

**ẢNH HƯỞNG CỦA HỆ THỐNG NUÔI CẤY LÊN ĐẶC ĐIỂM SINH HỌC
TẾ BÀO, SINH TRƯỞNG QUẦN THỂ VÀ THÀNH PHẦN SINH HÓA CỦA TẢO
SILIC BIỂN *Chaetoceros muelleri* PHỤC VỤ ƯƠNG NUÔI
ẤU TRÙNG TÔM SÚ *Penaeus monodon* Fabricius, 1798**

**EFFECTS OF CULTURE SYSTEMS ON CELLULAR BIOLOGICAL CHARACTERISTICS,
POPULATION GROWTH, AND BIOCHEMICAL COMPOSITION OF THE MARINE
DIATOM *Chaetoceros muelleri* FOR LARVICULTURE OF THE BLACK TIGER SHRIMP
Penaeus monodon fabricius, 1798**

**Mai Đức Thao^{1*}, Đặng Lê Phương Vy², Lê Mạnh Cường¹,
Nguyễn Đình Huy¹, Nguyễn Thị Thúy¹, Trần Văn Phước¹,
Nguyễn Văn Hữu³ và Vũ Trọng Đại¹**

1. Khoa Nuôi trồng thủy sản, Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Trường Đại học Nha Trang

2. Ban Quản lý các cảng cá tỉnh Lâm Đồng, Sở Nông nghiệp & Môi trường tỉnh Lâm Đồng

3. Cục Thủy sản và Kiểm ngư, Bộ Nông nghiệp và Môi trường

* Tác giả liên hệ: Mai Đức Thao, Email: thaomd@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 14/12/2025; Ngày phân biện thông qua: 25/12/2025 ; Ngày duyệt đăng: 25/03/2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các hệ thống nuôi cấy khác nhau đến đặc điểm sinh học, sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa của tảo silic biển *Chaetoceros muelleri*, đồng thời xác định hiệu quả sử dụng loài tảo này làm thức ăn sống cho ấu trùng tôm sú *Penaeus monodon*. Kết quả cho thấy quy mô hệ thống nuôi không ảnh hưởng đáng kể đến kích thước tế bào nhưng tác động rõ rệt đến sinh trưởng quần thể, khả năng trôi nổi và tích lũy lipid, axit béo, đặc biệt là EPA và ARA. Cân đối giữa các chỉ tiêu, hệ thống nuôi trong bình Carboy 20-L dường như mang lại hiệu quả cao hơn. Trong ương nuôi ấu trùng tôm, khẩu phần thức ăn vi tảo ảnh hưởng rõ rệt đến tỷ lệ sống và sinh trưởng, trong đó nghiệm thức NT-2.4 (khẩu phần Zoa 300, và Mysis 200 × 10³ tb/at/ngày) cho kết quả tối ưu từ giai đoạn Zoa đến PL₁, mặc dù vẫn thấp hơn nghiệm thức đối chứng. Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng *C. muelleri* như một nguồn thức ăn sống quan trọng trong sản xuất giống tôm sú tại Việt Nam.

Từ khóa: Ấu trùng tôm sú, *Chaetoceros muelleri*, nuôi cấy vi tảo, thức ăn sống

ABSTRACT

This study evaluated the effects of different culture systems on the biological characteristics, population growth, and biochemical composition of the marine diatom *Chaetoceros muelleri*, and assessed its effectiveness as a live feed for larvae of the black tiger shrimp *Penaeus monodon*. The results showed that culture scale did not significantly affect diatom cell size, but was strongly associated with population growth, vertical distribution, and the accumulation of lipids and fatty acids, particularly EPA and ARA. In terms of the overall balance among evaluated parameters, the 20-L carboy culture system showed comparatively higher efficiency. In shrimp larviculture, microalgal feeding rations significantly influenced larval survival and growth, with treatment NT-2.4, corresponding to feeding rations of 300 and 200 × 10³ cells/ind/day during the Zoa and Mysis stages, respectively, producing the best performance from Zoa to PL₁, although remaining lower than the control treatment. Overall, the findings confirm the high potential of *C. muelleri* as an important live feed source for black tiger shrimp hatchery production in Vietnam.

Keyword: Black tiger shrimp larvae, *Chaetoceros muelleri*, microalgal culture, live feed.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nuôi trồng thủy sản, đặc biệt là ngành tôm, có vị thế rất quan trọng trong cơ cấu kinh tế – xã hội ở nước ta. Nâng cao chất lượng tôm giống được xem là một cách tiếp cận hữu hiệu, góp phần đưa ngành tôm Việt Nam phát triển bền vững, hiệu quả và thân thiện với môi trường. Trong quy trình sản xuất giống tôm, vi tảo, đặc biệt là tảo silic, được xem là nguồn thức ăn sống quan trọng, góp phần cải thiện đáng kể cả về chất lượng và sản lượng ấu trùng tôm [1]. Với các đặc điểm như kích thước nhỏ, phù hợp với cỡ môi của ấu trùng tôm, cùng với hàm lượng protein tổng số, lipid tổng số, axit amin thiết yếu và axit béo không no đa nối đôi mạch dài (LC-PUFA) cao, vi tảo là nguồn thức ăn dễ tiêu hóa và hấp thu [4, 5, 7]. Đây là những nền tảng cơ bản, giúp vi tảo trở thành nguồn thức ăn sống quan trọng, đáp ứng đầy đủ nhu cầu dinh dưỡng của ấu trùng tôm. Đặc biệt, vi tảo còn được biết đến là nguồn bổ sung hiệu quả enzyme tiêu hóa, vitamin và khoáng chất cho ấu trùng tôm ở những giai đoạn đầu sử dụng thức ăn ngoài [2, 4, 10].

Trong sản xuất giống tôm he ở Việt Nam, hiện nay việc sử dụng đơn loài *Thalassiosira weissflogii* làm thức ăn cho ấu trùng tôm ở các giai đoạn Zoea và Mysis là rất phổ biến. Bên cạnh những ưu điểm như kích thước tế bào phù hợp, dễ nuôi cấy và giá trị dinh dưỡng cao, việc sử dụng loài này vẫn tồn tại một số hạn chế cần được quan tâm và khắc phục. Trước hết, sinh khối cực đại của *T. weissflogii* tương đối thấp so với nhiều loài vi tảo khác đang được sử dụng trong nuôi trồng thủy sản ở Việt Nam. Điều này gây ra không ít khó khăn trong thực tiễn sản xuất, bao gồm nhu cầu cao về cơ sở hạ tầng và hệ thống nuôi, nhân công và nguyên vật liệu, đồng thời tiềm ẩn nguy cơ làm xáo trộn chất lượng nước bể ương khi phải bổ sung thể tích sinh khối vi tảo lớn. Bên cạnh đó, việc sử dụng đơn loài luôn tiềm ẩn nguy cơ thiếu hụt hoặc mất cân bằng thành phần dinh dưỡng

cho ấu trùng tôm. Ngoài ra, *T. weissflogii* có đặc điểm tế bào tron nhẵn, dễ lắng xuống đáy bể ương trong điều kiện sục khí yếu ở các giai đoạn Z_1 và Z_2 [1].

Nhiều nghiên cứu cho rằng việc phát triển và tìm kiếm thêm các loài vi tảo mới làm thức ăn cho ấu trùng tôm là một hướng tiếp cận tiềm năng, có khả năng khắc phục những hạn chế nêu trên [1]. Tảo silic trung tâm *C. muelleri* được xem là đối tượng rất tiềm năng. Kích thước tế bào phù hợp, giá trị dinh dưỡng cao (EPA, DHA, và ARA), và đặc biệt là khả năng trôi nổi rất tốt theo độ sâu cột nước [1]. Ở khía cạnh thực tiễn sản xuất, hiện nay hai hệ thống nuôi thu sinh khối vi tảo phổ biến tại Việt Nam bao gồm nuôi trong phòng với bình carboy 20-L và nuôi ngoài trời trong bể sinh khối 5.000-L. Mỗi hệ thống có những ưu và nhược điểm riêng liên quan đến sinh khối thu hoạch và giá thành sản phẩm, do đó việc lựa chọn hệ thống phù hợp trong sản xuất thực tế vẫn còn nhiều tranh luận. Đáng chú ý, các thông tin liên quan đến giá trị dinh dưỡng tế bào và một số đặc điểm sinh học quan trọng của vi tảo trong vai trò làm thức ăn cho ấu trùng tôm trong các hệ thống nuôi này hiện vẫn còn hạn chế và chưa được nghiên cứu một cách đầy đủ.

