

TÁI SỬ DỤNG NƯỚC THẢI NUÔI TÔM SIÊU THÂM CANH ĐỂ NUÔI VI TẢO VÀ *Artemia*

Nguyễn Đình Huy¹, Phạm Phương Linh¹,
Trương Thị Bích Hồng^{1*}, Lê Văn Thông², Nguyễn Tấn Sỹ¹

¹Viện Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

²Trường Thủy Sản, Đại học Cần Thơ

*Tác giả liên hệ: hongttb@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 12.08.2025

Ngày chấp nhận đăng: 20.01.2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng tái sử dụng nước thải từ nuôi tôm siêu thâm canh để nuôi vi tảo *Chaetoceros muelleri* và *Artemia*, hiệu quả sử dụng nguồn vi tảo nuôi từ nước thải nuôi tôm làm thức ăn bổ sung cho *Artemia*. Thí nghiệm 1 (TN1), đánh giá sự sinh trưởng của *C. muelleri* trong nước thải có bổ sung dinh dưỡng khác nhau gồm 4 NT: f/2 (TNT+f/2); Silicate (TNT+Si); không bổ sung dinh dưỡng (TNT) và nước biển bổ sung f/2 làm đối chứng (TĐC). Tảo *C. muelleri* phát triển tốt và đạt mật độ cực đại ($26,1 \times 10^5$ tb/ml) ở nghiệm thức (NT) bổ sung dinh dưỡng f2 (TNT+f/2) vào ngày nuôi thứ 3. TN2, ảnh hưởng của 5 mật độ *Artemia* ban đầu 100, 200, 300, 400, 500 con/l và cho ăn hai loại vi tảo được nuôi trong môi trường dinh dưỡng khác nhau (TNT+Si và tảo đối chứng (TĐC)) lên sinh trưởng *Artemia* sau 15 ngày nuôi. Tỷ lệ sống và kích thước về chiều dài của *Artemia* đạt cao nhất (81,3%) khi nuôi ở mật độ 100 con/l. Kết quả của nghiên cứu này góp thêm cơ sở cho việc chuyển hoá dinh dưỡng từ nước thải nuôi tôm thành sinh khối của *Artemia* qua mắt xích thức ăn trung gian là vi tảo phát triển nuôi trồng thủy sản bền vững với môi trường.

Từ khóa: Vi tảo (*C. muelleri*), *Artemia*, sinh khối, nước thải nuôi tôm.

Reusing Wastewater from Intensive Shrimp Farming to Cultivate Microalgae and *Artemia*

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential of reusing wastewater from super-intensive shrimp farming for cultivating the microalga (*Chaetoceros muelleri*) and *Artemia* and to evaluate the effectiveness of utilizing microalgae grown in shrimp wastewater as a supplementary feed for *Artemia*. Experiment 1 (Exp. 1) evaluated the growth of *C. muelleri* in wastewater with four nutrient supplementation: f/2 medium (TNT+f/2), silicate containing medium (TNT+Si), medium without additional nutrients (TNT), and treated seawater with f/2 medium as the control (TĐC). *C. muelleri* algae grew well and reached maximum density (26.1×10^5 cells/ml) in the nutrient-supplemented treatment (f/2) (TNT+f/2) on the 3rd day of culture. Exp.2 investigated the effects of five initial *Artemia* stocking densities (100, 200, 300, 400, and 500 ind/L) and feeding with 2 types of microalgae cultured in different nutrient media (TNT+Si and control (TĐC)) on *Artemia* growth after 15 days of culture. The survival rate and length of *Artemia* were highest (81.3%) when reared at a density of 100 individuals/L. The results demonstrate the potential to transform nutrients contained in shrimp farming wastewater into *Artemia* biomass through algae in the food chain and to develop environmentally sustainable aquaculture.

Keywords: Microalgae (*C. muelleri*), *Artemia*, biomass, wastewater of shrimp farming.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo khảo sát của Liên minh Thủy sản toàn cầu cho thấy, sản lượng tôm nuôi trên thế giới tăng từ 3,2 triệu tấn năm 2010 và ước tính đạt 5,6 triệu tấn vào năm 2023 (Darryl, 2023;

FaoStat, 2024). Trung bình để sản xuất ra 1kg tôm tại Việt Nam cần 45,5m³ nước, Thái Lan là 14m³ nước, Indonesia là 55m³ nước, Ấn Độ là 39,2m³ nước, Ecuador là 76,8m³ nước và hệ số FCR từ 1,2-1,6 (Boyd & cs., 2021). Trong mỗi kilogram thức ăn tôm công nghiệp có hàm lượng

protein 35% chứa 56 gram nitơ (Losordo, 1991), tôm chỉ hấp thu được 19-25% nitơ trong thức ăn, phần còn lại được thải ra môi trường nước. Trong đó, tỷ lệ nitơ tồn tại ở dạng các muối NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- trong nước từ 34,6%-39,5%, còn lại tồn tại ở dạng các chất hữu cơ lắng đáy, lơ lửng và hòa tan (Chen & cs., 2018). Nước thải từ nuôi tôm tác động xấu đến môi trường nước do tích tụ chất thải gây phú dưỡng, bùng phát dịch bệnh, ảnh hưởng đến sự đa dạng sinh học và tính bền vững của nghề nuôi tôm (Iber & Kasa, 2021).

Để phát triển bền vững nghề nuôi, những giải pháp công nghệ được ứng dụng như Biofloc, hệ thống nuôi tuần hoàn, nuôi trồng thủy sản kết hợp đa loài kết hợp các nhóm sinh vật tự dưỡng (rong, vi tảo) và dị dưỡng (ngao, sò, cá rô phi) để chuyển hóa chất thải thành sinh khối sinh vật hữu ích và làm giảm tác động xấu đến môi trường (Lothmann & Sewilam, 2023; Hà Văn Thái & cs., 2017). Tuy nhiên, giải pháp nuôi kết hợp đa loài này chưa được ứng dụng phổ biến do: đối tượng nuôi kết hợp thường chiếm diện tích nuôi lớn, thời gian nuôi kéo dài, giá trị kinh tế thấp, thời gian thu hoạch không đồng bộ và khả năng thích ứng với nguồn nước thải của các đối tượng khác nhau.

