BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG

NGUYỄN ĐÌNH HUY

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG *ARTEMIA* ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI TRONG HỆ THỐNG NUÔI TÔM THẺ CHÂN TRẮNG (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) THÂM CANH

BẢN TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

KHÁNH HÒA – 2026

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG

NGUYỄN ĐÌNH HUY

NGHIÊN CỨU SỬ DỤNG *ARTEMIA* ĐỂ XỬ LÝ NƯỚC THẢI TRONG HỆ THỐNG NUÔI TÔM THẺ CHÂN TRẮNG (*Litopenaeus vannamei* Boone, 1931) THÂM CANH CANH

Ngành đào tạo: Nuôi trồng Thủy sản Mã số: 9620301

BẢN TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC:
1. **TS. ĐINH VĂN KHƯƠNG**
2. **TS. NGUYỄN TẤN SỸ**

KHÁNH HÒA – 2026

MỞ ĐẦU

Trong hai thập kỷ qua, nuôi trồng thủy sản là một trong những ngành sản xuất thực phẩm có tốc độ tăng trưởng nhanh nhất trên thế giới nhằm đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về nguồn thực phẩm có nguồn gốc thủy sản[142]. Trong đó, sản phẩm tôm nuôi là đối tượng tăng mạnh từ khoảng 3,2 triệu tấn năm 2010 lên 6,8 triệu tấn vào năm 2022 và được dự báo sẽ tiếp tục gia tăng trong những năm tới [83].

Trung bình, để sản xuất ra 1 kg tôm tại các nước có sản lượng nuôi tôm lớn nhất trên thế giới như Việt Nam, Thái Lan, Indonesia, Ấn Độ, Ecuador, cần 14 - 76,8 m^3 nước và hệ số FCR từ 1,2 - 1,6 [50]. Trong mỗi kg thức ăn tôm công nghiệp có hàm lượng protein 35% chứa 56 gram Nitơ [59; 121], tôm chỉ hấp thu được 19 – 23% Nitơ trong thức ăn, phần còn lại được thải ra môi trường nước ở các dạng chất thải của tôm, thức ăn thừa, chất bài tiết [43; 45; 61]. Nguồn nước thải từ nuôi tôm tác động xấu đến môi trường nước do tích tụ chất thải gây phú dưỡng nguồn nước, bùng phát dịch bệnh, ảnh hưởng đến sự đa dạng sinh học và tính bền vững của nghề nuôi tôm. Trong đó, nguồn Nitơ trong nước thải được xem là nguyên nhân chính gây ra sự ảnh hưởng bất lợi này [103; 176].

Artemia là một trong những loại thức ăn ưa thích nhất của cá biển và giáp xác giai đoạn giống nhờ kích cỡ đa dạng 0,5 – 12 mm, giá trị dinh dưỡng cao đã đáp ứng được hầu hết các giai đoạn phát triển của tôm, từ ấu trùng tới giai đoạn trưởng thành [16; 167]. Hơn nữa, nhờ tập tính ăn lọc thụ động với các hạt hữu cơ có kích thước < 50 µm, *Artemia* có khả năng tiêu hoá lượng hữu cơ trong nước ước tính có thể lên tới > 60% khối lượng thân/ngày, khả năng lọc nước tới 64 ml/h [147] cùng chu kỳ sinh sản ngắn, từ 12 – 15 ngày, sức sinh sản cao 600 Nauplius/con giúp *Artemia* có thể gia tăng sinh khối nhanh từ 2 – 4 g/l [16; 167]. Những đặc điểm trên cho thấy *Artemia* có tiềm năng xử lý hiệu quả chất hữu cơ trong nước.

Một số nghiên cứu trước đây đã đề cập đến việc sử dụng nước thải hoặc các nguồn vật chất hữu cơ để nuôi Artemia, cũng như khả năng sử dụng *Artemia* trong cải thiện chất lượng nước. Tuy nhiên, các nghiên cứu tích hợp đánh giá đồng thời đặc tính của nguồn nước thải nuôi tôm, khả năng xử lý các thành phần hữu cơ và chất rắn lơ lửng, sự chuyển hóa và tích lũy Nitơ, khả năng tạo sinh khối *Artemia,* cũng như khả năng tái sử dụng sinh khối thu được trở lại hệ thống nuôi tôm còn hạn chế.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm: (1) đánh giá khả năng xử lý nước thải nuôi tôm thâm canh của *Artemia*; (2) xác định khả năng chuyển hóa và thu hồi một phần Nitơ từ nước thải vào sinh khối *Artemia*; và (3) đánh giá khả năng tái sử dụng sinh khối *Artemia* thu được từ quá trình xử lý nước thải làm thức ăn bổ sung cho tôm thẻ chân trắng. Qua đó, nghiên cứu hướng tới làm rõ vai trò của *Artemia* như một mắt xích sinh học trong chuỗi nước thải → vi tảo/vật chất hữu cơ → *Artemia* → tôm, kết nối quá trình xử lý nước thải – thu hồi dinh dưỡng – tạo sinh khối – tái sử dụng sinh khối, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và thúc đẩy tuần hoàn dinh dưỡng trong hệ thống nuôi tôm thâm canh.

Mục tiêu của đề tài:

Mục tiêu chung: Đánh giá khả năng sử dụng *Artemia* để xử lý nước thải theo hướng tuần hoàn dinh dưỡng nhằm giảm tác động bất lợi đến môi trường.

Mục tiêu cụ thể: (1) Đánh giá hiệu quả sử dụng *Artemia* để xử lý các chất hữu cơ trong nước thải nuôi tôm thâm canh. (2) Xác định hiệu quả thu hồi Nitơ trong các nguồn nước thải nuôi tôm thâm của *Artemia* (3) Xác định khả năng sử dụng *Artemia* nuôi từ nguồn nước thải nuôi tôm thâm canh làm thức ăn bổ sung cho tôm.

Ý nghĩa của đề tài:

Ý nghĩa khoa học: Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học về khả năng xử lý nước thải, thu hồi Nitơ vào sinh khối *Artemia* và tái sử dụng nguồn sinh khối này trong nuôi tôm thâm canh, góp phần bổ sung tài liệu tham khảo cho nghiên cứu và đào tạo trong lĩnh vực nuôi trồng thủy sản.

Ý nghĩa thực tiễn: Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng sử dụng *Artemia* để chuyển hóa một phần vật chất và dinh dưỡng trong nước thải nuôi tôm thành sinh khối có thể thu hoạch và tái sử dụng, góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng tài nguyên và hướng đến nuôi tôm theo nguyên lý tuần hoàn..

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN TÀI LIỆU

1.1. Hiện trạng ngành nuôi tôm trên thế giới và xu hướng phát triển

1.1.1. Vai trò của ngành nuôi tôm trong nuôi trồng thủy sản toàn cầu

Trong hệ thống nuôi trồng thủy sản toàn cầu, nuôi tôm được xem là một trong những ngành sản xuất có giá trị cao, mức độ thâm canh lớn và vai trò dẫn dắt đổi mới công nghệ rõ nét. Tôm từ lâu đã nằm trong nhóm các sản phẩm thủy sản có giá trị thương mại quốc tế cao nhất, thường chiếm khoảng 15–20% tổng giá trị thương mại thủy sản toàn cầu, và trong nhiều thập kỷ được xem là mặt hàng thủy sản được giao dịch nhiều nhất xét theo giá trị (FaoStat, 2024).

1.1.2. Sự phát triển của tôm thẻ chân trắng trên thế giới

Trong hơn hai thập kỷ qua, tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) đã trở thành loài tôm nuôi chủ lực trên phạm vi toàn cầu. Ban đầu được nuôi chủ yếu tại châu Mỹ, loài này được du nhập vào châu Á từ cuối thập niên 1990 và nhanh chóng thay thế nhiều loài tôm bản địa trong sản xuất thương phẩm (Briggs et al., 2004). Hiện nay, tôm thẻ chân trắng ước tính chiếm khoảng 80–90% tổng sản lượng tôm nuôi toàn cầu, vượt trội so với tôm sú (*Penaeus monodon*) và các loài khác (Emerenciano et al., 2022; Jory, 2023). Xu hướng tăng trưởng sản lượng tôm nuôi toàn cầu giai đoạn 2010–2024, phản ánh rõ sự đóng góp chi phối của tôm thẻ chân trắng trong tổng sản lượng. Sau giai đoạn chững lại do dịch bệnh EMS (2012–2013), sản lượng tôm nuôi đã phục hồi mạnh mẽ từ năm 2014 và duy trì ở mức cao đến nay (Jory, 2023).

1.2. Đặc điểm hệ thống nuôi tôm thâm canh và các công nghệ phổ biến hiện nay

1.2.1. Phân loại hệ thống nuôi tôm theo mức thâm canh khác nhau

1.2.1.2. Hệ thống nuôi tôm thâm canh

Hệ thống thâm canh thể hiện mức độ đầu tư cao hơn về kỹ thuật và quản lý so với bán thâm canh. Mật độ thả nuôi trong mô hình thâm canh thường từ 35 - 100 con PL/m², tùy loài tôm và thiết kế ao (FAO, 2018; Boyd & Tucker, 2012). Các ao nuôi thâm canh thường có diện tích nhỏ (0,1–1,0 ha, hiếm khi lớn hơn 2–5 ha) để dễ quản lý và kiểm soát điều kiện môi trường (Boyd, 2003). Mức độ quản lý ở hệ thống này được nâng lên *cao*: người nuôi áp dụng các quy trình kỹ thuật nghiêm ngặt, theo dõi hàng

ngày các chỉ tiêu môi trường (nhiệt độ, pH, ôxy hòa tan, độ kiềm và sức khỏe tôm. Thức ăn hoàn toàn là thức ăn công nghiệp chế biến sẵn (thường có độ đạm 30–40%), cho ăn theo khẩu phần tính toán dựa trên ước lượng sinh khối tôm. Tôm không còn phụ thuộc vào thức ăn tự nhiên, do đó việc quản lý cho ăn rất quan trọng nhằm tối ưu FCR và hạn chế ô nhiễm nước (Boyd & Tucker, 2012; FAO, 2018). Theo FAO, FCR trong nuôi tôm thâm canh trắng chân thường đạt 1,4 –1,8.