II. ĐỐI TƯỢNG, VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Đối tượng nghiên cứu

Tảo biển *Chaetoceros muelleri* (CS-176) thuộc bộ silic trung tâm Centralic, có nguồn gốc từ Bộ sưu tập giống tảo Quốc gia Úc (ANACC, Australia). Nguồn tảo sau đó được tái phân lập, tinh sạch và lưu giữ tại Phòng Thí nghiệm vi tảo, Viện Nuôi trồng thủy sản, Trường Đại học Nha Trang. Công tác chuẩn bị tảo giống được thực hiện trong các bình tam giác thủy tinh có dung tích 250 mL, chứa 200 mL dịch nuôi cấy. Nguồn nước biển tự nhiên được xử lý theo thứ tự màng lọc 0,1 μm , xử lý chlorine B (20 ppm) trong 24 giờ ở điều kiện bóng tối, và trung hòa bằng natri thio-sulfat ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) và ánh sáng

mặt trời. Môi trường dinh dưỡng bổ sung f/2 (Guillard và Ryther, 1975) [3] được sử dụng. Cường độ chiếu sáng được bố trí ở mức 100 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$, chu kì chiếu sáng 12h Sáng: 12h Tối. Các điều kiện nuôi cơ bản khác trong nuôi cấy vi tảo, bao gồm nhiệt độ ở 25°C, độ mặn 25 ppt, 180 mg CaCO_3/L , và pH từ 7,5–8,2, không bổ sung CO_2 trong suốt quá trình thí nghiệm.

Ấu trùng tôm sú *Penaeus monodon* (đòng Moana, Moana Technology, Công ty TNHH Moana Ninh Thuận) ở giai đoạn Nauplius 4/5 ($N_{4/5}$) được sử dụng làm vật liệu trong nghiên cứu. Ấu trùng tôm sú được ương nuôi trong các bể nhựa 50-L (đường kính 35 cm), chứa 45 L nước nuôi. Nguồn nước là nước biển tự nhiên để ương nuôi ấu trùng tôm. Quy trình xử lý nước được thực hiện tương tự như ở nuôi cấy vi tảo. Nhiệt độ nước được duy trì ở ngưỡng 30 ± 1 °C bằng các cây nâng nhiệt. Thí nghiệm được tiến hành từ giai đoạn Nauplius 4/5 ($N_{4/5}$) cho đến Mysis 1 (M_1).

2. Bố trí thí nghiệm

2.1. Thí nghiệm 1. Ảnh hưởng của hệ thống nuôi cấy lên một số đặc điểm tế bào, sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa *C. muelleri*.

Thí nghiệm 1 được bố trí với 3 nghiệm thức, tương ứng với 3 hệ thống nuôi, bao gồm bình thủy tinh tam giác 1-L (NT-1.1), bình Carboy 20-L (NT-1.2) và bể sinh khối ngoài trời 5.000-L (NT-1.3). Ở mỗi nghiệm thức, mật độ ban đầu theo đó được xác định ở khoảng $0,04 \times 10^6$ tb/mL. Môi trường dinh dưỡng bổ sung f/2 (Guillard và Ryther 1975) được áp dụng. Ở nghiệm thức NT-1.1 và NT-1.2 (nuôi trong phòng), cường độ chiếu sáng được bố trí ở mức 100 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$, chu kì chiếu sáng 12h Sáng: 12h Tối. Nhiệt độ được duy trì ở mức 25°C. Trong khi đó, ở nghiệm thức nuôi tảo ngoài trời NT-1.3, hai điều kiện này cơ bản phụ thuộc vào điều kiện tự nhiên. Các điều kiện thí nghiệm khác bao gồm độ mặn 25 ppt, 180 mg CaCO_3/L , và pH từ 7,5–8,2, không bổ sung CO_2 trong suốt

quá trình thí nghiệm. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 4 lần.

Một số dữ liệu đặc điểm sinh học tế bào vi tảo (kích thước, khả năng trôi nổi), sinh trưởng quần thể (mật độ cực đại -MCDs, tốc độ sinh trưởng quần thể ở pha logarithm - EGRs, tốc độ sinh trưởng theo ngày cao nhất - Max SGR) và thành phần sinh hóa tế bào (protein tổng số, lipid tổng số, carbohydrate tổng số, và thành phần acid béo) được xác định ($n=2$). Thời điểm thu hoạch sinh khối vi tảo để xác định chỉ tiêu sinh học, sinh hóa được xác định nằm ở nửa cuối pha logarithm. Căn cứ để xác định thời điểm thu mẫu này là mô phỏng điều kiện sản xuất, thu hoạch sinh khối vi tảo tại các cơ sở sản xuất giống tôm tại Việt Nam.

2.2. Thí nghiệm 2. Ảnh hưởng các khẩu phần thức ăn vi tảo *C. muelleri* lên sinh trưởng, phát triển ấu trùng tôm sú *Penaeus monodon*.

Ấu trùng tôm sú Nauplius 4/5 ($N_{4/5}$) được ương nuôi trong các thùng nhựa 50-L, mật độ ương nuôi được bố trí ở 200 con/L. Nguồn nước biển tự nhiên được xử lý và hiệu chỉnh (độ mặn, pH, độ kiềm) tương tự như ở thí nghiệm 1. Nhiệt độ được duy trì trong khoảng 31 ± 1 °C.

Thí nghiệm bao gồm 5 nghiệm thức thí nghiệm với 5 khẩu phần thức ăn vi tảo *C. muelleri* khác nhau (Bảng 1) và nghiệm thức đối chứng sử dụng loài tảo phổ biến trong sản xuất giống tôm he tại Việt Nam, *T. weissflogii*. Nguồn thức ăn vi tảo *C. muelleri* và *T. weissflogii* được nuôi trong các bình Carboy 20-L, với các điều kiện nuôi cấy tương tự như ở thí nghiệm 1. Căn cứ để bố trí khẩu phần thức ăn dựa trên khảo sát tình hình thực tế sản xuất và cân đối năng lượng nội bào giữa hai loài *C. muelleri* và *T. weissflogii*. Khẩu phần thức ăn vi tảo cung cấp cho ấu trùng tôm được chia đều thành 2 lần vào lúc 8.00 và 14.00 hằng ngày. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần, tạo thành 18 đơn vị thí nghiệm.

Bảng 1. Bố trí các nghiệm thức trong thí nghiệm 2

Giai đoạn	Khẩu phần thức ăn vi tảo ($\times 10^3$ tb/at/ngày) trong các nghiệm thức					
	NT-2.1	NT-2.2	NT-2.3	NT-2.4	NT-2.5	NT-2ĐC
Nauplius	10	25	50	100	250	50
Zoea	30	75	150	300	750	150
Mysis	20	50	100	200	500	100

Các chế độ chăm sóc quản lý trong các thí nghiệm mô phỏng theo điều kiện sản xuất tại cơ sở bao gồm chế độ bổ sung khoáng, chế phẩm vi sinh, thay nước và bắt phân. Việc bổ sung thức ăn nauplii Artemia (Instar – I, nguồn SEP-Art) được bổ sung khi ấu trùng chuyển sang giai đoạn Zoea 3 với khẩu phần khoảng 300 g/ triệu AT/ngày.

Các dữ liệu về tỷ lệ sống theo từng giai đoạn, chiều dài ấu trùng PL₁ được thu thập nhằm đánh giá ảnh hưởng các khẩu phần thức ăn vi tảo khác nhau lên ương nuôi ấu trùng tôm sú.

3. Phương pháp thu thập dữ liệu

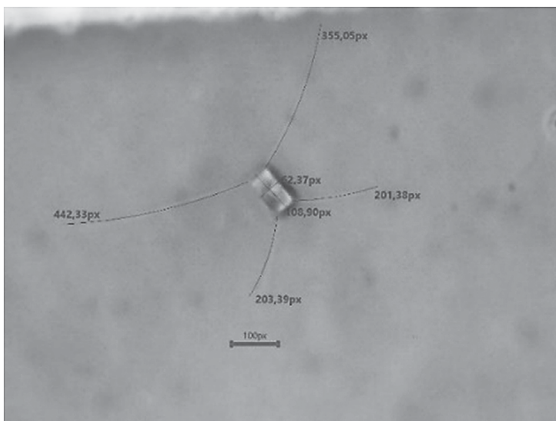
3.1. Phương pháp xác định một số đặc điểm

sinh học tế bào vi tảo

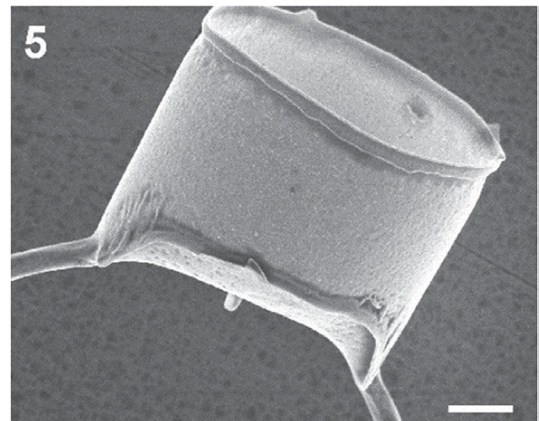
❖ Kích thước tế bào

Mẫu tế bào vi tảo ở các nghiệm thức thí nghiệm được thu thập vào thời điểm nửa cuối pha logarithm. Để xác định kích thước, khoảng 30 tế bào *C. muelleri* trong mỗi nghiệm thức được lấy ra một cách ngẫu nhiên hoàn toàn. Đo kích thước các chiều của tế bào dưới kính hiển vi soi nổi Olympus SZ61 và phần mềm chuyên dụng (Amscope MU1003). Tính toán thể tích tế bào theo mô tả của Bettina Walter (2017) với công thức $[V = (D/2)^2 \times h \times 3,14]$ (Trong đó V là thể tích, D là đường kính và h là chiều cao tế bào vi tảo [15]).