Những nghiên cứu về sử dụng nước thải nuôi tôm để nuôi sinh khối vi tảo *Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp., *Dunaliella* sp., *Chaetoceros* sp., *T. chuii* đều cho kết quả khả quan (Khatoon & cs., 2016; Santanumurti & cs., 2022). Trong những nghiên cứu về vấn đề này, tảo *Chaetoceros* sp. thường được dùng là đối tượng nghiên cứu chính vì khả năng thích ứng trong điều kiện nước thải tốt, giá trị dinh dưỡng cao và là loài tảo được sử dụng làm thức ăn cho *Artemia* hiệu quả nhất (Febrinawati & cs., 2020; Nguyễn Tấn Sỹ, 2012).

Mặt khác, chất hữu cơ có kích thước nhỏ hơn $50\mu\text{m}$ lơ lửng trong nước thải tôm, cá có thể tận dụng làm thức ăn cho *Artemia* (Nguyễn Đình Huy & cs., 2020; Yao & cs., 2018). Hơn nữa, sinh khối *Artemia* nuôi trong nước thải nuôi trồng thủy sản được tăng thêm khi được bổ sung tảo *Chaetoceros* sp. làm thức ăn (Gharibi

& cs., 2021; Mohebbi & cs., 2016). Tuy nhiên, việc sử dụng vi tảo nuôi trong điều kiện chuẩn làm thức ăn cho *Artemia* sẽ làm tăng chi phí khi áp dụng vào thực tiễn sản xuất. Vì vậy, nghiên cứu này nhằm đánh giá khả năng tận dụng nguồn nitơ và phospho trong nước thải hệ thống nuôi tôm quy mô thực nghiệm để nuôi hai nhóm sinh vật tự dưỡng và dị dưỡng có giá trị kinh tế cao, gia tăng sinh khối nhanh, ít tốn diện tích là vi tảo và *Artemia*. Kết quả của nghiên cứu này góp phần thêm giải pháp giảm thiểu tác động từ nước thải đến môi trường tự nhiên và hướng tới nuôi trồng thủy sản bền vững.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm

Thí nghiệm được thực hiện tại Trung tâm Thực nghiệm Nuôi trồng thủy sản Cam Ranh, thuộc Viện Nuôi trồng Thủy sản, Đại Học Nha Trang.

2.2. Vật liệu

Nước đưa vào thí nghiệm được thu từ nguồn nước thải ra hàng ngày của ao nuôi tôm siêu thâm canh theo quy trình thay nước định kỳ 10-30%/ngày. Ao nuôi thương phẩm có lót bạt đáy, diện tích 200m^2 , mật độ thả $250\text{ con}/\text{m}^2$ kích cỡ tôm tại thời điểm thu nước thải 15,8 gram/con và cho ăn thức ăn công nghiệp với khẩu phần ăn 4%. Nước thải được chứa trong bể composite có thể tích 5m^3 có sục khí nhẹ và che 100% bằng lưới lan hạn chế 75% ánh sáng. Các chỉ tiêu lý hóa học NH_4^+ ; NO_2^- ; NO_3^- ; PO_4^{3-} ; Alkaline; pH; nhiệt độ; độ mặn của môi trường nước thải được xác định trước khi sử dụng cho thí nghiệm.

Tảo sử dụng là loài *C. muelleri* được lấy từ phòng tảo gốc của Viện Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang và nuôi bằng nguồn nước biển khử trùng bằng Chlorine (20ppm) có độ mặn 25ppt bổ sung môi trường f/2 với điều kiện nhiệt độ 27°C mật độ cấy $50.000\text{ tb}/\text{ml}$, chiếu sáng bằng đèn (Philip 60W) với chu kỳ 24 sáng: 0 tối. Khi mật độ quần thể $> 3\text{tr tb}/\text{ml}$ được dùng cho thí nghiệm (Doan & cs., 2018).

Artemia được ấp nở từ trứng bào xác *Artemia franciscana* dòng Vĩnh Châu. Sau khi ấp nở 24h, *Artemia* được nuôi với mật độ 2.000 con/l trong bể có thể tích 100 lít, có độ mặn 25ppt. Tảo *C. muelleri* được cung cấp vào bể làm thức ăn cho *Artemia*. Mật độ tảo đưa vào bể nuôi thay đổi theo ngày tùy thuộc vào khẩu phần ăn của *Artemia* theo bảng thức ăn của Naegel (1999). Sau 3 ngày nuôi, *Artemia* được sử dụng cho TN.

2.3. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của dinh dưỡng bổ sung lên sinh trưởng của vi tảo *C. muelleri* nuôi từ nguồn nước thải nuôi tôm siêu thâm canh. Thí nghiệm (TN) này nhằm so sánh sinh trưởng của vi tảo nuôi từ nguồn nước thải tôm trong điều kiện nhiệt độ và ánh sáng tự nhiên giữa các nghiệm thức bổ sung các chế độ dinh dưỡng khác nhau vào môi trường nuôi. Từ đó, làm cơ sở để sử dụng vi tảo nuôi từ nguồn nước thải tôm siêu thâm canh làm thức ăn cho *Artemia* trong điều kiện thực nghiệm.

Tảo được nuôi trong bình nhựa đặt trên kệ, có sục khí với mật độ cấy tảo ban đầu là 50.000 tb/ml. Nguồn nước được lấy từ bể chứa nước thải 5m³. Các chỉ tiêu môi trường nước được xác định trước khi thí nghiệm (Độ mặn: 30,5ppt; nhiệt độ nước: 28,5°C; pH: 8,4; Alkaline: 146 mg/l; TAN: 3,2 mg/l; NO₂⁻: 2,0 mg/l; NO₃⁻: 35 mg/l; PO₄³⁻: 2,3 mg/l). Mật độ tảo được xác định cách nhau 24 h/lần để đánh giá tốc độ phát triển của quần thể.