1.2.1.4. Mô hình nuôi tôm phổ biến tại Việt Nam.

Nghiên cứu của Cao và cs. (2025) tại Việt Nam cho thấy mỗi 1.000 kg tôm thâm canh thu hoạch có thể thải ra 263,6 kg nitơ, 5,0 kg phospho và 12.175 lít nước thải giàu dinh dưỡng. Rõ ràng, khi tăng lượng thức ăn đầu vào để đạt năng suất cao, lượng chất thải (đặc biệt là chất dinh dưỡng dư thừa) thải ra cũng tăng theo cấp số nhân. Nếu không được xử lý, các chất thải này gây phú dưỡng nước, kích thích tảo và vi khuẩn có hại phát triển, dẫn đến suy thoái chất lượng nước ao nuôi lẫn môi trường xung quanh. Điều này giải thích tại sao các vùng nuôi tôm thâm canh mật độ cao thường đối mặt với hiện tượng tảo nở hoa, thiếu oxy về đêm và dịch bệnh bùng phát.

1.3.1. Đặc tính nước thải trong hệ thống ao nuôi tôm thâm canh.

1.3.3. Ảnh hưởng của nước thải nuôi tôm thâm canh đến môi trường

1.3.3.1. Nguy cơ phú dưỡng môi trường nước ngoài từ nhiên

Nước thải từ hệ thống nuôi tôm thâm canh và siêu thâm canh mang theo lượng lớn nitơ (N) và phốt pho (P) phát sinh từ thức ăn dư thừa, bài tiết của tôm và quá trình khoáng hóa chất hữu cơ trong ao nuôi. Các nghiên cứu cân bằng dinh dưỡng cho thấy chỉ khoảng 20–30% N trong thức ăn được giữ lại trong sinh khối tôm, trong khi 70–80% còn lại đi vào nước thải và bùn thải dưới các dạng hòa tan và dạng hạt (Boyd & Massaut, 1999; Piedrahita, 2003; Verdegem, 2013) .

1.3.3.4. Gia tăng nguy cơ phát tán mầm bệnh.

Nước thải nuôi tôm giàu hữu cơ và dinh dưỡng còn tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của vi sinh vật cơ hội, đặc biệt là các loài Vibrio. Nhiều nghiên cứu cho thấy mật độ Vibrio trong môi trường nước có tương quan dương với tải hữu cơ và nitơ, làm gia tăng nguy cơ bùng phát dịch bệnh và lan truyền mầm bệnh giữa các ao nuôi và hệ sinh thái tự nhiên (Tseng et al., 2004; Thornber et al., 2020)

Thống kê toàn cầu cho thấy nuôi giáp xác xả ra tới $3{,}74 \times 10^{10}$ m^3 nước thải mỗi năm, trong đó riêng nuôi tôm có thể thải 5.345–7.157 m^3 nước thải cho mỗi tấn tôm sản xuất, làm gia tăng đáng kể nguy cơ phát tán mầm bệnh ở quy mô vùng và quốc gia (Ng et al., 2018; Badraeni et al., 2020)

1.4. Các giải pháp xử lý nước thải nuôi tôm thâm canh hiện nay

1.4.1. Giải pháp quản lý và xử lý chất thải rắn

1.4.4. Nuôi ghép đa bậc dinh dưỡng (Integrated Multi-Trophic Aquaculture – IMTA)

Là cách tiếp cận sinh thái trong nuôi trồng thủy sản, trong đó chất thải phát sinh từ một đối tượng nuôi được sử dụng làm nguồn dinh dưỡng cho các đối tượng khác ở bậc dinh dưỡng thấp hơn, qua đó tái cấu trúc dòng vật chất trong hệ thống nuôi theo hướng khép kín và hiệu quả hơn. Trọng tâm lý thuyết của IMTA không nằm ở việc "xử lý nước thải", mà ở quản lý và chuyển hoá dòng vật chất (đặc biệt là Nitơ và Phospho) theo logic tương tự các hệ sinh thái tự nhiên (Troell et al., 2009; Chopin et al., 2012).

1.5. Artemia và ứng dụng trong nuôi trồng thủy sản

1.5.2.2. Ứng dụng Artemia trong xử lý nước thải

Trong bối cảnh nuôi trồng thủy sản đa bậc tích hợp (Integrated Multi-Trophic Aquaculture – IMTA), việc kết hợp các loài được cho ăn với các sinh vật khai thác có khả năng hấp thu và đồng hóa chất thải hòa tan cũng như chất thải dạng hạt được xem là một chiến lược hiệu quả nhằm giảm phát thải dinh dưỡng và nâng cao tính bền vững của hệ thống nuôi (Troell et al., 2009; Chang et al., 2020). Song song với đó, khái niệm nuôi trồng thủy sản tuần hoàn (circular aquaculture) nhấn mạnh việc khép kín các chu trình dinh dưỡng thông qua thu hồi sinh học và tái sử dụng các dòng nước thải giàu nitơ, qua đó chuyển hóa chất thải thành sinh khối có giá trị sử dụng (Turcios & Papenbrock, 2014; Lothmann & Sewilam, 2023). Trong hướng tiếp cận này, Artemia có thể được xem là một sinh vật khai thác tiềm năng, vừa tham gia xử lý và thu hồi dinh dưỡng từ nước thải nuôi tôm thâm canh, vừa tạo ra sinh khối có thể tái sử dụng trong chuỗi sản xuất nuôi trồng thủy sản.

CHƯƠNG 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian, địa điểm và đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ 1/2021 – 12/2024. Thời gian tiến hành mỗi thí nghiệm từ 20 – 90 ngày tùy theo từng trường hợp cụ thể, bao gồm thời gian chuẩn bị.

Các thí nghiệm đều được thực hiện tại Trại thực nghiệm Nuôi trồng thuỷ sản nước mặn Cam Ranh, tỉnh Khánh Hòa. Sau khi thu thập, các mẫu được bảo quản và phân tích tại Trung tâm Thí nghiệm – Thực hành, Trường Đại học Nha Trang.

2.2.Nội dung nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện với 3 nội dung chính tập trung vào việc đánh giá ảnh hưởng của mật độ, kích thước ban đầu của Artemia và các nguồn nước thải từ các mô hình nuôi tôm khác nhau lên khả năng thích ứng và xử lý nước thải của Artemia. Ngoài ra, khả năng tái sử dụng Artemia thu từ nguồn xử lý nước thải tôm được sử dụng làm thức ăn bổ sung cho tôm cũng được nghiên cứu nhằm đánh giá tính khả thi trong ứng dụng trong mô hình nuôi công nghiệp.

Nội dung 1: **Đánh giá khả năng xử lý nước thải của *Artemia***

+ Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của các mức mật độ *Artemia* ban đầu (0 – 10 – 50 – 100 con/l lên hiệu quả xử lý nước thải nuôi tôm. (TN1)

+ Thí nghiệm 2: Ảnh hưởng của các mức kích thước chiều dài *Artemia* khác nhau (0.5 – 3 – 5 – 7 mm/con) lên hiệu quả xử lý nước thải nuôi tôm. (TN2)

Nội dung 2: **Xác định hiệu quả thu hồi Ni tơ trong các nguồn nước thải nuôi tôm thâm của *Artemia***

+ Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng của các mức mật độ ban đầu lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối *Artemi*a nuôi từ nguồn nước thải tôm thâm canh. (TN3)

+ Thí nghiệm 4: Ảnh hưởng của các nguồn nước thải từ mô hình nuôi tôm khác nhau lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối *Artemia*. (TN4).

+ Thí nghiệm 5: Đánh giá hiệu quả thu hồi Ni tơ trong các nguồn nước thải khác nhau (Autotrpphic, Mixotrophic) của *Artemia* theo thời gian. (TN5)

Nội dung 3: Sử dụng *Artemia* từ nguồn nước thải làm thức ăn cho tôm.

+ Thí nghiệm 6: Nuôi sinh khối *Artemia* từ nước thải ao nuôi tôm công nghiệp quy mô thực nghiệm. (TN6)

+ Thí nghiệm 7: Tái sử dụng *Artemia* nuôi từ nguồn nước thải làm thức ăn bổ sung cho tôm. (TN7)

2.3. Phương pháp tiếp cận

2.3.1. *Tiếp cận lịch sử*

Luận án tiến hành tổng quan và phân tích các nghiên cứu trước đây về đặc tính nước thải trong hệ thống nuôi tôm thâm canh, khả năng sinh trưởng của Artemia nuôi từ nguồn nước thải tôm và khả năng xử lý nước thải của Artemia. Tiếp cận thực nghiệm

Luận án thiết kế và tiến hành các thí nghiệm có đối chứng để đánh giá khả năng thích ứng của Artemia nuôi từ nguồn nước thải và khả nắng xử lý nước thải trong hệ thống nuôi tôm thâm canh. Tiếp cận hệ thống

2.4. Vật liệu nghiên cứu

2.4.1. *Nguồn nước biển dùng cho thí nghiệm.*

Nguồn nước sử dụng cho thí nghiệm là nước biển tự nhiên chứa và xử lý trong hệ thống ao 100 m^3 để dùng cho các thí nghiệm. Nước biển được xử lý theo quy trình phổ biến tại Trung tâm thực nghiệm Nuôi trồng thuỷ sản Cam Ranh bằng Chlorin 10 ppm (dạng bột, 70% hoạt chất) sau đó sục khí 48h trong điều kiện chiếu sáng tự nhiên và. Nguồn nước được bơm trực tiếp từ biển lên các chỉ số chất lượng nước đầu vào rất ổn định trong khoảng từ tháng 2 – tháng 9: độ mặn 31 - 33 ppt; pH 8,2 - 8,4; Độ kiềm 120- 140 mg/l; độ trong: > 2 m; nhiệt độ nước: 29 – 31^{0}C; TAN < 0,1 mg/l. Ngoài ra, nguồn nước ngọt dùng cho sinh hoạt được sử dụng để điều chỉnh độ mặn khi cần thiết.