(a)



(b)



Hình 1. Hình ảnh tế bào *C. muelleri* dưới kính hiển vi quang học (a) và dưới kính hiển vi điện tử SEM (b) [9]

❖ Khả năng trôi nổi

Khả năng trôi nổi của *C. muelleri* được xác định thông qua mức độ phân bố theo chiều sâu cột nước của loài tảo trong điều kiện sục khí yếu nhằm mô phỏng điều kiện bể ương giống tôm ở Việt Nam. Sinh khối tảo *C. muelleri* khỏe

mạnh được thu thập tại nửa cuối pha logarithm, cấp vào các bình nhựa, hình trụ thể tích 10-L, chứa 8 L nước. Sáu nghiệm thức ở thí nghiệm 1, 2 được lặp lại 4 lần trong khảo sát này, tạo thành 24 đơn vị thí nghiệm. Mật độ tảo *C. muelleri* trong các bình nhựa thí nghiệm này

được tính toán để mô phỏng quá trình cấp vi tảo làm thức ăn cho ấu trùng tôm, ở khoảng 120×10^3 tb/mL. Mật độ tảo ở hai tầng nước mặt và đáy trong các bình thí nghiệm qua các mốc thời gian ngay sau thời điểm cấp tảo, 1 giờ, 4 giờ, 12 giờ và 24 giờ được xác định để khảo sát khả năng phân bố tế bào vi tảo trong điều kiện bể ương ấu trùng tôm.

3.2. Phương pháp xác định sinh trưởng quần thể vi tảo

❖ Thu mẫu tế bào và xác định mật độ

Mẫu vi tảo được thu thập 1 lần trong ngày vào khoảng thời gian cố định (8:00 giờ sáng). Dịch nuôi tảo được thu thập bằng micropipette 1000 μ L. Mẫu tảo sau đó được chứa trong các ống ly tâm Eppendorf 1,5 mL. Sử dụng dung dịch Lugol trung tính đậm đặc cố định mẫu, nồng độ cố định mẫu khoảng 0,05 mL/mL dịch tảo. Cuối cùng, mẫu vi tảo sẽ được bảo quản trong điều kiện mát 4°C trong ngăn mát tủ lạnh.

❖ Phương pháp xác định mật độ vi tảo

Mật độ tế bào tảo được xác định bằng phương pháp đếm dưới kính hiển vi quang học Olympus BX41 (Nhật Bản) với độ phóng đại 10 x 40 lần. Buồng đếm hồng cầu Neubauer improved (độ sâu 0,1 mm) được sử dụng. Dịch tảo được pha loãng ở từng trường hợp cụ thể theo tiêu chuẩn phương pháp được mô tả bởi Andersen (2015) [3]. Mẫu sau pha loãng được bơm vào các đường mao dẫn buồng đếm, để yên trong 5 phút, và đếm các ô vuông lớn A, B, C, D. Nguyên tắc đếm Neubauer [3] được áp dụng và mật độ tế bào được xác định theo công thức $[D = A \times X \times 10^4]$ trong đó D là mật độ tế bào (tb/mL), A là tổng số tế bào đếm được trong 1 ô vuông lớn, X là hệ số pha loãng, và 10^4 là giá trị qui đổi thể tích buồng đếm.

❖ Xác định pha sinh trưởng và tốc độ sinh trưởng quần thể

Các pha sinh trưởng quần thể vi tảo và tốc độ sinh trưởng quần thể tại pha logarithm được xác định bởi phương pháp mô hình logistic (Logistic Model) trên phần mềm Microsoft

Excel, theo mô tả bởi Fogg và Thake (1987) [8]. Trong phương pháp này, mật độ tế bào trong ngày đầu tiên (ngày 0) của chu kỳ nuôi cấy được xác định nằm trong pha logarithm bằng công tác tiền thí nghiệm. Mật độ tế bào (tb/mL) được biểu diễn dưới dạng hàm số logarithm cơ số tự nhiên (Ln). Đường thẳng hồi qui tuyến tính được thiết lập từ ngày 0 đến ngày cao nhất thu được sao cho hệ số tương quan $R^2 \geq 0,97$. Các giá trị sinh khối quần thể nằm trên đường thẳng này thuộc pha logarithm. Phương trình tương quan $y = ax + b$, với a là tốc độ sinh trưởng quần thể ở pha logarithm [1, 12].

3.3. Phương pháp xác định thành phần sinh hóa

❖ Thành phần sinh hóa cơ bản

Thành phần sinh hóa cơ bản của tảo silic trung tâm *C. muelleri* bao gồm protein tổng số, lipid tổng số và Carbohydrate tổng số. Sinh khối vi tảo được thu thập ở nửa cuối pha logarithm bằng túi siêu lọc (kích thước mắt lưới 1 μ m). Sinh khối tươi sau đó được bảo quản trong điều kiện lạnh (5°C) và chuyển ngay đến đơn vị phân tích chuyên môn Upscience Việt Nam. Phương pháp phân tích protein tổng số và lipid tổng số sử dụng trong nghiên cứu này là AOAC 2011.11 và TCVN4331:2001. Hàm lượng carbohydrate tổng số được tính toán dựa vào phương pháp cân trọng lượng thông qua xác định hàm lượng tro (phương pháp gia nhiệt).

❖ Thành phần acid béo

50 mL mẫu dịch vi tảo được thu thập tại thời điểm nửa cuối pha logarithm và cho vào ống Falcon. Sau khi ly tâm, sinh khối được sấy đông khô ở -20 °C trong 24 giờ. Lipid tổng số được xác định bằng phương pháp cân trọng lượng. Khoảng 10 mg sinh khối đông khô được chiết bằng phương pháp Bligh và Dyer cải tiến năm 1959 trong hỗn hợp dichloromethane DCM với methanol MeOH và nước. Lớp DCM bên dưới được thu hồi và tách chiết lặp lại để nâng hiệu suất. Dung môi được loại bỏ bằng chân không

và một phần lipid tổng số được pha loãng đến thể tích xác định để phân tích bằng sắc ký lớp mỏng kết hợp đầu dò ion hóa ngọn lửa TLC FID.

Các lớp lipid được xác định bằng thiết bị Iatroscan MK V TLC FID của Iatron Laboratories, Nhật Bản. Hệ dung môi hexane với diethyl ether và acetic acid theo tỷ lệ 60 : 17 : 0.2 được sử dụng để phân tách các lipid không phân cực như wax ester triacylglycerol và axit béo tự do. Kết quả được trình bày dưới dạng tỷ lệ % của từng lớp lipid. Thành phần acid béo được phân tích bằng sắc ký khí GC trên hệ thống Agilent 7890A sử dụng cột silica không phân cực Equity 1 dài 15 m đường kính 0.1 mm và độ dày phim 0.1 mm, đầu dò FID và bộ bơm mẫu split hoặc splitless. Lipid sau tách chiết được chuyển thành dạng methyl ester FAME bằng hỗn hợp methanol với DCM và HCl theo tỷ lệ 10 : 1 : 1. Các FAME được định danh thông qua thời gian lưu so sánh với chuẩn thương mại và chuẩn phòng thí nghiệm. Diện tích peak được xử lý bằng phần mềm Agilent ChemStation. Thành phần acid béo được thể hiện dưới dạng phần trăm trên tổng acid béo TFA. Nguyên lý của phương pháp tuân theo mô tả của Bakes, M.J và P.D. Nichols (1995) [10].

