

ẢNH HƯỞNG CỦA CAO CHIẾT LÁ VỐI BỔ SUNG VÀO THỨC ĂN LÊN ĐÁP ỨNG MIỄN DỊCH TỰ NHIÊN CỦA TÔM THẺ CHÂN TRẮNG (*Litopenaeus vannamei*) CẢM NHIỄM *Vibrio parahaemolyticus*

Trương Thị Hoa^{1,*}, Trần Nam Hà¹, Hồ Thị Tùng¹, Trần Quang Khánh Vân¹

¹Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế

*Email: truongthihoa@huanf.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành để đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung cao chiết lá vối vào thức ăn đến các chỉ tiêu miễn dịch và tính miễn cảm của tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) với bệnh hoại tử gan tụy cấp tính (AHPND). Tôm có khối lượng từ 1,8 - 2,0 g/con được bố trí ngẫu nhiên trong 12 bể nhựa (30 con/bể) với 4 nghiệm thức (NT), mỗi NT lặp lại 3 lần, gồm: NT 1 cho ăn bổ sung cao chiết lá vối 12,5 g/kg, NT 2: 25 g/kg, NT 3: 37,5 g/kg thức ăn và NT đối chứng (ĐC) không bổ sung cao chiết lá vối. Sau 14 ngày, tôm ở các NT được cảm nhiễm *Vibrio parahaemolyticus* TX07-3/3 và tiếp tục theo dõi đến ngày 28. Kết quả xác định tỷ lệ sống của tôm trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* (ngày 14) ghi nhận ở các NT là 100%. Sau 14 ngày cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 (ngày 28) tỷ lệ sống ở NT ĐC là 51,1% thấp hơn ($p < 0,05$) so với các NT thí nghiệm. Số lượng tổng tế bào máu, hoạt tính phenoloxidase và hoạt tính lysozyme trên tôm thẻ chân trắng trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 (ngày 14) ở các NT cho ăn bổ sung cao chiết lá vối cao hơn ($p < 0,05$) NT đối chứng và không có sự khác biệt về số lượng tổng tế bào máu, hoạt tính phenoloxidase và hoạt tính lysozyme ở tôm được cho ăn bổ sung các nồng độ cao chiết khác nhau ($p > 0,05$). Sau khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3, 14 ngày, có sự khác biệt về các chỉ tiêu tổng tế bào máu, hoạt tính phenoloxidase và hoạt tính lysozyme trên tôm không cho ăn và có cho ăn bổ sung cao chiết lá vối.

Từ khóa: Cao chiết lá vối, miễn dịch, *Vibrio parahaemolyticus*, tôm thẻ chân trắng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) là một trong những đối tượng nuôi đem lại nguồn lợi nhuận đáng kể và góp phần vào việc phát triển nền kinh tế cho cả nước. Tuy nhiên, hiện nay, nghề nuôi tôm thẻ chân trắng đang đối mặt với rất nhiều thách thức, dịch bệnh và môi trường ô nhiễm. Mặc dù, công nghệ nuôi tôm thẻ chân trắng ngày càng phát triển nhưng sản lượng tôm không tăng mạnh do ảnh hưởng của các đợt dịch bệnh gây chết hàng loạt tôm nuôi [1]. Trong đó, bệnh hoại tử gan tụy cấp tính (Acute hepatopancreatic necrosis disease - AHPND) được xác nhận do *Vibrio parahaemolyticus* mang

plasmid chứa gen độc tố PirA và PirB (Photorhabdus insect- related (Pir)) gây ra, bệnh lây lan nhanh và tôm nhiễm bệnh có tỷ lệ chết cao [2].

Kháng sinh thường được sử dụng để trị bệnh do vi khuẩn gây ra và mang lại hiệu quả tốt trong việc điều trị nhưng thuốc kháng sinh đã được biết đến có nhiều tác dụng không mong muốn như ảnh hưởng tiêu cực đến môi trường và chất lượng sản phẩm [3, 4]. Do đó, thảo dược được xem là một trong những giải pháp hiệu quả trong việc phòng trị bệnh do vi khuẩn. Trong đó, hoạt tính kháng khuẩn của thảo dược đã được nghiên cứu và ứng dụng trong nuôi trồng thủy sản [5, 6].