2.4.2. *Nguồn Artemia thí nghiệm*

Artemia được ấp nở từ trứng bào xác *Artemia franciscana* dòng Vĩnh Châu mua trên thị trường. Sau khi ấp nở 24h theo hướng dẫn của nhà sản xuất, Artemia được nuôi bằng nguồn nước biển đã qua xử lý trong bể kính 200 lit với mật độ 500 con/l và bổ sung vi tảo *Chaetoceros muelleri* làm thức ăn với khẩu phần ăn của 1 con Artemia theo ngày tuổi tham khảo theo Naegel et al. (1999). Tuỳ vào yêu cầu thí nghiệm, Artemia được thuần hoá nuôi bằng nguồn nước thải và cho ăn tảo *C.muelleri* đến khi

đạt kích thước thước yêu cầu để bố trí thí nghiệm.

2.5. Phương pháp nghiên cứu

2.5.1. *Ảnh hưởng của mật độ, kích thước ban đầu của Artemia lên hiệu quả xử lý nước thải nuôi tôm theo thời gian*.

2.5.1.1. Ảnh hưởng của mật độ ban đầu lên khả năng xử lý nước thải của Artemia. (TN1)

Artemia dùng cho thí nghiệm: Artemia có chiều dài cơ thể đạt 7,1 ± 0,18 mm đã được chuẩn bị trước đố theo 2.4.2 và nuôi thuần trong bể 250 lít với mật độ 100 con/lít hoàn toàn bằng nguồn nước thải từ ao nuôi tôm trong 5 ngày để quen với điều kiện môi trường của nước thải khi bố trí thí nghiệm.

Bố trí thí nghiệm Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (CRD) gồm 4 nghiệm thức tương ứng với 4 mức mật độ ban đầu khác nhau: 0 – 10 – 50 – 100 con/l với 3 lần lặp/nghiệm thức trong 12 bình nhựa có thể tích 10 lit/bình. Phương pháp bố trí thí nghiệm được tham khảo theo Marinho et al., (2011) với kích cỡ chiều dài Artemia 7,1 ± 0,18 mm/con, trong thời gian 24 giờ. Các nghiệm thức được bố trí như sau: Nghiệm thức 1: Không bổ sung Artemia (NT1 – Đối chứng); Nghiệm thức 2: Bổ sung Artemia với mật độ 10 con/lít (NT2); Nghiệm thức 3: Bổ sung Artemia với mật độ 50 con/l (NT3); Nghiệm thức 4: Bổ sung Artemia với mật độ 100 con/l (NT4).

2.5.1.2. Ảnh hưởng của kích thước ban đầu lên hiệu quả xử lý nước thải của Artemia (TN2)

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (CRD) gồm 4 nghiệm thức tương ứng thức tương ứng với 4 mức kích thước chiều dài Artemia ban đầu khác nhau: 0,5 – 3,1 – 5.3 - 7,1 mm/Artemia, mỗi nghiệm thức được lập lại 3 lần trong 12 bình nhựa có thể tích 10 lit/bình. Phương pháp bố trí thí nghiệm được tham khảo theo Marinho et al., (2011) với cùng mật độ Artemia ban đầu 100 con/lít trong thời gian 24 giờ. Các nghiệm thức được bố trí như sau: Nghiệm thức 1: Bổ sung Artemia có chiều dài 0,5 mm/con (NT1); Nghiệm thức 2: Bổ sung Artemia có chiều dài 3,1 mm/con (NT2); Nghiệm thức 3: Bổ sung Artemia có chiều dài 5,3 mm/con (NT3); Nghiệm thức 4: Bổ sung Artemia có chiều dài 7,4 mm/con.

Nguồn nước thải dùng cho thí nghiệm được lấy từ ao nuôi tôm và được chuẩn bị như thí nghiệm 1.

Artemia dùng cho thí nghiệm được nuôi thuần trước đó như thí nghiệm 3 với 3 giai đoạn nuôi khác nhau cách 7 ngày để đạt kến các kích cỡ trung bình tương ứng 3,1 – 5,3 – 7,1 mm/Artemia, Artemia cỡ 0,5 là Artemia được ấp nở sau 24h.

2.5.2. *Ảnh hưởng của các nguồn nước thải nuôi tôm lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối của Artemia theo thời gian*.

2.5.2.1. Ảnh hưởng của các mức mật độ Artemia ban đầu lên sinh trưởng, tỉ lệ sống và sinh khối Artemia (TN3)

Ảnh hưởng mật độ Artemia ban đầu và thức ăn bổ sung lên chiều dài, tỉ lệ sống và sinh khối của Artemia được thiết kế 2 nhân tố gồm 5 mức mật độ ban đầu 100 – 200 – 300 – 400 - 500 con/l nuôi bằng nước thải tôm và sử dụng 2 nguồn vi tảo nuôi trong 2 môi trường khác nhau làm thức ăn bổ sung.

Nước thải nuôi tôm: được thu từ nguồn nước thải ra hàng ngày của ao nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh theo quy trình thay nước định kỳ 10 - 30%/ngày. Ao nuôi thương phẩm có lót bạt đáy, diện tích ao nuôi 200 m^2, mật độ thả nuôi 250 con/m^2 kích cỡ tôm tại thời điểm thu nước thải có khối lượng trung bình 15,8 gram/con và cho ăn thức ăn công nghiệp với khẩu phần ăn 4%. Nước thải nuôi tôm thâm canh được chứa trong bể Composit có thể tích 5m^3 trong điều kiện 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-}; Alkalinity: pH; nhiệt độ; độ mặn của môi trường nước thải được xác định được xác định bằng bộ Test nhanh Sera; nhiệt độ đo bằng nhiệt kế thủy ngân chia vạch; S‰ đo bằng tỷ trọng kế trước khi sử dụng cho thí nghiệm.

Nguồn vi tảo làm thức ăn bổ sung cho Artemia gồm 2 nguồn: vi tảo nuôi hoàn toàn bằng nước thải có bổ sung thêm 30ppm Silicate và nguồn vi tảo nuôi trong môi trường nước biển tự nhiên có bổ sung sinh môi trường nuôi vi tảo f/2 làm đối chứng. Vi tảo nuôi từ nguồn nước thải tôm theo quy trình như sau: Vi tảo được nuôi trong các bình có thể tích 20 lít trong điều kiện nhiệt độ và ánh sáng tự nhiên có mái che bằng lưới che giảm 75% cường độ chiếu sáng từ 7h – 14h hàng ngày giao động 2.480 – 15.294 lux. Nhiệt độ không khí từ, 28,5℃ – 31,5℃. Nguồn nước nuôi vi tảo là nước thải được lấy từ bể chứa nước thải tôm 5m^3 được lọc qua túi lọc 5 µm cấp vào các bình 20 lít có sục khí liên tục 24 giờ. Silicate dạng bột (Na_2SiO_3 90%) được bổ sung với liều lượng 30ppm, tiếp sau đó 60 phút, vi tảo *C. muelleri* được chuẩn bị như trong mục

2.4.3 được bổ sung với mật độ ban đầu 50.000 tb/ml. Sau thời gian 48 giờ, vi tảo đang trong pha tăng trưởng được sử dụng làm thức ăn bổ sung cho Artemia trong thời gian 24 giờ. Mỗi ngày, 2 – 4 bình nuôi vi tảo mới được nuôi mới nhằm đảm bảo nguồn thức ăn liên tục cho Artemia. Nguồn vi tảo (đối chứng) nuôi trong điều kiện nước biển tự nhiên đã xử lý (2,4,1), bổ sung môi trường dinh dưỡng nuôi vi tảo f/2 trong các bình 20 lít. Điều kiện nhiệt độ, ánh sáng tự nhiên, mật độ vi tảo ban đầu, thời gian thu cho ăn ... tương ứng như nguồn vi tảo số 1 nhằm đánh giá sinh trưởng của vi tảo trong điều kiện bổ sung đầy đủ dinh dưỡng (môi trường f/2) vào nước thải.

Artemia cho thí nghiệm được chuẩn bị trước đó như mục 2.4.2: Artemia 3 ngày tuổi và được tiếp tục nuôi thuần 2 ngày trong nước nước thải nuôi tôm đạt kích thước chiều dài ban đầu 2,18 ± 0,06 mm/con trước khi sử dụng cho thí nghiệm.

Thí nghiệm được thực hiện trong 30 bình thủy tinh (mỗi bình có thể tích 10 lít, thể tích nước nuôi Artemia là 5l/bình) với 5 mức mật độ x 2 nguồn tảo x 3 lần lặp. Các thí nghiệm được thực hiện trong điều kiện nhiệt độ tự nhiên, có mái che bằng lưới thái lan độ che phủ 75% ánh sáng, cường độ chiếu sáng từ 7h – 14h hàng ngày giao động 2.480 – 15.294 lux. Nhiệt độ không khí từ, 28,2℃ – 31,1℃. Mỗi bình gồm 1 viên đá khí với chế độ khí nhỏ nhằm cung cấp Oxy liên tục cho Artemia trong quá trình nuôi 15 ngày

2.5.1.2 Ảnh hưởng của các nguồn nước thải khác nhau lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối của Artemia.

Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên (CRD) với 4 nghiệm thức nguồn nước thải khác nhau trong 20 bình nhựa (tương ứng với 5 lần lập/nghiệm thức) có thể tích 10 lít/bình (chứa 8 lít nước thí nghiệm): Nghiệm thức 1: Sử dụng nước thải thu từ ao nuôi tôm công nghiệp tại Trại thực nghiệm Cam Ranh (Đối chứng). Nghiệm thức 2: Sử dụng nước thải ao nuôi tôm công nghiệp có xử lý qua lọc (300 mesh) và bổ sung vi tảo và Silicate. Nghiệm thức 3: Sử dụng nước thải từ hệ thống nuôi tôm Autotrophic. Nghiệm thức 4: Sử dụng nước thải từ hệ thống nuôi tôm Mixotrophic.