3.4. Xác định tỷ lệ sống ấu trùng tôm qua từng giai đoạn, chiều dài ấu trùng và thời gian phát triển ấu trùng tôm sú

Tỷ lệ sống của ấu trùng tôm qua từng giai đoạn được xác định theo công thức $[S_R = (N_T / N_N) \times 100]$; Trong đó S_R là tỷ lệ sống ở giai đoạn cần đánh giá, N_T là số lượng ấu trùng ở giai đoạn cần xác định, và N_N là số lượng ấu trùng (nauplii) ban đầu.

Chiều dài ấu trùng tôm sú được xác định bằng kính hiển vi soi nổi Olympus SZ61 và phần mềm Amscope MU1003 (USB2.0) tương tự như ở phương pháp xác định kích thước tế bào vi tảo.

Thời gian phát triển ấu trùng tôm ở từng giai đoạn được xác định bằng khoảng thời gian cần

thiết để 50% số lượng các ấu trùng trong bể chuyển qua giai đoạn mới (đơn vị giờ).

4. Phân tích số liệu

Các dữ liệu tổng hợp và số liệu xác định dưới dạng giá trị trung bình (Mean±SD), tốc độ và đồ thị sinh trưởng quần thể, so sánh giá trị trung bình được thực hiện trên phần mềm Microsoft Excel 2019. Phép phân tích phương sai một yếu tố (ANOVA), Duncan's test, độ tin cậy 95% được sử dụng để so sánh giá trị trung bình trong trường hợp có nhiều hơn 2 nhóm. Các phép kiểm định tính đồng nhất của phương sai và phân bố chuẩn được kiểm tra trước khi thực hiện phép phân tích này.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Ảnh hưởng của hệ thống nuôi cấy lên một số đặc điểm tế bào, sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa *C. muelleri*

❖ Một số đặc điểm sinh học tế bào tảo *C. muelleri*

Kích thước tế bào

Kết quả xác định kích thước tế bào *C. muelleri* (Bảng 2) nhìn chung vẫn phản ánh được đặc điểm cơ bản của loài. Ở nghiệm thức NT-1.1 với hệ thống bình thủy tinh 1 L, tế bào có đường kính và chiều cao trung bình lần lượt là $7,2 \pm 0,34 \mu\text{m}$ và $4,2 \pm 0,37 \mu\text{m}$, và thể tích đạt $171,95 \pm 22,87 \mu\text{m}^3$. Khi chuyển sang hệ thống có quy mô lớn hơn trong nghiệm thức ở NT-1.2 (Carboy 20-L), các giá trị tương ứng vẫn được duy trì ở mức gần tương đồng. Đường kính và chiều cao trung bình lần lượt đạt $7,1 \pm 0,44 \mu\text{m}$ và $4,2 \pm 0,42 \mu\text{m}$, cùng với thể tích tế bào đạt $170,76 \pm 26,11 \mu\text{m}^3$. Ở nghiệm thức NT-1.3, với điều kiện bể nuôi sinh khối 5.000-L, đường kính tế bào tiếp tục duy trì ở mức $7,1 \pm 0,33 \mu\text{m}$ trong khi chiều cao trung bình giảm nhẹ xuống $4,0 \pm 0,45 \mu\text{m}$, đưa đến kết quả thể tích nhỏ hơn, đạt $164,89 \pm 22,90 \mu\text{m}^3$. Mặc dù có sự giảm nhẹ về chiều cao và thể tích tế bào, nhưng kích thước này vẫn mang nét đặc trưng của loài *C. muelleri*. Kết quả phân tích ANOVA

cho thấy sự khác biệt về kích thước giữa các nghiệm thức là không có ý nghĩa về mặt thống kê (mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$). Điều này khẳng định

rằng thay đổi quy mô hệ thống nuôi cấy từ 1 L đến 5.000 L không làm thay đổi đáng kể kích thước tế bào *C. muelleri*.

Bảng 2. Kích thước tế bào *C. muelleri* trong 3 nghiệm thức thí nghiệm (Mean±SD, n=4)

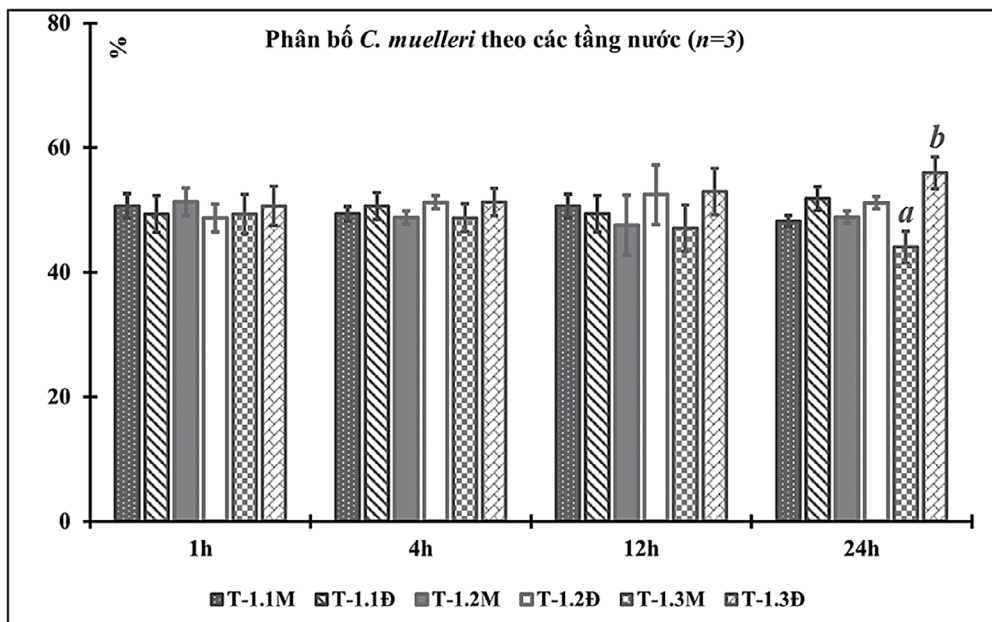
Kích thước tế bào	Nghiệm thức		
	NT-1.1	NT-1.2	NT-1.3
Đường kính (μm)	7,2±0,34	7,1±0,44	7,1±0,33
Chiều cao (μm)	4,2±0,37	4,2±0,42	4,0±0,45
Kích thước tế bào (μm^3)	171,95±22,87	170,76±26,11	164,89±22,90

Khả năng trôi nổi

Kết quả khảo sát khả năng trôi nổi của *C. muelleri* (Hình 2.) cho thấy sự phân bố tế bào giữa hai tầng nước mặt và đáy nhìn chung duy trì cân bằng tương đối trong phần lớn thời gian theo dõi. Ở các nghiệm thức NT-1.1 và NT-1.2, tảo *C. muelleri* phân bố tương đối đồng đều ở hai tầng nước mặt và đáy, tại tất cả các thời điểm quan trắc. Kết quả nghiên cứu này đã phản ánh khả năng trôi nổi tốt, phân bố đều của *C. muelleri* ở hai nghiệm thức trong bình thủy tinh tam giác 1-L và Carboy 20-L, với điều kiện

sục khí nhẹ của bể ương.

Ở nghiệm thức NT-1.3, bể nuôi sinh khối 5.000-L, sự phân bố tế bào cũng duy trì tương đối đồng đều trong 12 giờ đầu. Tuy nhiên, sau 24 giờ, tỉ lệ tế bào ở tầng đáy tăng lên khoảng $55,95 \pm 2,54\%$ trong khi tầng mặt giảm mạnh, còn khoảng $44,04 \pm 2,45\%$. Kết quả phân tích ANOVA cho thấy sự khác biệt này là có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) cho thấy *C. muelleri* nuôi bằng hệ thống bể sinh khối 5.000-L, có khả năng trôi nổi kém hơn và lắng xuống đáy bể ương ấu trùng tôm sau 24 giờ cấp tảo.