Cây vối (*Syzygium nervosum*) phân bố rộng rãi tại các quốc gia nhiệt đới như: Việt Nam, Lào, Campuchia... Đây là loài cây gỗ nhỏ, cao khoảng 5 - 10 m. Trong thành phần của lá vối có chứa khoáng chất, kháng sinh thực vật, các vitamin và tinh dầu [7]. Cao chiết lá vối ngâm chiết bằng ethanol 96% có khả năng kháng vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 gây bệnh hoại tử gan tụy cấp trên tôm [8]. Cao chiết thảo dược ghi nhận có hoạt tính kháng khuẩn và tăng cường hệ miễn dịch nên nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định ảnh hưởng của cao chiết lá vối bổ sung vào thức ăn lên đáp ứng miễn dịch tự nhiên của tôm thẻ chân trắng cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguồn lá vối và phương pháp tạo cao chiết: Lá vối tươi được thu từ các hộ dân trồng cây vối tại xã Quảng Thọ, huyện Quảng Điền, thành phố Huế. Lá vối được rửa sạch, sấy khô trong tủ sấy ở nhiệt độ 55°C trong 24 giờ và xay thành bột nguyên liệu bằng máy xay sinh tố đa năng. Bột nguyên liệu được ngâm trong dung môi ethanol 96% với tỉ lệ 1: 10 trong 60 phút. Sau đó, dịch chiết được lọc qua giấy lọc Whatman No.1 và làm khô bằng cách sử dụng máy cô quay chân không (Rotavapor R-100, BUCHI, Thụy Sĩ) để loại bỏ dung môi thu được cao chiết lá vối [9]. Cao chiết được bảo quản ở nhiệt độ 4°C để sử dụng cho các thí nghiệm.

Chuẩn bị thức ăn thí nghiệm: Cao chiết lá vối được trộn đều với thức ăn công nghiệp cho tôm (của Công ty Thăng Long - Việt Nam, có thành phần: Độ ẩm < 11%, đạm > 37%, lipid > 4%, xơ < 4%) theo các tỷ lệ 12,5; 25,0; 37,5 g/kg thức ăn. Sau khi thức ăn trộn đều với cao chiết lá vối, được phủ với dầu mực (Vemedim - Việt Nam) với liều lượng 2% và để khô ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Đồng thời, thức ăn không bổ sung cao chiết lá vối cũng được áo ngoài bằng dầu mực. Thức ăn sau khi chuẩn bị được bảo quản ở 4°C để sử dụng trong quá trình thí nghiệm.

Tôm thí nghiệm: Tôm thẻ chân trắng có khối lượng từ 1,8 - 2,0 g/con được cung cấp từ trại giống Phan Toàn, xã Phú Thuận, huyện Phú Vang, thành

phố Huế. Tôm được nuôi thuần trong bể nhựa 1 m³, ở độ mặn 22 - 25‰ trong 30 ngày trước khi thí nghiệm. Tôm được xác định không nhiễm bệnh đốm trắng (white spot disease (WSD)) và vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 bằng kỹ thuật Polymerase chain reaction (PCR) tại Trạm chẩn đoán xét nghiệm và điều trị bệnh động vật của Chi cục Chăn nuôi và Thú y thành phố Huế.

Vi khuẩn thí nghiệm: Chủng vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 được lấy từ bộ sưu tập vi khuẩn của Bộ môn Bệnh thủy sản, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Chủng vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 chứa các gen độc tố PirA và PirB được phân lập trên tôm thẻ chân trắng nuôi tại thành phố Huế bị bệnh hoại tử gan tụy cấp [10]. Chủng vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 được nuôi trên môi trường Tryptone Soya Agar (TSA, Himedia, Ấn Độ) có bổ sung 2% NaCl ở nhiệt độ 28°C trong 24 giờ. Sau đó, lấy khuẩn lạc vi khuẩn chuyển sang nuôi cấy trên môi trường Tryptic Soy Broth (TSB, Himedia, Ấn Độ) có bổ sung 2% NaCl ở nhiệt độ 28°C trong 24 giờ. Mật độ vi khuẩn được xác định theo phương pháp đo mật độ quang học (Optical density - OD) ở bước sóng 600 nm trên máy quang phổ UV-VIS (U2900, Hitachi, Nhật Bản) ở giá trị OD = 1 (tương đương mật độ vi khuẩn là 10⁹ CFU/mL, giá trị tính được đếm trực tiếp từ khuẩn lạc khi xây dựng đường chuẩn cho chủng *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 tại Phòng thí nghiệm Bệnh Thủy sản, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, sau đó mật độ vi khuẩn được pha loãng về 10⁵ CFU/mL để sử dụng trong các thí nghiệm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí và theo dõi thí nghiệm