Nguồn nước thải dùng cho thí nghiệm:

Lượng nước thải dùng cho mỗi nghiệm thức trước khi cấp vào các bình nuôi Artemia được lọc qua túi lọc cỡ mắt lưới 50 µm, thể tích nước thải cấp vào mỗi bình

được tham khảo theo công thức của Li et al., (2024): FFR = 0.487*BL + 0.067*T - 0.01D - 0.064PS - 1.508 trong đó BL là chiều dài Artemia (mm), T là nhiệt độ nước nuôi (^oC), D là mật độ Artemia (con/l) , PS là kích thước hạt thức ăn (µm) và có điều chỉnh theo độ trong của nước cũng như quan sát đường ruột của Artemia. Tuy nhiên lượng nước thải cấp vào sẽ được điều chỉnh giảm tuỳ thuộc vào mật độ tảo trong nước thải đầu vào và quan sát thực tế mức giảm độ đục của nước trong bình và độ đầy đường thức ăn trong ruột của Artemia theo phương pháp của Nguyễn Văn Hoà (2007). Trước khi cấp nước thải vào, 1 lượng nước trong bình nuôi được rút bớt ra tương ứng với thể tích nước mới cấp vào nhằm duy trì thể tích 8 lít/bình, mỗi bình nuôi Artemia được si phon 1 lần/ngày nhằm loại bỏ chất thải.

2.5.2.3. Đánh giá khả năng xử lý nước thải của Artemia theo thời gian nuôi trong mô hình thực nghiệm. (TN 5).

Hệ thống nuôi tôm theo quy trình Autotrophic và Đối chứng được thiết lập trong 12 bể composite hình tròn có thể tích 1m^3/bể gồm 2 nghiệm thức. Nghiệm thức 1 - Bổ sung vi tảo *C. muelleri* và Silicate (Autotrophic) và Nghiệm thức 2 – chỉ bổ sung Silicate (Đối chứng). Mỗi nghiệm thức được lập lại 6 lần và nuôi trong thời gian 60 ngày. Các bể được đặt trong nhà có mái che nắng trực tiếp từ 9h – 16h và sục khí liên tục 24h/ngày. Mật độ tôm ban đầu là 180 con/bể với kích cỡ trung bình 1,22 ± 0,08 gram/con và được cho ăn thức ăn công nghiệp (40% độ đạm) với khẩu phần ăn từ 4 - 8% trọng lượng cơ thể /ngày, được chia đều 4 lần (7h -11h -16h -21h). Chất thải và thức ăn thừa được siphon ra khỏi bể 2 lần/ngày (9h và 18h), nước được thay mới 10 - 30%/bể/ngày đều nhau ở tất cả các bể.

Nước thải tôm dùng để nuôi Artemia: là nước thải được thu từ ngày nuôi tôm thứ 32 tương ứng với tôm đạt 7,7 ± 0,46g/con và đang cho ăn 76 g thức ăn công nghiệp/bể. Toàn bộ nước thải từ các bể nuôi tôm tương ứng với 2 nghiệm thức được lọc qua túi lọc cỡ mắt lưới < 50µm và chứa vào các bể composit riêng biệt hình tròn có thể tích 2000 l/bể, mỗi góc bể có sục khí. Các chỉ tiêu môi trường nước thải như: độ mặn, Alkaline: pH: nhiệt độ: DO; NH_4^+; NO_2^-; TKN; thành phần vi tảo, mật độ vi tảo, TSS được xác định 7 ngày/lần trong thời gian nuôi Artemia là 21 ngày.

Thí nghiệm nuôi Artemia thực hiện trong 24 bình nhựa với thể tích nước 8 l/bình, gồm 2 nghiệm thức: Nghiệm thức 1 sử dụng ngồn nước thải từ hệ thống Autotrophic để nuôi Artemia và nghiệm thức 2 sử dụng nguồn nước thải từ hệ thống

nuôi không bổ sung vi tảo làm đối chứng. Mỗi nghiệm thức gồm 12 bình thí nghiệm. Mật độ thả Artemia ban đầu 100 con/lít kích cỡ chiều dài 3.1 ± 0.04 mm như nhau ở tất cả các nghiệm thức. Các bình được đặt trong nhà có mái che nắng trực tiếp, 1 viên đá khí đặt trong mỗi bình để cung cấp oxy liên tục 24h/ngày. Nước thải từ 2 hệ thống nuôi được cấp từ 2 – 6 lần/ngày tuỳ vào sự tăng lên về sinh khối Artemia theo thời gian. Lượng nước thải tôm cấp vào các bình nuôi Artemia trong ngày đều như nhau ở các bình được xác định theo hệ số lọc của 1 con Artemia trong 1 giờ theo công thức: FFR = 0.487*BL + 0.067*T - 0.01D - 0.064PS - 1.508 (Li et al., (2024)) trong đó BL là chiều dài Artemia (mm), T là nhiệt độ nước nuôi (^oC), D là mật độ Artemia(con/l) , PS là kích thước hạt hữu cơ trong nước (µm) và có điều chỉnh theo độ trong của nước cũng như quan sát đường ruột của Artemia (Huy et al., 2024; Thong et al., 2024). Trước khi cấp nước vào, nước trong mỗi bình được lấy ra tương ứng với nước cấp vào để đảm bảo thể tích luôn duy trì 8l/bình. Toàn bộ nguồn nước ở các bình nuôi Artemia thải ở mỗi nghiệm thức được chứa riêng vào các bể 2000 lít, các chỉ tiêu chất lượng nước thải của Artemia được xác định vào các ngày nuôi thứ 2 – 8 - 15 – 21.

2.5.3. Ứng dụng Artemia vào hệ thống nuôi tôm thâm canh (TN6 -7)

2.5.3.1. Artemia xử lý nước thải trong quy mô công nghiệp:

Nguồn nước thải cho nuôi sinh khối Artemia: là nguồn nước thải thay ra định kỳ mỗi ngày (10 - 30%/ngày) từ ao nuôi tôm công nghiệp có diện tích 500m^2, tôm đang nuôi ở giai đoạn 3 tương ứng 76 ngày tuổi đạt khối lượng trung bình 16,7 ± 0,34 gram/con với mật độ ước tính 180 con/m^2 và đang cho ăn thức ăn công nghiệp với khẩu phần ăn 62 kg/ngày. Quy trình kỹ thuật nuôi được mô phỏng theo kỹ thuật nuôi của hệ thống Mixotrophic (bổ sung Silicate 10 ppm/tuần) trong mục 2.4.3.

Nguồn nước thải được lọc qua túi lọc cỡ mắt lưới 50 µm và chứa trong các bể có thể tích 8 m^3 trong điều kiện có sục khí và lưới che ánh sáng 70% trong vòng 3 – 5 ngày, Trước khi cấp vào các bể nuôi Artemia, các yếu tố môi trường: TKN; TAN, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}, thành phần vi tảo, độ trong được xác định nhằm làm cơ sở tính toán lượng nước cấp vào cho nuôi Artemia. Mỗi bể nước thải được dùng trong 24 – 48 giờ.

Nuôi sinh khối Artemia: Artemia được nuôi thuần trước đó bằng nguồn nước thải tôm có bổ sung vi tảo *C. muelleri* làm thức ăn bổ sung trong 5 ngày tuổi với mật độ 1500 con/lít trong bể 3 m^3. Sau đó Artemia được chia đều ra 3 bể có thể tích 3 m^3

với mật độ ban đầu 300 con/lít trong điều kiện có mái che 70% ánh sáng và cung cấp Oxy trong suốt quá trình nuôi bằng vỉ khí Nano 80 cm/bể. Tại đây, Artemia tiếp tục được nuôi trong 15 ngày hoàn toàn bằng nguồn nước thải trong hệ thống bể 8 m^3 được chuẩn bị trước đó. Nước thải được bổ sung vào bể nuôi 3 - 5 lần/ngày, với thể tích tăng dần từ 5 - 40%/bể/lần tùy thuộc vào tuổi và sinh khối của Artemia. Men bánh mì và cám gạo với tỉ lệ (2 :1000) được ủ trong thời gian 24h được bổ sung tham khảo theo khẩu phần ăn của 1 con Artemia (Nguyễn Văn Hoà 1994) trong trường hợp nguồn nước thải không kịp hiệu chỉnh để cung cấp cho Artemia. Chất thải được loại bỏ hàng ngày bằng cách ống si phong và 70% lượng nước/bể được thay thế định kỳ 3 ngày/lần bằng nước thải từ các bể 8m^3. Sau 15 ngày nuôi, Artemia được thu hoạch, các chỉ tiêu như tỷ lệ sống, kích thước chiều dài, sinh khối ướt và phân tích các chỉ tiêu hoá sinh cơ bản như: Protein, lipid, Cacbonhydrat, hàm ẩm, tro, xơ tại Trung tâm phân tích Đại Học Nha Trang. Các mẫu được rửa nhanh trong nước ngọt, để ráo 1 phút, chia thành các phần nhỏ và bảo quản ở -20°C để sử dụng trong các thí nghiệm.

2.5.3.2. Tận dụng Artemia làm thức ăn bổ sung cho tôm (TN7)

Thí nghiệm gồm 5 nghiệm thức, tương ứng với 5 mức bổ sung sinh khối *Artemia* trong khẩu phần ăn, bao gồm: 0% (đối chứng, không bổ sung *Artemia*), 10% *Artemia*, 20% *Artemia*, 30% *Artemia*, 40% *Artemia*..

Tôm thẻ chân trắng sử dụng trong thí nghiệm có chiều dài trung bình ban đầu 6,41 ± 0,31 cm và khối lượng 1,42 ± 0,13 g/con. Tôm được ương dưỡng trong ao có diện tích 100 m^2 tại Trại CR với quy trình nuôi như mục 2.4.2 và đang phát triển ổn định.

Hệ thống bể thí nghiệm:

Hệ thống thí nghiệm gồm 20 bể composite, thể tích 240 L/bể (chiều dài x rộng x cao theo tỷ lệ tương ứng: 80 x 60 x 50 cm) vận hành theo mô hình tuần hoàn nước được đặt trong nhà. Mỗi bể gồm 4 viên đá khí ở 4 góc bể nhằm đảm bảo cung cấp oxy hoà tan trong nước > 5 ppm liên tục trong quá trình thí nghiệm.

Thức ăn công nghiệp sử dụng trong thí nghiệm có thành phần dinh dưỡng công bố theo nhà sản xuất (protein > 36%, lipid > 4%; ẩm < 10 %; Carbonhydrat < 40%).

Sinh khối Artemia đông lạnh được rã đông tự nhiên trước khi cho ăn 30 phút, sau đó được xác định theo khối lượng tương ứng của mỗi nghiệm thức thí nghiệm để

cho ăn. Artemia bổ sung là sinh khối ướt, được bổ sung theo % tính theo khối lượng thức ăn công nghiệp sử dụng mỗi ngày.