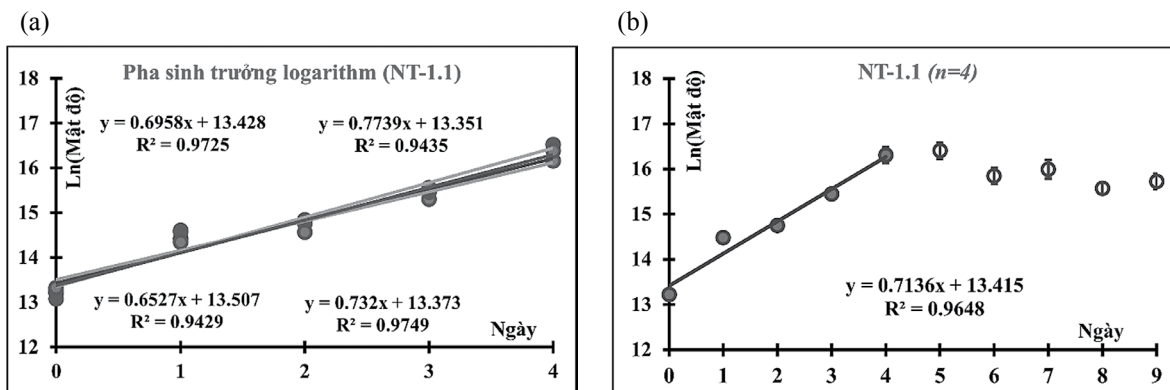
Hình 2. Tỷ lệ (%) phân bố sinh khối vi tảo ở hai tầng nước mặt (M) và tầng đáy (Đ)

Bên cạnh hai thông số định lượng quan trọng là kích thước và khả năng trôi nổi của tế bào vi tảo, quá trình thu thập dữ liệu còn ghi nhận thêm một số đặc điểm hình thái, cấu tạo tế bào như những chỉ tiêu định tính hỗ trợ cho kết quả nghiên cứu. Nhìn chung, sự khác biệt về hình thái tế bào giữa hai nghiệm thức NT-1.1 và NT-1.2 là không đáng kể. Tế bào tảo ở hai hệ thống này có nguyên sinh chất căng đầy, tỷ lệ dị hình thấp và các phần phụ ở góc tế bào phát triển đầy đủ, phản ánh tình trạng sức khỏe tốt. Nguyên nhân chính xác thì khó khẳng định, nhưng quan điểm của nhóm nghiên cứu là điều kiện nuôi trong phòng bao gồm nhiệt độ ổn định khoảng 25 °C, cường độ chiếu sáng 100 µE/m/s và chế độ khuấy trộn tốt đã góp phần duy trì chất lượng tế bào ổn định. Ngược lại, ở hệ thống nuôi sinh khối ngoài trời 5.000-L của nghiệm thức NT-1.3, các điều kiện về nhiệt độ ánh sáng và khuấy đảo không ổn định

như ở hai hệ thống 1-L và Carboy 20-L. Tế bào *C. muelleri* trong hệ thống này có biểu hiện ở tỷ lệ dị hình, các phần phụ ở góc tế bào kém phát triển và một số tế bào thể hiện dấu hiệu không căng đầy nguyên sinh chất. Những thay đổi này góp phần giải thích xu hướng giảm nhẹ khả năng trôi nổi sau khoảng 24 giờ kể từ thời điểm cấp tảo vào bể ương.

❖ **Sinh trưởng quần thể *C. muelleri***

Kết quả sinh trưởng của quần thể *C. muelleri* trong ba nghiệm thức NT-1.1, NT-1.2 và NT-1.3 được thể hiện chi tiết ở Hình 3 và Bảng 3. Nhìn chung, quần thể *C. muelleri* thích nghi và tăng sinh nhanh chóng ngay sau ngày đầu tiên của chu kỳ nuôi cấy. Pha sinh trưởng logarithm kéo dài từ ngày 0 đến ngày thứ 4 ở hầu hết các nghiệm thức thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu trong 2 cũng cho thấy sự khác biệt lớn về sinh trưởng quần thể *C. muelleri* giữa các nghiệm thức.



Hình 3. Sinh trưởng quần thể *C. muelleri* tại pha logarithm (a); và đường cong sinh trưởng quần thể ở NT-1.1 (b)

Mật độ cực đại (MCDs) của nghiệm thức NT-1.1 đạt mức cao nhất với giá trị trung bình khoảng $13,45 \pm 2,42 \times 10^6$ tb/mL. Trong khi đó, giá trị này ở NT-1.2 ghi nhận giá trị thấp hơn, đạt $9,22 \pm 1,63 \times 10^6$ tb/mL. Cuối cùng, ở nghiệm thức NT-1.3 cho giá trị MCDs thấp nhất, chỉ đạt $1,36 \pm 0,22 \times 10^6$ tb/mL. Dữ liệu MCDs không đáp ứng yêu cầu về tính đồng nhất phương sai nên phép ANOVA không

được thực hiện cho thông số này. Tuy vậy, xu hướng giảm mạnh MCDs theo mức tăng quy mô hệ thống nuôi từ bình 1 L đến bể 5.000-L thể hiện nhất quán trong toàn bộ chuỗi số liệu.

Sự khác nhau giữa các nghiệm thức được phản ánh rõ hơn qua tốc độ sinh trưởng theo ngày cực đại Max SGR. Giá trị này ở hai nghiệm thức NT-1.1 và NT-1.2 tương đương nhau, lần lượt đạt $1,26 \pm 0,21$ và $1,01 \pm 0,14$

/ngày. Ngược lại, Max SGR ở NT-1.3 là thấp nhất, đạt $0,51 \pm 0,11$ /ngày, thấp hơn đáng kể so với hai nghiệm thức nuôi trong phòng ($p < 0,05$). Xu hướng kết quả này được lặp lại hoàn toàn khi quan sát tốc độ sinh trưởng quần thể

ở pha logarithm. Điều đó đưa đến kết luận rằng sinh trưởng quần thể *C. muelleri* tốt nhất trong các hệ thống nuôi bình thủy tinh 1-L và Carboy 20-L.

Bảng 3. Kết quả sinh trưởng *C. muelleri* trong 3 nghiệm thức (Mean±SD, n=4)

Thông số	NT-1.1	NT-1.2	NT-1.3
MCDs ($\times 10^6$ tb/mL)	$13,45 \pm 2,42$	$9,22 \pm 1,63$	$1,36 \pm 0,22$
Max SGR (/ngày)	$1,26 \pm 0,21^b$	$1,01 \pm 0,14^b$	$0,51 \pm 0,11^a$
EGRs (/ngày)	$0,71 \pm 0,05^b$	$0,63 \pm 0,05^b$	$0,28 \pm 0,05^a$

Các chữ cái (a, b) khác nhau thể hiện sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trong cùng một hàng ($\alpha = 0,05$)

❖ Thành phần sinh hóa tế bào *C. muelleri*

Kết quả phân tích thành phần sinh hóa của vi tảo *C. muelleri* được thể hiện chi tiết trong Bảng 4. Trong bảng này, các thành phần sinh hóa cơ bản (protein, lipid, và carbohydrate) trong nghiệm thức T-1.1 không được thực hiện, do không đáp ứng được yêu cầu khối lượng mẫu tươi lớn (100 g) từ đơn vị phân tích Upscience Việt Nam.

Hàm lượng protein tổng số của hai nghiệm thức NT-1.2 và NT-1.3 rất tương đồng, đều đạt $33,52$ g/100 g TLK. Lipid tổng số dao động từ $5,96 \pm 0,48$ g/100 g TLK ở NT-1.2 đến $9,54 \pm 4,28$ g/100 g TLK ở NT-1.3, phản ánh khả năng tích lũy lipid cao hơn trong điều kiện nuôi sinh khối. Carbohydrate tổng số có xu hướng cao hơn ở NT-1.2 đạt $12,12 \pm 3,37$ g/100 g TLK, trong khi NT-1.3 ghi nhận $9,60 \pm 4,81$ g/100 g TLK.

Thành phần axit béo (FA) của *C. muelleri* thể hiện sự đa dạng với sự hiện diện của các FA có số nguyên tử C là số chẵn, từ C14 đến C24. Trong nhóm axit béo bão hòa (SFA), các acid C14:0, C16:0 và C18:0 chiếm tỷ lệ lớn ở cả ba nghiệm thức. Hàm lượng SFA tăng rõ rệt ở NT-1.3, đạt $27,79 \pm 5,31$ mg/g TLK, trong khi NT-1.1 và NT-1.2 duy trì ở mức xấp xỉ 19–20 mg/g TLK. Nhóm axit béo không no một nối đôi (MUFA) cũng cho thấy sự khác

biệt giữa các hệ thống nuôi. NT-1.1 và NT-1.2 có hàm lượng MUFA gần tương đồng ở mức khoảng 18 mg/g TLK. Ngược lại, NT-1.3 biểu hiện MUFA cao hơn đáng kể đạt $26,35 \pm 5,37$ mg/g TLK, chủ yếu do tăng palmitoleic acid C16:1n-7 và một số acid C18 không no. Về nhóm axit béo không no đa nối đôi (PUFA), *C. muelleri* tích lũy đáng kể các FA thuộc nhóm n-3, n-6 và n-9. NT-1.3 ghi nhận hàm lượng PUFA cao nhất đạt $27,70 \pm 5,45$ mg/g TLK, trong khi hai nghiệm thức còn lại duy trì ở mức khoảng 19 mg/g TLK. Trong nhóm n-3, eicosapentaenoic acid EPA C20:5n-3 là FA chiếm ưu thế nhất, dao động từ $12,47 \pm 2,27$ mg/g TLK ở NT-1.1 đến $16,80 \pm 2,84$ mg/g TLK ở NT-1.3. Docosahexaenoic acid DHA C22:6n-3 xuất hiện ở mức thấp hơn nhiều, chủ yếu trong khoảng 0,74 – 1,11 mg/g TLK. Arachidonic acid ARA C20:4n-6 được phát hiện với nồng độ thấp nhưng tăng lên trong điều kiện nuôi sinh khối đạt $3,60 \pm 1,69$ mg/g TLK ở NT-1.3.