Tôm có khối lượng từ 1,8 - 2,0 g/con được được bố trí ngẫu nhiên trong 12 bể nhựa (30 con/bể). Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 4 nghiệm thức (NT), mỗi NT lặp lại 3 lần, bao gồm: NT cho tôm ăn thức ăn không bổ sung cao chiết lá vối (ĐC); NT cho tôm ăn thức ăn bổ sung cao chiết lá vối với nồng độ 12,5 g/kg thức ăn (NT 1); NT cho tôm ăn thức ăn bổ

sung cao chiết lá với nồng độ 25,0 g/kg thức ăn (NT 2); NT cho tôm ăn thức ăn bổ sung cao chiết lá với nồng độ 37,5 g/kg thức ăn (NT 3). Tôm được cho ăn 4 lần/ngày (7, 11, 14 và 18 giờ), với lượng 3% khối lượng cơ thể. Vào ngày thứ 14 của thí nghiệm, tôm ở các NT được cảm nhiễm vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 bằng phương pháp ngâm trong 30 L nước biển có độ mặn 22‰ chứa vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 với mật độ 10^5 CFU/mL trong 1 giờ [11]. Mật độ vi khuẩn cảm nhiễm là 10^5 CFU/mL là giá trị LD50 của *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 trên tôm thẻ chân trắng [10]. Tiếp tục theo dõi và cho tôm ăn chế độ thí nghiệm cho đến ngày 28. Tỷ lệ chết tích lũy của tôm được theo dõi trong 28 ngày thí nghiệm. Vào ngày 1, 14 và 28 của thí nghiệm, 3 con tôm trong mỗi bể được thu để lấy mẫu máu nhằm xác định các chỉ tiêu miễn dịch (tổng tế bào máu (total haemocyte count - THC), hoạt tính phenoloxidase (PO) và hoạt tính lysozyme).

Các yếu tố môi trường: Nhiệt độ 25 - 28°C, độ mặn 22 - 25‰, oxy hòa tan 5,5 - 6 mg/L, pH 7,9 - 8,1 được duy trì trong suốt thời gian thí nghiệm.

2.2.2. Phương pháp xác định tỷ lệ chết tích lũy

Theo dõi thí nghiệm, xác định dấu hiệu bệnh lý và số lượng tôm chết hàng ngày cho đến 28 ngày thí nghiệm. Số tôm thu mẫu phân tích các chỉ tiêu miễn dịch không tính vào tỷ lệ tôm chết tích lũy. Số lượng tôm chết được theo dõi hàng ngày, tỷ lệ sống của tôm ở từng nghiệm thức được xác định theo công thức:

$$\text{Tỷ lệ sống (\%)} = \frac{\text{Số tôm sống}}{\text{Tổng số tôm thí nghiệm}} \times 100$$

2.2.3. Phương pháp thu mẫu máu và xác định tổng tế bào máu

Tổng tế bào máu (THC) được xác định theo phương pháp của Le Moullac và cs (1997) [12]. 100 μ L máu tôm được lấy từ gốc chân bò thứ 3 của tôm bằng kim tiêm vô trùng có chứa 900 μ L dung dịch chống đông (30 mM trisodium citrate, 0,34 M sodium chloride, 10 mM EDTA, 0,12 M glucose, pH 7,55). Số lượng tế bào máu được đếm bằng buồng đếm hồng cầu (lặp lại 3 lần), quan sát dưới kính hiển vi (40X) và tính bằng công thức: $\text{THC} =$

$C \times 10 \times 5 \times 10$ (tb/mm³); (C: Tổng số tế bào trong 5 vùng đếm).