Tôm được cho ăn thức ăn công nghiệp 4 lần/ngày (7h – 10h – 15h – 18h) khẩu phần 4 - 8% khối lượng thân/ngày và bổ sung sinh khối *Artemia* 1 lần/ngày vào lúc 21h (ngoại trừ nghiệm thức đối chứng). Mật độ nuôi là 60 con/bể. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 4 lần, và thời gian thí nghiệm kéo dài 40 ngày. Lượng thức ăn được điều chỉnh dựa trên khả năng bắt mồi của tôm và lượng thức ăn dư thừa. Các bể nuôi được si-phong định kỳ 4 lần/ngày, tiến hành 2 giờ sau mỗi lần cho ăn. Thức ăn dư được thu gom riêng cho từng bể, sấy khô bằng không khí và lưu trữ để tính toán hiệu quả sử dụng thức ăn vào cuối thí nghiệm.

Sau 40 ngày nuôi, tôm được thu hoạch để xác định chỉ tiêu tăng trưởng, tỷ lệ sống và hiệu quả sử dụng thức ăn.

2.5.4. Phương pháp xác định các yếu tố môi trường, các chỉ tiêu về Artemia và tôm.

2.5.4.1. Các yếu tố môi trường

Trong nội dung 1 và 3, các yếu tố môi trường DO, nhiệt độ, pH được đo bằng máy Hanna HI9147 và ENZO 7011 cầm tay đa thông số; Độ kiềm, NH_4^+ và NO_2^- được xác đinh bằng máy đo so màu điện tử TOMOTA A3, NO_3^-; PO_4^{3-} được xác định bằng bộ test (Sera, Đức).

Trong nội dung 2, các yếu tố môi trường như: DO, nhiệt độ, pH được đo bằng máy Hanna HI9147 và ENZO 7011 cầm tay đa thông số; TSS sử dụng Phương pháp cân trọng lượng (SMEWW 2540D), $N\text{-}NH_4^+$ xác định theo phương pháp Phenat (SMEWW 4500-NH_3-F); $N\text{-}NO_2^-$ xác định theo phương pháp so màu (SMEWW 4500-NO_2^- B); TN xác định theo phương pháp Kjeldahl (SMEWW 4500-Norg C); COD xác định theo phương pháp SMEWW 5220C:2023; Chlorophyll – a xác định theo phương pháp huỳnh quang (fluorometric) (APHA, 2017). Độ đục: được xác định bằng máy đo điện tử: Sper Scientific 860040 độ sai số 0,01 mức đo 0 – 50 (NTU)

2.6. Phương pháp xử lý số liệu

Toàn bộ số liệu được phân tích thống kê trong thí nghiệm 2 – 6 bằng phần mềm SPSS phiên bản 26.0. Phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) được sử dụng để so sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức trong thí nghiệm, Tất cả kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± sai số chuẩn.

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của mật độ, kích thước ban đầu của Artemia lên hiệu quả xử lý nước thải nuôi tôm theo thời gian.

3.1.1. Ảnh hưởng của các mức mật độ Artemia lên hiệu quả xử lý nước thải nuôi tôm. (TN1)

3.1.1.1. Ảnh hưởng của các mức mật độ Artemia lên hiệu quả xử lý chất hữu cơ trong nước.

Bảng 3.1: Khả năng xử lý chất hữu cơ trong nước thải của Artemia ở các mật độ khác nhau theo thời gian.

Chỉ tiêu	Nước thải đầu vào	Mật độ (con/l)			
		0	10	50	100
TSS (mg/l)	41,35 ±2,50^{c}	39,64 ± 2,41^{c}	31,83 ± 1,93^{b}	13,67 ± 0,83^{a}	10,66 ± 0,65^{a}
COD (mg/l)	27,3 ± 1,64^{d}	26,14 ± 1,58^{d}	21,09 ± 1,27^{c}	10,82 ± 0,65^{b}	7,31 ± 0,44^{a}
BOD (mg/l)	21,80 ± 1,31^{d}	19,20 ± 1,16^{d}	15,71 ± 0,95^{c}	7,72 ± 0,46^{b}	5,34 ± 0,33^{a}
Độ đục (NTU)	12,05 ± 0,73^{c}	11,37 ± 0,69^{c}	8,83 ± 0,54^{b}	2,67 ± 0,16^{a}	2,13 ± 0,13^{a}

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 3). Các giá trị trung bình mang ký tự chữ cái khác nhau trong cùng hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Ảnh hưởng của mật độ Artemia đến hàm lượng chất rắn lơ lửng (TSS)

Kết quả cho thấy mật độ *Artemia* có ảnh hưởng rõ rệt đến TSS, COD, BOD và độ đục của nước thải sau 24 giờ xử lý (Bảng 3.1). Nhìn chung, giá trị các chỉ tiêu chất lượng nước giảm khi mật độ *Artemia* tăng, trong đó mức giảm rõ rệt nhất được ghi nhận khi mật độ tăng từ 10 lên 50 con/L.

3.1.1.2. Ảnh hưởng của các mức mật độ Artemia lên hiệu quả xử lý Ni tơ trong nước thải nuôi tôm.

Kết quả cho thấy mật độ *Artemia* ảnh hưởng khác nhau đến các dạng Nitơ trong nước thải sau 24 giờ thí nghiệm (Bảng 3.2). Hàm lượng TKN giảm khi mật độ *Artemia* tăng, trong khi NH_4^+ có xu hướng tăng. Ngược lại, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về NO_2^- và NO_3^- giữa các nghiệm thức mật độ sau 24 giờ ($p > 0,05$).

Bảng 3.2. Khả năng xử lý Nitơ trong nước thải nuôi tôm của *Artemia* ở các mật độ khác nhau sau 24 giờ.

Chỉ tiêu	Nước thải đầu vào	Mật độ (con/l)			
		0	10	50	100
TKN (mg/l)	2,61 ± 0,13^{c}	2,53 ± 0,12^{c}	2,31 ± 0,09^{b}	2,2 ± 0,06^{b}	2,0 ± 0,05^{a}
NH_4^+ (mg/l)	1,32 ± 0,07^{a}	1,32 ± 0,07^{a}	1,37 ± 0,06^{ab}	1,49 ± 0,04^{b}	1,62 ± 0,10^{c}
NO_2^- (mg/l)	1,88± 0,14^{b}	1,23 ± 0,16^{a}	1,28 ± 0,16^{a}	1,17 ± 0,15^{a}	1,39 ± 0,18^{a}
NO_3^- (mg/l)	6,80 ± 0,55^{a}	7,12 ± 0,89^{a}	7,05± 0,89^{a}	6,4 ± 0,81^{a}	6,1 ± 0,76^{a}

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 3). Các giá trị trung bình mang ký tự chữ cái khác nhau trong cùng hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

3.1.2. Ảnh hưởng của kích thước Artemia lên hiệu quả xử lý nước thải nuôi tôm. (TN2).

3.1.2.1. Ảnh hưởng của kích thước Artemia lên hiệu quả xử lý chất hữa cơ trong nước thải nuôi tôm

Kết quả tại Bảng 3.3 cho thấy kích thước *Artemia* ảnh hưởng rõ rệt đến TSS, COD, BOD và độ đục của nước thải sau xử lý. Ở nhóm kích thước 0,5 mm/con, các chỉ tiêu hầu như không thay đổi so với nước thải đầu vào (p > 0,05). Khi kích thước *Artemia* tăng lên 3,1 mm/con, TSS, COD, BOD và độ đục giảm lần lượt còn 28,31 ± 3,55 mg/L; 17,74 ± 2,22 mg/L; 12,63 ± 1,60 mg/L và 7,39 ± 0,93 NTU, thấp hơn có ý nghĩa so với giá trị ban đầu đối với các chỉ tiêu tương ứng (p < 0,05).

Bảng 3.3. Khả năng xử lý chất hữu cơ trong nước thải của *Artemia* ở các mức kích thước khác nhau sau 24 giờ.

Chỉ tiêu	Nước thải đầu vào	Kích thước (mm/con)			
		0,5	3,1	5,3	7,1
TSS (mg/l)	38,31 ± 2,80^{c}	35,67 ± 4,46^{c}	28,31 ± 3,55^{b}	17,31 ± 2,17^{a}	10,96 ± 1,38^{a}
COD (mg/l)	21,53 ± 2,73^{c}	21,13 ± 2,64^{bc}	17,74 ± 2,22^{b}	9,84 ± 1,23^{a}	6,31 ± 0,79^{a}
BOD (mg/l)	16,45 ± 2,10^{c}	16,08 ± 2,01^{c}	12,63 ± 1,60^{b}	6,33 ± 0,80^{a}	4,34 ± 0,54^{a}
Độ đục (NTU)	11,14 ± 1,40^{d}	11,02 ± 1,38^{d}	7,39 ± 0,93^{c}	3,86 ± 0,48^{b}	1,92 ± 0,24^{a}

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 3). Các giá trị trung bình mang ký tự chữ cái khác nhau trong cùng hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Kết quả cho thấy kích thước *Artemia* có ảnh hưởng khác nhau đến các dạng Nitơ trong nước thải sau 24 giờ xử lý (Bảng 3.4). Hàm lượng TKN có xu hướng giảm khi kích thước *Artemia* tăng, trong khi NH_4^+ và NO_3^- có xu hướng tăng. Đối với NO_2^-, không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p > 0,05$).

Bảng 3.4. Khả năng xử lý Nitơ trong nước thải nuôi tôm của *Artemia* ở các kích thước khác nhau sau 24 giờ.

Chỉ tiêu	Nước thải đầu vào	Kích thước chiều dài (mm/con)			
		0,5	3,1	5,3	7,1
TKN (mg/l)	$2,49 \pm 0,11^{c}$	$2,50 \pm 0,08^{c}$	$2,31 \pm 0,09^{bc}$	$2,16 \pm 0,07^{ab}$	$1,98 \pm 0,15^{a}$
NH_4^+ (mg/l)	$0,83 \pm 0,11^{a}$	$0,92 \pm 0,11^{a}$	$1,07 \pm 0,14^{ab}$	$1,24 \pm 0,06^{bc}$	$1,41 \pm 0,08^{c}$
NO_2^- (mg/l)	$1,36 \pm 0,17^{a}$	$1,23 \pm 0,16^{a}$	$1,38 \pm 0,17^{a}$	$1,17 \pm 0,15^{a}$	$1,19 \pm 0,15^{a}$
NO_3^- (mg/l)	$4,34 \pm 0,54^{ab}$	$4,12 \pm 0,52^{a}$	$5,10 \pm 0,64^{abc}$	$5,44 \pm 0,68^{bc}$	$5,63 \pm 0,72^{c}$

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 3). Các giá trị trung bình mang ký tự chữ cái khác nhau trong cùng hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

3.2. Ảnh hưởng của đặc tính nước thải lên khả năng thích ứng của Artemia.