TN được thực hiện trong 16 bình nhựa có thể tích 5 l/bình với 4 nghiệm thức (NT) khác nhau với 4 lần lặp:

- + Nước thải nuôi tôm siêu thâm canh bổ sung 100% môi trường nuôi tảo f/2 (TNT+f/2).
- + Nước thải nuôi tôm siêu thâm canh bổ sung 30ppm silicate (TNT+Si) (silicate dạng bột hàm lượng 96%)
- + Nước thải nuôi tôm siêu thâm canh (TNT).
- + Nước biển sạch bổ sung 100% môi trường f/2 làm nghiệm thức đối chứng (TĐC).

Trong đó, nghiệm thức TNT+f/2 coi như NT đối chứng dương so với các NT: TNT+Si và TNT

nhằm đánh giá sinh trưởng của vi tảo trong điều kiện bổ sung đầy đủ dinh dưỡng (môi trường f/2) vào nước thải.

Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng mật độ *Artemia* ban đầu và nguồn vi tảo bổ sung (TNT+Si và TĐC) lên chiều dài, tỷ lệ sống, sinh khối của *Artemia* nuôi trong nước thải nuôi tôm siêu thâm canh được thiết kế hai nhân tố gồm 5 mức mật độ thả 100 - 200 - 300 - 400 - 500 con/l và sử dụng hai nguồn tảo TNT+Si và TĐC làm thức ăn bổ sung. Mục đích của TN này nhằm so sánh sự ảnh hưởng của hai nguồn vi tảo lên sinh trưởng của *Artemia* và tìm ra mật độ ban đầu hiệu quả cho thu sinh khối *Artemia*. Mặc dù NT TNT+Si không cho kết quả tốt nhất về sinh trưởng của vi tảo nhưng xét về tính kinh tế, khả năng ứng dụng vào thực tiễn cũng như ý nghĩa về việc giảm nguồn nitơ và phospho trong nước thải tôm lên nuôi vi tảo chỉ bổ sung thêm silicate được lựa chọn cho TN này.

Thí nghiệm được thực hiện trong 30 bình thủy tinh, có thể tích 10 lít/bình và được cấp 5l nước thải nuôi tôm siêu thâm canh/bình, nguồn nước để nuôi *Artemia* được lấy từ bể chứa nước thải 5m³ và được lọc qua túi lọc cỡ mắt lưới 300 mesh. Thí nghiệm được thiết kế với 5 mức mật độ × 2 nguồn tảo × 3 lần lặp. Các NT được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ tự nhiên, có mái che bằng lưới Thái Lan độ che phủ 75% ánh sáng. Nhiệt độ không khí 28,5°C-31,5°C.

Thời gian nuôi sinh khối kéo dài 15 ngày. *Artemia* 3 ngày tuổi và được nuôi thuần 2 ngày trong nước thải nuôi tôm trước khi sử dụng cho TN. *Artemia* trong các nghiệm thức được cho ăn tảo *C. muelleri* nuôi trong hai môi trường khác nhau 2 lần/ngày (8h-17h) dựa theo bảng cho ăn của Naegel (1999). Tảo *C. muelleri* được thu cho ăn đều ở pha tăng trưởng, trước khi cho ăn, mật độ tảo được xác định, sau đó tính theo thể tích nước tương ứng với số lượng vi tảo cho ăn/lần, thể tích nước được cấp vào các bình nuôi *Artemia* đảm bảo đủ số lượng vi tảo cung cấp làm thức ăn.

Trước mỗi lần cho ăn, nước trong bình nuôi *Artemia* được lấy ra tương ứng với thể tích nước tảo cấp mới vào nhằm đảm bảo sự ổn định về mật độ nuôi. Các bình nuôi *Artemia* được

siphong 1 lần/ngày để loại bỏ chất thải lắng ở đáy bình, sau 3-5 ngày nuôi tiến hành thay nước 80% thể tích nước mỗi bình nuôi. Sau 15 ngày nuôi, các chỉ số chiều dài, tỷ lệ sống, sinh khối được xác định ở tất cả các nghiệm thức.

2.4. Thu mẫu

Các yếu tố môi trường nước gồm: TAN; NO₂⁻; NO₃⁻; PO₄³⁻; Alkalinity; pH được xác định bằng bộ Test nhanh Sera; nhiệt độ đo bằng nhiệt kế thủy ngân chia vạch; độ mặn đo bằng tỷ trọng kế.

Đếm mật độ tảo: Mẫu vi tảo trong các bình nuôi cấy hàng ngày được thu thập. Buồng đếm tế bào máu Neubauer Improved có độ sâu 0,1mm và kính hiển vi quang học Olympus, BX 41TF (Japan) được sử dụng để xác định mật độ tảo.

Chiều dài của *Artemia*: Tiến hành đo chiều dài *Artemia* bằng kính hiển vi soi nổi (Olympus SZ61) có gắn thước đo trên thị kính (mỗi NT bắt ngẫu nhiên 30 con để đo chiều dài). Cách đo từ đỉnh đầu của *Artemia* đến điểm cuối của đuôi (Trần Hữu Lễ & cs., 2018). Chiều dài của *Artemia* được tính theo công thức như sau:

$$L(\mu\text{m}) = (N \times 1.000)/41$$

Trong đó: L là kích thước thực tế N là số vạch trên trục vi thị kính của cơ thể *Artemia*. 41 là số vạch trên thước tương ứng với 1.000μm ở mức độ phóng đại 4

Tỷ lệ sống của *Artemia* được xác định dựa vào số lượng *Artemia* khi bắt đầu thí nghiệm và số lượng *Artemia* vào ngày thu mẫu.

$$\text{TLS (\%)} = (A/B) \times 100$$

Trong đó: TLS là tỷ lệ sống; A (số cá thể/l) là số cá thể *Artemia* đếm được trong ngày nuôi thứ n/l nước; B (số cá thể/l) là số cá thể *Artemia* đếm được khi bắt đầu thí nghiệm.

Sinh khối *Artemia* được xác định bằng cách vớt toàn bộ *Artemia* trong bình bằng vợt lưới nhỏ, để khô nước trong 1 phút và cân toàn bộ số *Artemia* bằng cân điện tử có sai số 0,1 gram.