2.2.4. Phương pháp xác định hoạt tính phenoloxidase

Hoạt tính của phenoloxidase (PO) được xác định theo phương pháp của Hernández-López và cs (1996) [13]. Hoạt tính phenoloxidase được đo bằng phương pháp đo quang phổ bằng cách ghi lại sự hình thành của dopachrome được sản xuất từ L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA). Lấy 100 μ L máu tôm (máu được lấy từ gốc chân bò thứ 3 của tôm bằng kim tiêm vô trùng) pha loãng trong 900 μ L dung dịch chống đông. Tiến hành ly tâm ở tốc độ 6.500 vòng/phút trong 20 phút ở nhiệt độ 4°C. Sau khi ly tâm, loại bỏ phần dịch phía trên, phần tế bào máu được hòa tan trong 500 μ L dung dịch đệm cacodylate citrate (10 mM sodium cacodylate, 450 mM sodium chloride và 100 mM trisodium citrate; pH 7,0), tiếp tục ly tâm ở tốc độ 6.500 vòng/phút, 20 phút ở 4°C. Loại bỏ phần dịch nổi phía trên, phần tế bào máu được hòa tan trong 100 μ L dung dịch đệm cacodylate (10 mM sodium cacodylate, 450 mM sodium chloride, 10 mM calcium chloride và 260 mM magnesium chloride, pH 7,0) và chia ra 2 ống. Một ống được dùng để đo hoạt tính PO, ống còn lại làm đối chứng. Lấy 100 μ L dung dịch ở ống sử dụng để đo PO trộn với 100 μ L trypsin 0,1% và ủ trong 10 phút ở 25°C. Sau đó, cho thêm 50 μ L L-DOPA (3 mg/mL) và ủ trong 5 phút ở 25°C, tiếp theo bổ sung 800 μ L dung dịch đệm cacodylate. Ống đối chứng: Lấy 100 μ L dung dịch trộn với 100 μ L dung dịch đệm cacodylate (thay thế trypsin), sau đó cho thêm 50 μ L L-DOPA (3 mg/mL) và ủ trong 5 phút ở 25°C, tiếp theo bổ sung 800 μ L dung dịch đệm cacodylate. Hoạt tính phenoloxidase được xác định bằng máy so màu quang phổ tại bước sóng 490 nm.

2.2.5. Phương pháp xác định hoạt tính lysozyme

Hoạt tính lysozyme (Lysozyme activity - LYS) được định lượng theo quy trình được mô tả bởi Chiu và cs (2007) [14]. Lấy 500 μ L dung dịch máu tôm (gồm: 100 μ L máu tôm và 900 μ L dung dịch chống đông) được ly tâm ở tốc độ 6.500 vòng/phút trong 2 phút. Loại bỏ phần dịch nổi, phần lắng ở

dưới được trộn với 1 mL (0,02%) dung dịch *Micrococcus lysodeikticus* (Sigma, St. Louis, MO, Hoa Kỳ). Phản ứng được thực hiện ở nhiệt độ phòng và độ hấp thụ ở bước sóng 530 nm được đo sau 0,5 và 4,5 phút. Một đơn vị hoạt động của LYS được định nghĩa là lượng enzyme tạo ra giảm độ hấp thụ là 0,01/phút và hoạt động đặc hiệu được biểu thị bằng U/mg protein.

2.2.6. Phương pháp xử lý số liệu

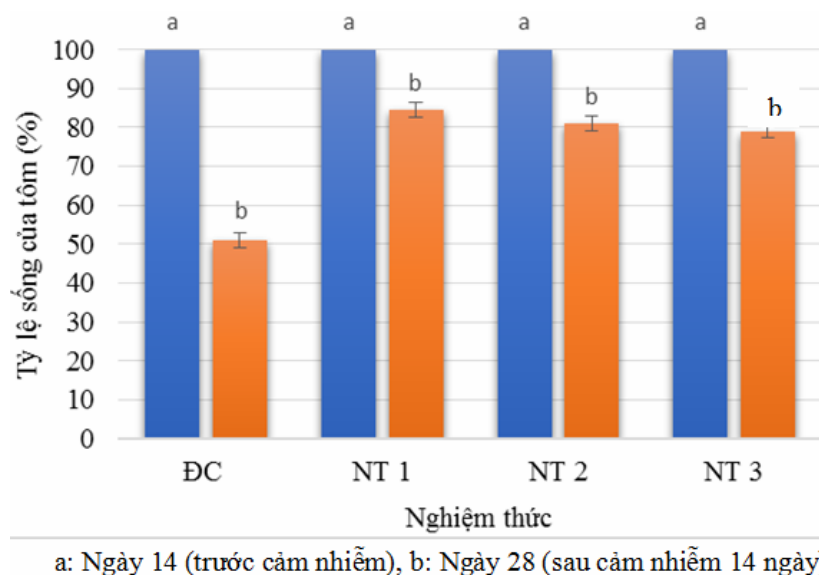
Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2013 và SPSS 20. Phân tích phương sai ANOVA một yếu tố để so sánh sự khác nhau về tổng tế bào máu, hoạt tính phenoloxidase và hoạt tính

lysozyme ở mức ý nghĩa 0,05% bằng phương pháp kiểm định LSD (Least Significant Difference Test).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