3.2.1. Ảnh hưởng của các mức mật độ Artemia lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối Artemia nuôi từ nguồn nước thải tôm.

3.2.2. Ảnh hưởng của các nguồn nước thải khác nhau lên sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối của Artemia.

3.2.2.1. Đặc tính các nguồn nước thải sử dụng để nuôi sinh khối Artemia.

Kết quả phân tích cho thấy các nguồn nước thải sử dụng trong thí nghiệm có nhiệt độ, độ mặn và pH tương đối ổn định, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p > 0,05$) (Bảng 3.8).

Bảng 5: Các chỉ tiêu môi trường trong các nguồn nước thải khác nhau dùng để nuôi *Artemia*

Chỉ tiêu	Nguồn nước thải			
	Ao nuôi tôm (NT1)	Bổ sung vi tảo (NT2)	Autotrophic (NT3)	Mixotrophic (NT4)
Nhiệt độ (°C)	$29,16 \pm 1,02^{a}$	$28,77 \pm 0,80^{a}$	$28,90 \pm 0,80^{a}$	$29,20 \pm 0,80^{a}$
Độ mặn (‰)	$32,7 \pm 1,72^{a}$	$33,6 \pm 1,12^{a}$	$33,2 \pm 1,87^{a}$	$33,4 \pm 1,37^{a}$
DO (mg/L)	$5,48 \pm 0,21^{a}$	$6,31 \pm 0,28^{b}$	$6,01 \pm 0,23^{ab}$	$5,78 \pm 0,20^{a}$

Độ kiềm (mg $CaCO_3$/L)	127,6 ± 23,6[a]	101,8 ±33,83[b]	104,2 ± 23,60[b]	112,4 ± 26,1[ab]
pH	8,08 ± 0,30[a]	7,87 ±0,42[a]	7,82 ± 0,25[a]	8,06 ± 0,31[a]
TAN (mg/l)	1,10 ± 0,05[a]	0,29 ±0,08[c]	0,53 ± 0,03[b]	0,99 ± 0,07[a]
NO_2^- (mg/l)	1,65 ± 0,35[a]	0,57 ± 0,02[c]	0,93±0,05[b]	1,10 ± 0,10[b]

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 3). Các giá trị trung bình mang ký tự chữ cái khác nhau trong cùng hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Thành phần và mức độ hiện diện của vi tảo

Khành phần và mức độ hiện diện của vi tảothành phnhận trong các nguồn nước thải nuôi tôm gồm các giống Chaetoceros, Thalassiosira, Nitzschia, Navicula, Nannochloropsis và Chlorella (Borellaropsisong các nguồn nước thải nuôi tôm gồm các ủa từng nguồn nước được sử dụng làm môi trường nuôi ng k

Bảng 3.6. Thành phần và mức độ hiện diện của các nhóm vi tảo trong các nguồn nước thải nuôi tôm thâm canh sử dụng để nuôi *Artemia*

Thành phần loài	Nguồn nước thải			
	Ao nuôi tôm (NT1)	Nước thải + *C.muelleri* (NT2)	Autotrophic (NT3)	Mixotrophic (NT4)
Chaetoceros sp.	+	+++	++	+
Thalassiosira sp	+	-	+	+
Nitzschia sp	+	+	+	+
Navicula sp	+	-	+	+
Nannochloropsis sp	+	+	+	+
Chlorella sp	+	+	+	+
Các nhóm khác	+	+	+	+

Ghi chú: –: không ghi nhận; +, ++ và +++ biểu thị mức độ hiện diện tương đối tăng dần của vi tảo trong mẫu phân tích [173]

3.2.3.2. Sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối của Artemia nuôi từ các nguồn nước thải khác nhau

Tỷ lệ sống của Artemia

Kỷ lệ sống cthấy nguồn nước thải có ảnh hưởng đến sinh trưởng, tỷ lệ sống và sinh khối của Artemia sau thống cthấy nguồn nước th

Bảng 3.7. Ảnh hưởng của các nguồn nước thải khác nhau đến tỷ lệ sống của *Artemia*

Thời gian	Tỉ lệ sống (%)

	Ao nuôi tôm (NT1)	Nước thải + *C.muelleri* (NT2)	Autotrophic (NT3)	Mixotrophic (NT4)
Ban đầu	100	100	100	100
Ngày 5	73,2 ± 4,97^{b}	88,2 ± 2,77^{a}	84,8 ± 4,66^{a}	77,4 ± 3,21^{ab}
Ngày 10	58,2 ± 5,02^{c}	81,4 ± 1,95^{a}	74,2 ± 5,17^{ab}	69,2 ± 6,61^{b}
Ngày 15	43,2 ± 4,92^{c}	74,8 ± 3,70^{a}	68,2 ± 6,69^{a}	57,2 ± 5,76^{b}

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 5). Trong cùng một hàng, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Kích thước của Artemia

Kích thước cơ thể của *Artemia* trong các nghiệm thức đều tăng dần theo thời gian nuôi (Bảng 3.11).

Bảng 3.8. Ảnh hưởng của các nguồn nước thải khác nhau đến kích thước của *Artemia*

Thời gian	Kích thước Artemia (mm)			
	Ao nuôi tôm (NT1)	Nước thải + *C.muelleri* (NT2)	Autotrophic (NT3)	Mixotrophic (NT4)
Ban đầu	2,18 ± 0,13^{a}	2,18 ± 0,13^{a}	2,18 ± 0,14^{a}	2,18 ± 0,12^{a}
Ngày 5	3,9 ± 0,16^{a}	4,1 ± 0,14^{b}	4,1 ± 0,1^{b}	4,1 ± 0,12^{b}
Ngày 10	6,1± 0,1^{a}	6,3 ± 0,1^{b}	6,3 ± 0,07^{b}	6,2 ± 0,07^{ab}
Ngày 15	7,8 ± 0,25^{a}	7,6 ± 0,16^{a}	7,7 ± 0,16^{a}	7,7 ± 0,25^{a}

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 5). Trong cùng một hàng, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Sinh khối ướt của Artemia:

Kết quả ở Bảng 3.9 cho thấy sinh khối ướt của *Artemia* tăng sau 15 ngày nuôi ở tất cả các nghiệm thức. Từ cùng mức sinh khối ban đầu 138 ± 18,44 mg/L, sinh khối cuối đạt 288,6–487,6 mg/L và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nguồn nước thải (p < 0,05).

Bảng 3.9. Ảnh hưởng của các nguồn nước thải khác nhau đến sinh khối của *Artemia*.

Thời gian	Sinh khối ướt (mg/l)			
	Ao nuôi tôm	Nước thải +	Autotrophic	Mixotrophic

	(NT1)	*C.muelleri* (NT2)	(NT3)	(NT4)
Ban đầu	138 ± 18,44[a]	138 ± 18,44[a]	138 ± 18,44[a]	138 ± 18,44[a]
Ngày 15	288,6 ± 32,25[a]	487,6 ± 23,08[c]	448,8 ± 35,81[c]	376,2 ± 32,73[b]

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 5). Trong cùng một hàng, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

3.2.4. Đánh giá hiệu quả thu hồi Ni tơ trong các nguồn nước thải khác nhau của Artemia theo thời gian

3.2.4.1. Các thông số môi trường nước

Các thông số môi trường của nước thải nuôi tôm trước và sau khi sử dụng để nuôi *Artemia* ở hai nghiệm thức Autotrophic và Mixotrophic trong thời gian thí nghiệm được trình bày ở Bảng 3.10.

Các yếu tố môi trường cơ bản gồm nhiệt độ, độ mặn, DO, pH và độ kiềm tương đối ổn định trong thời gian thí nghiệm. Nhiệt độ dao động trong khoảng 28,3–28,5°C, độ mặn 32,7–34,1‰, DO 5,78–6,20 mg/L, pH 7,8–8,1 và độ kiềm 105,5–121,3 mg $CaCO_3$/L. Không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về các thông số này giữa đầu vào và đầu ra của hai nguồn nước (p > 0,05), cho thấy điều kiện môi trường nền được duy trì tương đối ổn định trong quá trình nuôi *Artemia*.

Bảng 3.10. Các yếu tố môi trường nước thải tôm đầu vào và đầu ra ở các nghiệm thức nuôi *Artemia*

Chỉ tiêu	Autotrophic		Mixotrophic	
	Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra
Nhiệt độ (°C)	28,3 ± 0,63[a]	28,4 ± 0,65[a]	28,5 ± 0,53[a]	28,4 ± 0,36[a]
Độ mặn (ppt)	32,7 ± 0,21[a]	33,9 ± 0.31[a]	33,2 ± 0,19[a]	34.1 ± 0,35[a]
DO (mg/L)	6,2 ± 0,47[a]	6,0 ± 0,56[a]	5,95 ± 0,66[a]	5,78 ± 0,62[a]
pH	7,9 ± 0,18[a]	7,8 ± 0,21[a]	8,1 ± 0,18[a]	7,9 ± 0,22[a]
Độ kiềm (mg/L)	112,0 ± 8,4[a]	105,5± 12,6[a]	121,3 ± 9,5[a]	107,0 ± 12,8[a]
NH_4^+ (mg/L)	0,47 ± 0,16[a]	0,73 ± 0,17bc	0,68 ± 0,09[b]	0,85 ± 0,13[c]
NO_2^- (mg/L)	0,83 ± 0,25[a]	0,90 ± 0,21a	0,73 ± 0,34[a]	0,93 ± 0,42[a]
TKN (mg/L)	2,45 ± 0,26[b]	1,95 ± 0,24[a]	2,75 ± 0,38[b]	2,12 ± 0,36[a]
Chlorophyll-a (µg/L)	138,3 ± 8,96[c]	39,6 ± 14,43[a]	117,8 ± 12,04[b]	36,3 ± 10,31[a]
COD (mg/L)	27,5 ± 4,66[b]	18,8 ± 3,30[a]	29,0 ± 3,92[b]	19,2 ± 4,08[a]

TSS (mg/L)	54,8 ± 7,14[b]	28,5 ± 4,5[a]	50,5 ± 8,51[b]	27,8 ± 9,22[a]

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n=6). Trong cùng một hàng, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Thành phần loài và mức độ xuất hiện của vi tảo trong nước thải.