2.5. Xử lý số liệu

Mật độ tảo được đánh giá thông qua phân tích phương sai một yếu tố (One-Way ANOVA). Các khác biệt về kích thước, tỷ lệ sống và sinh

khối của *Artemia* được đánh giá bằng phân tích phương sai hai yếu tố (two-way ANOVA). Các so sánh theo cặp hậu kiểm được thực hiện bằng Tukey-HSD test (sử dụng gói stats, với mức ý nghĩa P < 0,05). Để biểu diễn dữ liệu bằng biểu đồ, chúng tôi sử dụng gói ggplot2. Toàn bộ quá trình phân tích dữ liệu và xây dựng biểu đồ được thực hiện bằng phần mềm RStudio 2023.03.0+386.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các yếu tố môi trường nước thải tôm

Các chỉ tiêu môi trường nước biển và nước thải nuôi tôm siêu thâm canh dùng cho thí nghiệm được trình bày ở bảng 1.

Kết quả chỉ số môi trường nước đầu vào cho thấy nước thải nuôi tôm siêu thâm canh có hàm lượng dinh dưỡng cao, đặc biệt là TAN (3,5 mg/l), NO₃⁻ (40 mg/l) và PO₄³⁻ (2,5 mg/l). Đây là nguồn cung cấp nitơ và phospho dồi dào - hai yếu tố thiết yếu cho sinh trưởng của vi tảo (Li & cs., 2019). Độ mặn (30ppt) và pH (8,2) trong nước thải nằm trong khoảng thích hợp cho sự phát triển của *Chaetoceros* sp. (Minggat & cs., 2021). Alkalinity ở mức 120-140 mg/l và nhiệt độ 28,5-29°C cũng trong ngưỡng thuận lợi cho sinh trưởng của vi tảo.

Yếu tố môi trường chính quyết định đến sự sinh trưởng và phát triển của *Artemia* là độ mặn (Le & cs., 2024, Nguyễn Văn Hòa, 2018). *Artemia* có khả năng thích ứng rộng với các yếu tố môi trường như độ mặn TAN; NO₂⁻; NO₃⁻; PO₄³⁻; độ kiềm; pH (Van & cs., 2024; Nguyễn Văn Hòa, 2007). Do đó, các chỉ tiêu môi trường trong nước thải nuôi tôm siêu thâm canh đều trong khoảng phù hợp cho nuôi sinh khối *Artemia*.

3.2. Sinh trưởng của quần thể tảo (*C. muelleri*) trong các nghiệm thức

Kết quả thí nghiệm cho thấy, quần thể vi tảo ở 4 NT đều phát triển nhanh, đạt cực đại vào ngày nuôi thứ 3 và bắt đầu chuyển sang pha tàn lụi từ ngày nuôi thứ 4. Trong đó, sinh trưởng của vi tảo tốt nhất đạt mật độ cực đại $26,1 \times 10^5$ tb/ml và tốc độ suy tàn cũng là chậm nhất vào ngày nuôi thứ 7, mật độ của quần thể tảo vẫn còn đạt

$9,5 \times 10^5$ tb/ml ở nghiệm thức TNT+f/2. Ngược lại, sinh trưởng của tảo kém nhất đạt mật độ cực đại thấp nhất $17,5 \times 10^5$ tb/ml và quần thể tảo suy tàn hoàn toàn vào ngày nuôi thứ 7 ở nghiệm thức TNT (Hình 1).

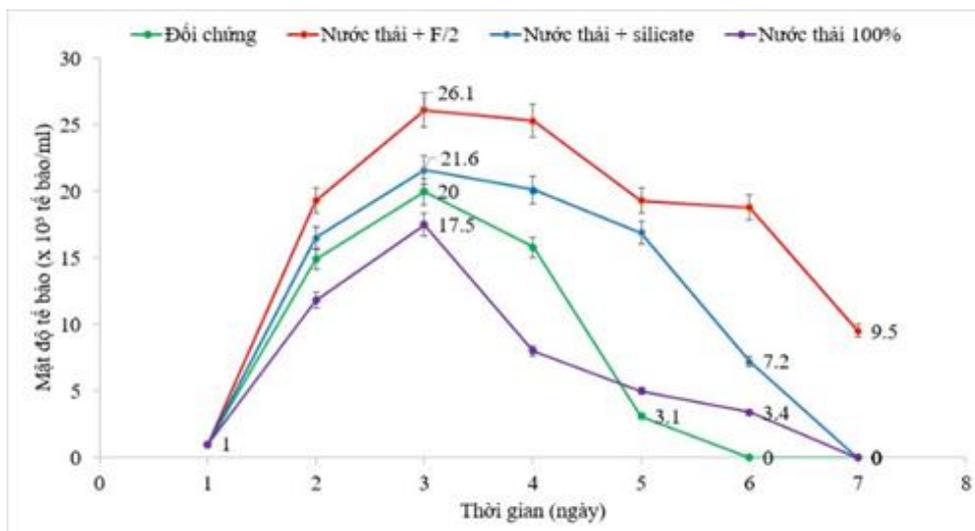
Nghiệm thức TNT+Si cho kết quả khả quan và rất ý nghĩa trong ứng dụng vào sản xuất khi mật độ vi tảo đạt cực đại $21,6 \times 10^5$ tb/ml cao hơn nghiệm thức TĐC đạt 20×10^5 tb/ml mặc dù thấp hơn so với nghiệm thức TNT+f/2 ($P < 0,05$).