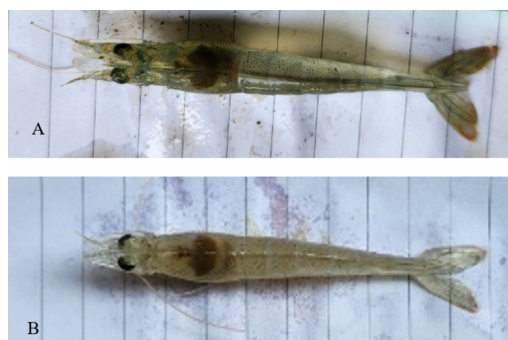
3.1. Tỷ lệ sống của tôm

Kết quả xác định tỷ lệ sống của tôm trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 (ngày 14) ghi nhận ở các nghiệm thức là 100%. Sau 14 ngày cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 (ngày 28) tỷ lệ sống ở NTĐC là 51,1% thấp hơn ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức thí nghiệm. Tỷ lệ sống của tôm ở các NT 1, NT 2 và NT 3 lần lượt là 84,4; 81,1 và 78,9% (Hình 1).



Hình 1. Tỷ lệ sống của tôm ở các nghiệm thức

Ghi chú: Các giá trị ở các NT có ký hiệu a, b khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).



Hình 2. Tôm thẻ chân trắng thí nghiệm cảm nhiễm với vi khuẩn *V. parahaemolyticus*

Ghi chú: A - Tôm không bị bệnh, gan tụy tôm có màu nâu đen, ruột đầy thức ăn; B - Tôm bị bệnh khi cảm nhiễm vi khuẩn *V. parahaemolyticus*, gan tụy màu vàng, ruột có ít thức ăn và đứt quãng, vỏ mềm.

Kết quả thu mẫu tôm kiểm tra dấu hiệu bệnh ruột có ít thức ăn và đứt quãng, vỏ mềm. Tôm lý cho thấy, tôm bệnh có khối gan tụy màu vàng, không bị bệnh, gan tụy tôm có màu nâu đen, ruột

đầy thức ăn (Hình 2). Tôm thẻ chân trắng ở các NT cảm nhiễm thể hiện dấu hiệu bệnh lý được tái phân lập lại vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 bằng cách lấy mẫu ở gan tụy và cấy trên môi trường TCBS, định danh bằng bộ kit API 20E và xác định các chủng vi khuẩn phân lập được là *V. parahaemolyticus* TX07-3/3. Dựa vào dấu hiệu bệnh lý đặc trưng trên tôm bị bệnh do AHPND và kết quả phân lập vi khuẩn xác định tôm ở các NT cảm nhiễm chết do vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3.

3.2. Tổng tế bào máu

Số lượng tổng tế bào máu trung bình trên tôm thẻ chân trắng ở ngày đầu thí nghiệm (trước khi bắt đầu cho ăn thức ăn có bổ sung cao chiết lá vối) là $157,64 \times 10^2$ tb/mm³. Đến ngày 14 (trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3) số lượng tổng tế bào máu tôm ở các NT cho ăn thức ăn bổ sung cao chiết lá vối cao hơn ($p < 0,05$) so

với nhóm đối chứng. Ở các NT cho ăn thức ăn có bổ sung cao chiết lá vối có số lượng tổng tế bào máu trung bình lần lượt ở NT 1, NT 2 và NT 3 là $179,44 \times 10^2$ tb/mm³; $178,89 \times 10^2$ tb/mm³; $176,67 \times 10^2$ tb/mm³ và không có sự khác biệt về số lượng tổng tế bào máu ở tôm được cho ăn thức ăn thí nghiệm ($p > 0,05$). Nhìn chung, tổng số tế bào máu tôm ở các NT có xu hướng tăng lên theo thời gian nuôi và đặc biệt tăng nhanh ở nhóm tôm cho ăn thức ăn thí nghiệm. Sau khi cảm nhiễm vi khuẩn 14 ngày, ở NTĐC tổng tế bào máu thấp hơn ($p < 0,05$) so với các NT thí nghiệm. Ở các nghiệm thức cho ăn thức ăn có bổ sung cao chiết lá vối và cảm nhiễm vi khuẩn có số lượng tổng tế bào máu trung bình lần lượt ở NT 1, NT 2 và NT 3 là $195,56 \times 10^2$ tb/mm³, $187,22 \times 10^2$ tb/mm³ và $185,56 \times 10^2$ tb/mm³ và không có sự khác biệt về số lượng tổng tế bào máu ở tôm được cho ăn thức ăn thí nghiệm ($p > 0,05$) (Bảng 1).