Tổng hàm lượng axit béo của *C. muelleri* tăng rõ theo quy mô hệ thống nuôi. NT-1.3 đạt $81,69 \pm 16,33$ mg/g TLK, trong khi NT-1.1 và NT-1.2 lần lượt đạt $56,80 \pm 9,24$ mg/g TLK và $57,50 \pm 16,19$ mg/g TLK. Kết quả này cho thấy điều kiện nuôi ngoài trời có thể thúc đẩy tích lũy FA nội bào, dù các chỉ tiêu sinh trưởng quần thể lại giảm trong cùng điều kiện.

Bảng 4. Thành phần sinh hóa *C. muelleri* ở các nghiệm thức (Mean±SD, n=2)

Thành phần sinh hóa (g/ 100g TLK)		Nghiệm thức thí nghiệm		
		NT-1.1	NT-1.2	NT-1.3
Protein tổng số		-	33,52 ± 0,99	33,52 ± 3,20
Lipid tổng số		-	5,96 ± 0,48	9,54 ± 4,28
Carbohydrate tổng số		-	12,12 ± 3,37	9,60 ± 4,81
Thành phần axit béo (mg/g TLK)				
Myristic acid	C14:0	6,15 ± 1,28	5,50 ± 1,99	7,68 ± 1,00
Palmitic acid	C16:0	4,74 ± 1,06	5,78 ± 1,66	9,25 ± 3,00
Palmitoleic acid	C 6:1n-7	12,19 ± 2,23	14,17 ± 4,13	22,21 ± 6,63
Hexadecadienoic acid	C16:2	3,84 ± 0,92	2,84 ± 1,21	3,56 ± 0,19
Margaric acid	C17:0	1,01 ± 0,47	0,64 ± 0,35	0,75 ± 0,16
Stearic acid	C18:0	6,95 ± 1,41	5,79 ± 2,21	7,78 ± 0,53
Oleic acid*	C18:1c9	0,56 ± 0,40	0,47 ± 0,22	0,68 ± 0,09
Linoleic acid	C18:2 n-6	0,75 ± 0,43	0,55 ± 0,28	0,74 ± 0,01
g-linolenic acid	C18:3n-6	0,71 ± 0,43	0,63 ± 0,27	0,93 ± 0,16
Stearidonic acid	C18:4n-3	0,90 ± 0,46	0,61 ± 0,32	0,77 ± 0,08
Arachidic acid	C20:0	0,35 ± 0,37	0,21 ± 0,15	0,27 ± 0,04
Cis-8-eicosenoic acid	C20:1n-12	0,50 ± 0,39	0,31 ± 0,20	0,39 ± 0,06
Arachidonic acid	C20:4 n-6	1,08 ± 0,48	1,99 ± 0,47	3,60 ± 1,69
Eicosapentaenoic acid (EPA)	C20:5n-3	12,47 ± 2,27	11,74 ± 4,02	16,80 ± 2,84
Behenic acid	C22:0	0,81 ± 0,44	0,72 ± 0,30	1,06 ± 0,18
Docosahexaenoic acid (DHA)	C22:6n-3	0,81 ± 0,44	0,74 ± 0,31	1,11 ± 0,21
Lignoceric acid	C24:0	0,45 ± 0,39	0,33 ± 0,19	0,47 ± 0,02
Nhóm axit béo				
Sum of omega-3	n-3	13,78 ± 2,48	13,02 ± 4,44	18,67 ± 3,21
Sum of omega-6	n-6	2,04 ± 0,64	3,03 ± 0,78	5,19 ± 2,10
Sum of omega-9	n-9	0,62 ± 0,41	0,53 ± 0,24	0,78 ± 0,12
Tổng SFA		19,71 ± 3,41	19,15 ± 6,36	27,79 ± 5,31
Tổng MUFA		18,18 ± 3,17	18,00 ± 5,90	26,35 ± 5,37
Tổng PUFA		19,41 ± 3,36	19,02 ± 6,28	27,70 ± 5,45
Total fatty acids		56,80 ± 9,24	57,50 ± 16,19	81,69 ± 16,33

Nhìn chung, đặc điểm lý hóa học môi trường sống và đặc trưng của chủng loài là hai nhóm yếu tố chính quyết định đến kích thước tế bào vi tảo. Bên cạnh pH, độ mặn, hàm lượng muối dinh dưỡng thì nhiệt độ và ánh sáng là hai yếu tố chính, ảnh hưởng trực tiếp và mạnh đến kích thước tế bào. Ở hầu hết các trường hợp nhiệt độ và cường độ ánh sáng cao là nguyên nhân chính dẫn tới kích thước tế bào vi tảo giảm. *C. muelleri* cũng như các loài tảo silic khác, kích thước tế bào giảm dần theo số lần phân bào theo đặc trưng sinh học loài [1, 3, 15]. Kết quả từ nghiên cứu đã chỉ ra tế bào *C. muelleri* có đường kính trong khoảng 7,1 – 7,2 μm , chiều cao đạt 4,0 – 4,2 μm , và thể tích trong khoảng 164 – 171 μm^3 . Mặc dù kích thước này dường như nhỏ hơn so với ở điều kiện thủy vực tự nhiên nhưng vẫn mang những nét đặc trưng của loài [1, 11]. Olenina Irina (2006) tiến hành nghiên cứu các đặc điểm hình dạng, kích thước các loài thực vật phù phân bố ở vùng biển Baltic. Kết quả nghiên cứu đã chỉ ra rằng *C. muelleri* ở vùng biển này có đường kính tế bào trong khoảng 6-7 μm và thể tích đạt 297 μm^3 [13]. Việc bố trí điều kiện môi trường nuôi cấy thuận lợi cho sinh trưởng quần thể, hay tốc độ phân bào nhanh, được cho là nguyên nhân chủ yếu giải thích cho kết quả kích thước *C. muelleri* ở thí nghiệm này nhỏ hơn so với trong điều kiện tự nhiên. Đây đồng thời cũng góp phần giải thích cho xu thế cho các kết quả kích thước tế bào, khả năng trôi nổi, hình thái tế bào *C. muelleri* ở nghiệm thức nuôi ngoài trời (NT-1.3) kém ưu việt hơn so với nhóm nghiệm thức nuôi trong phòng (NT-1.1 và NT-1.2).

Kết quả sinh trưởng quần thể và thành phần sinh hóa vi tảo *C. muelleri* từ nghiên cứu này cũng có nhiều nét tương đồng với một số công trình đã công bố [1, 11]. Tuy nhiên, tốc độ sinh trưởng quần thể ở pha logarithm tảo *C. muelleri* trong thí nghiệm này (0,28 – 0,71 /ngày) thấp hơn một chút so với kết quả thu được trong luận án tiến sĩ của Mai Đức Thao (2025), EGRs đạt

khoảng 0,7 - 0,9 (/ngày) [1]. Ở khía cạnh khác, mật độ cực đại thu được trong nghiên cứu này rất cao. So sánh với sinh trưởng quần thể của loài vi tảo phổ biến nhất trong sản xuất giống tôm he ở Việt Nam, *Thalassiosira weissflogii*, MCDs thu được ở loài tảo *C. muelleri* này gấp từ 10 – 20 lần thu được ở *T. weissflogii* [1]. Tương tự như vậy, kết quả thành phần sinh hóa trong nghiên cứu này có hàm lượng protein tổng số khá tương đồng với nhiều kết quả công bố trước đây. Trong khi đó, lipid tổng số dường như thấp hơn khá nhiều [11]. Đặc biệt, so sánh thành phần axit béo với loài *T. weissflogii*, *C. muelleri* biểu hiện hàm lượng ARA, EPA cao hơn tương đối rõ rệt. Hàm lượng DHA khá tương đồng ở hai loài tảo silic trung tâm này [1, 10, 11]. Cuối cùng, sự khác biệt tương đối lớn về tổng acids béo giữa hai nhóm nghiệm thức trong nhà (NT-1.1, NT-1.2) và nghiệm thức nuôi ngoài trời (NT-1.3) có thể được giải thích là các điều kiện nuôi cấy không thật tối ưu về nhiệt độ, ánh sáng (NT-1.3) đã tăng cường tích lũy tổng hợp lipid và acid béo có trong vi tảo này [1].

