hay công nghệ nuôi cấy vi tảo đa giai đoạn.

❖ Cuối cùng là trong điều kiện có thể, nên tiến hành những phân tích chuyên sâu. Ví dụ như ở vi tảo là thành phần axit amin, hormone sinh trưởng thực vật. Đối với ấu trùng tôm là những phân tích về đáp ứng miễn dịch, cắt mô đường ruột và hệ enzyme tiêu hóa.

DANH MỤC CÁC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. **Mai Đức Thao***, Nguyễn Trần Thanh Tâm, Kim Jye Lee-Chang, Hoàng Tùng, và Phạm Quốc Hùng, Tương tác giữa chu kì quang và cường độ chiếu sáng lên sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa tảo silic biển *Thalassiosira weissflogii* (Grunow) g. Fryxell & Hasle, 1977. Tạp chí Khoa học-Công nghệ thủy sản. 2024 (2).
2. **Thao Duc Mai**, Kim Jye Lee-Chang*, Ian D Jameson, Tung Hoang, Ngoc Bao Anh Cai, and Hung Quoc Pham, *Fatty acid profiles of selected microalgae used as live feeds for shrimp postlarvae in Vietnam*. Aquaculture Journal, 2021. 1(1): p. 26-38.
3. **Mai, T.D.**; Lee-Chang, K.J.; Jameson, I.D.; Cai, N.B.A.; Pham, H.Q.; and Hoang, T. *Cultivation and biochemical composition of the diatom Chaetoceros muelleri as a live-feed stock for shrimp larval culture in Vietnam*. Virtual International Conference on Marine Science and Aquaculture (vICOMSA), Borneo Marine Research Institute, Universiti Malaysis Sabah, Malaysia, 08-10 March 2022.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Tùng, *Định hướng sử dụng vi tảo trong sản xuất giống tôm He*, Trao đổi cá nhân, Editor. 2022, CSIRO.
2. Tạ Khắc Thường Nguyễn Trọng Nho, Lục Minh Diệp, *Kỹ thuật nuôi giáp xác*. 2006, TP. Hồ Chí Minh: NXB Nông Nghiệp.
3. Klaus Anger, *The biology of decapod crustacean larvae*. Vol. 14. 2001: AA Balkema Publishers Lisse.
4. Malcolm R Brown, *The amino-acid and sugar composition of 16 species of microalgae used in mariculture*. Journal of experimental marine biology and ecology, 1991. **145**(1): p. 79-99.
5. Judith M Capuzzo and Bruce A Lancaster. *The effects of dietary carbohydrate levels on protein utilization in the American lobster (Homarus americanus)*. in *Proceedings of the World Mariculture Society*. 1979. Wiley Online Library.
6. Judith M Capuzzo and Bruce A Lancaster, *Physiological effects of petroleum hydrocarbons on larval lobsters (Homarus americanus): Hydrocarbon accumulation and interference with lipid metabolism*. Physiological mechanisms of marine pollutant toxicity, 1982: p. 477-504.
7. Shi-Yen Shiau, *Nutrient requirements of penaeid shrimps*. Aquaculture, 1998. **164**(1-4): p. 77-93.
8. LD Zhu, E Hiltunen, E Antila, JJ Zhong, ZH Yuan, and ZM Wang, *Microalgal biofuels: Flexible bioenergies for sustainable development*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. **30**: p. 1035-1046.