Tốc độ tăng trưởng của quần thể tảo được thể hiện ở hình 1 cho thấy, mật độ tảo đạt cao nhất ($26,1 \times 10^6$ tế bào/ml) ở NT TNT + f/2, phản ánh rõ rệt hiệu quả của việc tái sử dụng nước thải nuôi tôm siêu thâm canh khi được bổ sung vi lượng cân đối. Nghiên cứu này có kết quả

tương tự với TN của Khatoon & cs. (2016) và Santanumurti & cs. (2022), vi tảo có thể sinh trưởng tốt trong nước thải thủy sản, đặc biệt trong giai đoạn đầu (3-4 ngày), nhờ vào hàm lượng cao các chất NO_3^- và PO_4^{3-} có trong nước thải. Nghiên cứu của Febrinawati & cs. (2020) trên loài *C. amami* cũng ghi nhận quần thể loài *C. amami* đạt cao nhất khi sử dụng nước thải nuôi tôm sau xử lý cơ bản. Các loài tảo silic có khả năng thích nghi tốt với môi trường nước thải giàu dinh dưỡng, nếu được duy trì các điều kiện môi trường vật lý - hoá học ổn định. Mật độ tế bào sụt giảm sau ngày thứ 3 ở tất cả các NT cũng phản ánh đúng hiện tượng giới hạn dinh dưỡng vi lượng hoặc tích tụ chất ức chế sinh trưởng đã được đề cập bởi Magnotti & cs. (2016).

Bảng 1. Chỉ số môi trường nước đầu vào dùng nuôi vi tảo và *Artemia*

Chỉ số môi trường	Nước biển	Nước thải tôm trong bể 5m ³
TAN (mg/l)	0	3,5
NO ₂ ⁻ (mg/l)	0	2,0
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0	40
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0	2,5
pH	8,4	8,2
Alkaline (ppm)	140	120
Độ mặn (ppt)	31	30
Nhiệt độ (°C)	28,5	29



Hình 1. Sinh trưởng của vi tảo *C. muelleri* nuôi trong nước thải nuôi tôm siêu thâm canh với các nghiệm thức bổ sung dinh dưỡng khác nhau

Bổ sung dinh dưỡng f/2 vào môi trường nuôi vi tảo sẽ tăng thêm chi phí, giảm đi tính tiện lợi trong thao tác kỹ thuật và đặc biệt nguồn dinh dưỡng của môi trường f/2 sẽ được chuyển hoá thành sinh khối vi tảo thay vì nguồn dinh dưỡng trong nước thải. Tuy nhiên, silicate là muối rẻ tiền, dễ mua, dễ sử dụng, cần thiết cho đảm bảo chất lượng của vi tảo và tạo ra sinh khối tốt hơn TĐC. Silicate là nguyên tố cấu tạo vỏ tế bào vi tảo, giúp vi tảo tăng khả năng sinh trưởng của các loài tảo thuộc nhóm tảo silic. Chính vì vậy, nhiều nghiên cứu đã thử nghiệm nuôi tảo silic với các nồng độ silicate khác nhau nhằm tìm ra hàm lượng tối ưu (Afianti & Endrawati, 2024). Mặc dù trong nước thải nuôi tôm, hàm lượng silicate rất thấp < 6 mg/l, tuy nhiên những nghiên cứu nuôi vi tảo từ nguồn nước thải nuôi tôm có bổ sung thêm silicate là rất hạn chế, trong khi đó môi trường f/2 được coi là môi trường chuẩn để nuôi vi tảo có hàm lượng silicate là 30 mg/l. Vì vậy, NT nuôi vi tảo có bổ sung thêm silicate (30 mg/l) nhằm đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung này lên sinh trưởng vi tảo với các NT khác nhau nhằm thêm số liệu hữu ích cho khả năng tận dụng nước thải nuôi tôm để nuôi vi tảo.

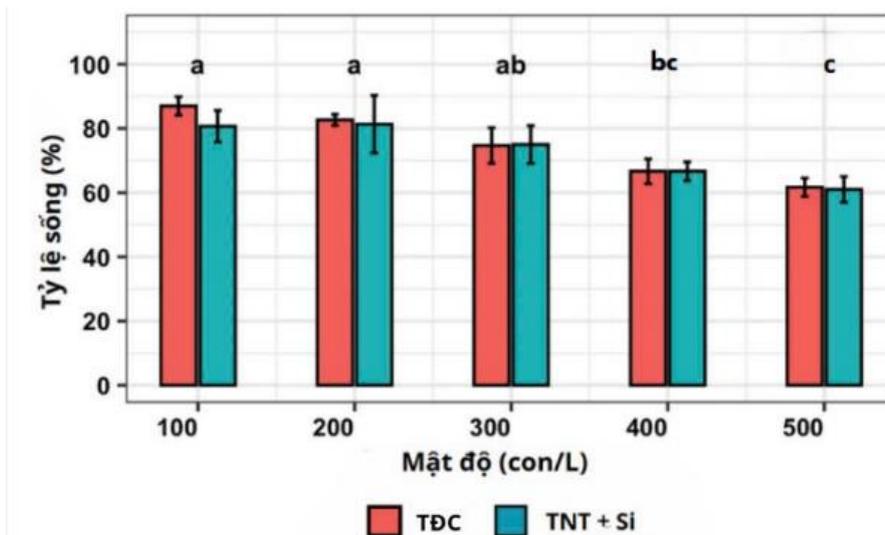
Vì vậy, kết quả nuôi vi tảo từ nghiệm thức TNT+Si được ưu tiên lựa chọn sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo nhằm đảm bảo ý nghĩa của nghiên cứu này và khả năng ứng dụng cao

vào thực tiễn sản xuất. Như vậy, việc tái sử dụng nước thải nuôi tôm siêu thâm canh không chỉ góp phần giảm chi phí sản xuất vi tảo, mà còn hỗ trợ xử lý dinh dưỡng dư thừa hướng đến hệ thống nuôi trồng thủy sản tuần hoàn bền vững.