Trong thực tiễn nuôi cấy vi tảo phục vụ sản xuất giống tôm he ở Việt Nam, việc lựa chọn hệ thống nuôi cấy phụ thuộc nhiều yếu tố, như điều kiện cơ sở hạ tầng, trình độ kỹ thuật, qui trình nuôi cấy, và đặc biệt là định hướng chi phí sản xuất tảo trong giá thành tôm giống. Căn cứ các chỉ tiêu phân tích từ kết quả của nghiên cứu này, việc sử dụng hệ thống nuôi cấy trong bình Carboy 20-L dường như mang lại kết quả tốt hơn.

2. Ảnh hưởng các khẩu phần thức ăn vi tảo *C. muelleri* lên sinh trưởng, phát triển ấu trùng tôm sú *Penaeus monodon*.

Kết quả nghiên cứu (Bảng 5) cho thấy vi tảo *C. muelleri* rất phù hợp làm thức ăn cho ấu trùng tôm sú *Penaeus monodon*; và các khẩu phần thức ăn vi tảo khác nhau đưa đến những kết quả khác nhau về tỷ lệ sống qua từng giai đoạn phát triển.

Nhìn chung, tỷ lệ sống của ấu trùng có xu

hướng giảm dần theo quá trình phát triển từ giai đoạn Z₀ đến Postlarva, tuy nhiên mức độ suy giảm khác nhau rõ rệt giữa các nghiệm thức. Ở giai đoạn Z₁, tỷ lệ sống của ấu trùng đạt giá trị cao ở tất cả các nghiệm thức, dao động trong khoảng 86,05 – 95,34%, và chưa ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức. Từ giai đoạn Z₂ và Z₃, sự khác biệt về tỷ lệ sống giữa các nghiệm thức trở nên rõ rệt hơn.

Nghiệm thức NT-2.4 cho tỷ lệ sống cao nhất ở cả hai giai đoạn này, đạt 88,71 ± 6,01% (Z₂) và 79,92 ± 7,43% tại Z₃, cao hơn có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại. Trong khi đó, các nghiệm thức NT-2.1 và NT-2.2 cho tỷ lệ sống thấp hơn, đặc biệt ở giai đoạn Z₃ chỉ đạt (theo thứ tự lần lượt) 51,29 ± 3,95% và 57,02 ± 3,21%.

Bảng 5. Tỷ lệ sống ấu trùng tôm sú (%) qua các giai đoạn phát triển (Mean±SD, n=3)

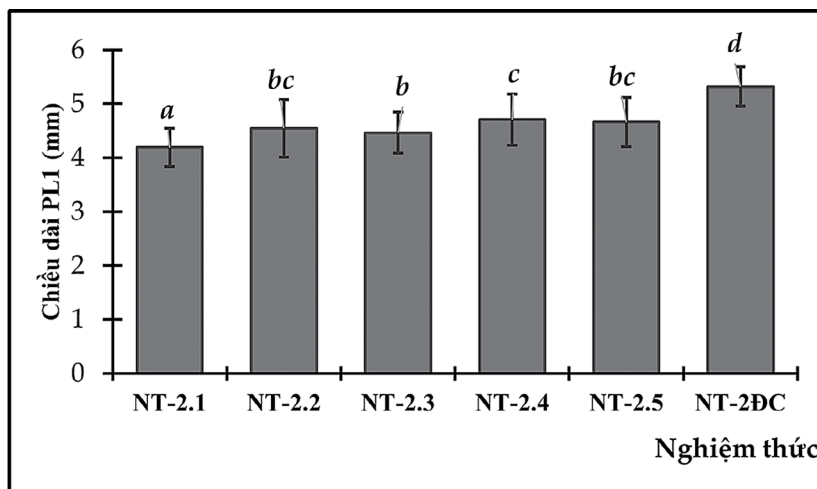
Giai đoạn	Nghiệm thức					
	NT-2.1	NT-2.2	NT-2.3	NT-2.4	NT-2.5	NT-2ĐC
Z ₁	92,92±3,47	95,34±3,04	92,35±2,71	89,74±9,02	89,20±9,54	86,05±13,45
Z ₂	61,80±3,01 ^a	63,40±7,59 ^{ab}	81,68±6,52 ^{ab}	88,71±6,01 ^c	75,91±8,26 ^b	70,32±6,76 ^{ab}
Z ₃	51,29±3,95 ^a	57,02±3,21 ^{ab}	69,13±3,04 ^{cd}	79,92±7,43 ^d	66,29±9,10 ^{bc}	60,83±8,02 ^{abc}
M ₁	40,02±6,06 ^a	47,11±8,4 ^{ab}	66,54±2,28 ^d	73,88±5,41 ^{de}	51,71±5,80 ^{bc}	59,38±3,80 ^{cd}
M ₂	38,52±4,44 ^a	45,53±7,00 ^{ab}	53,24±5,88 ^b	68,16±8,22 ^c	47,87±2,95 ^{ab}	48,14±2,49 ^{ab}
M ₃	33,87±4,60 ^a	40,38±3,56 ^{ab}	47,76±6,80 ^b	59,32±2,18 ^c	43,81±6,64 ^{ab}	44,02±7,02 ^{ab}
PL ₁	18,93±3,51 ^a	26,35±8,15 ^a	40,14±1,77 ^{bc}	49,08±5,74 ^c	37,47±5,62 ^b	39,49±6,95 ^{bc}

Các chữ cái (a, b, c, d, e) khác nhau thể hiện sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trong cùng một hàng ($\alpha = 0,05$)

Xu hướng này tiếp tục được duy trì ở các giai đoạn Mysis. Trong các giai đoạn này, nghiệm thức NT-2.4 luôn đạt tỷ lệ sống cao nhất, dao động từ 73,88 ± 5,41% ở M₁ đến 59,32 ± 2,18% ở M₃, và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nhóm các nghiệm thức có tỷ lệ sống thấp. Ngược lại, nghiệm thức NT-2.1 cho tỷ lệ sống thấp nhất ở hầu hết các giai đoạn Mysis, chỉ đạt 33,87 ± 4,60 % tại M₃. Đến giai đoạn PL₁, tỷ lệ sống của ấu trùng giảm mạnh ở tất cả các nghiệm thức. Tuy nhiên, nghiệm thức NT-2.4 vẫn duy trì giá trị cao nhất, đạt 49,08 ± 5,74 %, cao hơn có ý nghĩa thống kê so với NT-2.1 và NT-2.2. Các nghiệm thức NT-2.3, NT-2.5 và nghiệm thức đối chứng cho tỷ lệ sống trung bình, dao động trong khoảng 37,47 – 40,14%. Tổng hợp kết quả cho thấy nghiệm thức NT-2.4 cho hiệu quả rõ rệt trong việc cải thiện tỷ lệ sống của ấu trùng tôm sú từ giai đoạn Z₀ đến Postlarva, trong khi các

nghiệm thức NT-2.1 và NT-2.2 cho kết quả kém hơn, đặc biệt ở các giai đoạn phát triển sau.

Kết quả nghiên cứu chiều dài ấu trùng tôm sú (Hình 4.) cho thấy các ảnh hưởng khác nhau của các khẩu phần thức ăn vi tảo lên ấu trùng tôm. Nghiệm thức đối chứng sử dụng thức ăn vi tảo phổ biến nhất trong sản xuất giống tôm ở Việt Nam, *T. weissflogii*, vẫn cho kết quả chiều dài ấu trùng tôm là tốt nhất, đạt khoảng 5,31 ± 0,36 mm, và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với tất cả các nghiệm thức còn lại. Trong nhóm các nghiệm thức thí nghiệm, NT-2.4 cho chiều dài PL₁ cao nhất, đạt khoảng 4,71 ± 0,47 mm, và cao hơn có ý nghĩa thống kê so với NT-2.1 (đạt 4,19±0,35 mm) và NT-2.3 (đạt 4,46±0,38 mm). Các nghiệm thức NT-2.2 và NT-2.5 cho giá trị chiều dài trung bình, dao động quanh mức 4,5–4,6 mm, và không khác biệt có ý nghĩa thống kê so với NT-2.3.