Bảng 1. Ảnh hưởng của thức ăn bổ sung cao chiết lá vối và cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 lên tổng tế bào máu của tôm thẻ chân trắng

Nghiệm thức	Tổng tế bào máu ($\times 10^2$ tb/mm ³)		
	Ngày 01 (trước khi bắt đầu cho ăn bổ sung cao chiết)	Ngày 14 (trước khi cảm nhiễm)	Ngày 28 (sau cảm nhiễm 14 ngày)
ĐC	157,64 ± 7,59	160,56 ± 6,35 ^{aA}	170,56 ± 5,83 ^{aA}
NT 1		179,44 ± 3,00 ^{bB}	195,56 ± 3,91 ^{bB}
NT 2		178,89 ± 4,17 ^{bB}	187,22 ± 4,41 ^{bB}
NT 3		176,67 ± 4,33 ^{bB}	185,56 ± 4,64 ^{bB}

Ghi chú: Giá trị được trình bày là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trên cùng một hàng có ký hiệu a, b khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Các giá trị trên cùng một cột có ký hiệu A, B khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Các tế bào máu có vai trò trong việc nhận biết vật thể lạ xâm nhập vào cơ thể, khả năng thực bào, quá trình melanin hoá, quá trình gây độc và giao tiếp tế bào. Khi giáp xác đáp ứng với sự cảm nhiễm của tác nhân gây bệnh có thể làm mất số lượng lớn các tế bào máu trong hệ thống tuần hoàn, các tế bào máu sau đó được phục hồi thông qua quá trình

tổng hợp nhanh chóng và giải phóng các tế bào máu mới bởi mô tạo máu của giáp xác. Tế bào máu của giáp xác giữ vai trò quan trọng trong hệ thống miễn dịch, thực hiện chức năng thực bào, đóng gói, lưu trữ và phóng thích pro-phenoloxidase chống lại vi khuẩn *V. parahaemolyticus* gây bệnh AHPND trên tôm [15, 16].

3.3. Hoạt tính phenoloxidase

Hoạt tính phenoloxidase trong máu tôm thẻ chân trắng ở các NT ngày đầu thí nghiệm (chưa cho ăn thức ăn có trộn cao chiết) ở các NT là $0,161 \pm 0,005$. Ở thời điểm 14 ngày (trước khi gây cảm nhiễm), hoạt tính phenoloxidase trong máu tôm thẻ chân trắng ở NT 1, NT 2 và NT 3 cao hơn ($p < 0,05$) so với NTĐC. Kết quả cho thấy, hoạt tính

phenoloxidase ở các NT cho ăn bổ sung cao chiết lá vối cao hơn ($p < 0,05$) so với NT cho ăn không bổ sung cao chiết lá vối. Hoạt tính phenoloxidase sau khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 14 ngày, ở NT đối chứng thấp hơn so với trước khi cảm nhiễm ($p < 0,05$), ở các NT thí nghiệm không có sự sai khác về hoạt tính phenoloxidase trước và sau khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* (Bảng 2).

Bảng 2. Ảnh hưởng của chế độ cho ăn bổ sung cao chiết lá vối và cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 lên hoạt tính phenoloxidase của tôm thẻ chân trắng ở các nghiệm thức

Nghiệm thức	Hoạt tính của phenoloxidase (OD, 490 nm)		
	Ngày 01 (trước khi bắt đầu cho ăn bổ sung cao chiết)	Ngày 14 (trước khi cảm nhiễm)	Ngày 28 (sau cảm nhiễm 14 ngày)
ĐC	$0,161 \pm 0,005$	$0,216 \pm 0,005^{aA}$	$0,202 \pm 0,004^{bA}$
NT 1		$0,242 \pm 0,004^{aB}$	$0,243 \pm 0,005^{aB}$
NT 2		$0,236 \pm 0,005^{aB}$	$0,238 \pm 0,004^{aB}$
NT 3		$0,232 \pm 0,004^{aB}$	$0,236 \pm 0,005^{aB}$