Thành phần và mức độ hiện diện của vi tảo trong hai nguồn nước thải Autotrophic và Mixotrophic sử dụng để nuôi *Artemia* được trình bày trong Bảng 3.11.

Bảng 3.11. Thành phần loài vi tảo trong 2 nguồn nước thải sử dụng nuôi *Artemia*

Loài tảo	Mixotrophic	Autotrophic
Bacillariophyta		
C.muelleri	+	++
Nitzschia sp	+	+
Naviculasp sp	+	+
Thallasiosira sp	+	+
Skeletolema sp	+	-
Chlorophyta		
Nanochloropsis sp	+	+
Chlorella sp	+	+
Các loài khác	+	+

Ghi chú: –: không ghi nhận; +, ++ biểu thị mức độ hiện diện tương đối tăng dần của vi tảo trong mẫu phân tích [173]

Tổng cộng ghi nhận được 7 loài vi tảo thuộc hai nhóm chính là Bacillariophyta và Chlorophyta. Trong đó, Bacillariophyta có số taxon ghi nhận cao hơn, gồm *C. muelleri, Nitzschia* sp., *Navicula* sp., *Thalassiosira* sp. và *Skeletonema* sp., chiếm 5/7 loài (71,4%); Chlorophyta gồm *Nannochloropsis* sp. và *Chlorella* sp. Ngoài ra, một số vi tảo khác xuất hiện với mức độ thấp nhưng chưa được định danh.

3.2.4.2. Tăng trưởng chiều dài, tỉ lệ sống, sinh khối của Artemia

Kết quả về chiều dài, tỷ lệ sống, sinh khối khô, tổng lượng Nitơ trong cơ thể và lượng Nitơ tích lũy của *Artemia* nuôi bằng hai nguồn nước thải được trình bày ở Bảng 3.12. Nhìn chung, chiều dài *Artemia* tăng liên tục theo thời gian ở cả hai nghiệm thức, trong khi tỷ lệ sống giảm dần. Sinh khối khô và lượng Nitơ tích lũy tăng từ thời điểm ban đầu đến ngày 14, sau đó giảm vào ngày 21.

Bảng 3.12. Chiều dài, tỷ lệ sống, sinh khối khô và lượng Nitơ tích lũy trong *Artemia* nuôi bằng hai nguồn nước thải theo thời gian

Chỉ tiêu	Nước thải	Ban đầu	Ngày 7	Ngày 14	Ngày 21
Chiều dài (mm)	Autotrophic	3,1 ± 0,12[a]	6,6 ± 0,18[a]	8,1 ± 0,01[b]	9,2 ± 0,09[a]
	Mixotrophic	3,1 ± 0,16[a]	6,4 ± 0,17[a]	7,9 ± 0,15[a]	9,1 ± 0,15[a]
Tỉ lệ sống (%)	Autotrophic	100	82,3 ± 3,86[a]	68,7 ± 4,03[a]	32,5 ± 4,65[b]
	Mixotrophic	100	79,8 ± 2,98[a]	60,2 ± 5,37[a]	25,5 ± 2,64[a]
Sinh khối khô *Artemia* (mg/bình)	Autotrophic	71,2 ± 0,95[a]	280,8 ± 3,59[a]	359,0 ± 9,30[b]	230 ± 23,94[b]
	Mixotrophic	71,5 ± 1,29[a]	276,0 ± 5,44[a]	310,5 ± 5,26[a]	191,8 ± 4,27[a]
Tổng lượng Nitơ trong sinh khối *Artemia* (mg/bình)	Autotrophic	5,46 ± 0,25[a]	22,3 ± 0,42[b]	29,1 ± 0,92[b]	22,8 ± 2,43[b]
	Mixotrophic	5,46 ± 0,02[a]	20,5 ± 0,41[a]	25,2 ± 0,77[a]	18,9 ± 1,25[a]
Lượng Nitơ tích lũy trong sinh khối *Artemia* (mg/bình)	Autotrophic	-	16,8 ± 0,43[b]	23,6 ± 0,93[b]	17,4 ± 2,44[b]
	Mixotrophic	-	15,1 ± 0,41[a]	19,7 ± 0,77[a]	13,5 ± 1,25[a]

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 4). Trong cùng một thời điểm và cùng một chỉ tiêu, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai nguồn nước thải (p < 0,05).

3.2.4.3. Hiệu suất thu hồi Nitơ của Artemia

Hiệu quả chuyển hóa Nitơ từ nước thải vào sinh khối *Artemia* có sự khác biệt giữa hai nguồn nước thải và biến động rõ rệt theo thời gian nuôi (Bảng 3.13). Nhìn chung, nghiệm thức Autotrophic cần thể tích nước thải và lượng Nitơ đầu vào thấp hơn để thu hồi một đơn vị Nitơ vào sinh khối *Artemia*, đồng thời duy trì hiệu suất thu hồi Nitơ cao hơn nghiệm thức Mixotrophic tại tất cả các thời điểm khảo sát (p < 0,05).

Bảng 3.13. Hiệu quả thu hồi Nitơ vào sinh khối *Artemia* từ hai nguồn nước thải theo thời gian nuôi

Chỉ tiêu	Nguồn nước thải	Ngày 7	Ngày 14	Ngày 21
Thể tích nước thải sử dụng để thu hồi 1 mg N (L/mg N)	Autotrophic	4,7 ± 0,18[a]	9,8 ± 0,39[a]	20,3 ± 2,76[a]
	Mixotrophic	5,3 ± 0,14[b]	11,8 ± 0,47[b]	26,0 ± 2,57[b]
Lượng N đầu vào để thu hồi 1 mg N *Artemia* (mg N/mg N)	Autotrophic	10,7 ± 0,27[a]	23,3 ± 0,93[a]	49,8 ± 6,76[a]
	Mixotrophic	14,1 ± 0,08[b]	32,2 ± 1,29[b]	71,6 ± 7,08[b]

Chỉ tiêu	Nguồn nước thải	Ngày 7	Ngày 14	Ngày 21
Hiệu suất thu hồi N vào sinh khối *Artemia* (%)	Autotrophic	$9,3 \pm 0,25^{b}$	$4,3 \pm 0,18^{b}$	$2,0 \pm 0,29^{b}$
	Mixotrophic	$7,1 \pm 0,21^{a}$	$3,1 \pm 0,14^{a}$	$1,4 \pm 0,14^{a}$

Các giá trị được trình bày dưới dạng Mean ± SD (n = 4). Trong cùng một thời điểm và cùng một chỉ tiêu, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa hai nguồn nước thải (p < 0,05).

3.3.Khả năng sử dụng *Artemia* làm thức ăn bổ sung cho tôm.

3.3.1. Sản xuất và đánh giá chất lượng sinh khối Artemia từ nước thải nuôi tôm quy mô công nghiệp

Bảng 3.14. Sinh trưởng, năng suất sinh khối và thành phần sinh hóa của *Artemia* nuôi bằng nước thải nuôi tôm quy mô công nghiệp

TT	Chỉ tiêu	Giá trị
Kích thước và sinh khối Artemia		
1	Chiều dài (mm)	6,72 ± 0,84
2	Khối lượng ướt (mg/con)	5,94 ± 0,61
3	Tỷ lệ sống (%)	42,13 ± 2,41
4	Sinh khối ướt (g/m³ nước thải)	56,43 ± 3,66
5	Sinh khối khô (g/m³ nước thải)	4,93 ± 0,26
Thành phần sinh hóa của Artemia		
1	Độ ẩm (% khối lượng ướt)	91,13 ± 0,79
2	Protein thô (% vật chất khô)	51,60 ± 0,82
3	Lipid thô (% vật chất khô)	12,33 ± 0,40
4	Carbohydrate (%v ật chất khô)	17,13 ± 0,25
5	Tro (% vật chất khô)	18,23 ± 0,60

Số liệu được trình bày là giá trị trung bình ± SD (n = 3).

Kết quả nghiên cứu cho thấy *Artemia* có khả năng sinh trưởng và tạo sinh khối khi được nuôi trực tiếp bằng nước thải từ hệ thống nuôi tôm thẻ chân trắng quy mô công nghiệp. Sau 15 ngày nuôi, *Artemia* đạt chiều dài trung bình 6,72 ± 0,84 mm, tỷ lệ sống 42,13 ± 2,41% và năng suất sinh khối ướt đạt 56,43 ± 3,66 g/m³ nước thải.

3.3.2. Sử dụng Artemia làm thức ăn bổ sung cho tôm.

Chất lượng nước trong quá trình thí nghiệm

Các thông số chất lượng nước trong hệ thống thí nghiệm được duy trì tương đối ổn định trong suốt 40 ngày nuôi (Bảng 3.15).

Nhìn chung, các thông số môi trường được duy trì tương đối ổn định trong thời gian thí nghiệm, tạo điều kiện để đánh giá ảnh hưởng của các mức bổ sung sinh khối *Artemia* làm thức ăn đến sinh trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn của tôm.

Bảng 3.15. Các thông số chất lượng nước trong thời gian thí nghiệm

Ngày	Thông số						
	Nhiệt độ (°C)	Độ mặn (‰)	DO (mg/L)	pH	Độ kiềm (mg $CaCO_3$/L)	TAN (mg/L)	NO_2^- (mg/L)
10	28,2 ± 0,32	31,4 ± 0,51	6,20 ± 0,12	8,08 ± 0,10	146,8 ± 11,21	0,53 ± 0,16	0,85 ± 0,25
20	28,1 ± 0,50	32,3 ± 0,62	5,81 ± 0,11	8,10 ± 0,11	139,7 ± 12,23	0,60 ± 0,21	1,21 ± 0,31
30	28,5 ± 0,69	32,8 ± 0,66	6,12 ± 0,13	8,17 ± 0,15	142,8 ± 10,91	0,82 ± 0,33	1,41 ± 0,34
40	29,0 ± 0,47	33,1 ± 0,71	5,91 ± 0,18	8,32 ± 0,21	152,5 ± 16,18	0,97 ± 0,41	1,87 ± 0,45

Số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (Mean ± SD).