Hình 4. Chiều dài PL₁ ấu trùng tôm sú ở các nghiệm thức thí nghiệm

Các chữ cái (a, b, c, d) khác nhau thể hiện sự sai khác có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình ($\alpha = 0,05$)

Nhìn chung, kết quả phân tích chiều dài PL₁ cho thấy xu hướng tương đồng với kết quả tỷ lệ sống đã được trình bày trước đó. Trong đó, nghiệm thức NT-2.4 thể hiện ưu thế rõ rệt trong việc cải thiện sinh trưởng của ấu trùng so với các nghiệm thức thí nghiệm còn lại, mặc dù vẫn thấp hơn so với nghiệm thức đối chứng. Kết quả thời gian phát triển ấu trùng tôm cũng chỉ ra NT-2.4, NT-2.5 và NT-2ĐC cho kết quả thời gian chuyển giai đoạn (từ N_{4/5} đến PL₁) là ngắn nhất ở 196 giờ. Con số này ở các nghiệm thức còn lại là lớn hơn, khoảng 216 – 228 giờ. Bên cạnh các kết quả nghiên cứu chính được trình bày trên đây, một số kết quả nghiên cứu khác như, mức độ đồng đều, tập tính bơi lội, đường phân cũng đồng thời chỉ ra trong các nghiệm thức thí nghiệm, NT-2.4 cho kết quả ương nuôi ấu trùng tôm sú là cao nhất.

Brown và cộng sự (1997) đã khẳng định tiềm năng ứng dụng *C. muelleri* trong sản xuất giống tôm sú nói riêng và động vật thủy sản nói chung bởi các đặc điểm về kích thước và giá trị dinh dưỡng tế bào vi tảo [4]. Ở Việt Nam, đây được xem là loài mới trong sản xuất giống tôm he [1]. Ngược lại, trên thế giới, đã có khá nhiều công bố liên quan tới đối tượng nghiên cứu này. Nghiên

cứu của D'souza và các cộng sự (2002) đã chỉ ra rằng nguồn thức ăn vi tảo *C. muelleri* đưa lại những hiệu quả rõ rệt trong cải thiện tỷ lệ sống, thời gian phát triển ấu trùng tôm sú *P. monodon* [6]. Tương tự như vậy, nghiên cứu của Pablo Pina và cộng sự (2005) trên đối tượng tôm he cùng giống (*Penaeus vannamei*) cũng cho thấy hiệu quả của việc sử dụng và tăng khẩu phần thức ăn vi tảo *C. muelleri* cải thiện rõ rệt tỷ lệ sống ấu trùng tôm thẻ chân trắng này [14].

Nói tóm lại, kết quả nghiên cứu từ thí nghiệm 2 đã chỉ ra khẩu phần thức ăn *C. muelleri* tốt nhất cho ấu trùng tôm sú ở giai đoạn Nauplius (đón zoea) là 100, ở giai đoạn Zoea là 300 và giai đoạn Mysis là 200×10^3 tb/at/ngày.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Quy mô hệ thống nuôi không ảnh hưởng đáng kể đến kích thước tế bào *Chaetoceros muelleri*, nhưng tác động rõ rệt đến sinh trưởng quần thể, khả năng trôi nổi và thành phần sinh hóa tế bào. Trong đó, hệ thống nuôi trong bình Carboy 20-L cho sự cân đối tốt nhất giữa sinh trưởng quần thể, phân bố tế bào trong cột nước và giá trị dinh dưỡng, phù hợp cho mục tiêu sản xuất sinh khối làm thức ăn sống.

Khẩu phần thức ăn vi tảo *Chaetoceros muelleri* có ảnh hưởng rõ rệt đến tỷ lệ sống, sinh trưởng và phát triển của ấu trùng tôm sú *Penaeus monodon*.

Trong các nghiệm thức thí nghiệm, khẩu phần 100×10^3 tb/ấu trùng/ngày ở giai đoạn Nauplius, 300×10^3 tb/ấu trùng/ngày ở giai đoạn Zoea và 200×10^3 tb/ấu trùng/ngày ở giai đoạn Mysis cho hiệu quả tối ưu từ giai đoạn Zoea đến PL₁.

Khuyến nghị được đưa ra là tùy theo điều kiện cụ thể của từng cơ sở sản xuất để lựa chọn mô hình nuôi vi tảo trong nhà hay ngoài trời phù hợp. Hệ thống nuôi trong bình Carboy 20-L dường như mang lại hiệu quả cao hơn. Tiến hành thêm các thí nghiệm phối trộn hai loài vi tảo với các tỷ lệ phối trộn khác nhau làm nguồn thức ăn ấu trùng tôm sú.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. 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*, in *Viện Nuôi trồng thủy sản*. 2025, Trường Đại học Nha Trang: Trường Đại học Nha Trang.
2. Nguyễn Trọng Nho, Tạ Khắc Thường, and Lục Minh Diệp, *Kỹ thuật nuôi giáp xác*. 2006, TP. Hồ Chí Minh: NXB Nông Nghiệp.
3. Andersen Robert A, *Algal culturing techniques*. 2005: Elsevier.
4. Brown MR, Jeffrey SW, Volkman JK, and Dunstan GA, *Nutritional properties of microalgae for mariculture*. *Aquaculture*, 1997. **151**(1-4): p. 315-331.
5. Council National Research, Earth Division on, Studies Life, Fish Committee on the Nutrient Requirements of, and Shrimp, *Nutrient requirements of fish and shrimp*. 2011: National academies press.
6. D'souza FML, Knuckey Richard M, Hohmann S, and Pendrey RC, *Flocculated microalgae concentrates as diets for larvae of the tiger prawn Penaeus monodon Fabricius*. *Aquaculture Nutrition*, 2002. **8**(2): p. 113-120.
7. de Moraes Laenne Barbara Silva, Santos Rudã Fernandes Brandão, Gonçalves Junior Genes Fernando, Mota Gécica Cavalcanti Pereira, Dantas Danielli Matias de Macêdo, de Souza Bezerra Ranilson, and Olivera Galvez Alfredo, *Microalgae for feeding of penaeid shrimp larvae: An overview*. *Aquaculture International*, 2022. **30**(3): p. 1295-1313.
8. Fogg Gordon Elliott and Thake Brenda, *Algal cultures and phytoplankton ecology*. 1987: Univ of Wisconsin Press.
9. Kooistra Wiebe HCF, Sarno Diana, Hernández-Becerril David U, Assmy Philipp, Di Prisco Carmen, and Montresor Marina, *Comparative molecular and morphological phylogenetic analyses of taxa in the Chaetocerotaceae (Bacillariophyta)*. *Phycologia*, 2010. **49**(5): p. 471-500.
10. Mai Thao Duc, Lee-Chang Kim Jye, Jameson Ian D, Hoang Tung, Cai Ngoc Bao Anh, and Pham Hung Quoc, *Fatty acid profiles of selected microalgae used as live feeds for shrimp postlarvae in Vietnam*. *Aquaculture Journal*, 2021. **1**(1): p. 26-38.
11. Martínez-Fernández Erika, Acosta-Salmón Héctor, and Southgate Paul C, *The nutritional value of seven species of tropical microalgae for black-lip pearl oyster (Pinctada margaritifera, L.) larvae*. *Aquaculture*, 2006. **257**(1-4): p. 491-503.
12. Mulderij G, Mooij WM, Smolders Alfons J P, and Van Donk E, *Allelopathic inhibition of phytoplankton by exudates from *Stratiotes aloides**. *Aquatic Botany*, 2005. **82**(4): p. 284-296.
13. Olenina Irina, *Biovolumes and size-classes of phytoplankton in the Baltic Sea*. 2006.
14. Piña Pablo, Nieves Mario, Ramos-Brito Luis, Chavira-Ortega Cesar O, and Voltolina Domenico, *Survival, growth and feeding efficiency of Litopenaeus vannamei protozoa larvae fed different rations of the diatom Chaetoceros muelleri*. *Aquaculture*, 2005. **249**(1-4): p. 431-437.
15. Walter Bettina, Peters Janna, and van Beusekom Justus EE, *The effect of constant darkness and short light periods on the survival and physiological fitness of two phytoplankton species and their growth potential after re-illumination*. *Aquatic Ecology*, 2017. **51**(4): p. 591-603.

V. LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường Đại học Nha Trang “Nghiên cứu sử dụng các loại thức ăn sống ương nuôi ấu trùng tôm sú *Penaeus monodon* Fabricius 1798 trong các điều kiện nhiệt độ khác nhau”, mã số TR2025-13-19. Nhóm tác giả trân trọng cảm ơn Công ty TNHH Moana Ninh Thuận đã hỗ trợ nguồn ấu trùng tôm sú phục vụ cho nghiên cứu.