Ghi chú: Giá trị được trình bày là giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Các giá trị trên cùng một hàng có ký hiệu a, b khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Các giá trị trên cùng một cột có ký hiệu A, B khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Hoạt tính phenoloxidase là một thành phần quan trọng trong hệ thống miễn dịch dịch thể của giáp xác, giúp nhận dạng vật thể lạ. Hệ thống này được kích hoạt khi được tác động bởi các thành phần của vách tế bào vi khuẩn, chẳng hạn như: Peptidoglycan, β -1,3-glucan, lipopolysaccharide và dẫn đến proPO chuyển thành PO [17]. PO được lưu trữ và kích trong tế bào có hạt (granular cells) và tế bào bán hạt (semi-granular cells) trong máu tôm. Theo Wang và Chen (2005) [18], hoạt tính phenoloxidase ở tôm thường tăng lên khi có sự tăng lên của tổng tế bào máu. Như vậy, việc bổ sung chất chiết thảo dược vào thức ăn giúp gia tăng hoạt tính PO trong máu tôm và tăng cường hệ miễn dịch của tôm thẻ chân trắng. Theo Reverter và cs (2017) [19], tác dụng của cao chiết thảo dược đến phản ứng miễn dịch, tăng cường bảo vệ vật chủ chống lại tác nhân gây bệnh phụ thuộc vào liều lượng và thời gian mà vật chủ tiếp xúc với chất

chiết thảo dược. Kết quả nghiên cứu này cho thấy, việc bổ sung cao chiết lá vối vào thức ăn với liều lượng 12,5 - 37,5 g/kg thức ăn giúp tăng hoạt tính PO tăng cường cơ chế đáp ứng miễn dịch của tôm thẻ chân trắng.

3.4. Hoạt tính lysozyme

Kết quả xác định ảnh hưởng của chế độ cho ăn bổ sung cao chiết lá vối lên hoạt tính lysozyme của tôm thẻ chân trắng ở các nghiệm thức cho thấy, hoạt tính lysozyme trong máu tôm thẻ chân trắng ở ngày đầu thí nghiệm (chưa cho ăn thức ăn có trộn cao chiết) là 0,668 U/mg protein. Ở thời điểm 14 thí nghiệm, hoạt tính phenoloxidase trong máu tôm thẻ chân trắng ở NT 2, NT 3 và NT 4 cao hơn NT 1 ($p < 0,05$). Hoạt tính của lysozyme sau khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3, 14 ngày, ở các NT cao hơn so với trước khi cảm nhiễm ($p < 0,05$), ở các NTĐC không có sự sai khác về hoạt tính lysozyme trước và sau khi cảm

nhễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3, trong khi đó ($p < 0,05$) trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 ở các NT thí nghiệm, hoạt tính lysozyme cao hơn (Bảng 3).

Bảng 3. Ảnh hưởng của thức ăn bổ sung cao chiết lá vối và cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 lên hoạt tính lysozyme của tôm thẻ chân trắng ở các nghiệm thức

Nghiệm thức	Hoạt tính lysozyme (U/mg protein)		
	Ngày 01 (trước khi bắt đầu cho ăn bổ sung cao chiết)	Ngày 14 (trước khi cảm nhiễm)	Ngày 28 (sau cảm nhiễm 14 ngày)
ĐC	0,668 ± 0,019	0,712 ± 0,025 ^{aA}	0,756 ± 0,034 ^{aA}
NT 1		0,747 ± 0,010 ^{aB}	0,856 ± 0,046 ^{bB}
NT 2		0,746 ± 0,005 ^{aB}	0,808 ± 0,025 ^{bB}
NT 3		0,742 ± 0,012 ^{aB}	0,794 ± 0,005 ^{bB}

Ghi chú: Giá trị được trình bày là giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn. Các giá trị trên cùng một hàng có ký hiệu a, b khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Các giá trị trên cùng một cột có ký hiệu A, B khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả cho thấy, hoạt tính lysozyme ở các NT cho ăn bổ sung cao chiết lá vối cao hơn NT cho ăn không bổ sung cao chiết lá vối ($p < 0,05$). Không có sự khác biệt về hoạt tính lysozyme giữa các NT có bổ sung cao chiết lá vối. Việc gia tăng hoạt tính lysozyme của tôm thẻ chân trắng giúp tôm kháng tốt hơn với vi khuẩn *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 [20].