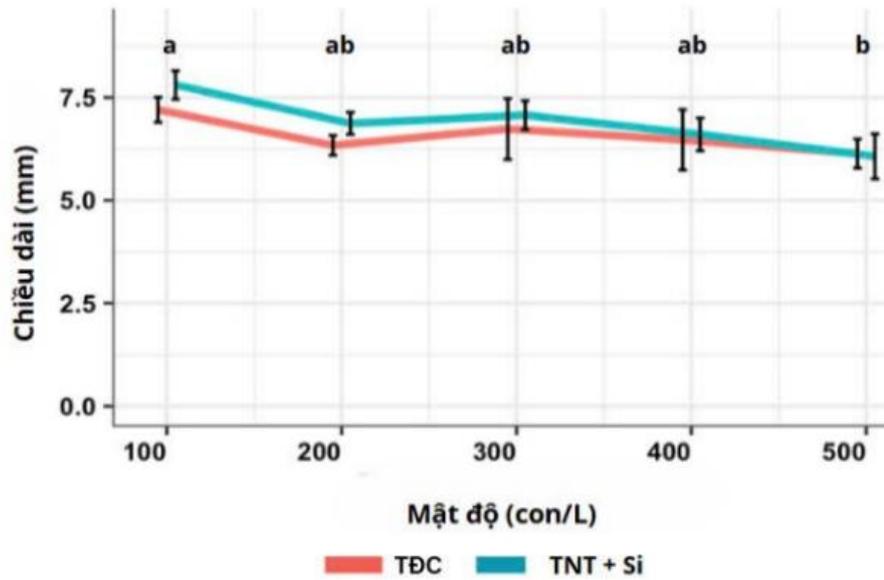
3.3. Ảnh hưởng của mật độ và nguồn gốc tảo bổ sung lên chiều dài, tỷ lệ sống và sinh khối của *Artemia*

Mật độ thả nuôi đã ảnh hưởng rõ ràng tới tỷ lệ sống của *Artemia*. Tỷ lệ sống đạt cao nhất $81,3 \pm 15,5\%$ ở nghiệm thức thả nuôi với các mật độ 100 con/l. Trái lại, tỷ lệ sống giảm dần chỉ đạt $61,3 \pm 6,9\%$; $66,6 \pm 5,3\%$ ở mật độ thả nuôi với mật độ cao 400, 500 con/l, tương ứng, sai khác có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) (Hình 2).

Kết quả sinh khối ứot của *Artemia* cho thấy, mặc dù khi thả nuôi *Artemia* với mật độ cao (500 con/l) có tỷ lệ sống thấp nhất, kích thước chiều dài cũng thấp nhất nhưng sinh khối thu được lại đạt cao nhất $1,1 \pm 0,1$ g/l (ở NT thả nuôi 500 con/l và cho ăn TĐC). Ngược lại, khi *Artemia* được thả nuôi với mật độ thấp 100 con/l có tỷ lệ sống cao nhất, chiều dài cơ thể đạt cao nhất nhưng sinh khối lại đạt thấp nhất $0,4 \pm 0,03$ g/l (ở NT thả nuôi 100 con/l cho ăn TNT+ Si), sai khác có ý nghĩa thống kê với các nghiệm thức còn lại ($P < 0,05$) (Hình 5).



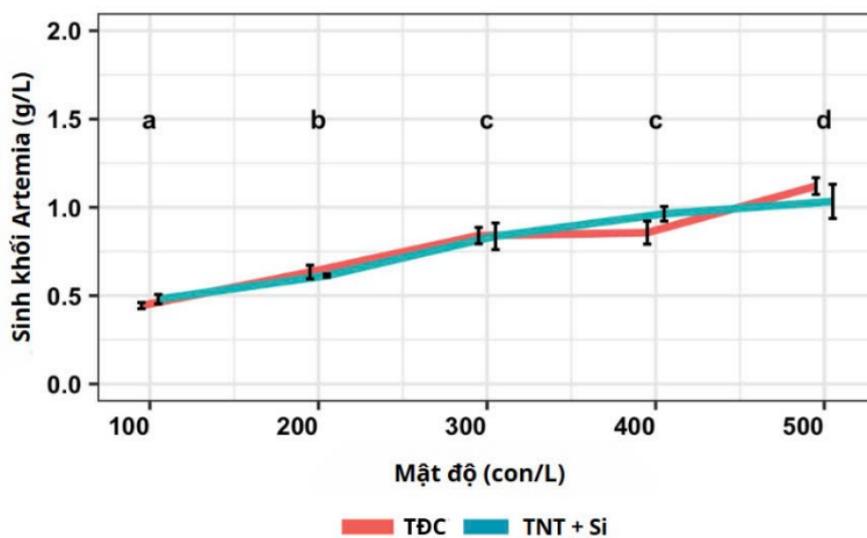
Hình 2. Tỷ lệ sống của *Artemia* ở mật độ thả và bổ sung vi tảo có nguồn gốc khác nhau



Hình 3. Chiều dài của *Artemia* ở các mật độ thả và bổ sung tảo có nguồn gốc khác nhau



Hình 4. Đo *Artemia* trưởng thành



Hình 5. Sinh khối của *Artemia* ở các mật độ thả và bổ sung tảo có nguồn gốc khác nhau

Mật độ thả nuôi ảnh hưởng tới sinh trưởng chiều dài của *Artemia*. Khi kết thúc thí nghiệm, chiều dài cơ thể của *Artemia* đạt cao nhất ở nghiệm thức thả nuôi với mật độ 100 con/l. Chiều dài của *Artemia* giảm dần ở các NT thả nuôi với mật độ cao hơn 200, 300 và 400 con/l. Trái lại, chiều dài của *Artemia* đạt thấp nhất ở NT thả nuôi với mật độ cao nhất (500 con/l), sai khác có ý nghĩa thống kê với NT thả mật độ 100 con/l (Hình 3).

Kết quả thí nghiệm cho thấy khi mật độ nuôi tăng lên, tỷ lệ sống giảm dần ở cả hai nhóm nghiệm thức có bổ sung TĐC và TNT+Si. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Nguyễn Văn Hòa (2007), Nguyễn Thị Kim Phương & Nguyễn Văn Hoàng (2013), mật độ nuôi cao làm giảm khả năng sống sót của *Artemia* do cạnh tranh không gian, oxy và dinh dưỡng. Nghiên cứu của Gharibi & cs. (2021) cũng đã kết luận, khi sử dụng nước thải trại cá hồi để nuôi *Artemia* ghi nhận xu hướng giảm tỷ lệ sống ở mật độ cao nếu không kiểm soát chất lượng nước và thức ăn. Mặc dù *Artemia* là loài ăn lọc, thức ăn luôn được duy trì ở mức thoả mãn, tuy nhiên sự cạnh tranh vẫn diễn ra và ảnh hưởng đến tỷ lệ sống và sinh khối của chúng (Gharibi & cs., 2021).