Sinh trưởng của tôm trong quá trình thí nghiệm

Sau 40 ngày nuôi, việc bổ sung *Artemia* ảnh hưởng đến một số chỉ tiêu tăng trưởng theo khối lượng của tôm thẻ chân trắng (Bảng 3.16).

Bảng 3.16. Sinh trưởng và tỷ lệ sống của tôm thẻ chân trắng ở các mức bổ sung *Artemia* vào khẩu phần ăn của tôm

Chỉ tiêu	Các mức bổ sung *Artemia* vào khẩu phần ăn				
	NT1 : ĐC (0%*Artemia*)	NT2: Bổ sung (10%*Artemia*)	NT3: Bổ sung (20%*Artemia*)	NT4: Bổ sung (30%*Artemia*)	NT5: Bổ sung (40%*Artemia*)
L1 (cm)	6,41 ± 0,31	6,41 ± 0,31	6,41 ± 0,31	6,41 ± 0,31	6,41 ± 0,31
W1 (g)	1,42 ± 0,13	1,42 ± 0,13	1,42 ± 0,13	1,42 ± 0,13	1,42 ± 0,13
L2 (cm)	$13,68 \pm 0,08^{a}$	$13,18 \pm 0,31^{a}$	$13,27 \pm 0,14^{a}$	$13,16 \pm 0,13^{a}$	$13,67 \pm 0,17^{a}$
W2 (g)	$14,64 \pm 0,11^{ab}$	$14,1 \pm 0,15^{a}$	$15,16 \pm 0,31^{ab}$	$13,96 \pm 0,16^{a}$	$15,68 \pm 0,28^{b}$
SGRL (%/day)	1,81 ± 0,02	1,80 ± 0,06	1,84 ± 0,03	1,84 ± 0,03	1,89 ± 0,03
SGRW (%/day)	$5,83 \pm 0,02^{a}$	$5,82 \pm 0,03^{a}$	$5,92 \pm 0,05^{ab}$	$5,91 \pm 0,03^{ab}$	$6,00 \pm 0,05^{b}$

BM (g/L)	2,24 ± 0,06[a]	2,42 ± 0,01[ab]	2,42 ± 0,07[ab]	2,49 ± 0,09[ab]	2,64 ± 0,10[b]
SR (%)	63,75 ± 1,08[a]	71,67 ± 1,08[ab]	67,08 ± 1,25[ab]	74,6 ± 2,04[b]	68,75 ± 1,85[ab]

Số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± sai số chuẩn (SE) (n = 4). Các giá trị trung bình trong cùng một hàng có ký tự chữ cái trên khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Tỷ lệ sống

Tỷ lệ sống của tôm dao động từ 63,75–74,60%. Nghiệm thức bổ sung 30% *Artemia* đạt tỷ lệ sống cao nhất (74,60 ± 2,04%), cao hơn có ý nghĩa thống kê so với đối chứng (63,75 ± 1,08%; p < 0,05). Các nghiệm thức 10%, 20% và 40% *Artemia* không khác biệt có ý nghĩa thống kê so với đối chứng hoặc nghiệm thức 30% (p > 0,05).

Hiệu quả sử dụng thức ăn

Lượng thức ăn tiêu thụ và hệ số chuyển đổi thức ăn có sự khác biệt giữa các nghiệm thức (Bảng 3.16). FI đạt 11,51 ± 0,46 g/tôm ở đối chứng và tăng lên 12,18–12,97 g/tôm ở các nghiệm thức bổ sung 20–40% *Artemia*. Các nghiệm thức 10, 30 và 40% có FI cao hơn có ý nghĩa so với đối chứng (p < 0,05), trong khi nghiệm thức 20% ở mức trung gian.

Bảng 3.17. Hiệu quả sử dụng thức ăn của tôm thẻ chân trắng ở các mức bổ sung *Artemia* vào khẩu phần ăn.

Chỉ tiêu	Nghiệm thức				
	0% SA	**10% SA**	**20% SA**	**30% SA**	**40%SA**
FI (g/tôm)	11,51 ± 0,46[a]	12,59 ± 0,43[b]	12,18 ± 0,53[ab]	12,97 ± 0,7[b]	12,86 ± 0,71[b]
FCR	1,45 ± 0,02[b]	1,42 ± 0,02[ab]	1,39 ± 0,02[a]	1,39 ± 0,03[a]	1,38 ± 0,03[a]

Số liệu được trình bày dưới dạng Mean ± SE (n = 4). Trong cùng một hàng, các giá trị mang chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).

Tổng hợp các kết quả nghiên cứu của các thí nghiệm cho thấy Artemia có tiềm năng đóng vai trò như một mắt xích sinh học trung gian trong quá trình thu hồi và tái sử dụng dinh dưỡng từ nước thải nuôi tôm thẻ chân trắng thâm canh. Khả năng lọc các hạt vật chất hữu cơ và vi tảo của Artemia góp phần làm giảm TSS, COD, BOD và

độ đục của nước thải, đồng thời chuyển hóa một phần nguồn dinh dưỡng trong nước thành sinh khối. Quá trình này cho thấy việc sử dụng Artemia không chỉ hướng đến cải thiện chất lượng nước mà còn tạo ra một dòng sinh khối có khả năng thu hồi một phần dinh dưỡng từ nước thải.

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

Nghiên cứu đã làm rõ khả năng sử dụng *Artemia* trong xử lý nước thải, thu hồi dinh dưỡng và tạo sinh khối có thể tái sử dụng trong hệ thống nuôi thâm canh.

- *Artemia* làm giảm chất hữu cơ và chất lơ lửng trong nước thải nuôi tôm. Hiệu quả xử lý phụ thuộc vào mật độ và kích thước *Artemia*, trong đó mật độ 50–100 con/L và kích thước 5,3–7,1 mm/con cho hiệu quả xử lý cao; ở kích thước 7,1 mm, hiệu suất giảm TSS, COD và BOD lần lượt đạt khoảng 71,4%; 71,0% và 73,9%.

- *Artemia* có khả năng làm giảm Tổng Nitơ trong nước thải ở mật độ và kích thước phù hợp. Tuy nhiên, các dạng Nitơ vô cơ có xu hướng biến đổi khác nhau, trong đó NO_2^- và NO_3^- ít biến động, còn NH_4^+ có xu hướng tăng.

- *Artemia* có khả năng thu hồi một phần Nitơ từ nước thải nuôi tôm. Nguồn nước thải Autotrophic đạt 9,3%; 4,3% và 2,0% tương ứng vào ngày 7, 14 và 21, cao hơn nguồn nước thải Mixotrophic, tương ứng đạt 7,1%; 3,1% và 1,4%.

- Artemia có thể được sản xuất trực tiếp từ nước thải của hệ thống nuôi tôm ở quy mô thực nghiệm và tạo sinh khối có giá trị dinh dưỡng với protein thô đạt 51,60% và lipid thô 12,33% vật chất khô. Sinh khối này có khả năng tái sử dụng làm thức ăn bổ sung cho tôm thẻ chân trắng. Các mức bổ sung 20–40% *Artemia* vào khẩu phần ăn của tôm cải thiện một số chỉ tiêu tăng trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn.

- Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc tích hợp *Artemia* vào hệ thống nuôi tôm thâm canh để xử lý nước thải hiệu quả, đồng thời tạo tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo về phát triển mô hình nuôi tôm tuần hoàn dinh dưỡng.

4.2. Kiến nghị

- Tiếp tục nghiên cứu cân bằng và dòng chuyển hóa nitơ trong toàn bộ hệ thống thức ăn → tôm → nước thải → vi tảo/vật chất hữu cơ → *Artemia* → tôm, kết hợp sử dụng đồng vị bền ^{15}N để định lượng chính xác tỷ lệ nitơ được chuyển hóa và thu hồi ở từng mắt xích.

- Nghiên cứu tích hợp *Artemia* vào hệ thống xử lý nước thải nuôi tôm ở quy mô pilot và quy mô sản xuất, tập trung đánh giá khả năng vận hành liên tục, tải lượng xử lý, hiệu quả tái sử dụng nước và hiệu quả kinh tế của hệ thống.

- Đánh giá an toàn sinh học của sinh khối *Artemia* sản xuất từ nước thải nuôi tôm trước khi tái sử dụng làm thức ăn, đặc biệt đối với nguy cơ tích lũy và truyền tác nhân gây bệnh, đồng thời đánh giá tính ổn định về chất lượng dinh dưỡng của sinh khối giữa các nguồn nước thải và các thời điểm sản xuất.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH CÔNG BỐ CỦA TÁC GIẢ

1. **Nguyen, H. D**., Nguyen, L. B., Nguyen, S. T., Le, T. V., & Tran, D. V. (2024). *Potential of Artemia biomass cultivated from white leg shrimp wastewater as a supplemental daily feed: Effects on shrimp growth performance, survival, and feed efficiency.* Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation, 17(5), 2018-2028.
2. **Nguyen H. D**., Truong H. T. B., Le T. V., Vu D. T., & Nguyen G. T. T., (2026). *Ability to convert nutrients from the wastewater of autotrophic and mixotrophic shrimp farming into Artemia biomass*. Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation 19(1) : 205-215.
3. **Nguyễn Đình Huy**. Phạm Phương Linh, Trương Thị Bích Hồng, Lê Văn Thông, Nguyễn Tấn Sỹ. (2026). Tái s*ử dụng nước thải nuôi tôm siêu thâm canh để nuôi vi tảo và Artemia.* Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam 24 (3), 309–318..
4. Trương Thị Bích Hồng và **Nguyễn Đình Huy.** (2022). *Ảnh hưởng của mật độ Artemia tới khả năng xử lý chất hữu cơ trong nước thải của sản xuất tôm giống và nuôi tôm thương phẩm*. Tạp chí Khoa học-Công nghệ Thủy Sản, Trường Đại học Nha Trang, (02), 031-039.