Sinh khối *Artemia* tăng dần theo mật độ và đạt cao nhất ở nghiệm thức thả nuôi với mật độ 500 cá thể/l ở cả 2 nghiệm thức sử dụng nguồn thức ăn vi tảo khác nhau TNT+Si và TĐC ($P < 0,05$). Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Le & cs. (2024), cho thấy nước thải nuôi tôm có thể được tận dụng làm môi trường nuôi sinh khối *Artemia* nếu quản lý phù hợp, đặc biệt khi kết hợp với sinh khối tảo sẵn có từ hệ thống xử lý. Ngoài ra, nghiên cứu của Trần Hữu Lễ & cs. (2018) cho thấy khi phối hợp giữa thức ăn công nghiệp và tảo tự nhiên, *Artemia* có thể đạt tỷ lệ sống và sinh sản cao hơn - điều này gợi ý khả năng kết hợp tảo nuôi bằng nước thải với khẩu phần bổ sung để nâng cao hiệu quả trong điều kiện sản xuất.

Khi so sánh ảnh hưởng của hai nhóm vi tảo TNT+Si và TĐC làm thức ăn bổ sung lên *Artemia* cho thấy: không có sự khác biệt về tăng trưởng chiều dài, tỷ lệ sống và sinh khối giữa hai nhóm tảo TĐC và TNT+Si ở cùng một mức

mật độ ban đầu ($P > 0,05$). Mặc dù chiều dài trung bình của mỗi nhóm thức ăn vi tảo giảm dần khi mật độ tăng, đây là hiện tượng thường thấy do sự cạnh tranh không gian, thức ăn được mô tả trong nghiên cứu của Dương Thị Mỹ Hân & cs. (2016). Mặc dù, nguồn chất hữu cơ trong nước thải có kích thước $< 50\mu\text{m}$ được tận dụng làm thức ăn cho *Artemia* (Nguyễn Đình Huy & cs., 2020; Le & cs., 2024), nhưng bổ sung thêm vi tảo làm thức ăn sẽ tăng tỷ lệ sống, tăng trưởng và sinh khối của *Artemia* (Gharibi & cs., 2021; Yao & cs., 2018). Điều này cho thấy cả hai nguồn tảo không có sự khác biệt về dinh dưỡng và sử dụng hiệu quả làm thức ăn cho *Artemia*.

Một điểm nổi bật trong nghiên cứu này là việc sử dụng nước nuôi vi tảo để cấp vào bể nuôi *Artemia* làm thức ăn hàng ngày thay vì dùng vi tảo được lọc hoặc ly tâm để tách riêng vi tảo với môi trường nuôi cho ăn như các nghiên cứu của Magnotti & cs. (2016), Trần Hữu Lễ & cs. (2018). Điều này sẽ làm giảm chi phí cũng như sự tiện lợi trong ứng dụng trên quy mô công nghiệp. Mặt khác, nguồn nước hàng ngày lấy ra từ bình nuôi *Artemia* có thể tái sử dụng trở lại hệ thống nuôi sau khi đã được loại bỏ nguồn dinh dưỡng bởi vi tảo và *Artemia*.

4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Các yếu tố môi trường nước thải nuôi tôm siêu thâm canh trong nghiên cứu phù hợp để nuôi tảo *C. muelleri* và *Artemia*.

Sinh khối tảo cao nhất trong môi trường nước thải có bổ sung f/2. Tuy nhiên, bổ sung silicate vào nước thải nuôi tôm để nuôi sinh khối vi tảo được khuyến khích sử dụng.

Mật độ thả nuôi *Artemia* ảnh hưởng tới tỷ lệ sống, kích thước chiều dài và sinh khối của quần thể *Artemia*. Mật độ ban đầu 100 con/l có tỷ lệ sống cao và đạt chiều dài lớn nhất. Mật độ ban đầu 500 con/l đạt sinh khối cao nhất. Tuy nhiên, mức mật độ *Artemia* ban đầu 300 con/l được khuyến nghị áp dụng.

Không có sự khác biệt về sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối *Artemia* khi sử dụng nguồn vi

tảo nuôi từ nước thải tôm so với nguồn vi tảo nuôi trong môi trường nước sạch đối chứng làm thức ăn bổ sung.

Kết quả của nghiên cứu này thêm cơ sở cho chuyển hoá dinh dưỡng từ nước thải nuôi tôm siêu thâm canh thành sinh khối của *Artemia* qua mắt xích thức ăn trung gian là vi tảo.

4.2. Kiến nghị

Nghiên cứu tích hợp vi tảo và *Artemia* vào trong hệ thống nuôi tôm nhằm thu hồi dinh dưỡng và tái sử dụng nước thải trong hệ thống nuôi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Afianti S. & Endrawati H. (2024). The influence of differences in silicate concentration on the growth of microalgae *Thalassiosira* sp. at the laboratory scale. *Journal of Marine Biotechnology and Immunology*. 2(1): 10-14.
- Boyd C.E., Davis R.P. & McNevin A.A. (2021). Comparison of resource use for farmed shrimp in Ecuador, India, Indonesia, Thailand, and Vietnam. *Aquaculture, Fish and Fisheries*. 1(1): 3-15.
- Chen Z., Hongxing G., Chang Z., Song X., Zhao F. & Li J. (2018). Nitrogen budget in recirculating aquaculture and water exchange systems for culturing *Litopenaeus vannamei*. *Journal of Ocean University of China*. 17: 905-912.
- Darryl J. (2023). Annual farmed shrimp production survey: A slight decrease in production reduction in 2023 with hopes for renewed growth in 2024. *Global Seafood Alliance*.
- Doan N.X., Vu M.T., Nguyen H.T., Tran H.T., Pham H.Q. & Dinh K.V. (2018). Temperature-and sex-specific grazing rate of a tropical copepod *P. annandalei* to food availability: Implications for live feed in aquaculture. *Aquaculture Research*. 49(12): 3864-3873.
- Dương Thị Mỹ Hân, Nguyễn Văn Hòa & Nguyễn Thị Ngọc Ánh (2016). Ảnh hưởng của hàm lượng protein khác nhau trong thức ăn lên sinh trưởng và sinh sản của *Artemia franciscana* Vĩnh Châu. *Tạp chí Khoa học và Phát triển*. 14(1): 1-9.
- FAO (2024). *Fishery and Aquaculture Statistics: Global production by production source 1950-2022*. FAOSTAT. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat/> on May 22, 2024.
- Febrinawati N., Berta P. & Hudaidah S. (2020). Utilization Waste Vanamei Shrimp Farming (*L.vannamei*) As A Media Culture *Chaetoceros Amami*. *Jurnal Perikanan*. 10(1): 20-28.
- Gharibi M.R., Noori A., Agh N. & Atashbar B. (2021). Rainbow trout farm effluent as a potential source of feed and medium for mass culture of *Artemia parthenogenetica*. *Aquaculture*. 530: 735714.
- Hà Văn Thái, Phí Thị Hằng, Phan Thị Ngọc Diệp & Trần Văn Dũng (2017). Tổng quan các mô hình có thể áp dụng để xử lý nước thải cho nuôi tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) vùng Bắc Trung Bộ. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy lợi*. 38.
- Iber B.T. & Kasan N.A. (2021). Recent advances in Shrimp aquaculture wastewater management. *Heliyon*. 7(11): e08283.
- Khatoun H., Banerjee S., Syakir Syahiran M., Mat Noordin N.B., Munafi Ambok Bolong A. & Endut A. (2016). Re-use of aquaculture wastewater in cultivating microalgae as live feed for aquaculture. *Desalination and Water Treatment*. 57(60): 29295-29302
- Le V. Thong, Nguyen V. Hoa, Nguyen D. Huy, Peter Bossier & Dinaino Nabiu (2024). Effluent from whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) intensive culture increases *Artemia* biomass. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 17(6): 2837-2851.
- Li K., Liu Q., Fang F., Luo R., Lu Q., Zhou W., Huo S., Cheng P., Liu J., Addy M., Chen P., Chen D., & Ruan R. (2019). Microalgae-based wastewater treatment for nutrients recovery: A review. *Bioresource technology*. 291: 121934.
- Losordo T.M. (1991). *An Introduction to Recirculating Production Systems Design. Engineering Aspects of Intensive Aquaculture*, Proceedings from the Aquaculture Symposium. Cornell University, Ithaca, NY.
- Lothmann R. & Sewilam, H. (2023). Potential of innovative marine aquaculture techniques to close nutrient cycles. *Reviews in Aquaculture*. 15(3): 947-964.
- Minggat E., Roseli W. & Tanaka Y. (2021). Nutrient absorption and biomass production by the marine diatom *Chaetoceros muelleri*: effects of temperature, salinity, photoperiod, and light intensity. *Journal of Ecological Engineering*. 22(1): 231-240.
- Magnotti C., Lopes R., Derner R. & Vinatea L. (2016). Using residual water from a marine shrimp farming BFT system. Part II: *Artemia franciscana* biomass production fed microalgae grown in reused BFT water. *Aquaculture Research*. 47(9): 2716-2722.
- Naegel L.C. (1999). Controlled production of *Artemia* biomass using an inert commercial diet, compared with the microalgae *Chaetoceros*. *Aquacultural engineering*. 21(1): 49-59.

- Nguyễn Đình Huy, Trương Thị Bích Hồng & Lư Thị Ngọc Nhanh (2020). Ảnh hưởng của nước thải từ ương tôm giống tới tỷ lệ sống, sinh trưởng và sinh sản của *Artemia*, Tạp chí Khoa học - Công Nghệ Thủy sản. (2): 40-48
- Nguyễn Tấn Sỹ (2012). Nghiên cứu ảnh hưởng của độ mặn, mật độ nuôi và thức ăn đến năng suất và chất lượng sinh khối *A. franciscana* Kellogge, 1906 nuôi trong ao đất tại Cam Ranh” Luận án tiến sĩ nông nghiệp, Trường Đại học Nha Trang. 187tr
- Nguyễn Thị Kim Phương & Nguyễn Văn Hoàng (2013). Ảnh hưởng của khẩu phần thức ăn lên sinh trưởng và một số chỉ tiêu sinh sản của *A. franciscana* (đòng Vĩnh Châu). Tạp chí khoa học Đại học Cần Thơ. (26): 34-42.
- Nguyễn Văn Hòa (2007). *Artemia* - Nghiên cứu và ứng dụng trong Nuôi trồng Thủy sản. Nhà xuất bản Nông nghiệp, TP Hồ Chí Minh. 134tr.
- Nguyễn Văn Hòa (2018). Ảnh hưởng của độ mặn, mật độ và phương thức thu hoạch đến năng suất của sinh khối *A. franciscana* nuôi trên bể. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ. 54: 129-141.
- Santanumurti B., Khanza S., Abidin Z., Berta P. & Hudaidah S. (2022). The Performance of Microalgae (*Nannochloropsis* sp., *Tetraselmis* sp. and *Dunaliella* sp.) on White Shrimp (*L. vannamei*) Wastewater Cultivation Media. Journal Of Aquaculture and Fish Health. 11(1): 1-9.
- Trần Hữu Lễ, Phạm Thị Ngọc Huyền & Nguyễn Văn Hòa (2018). Ảnh hưởng của liều lượng thức ăn phối chế kết hợp với tảo tự nhiên lên tỷ lệ sống, sinh trưởng và sinh sản của *A. franciscana* vĩnh châu trong điều kiện phòng thí nghiệm. Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp. 2(2): 705-714.
- Umar N.A. & Arnol M. (2024). Investigating the optimum silicon to nitrogen ratio (Si/N) for diatom (*Chaetoceros* sp.) culture. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. 17(6): 2557-2568.
- Van S.G., Sorgeloos P. & Rombaut G. (2024). Manual on *Artemia* production and use. Food & Agriculture Org. pp. 1-11
- Yao M., Luo G., Tan H., Fan L. & Meng H. (2018). Performance of feeding *Artemia* with biofloc derived from two types of fish solid waste. Aquaculture and fisheries. 3(6): 246-253.