Lysozyme là một trong những chỉ tiêu miễn dịch không đặc hiệu có vai trò chống lại tác nhân gây bệnh, được hình thành bởi quá trình thủy phân liên kết glycosic của vách tế bào vi khuẩn [21]. Ngoài ra, lysozyme còn có hoạt tính ly giải các loài vi khuẩn Gram (+) và Gram (-), trong đó có một số loài thuộc giống vi khuẩn *Vibrio* gây bệnh trên tôm he [22]. Do đó, khi bổ sung cao chiết lá vối vào thức ăn cho tôm đã làm tăng hoạt tính lysozyme, từ đó giúp tăng cường đáp ứng miễn dịch tự nhiên của tôm thẻ chân trắng chống lại vi khuẩn gây bệnh.

4. KẾT LUẬN

Kết quả xác định tỷ lệ sống của tôm trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 (ngày 14) ghi nhận ở các NT là 100%. Sau 14 ngày cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* (ngày 28) tỷ lệ sống ở NTĐC là 51,1% thấp hơn ($p < 0,05$) so với các NT cho ăn thức ăn bổ sung cao chiết lá vối.

Số lượng tổng tế bào máu, hoạt tính phenoloxidase và hoạt tính lysozyme trên tôm thẻ chân trắng trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3 (ngày 14) ở các NT cho ăn bổ sung cao chiết lá vối cao hơn ($p < 0,05$) NTĐC và không có sự khác biệt về số lượng tổng tế bào máu, hoạt tính phenoloxidase và hoạt tính lysozyme ở tôm được cho ăn bổ sung các nồng độ cao chiết khác nhau ($p > 0,05$).

Sau khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3, 14 ngày, tổng tế bào máu NTĐC thấp hơn ($p < 0,05$) các nghiệm thức thí nghiệm và không có sự khác biệt về số lượng tổng tế bào máu ở tôm được cho ăn thức ăn bổ sung cao chiết ($p > 0,05$). Hoạt tính phenoloxidase ở NTĐC thấp hơn so với trước khi cảm nhiễm ($p < 0,05$), ở các NT thí nghiệm không có sự sai khác về hoạt tính phenoloxidase trước và sau cảm nhiễm. Hoạt tính lysozyme ở các NT cho ăn thức ăn bổ sung cao chiết lá vối cao hơn ($p < 0,05$) so với trước khi cảm nhiễm *V. parahaemolyticus* TX07-3/3.

LỜI CẢM ƠN

*Nghiên cứu này được thực hiện với sự tài trợ kinh phí của đề tài cấp Đại học Huế: “Ảnh hưởng của cao chiết lá vối (*Syzygium nervosum*) lên tăng trưởng, miễn dịch và khả năng kháng bệnh của tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus**

vannamei) với vi khuẩn *Vibrio parahaemolyticus*".
Mã số đề tài DHH2023-02-168.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Flegel, T. W. (2019). A future vision for disease control in shrimp aquaculture. *The Journal of the World Aquaculture Society*, pp. 1 - 18.
2. OIE - World Organisation for Animal Health (2019). *Acute hepatopancreatic necrosis disease*. Retrieved May 25, 2021, from <https://www.oie.int/en/home>.
3. Jayaprakas, V. and Sambhu, C. (1996). Growth response of white prawn, *Penaeus indicus*, to dietary L-carnitine. *Asian Fisheries Science*, 9, 209 - 220.
4. Sarter, S., Kha, N. H. N., Hung, L. T., Lazard, J. and Didier, Montet (2007). Antibiotic resistance in Gram-negative bacteria isolated from farmed catfish. *Food Control*, 18(11), 1391 - 1396.
5. Castro, R., Lamas, J., Morais, P., Sanmartín, M. L., Orallo, F. and Leiro, J. (2008). Resveratrol modulates innate and inflammatory responses in fish leucocytes. *Veterinary Immunology Immunopathology*, 126(1 - 2), 9 - 19.
6. Citarasu, T., Venkatramalingam, K., Micheal Babu, M., Raja Jeya Sekar, R. & Petermarian, M. (2003). Influence of the antibacterial herbs, *Solanum trilobatum*, *Andrographis paniculata* and *Psoralea corylifolia* on the survival, growth and bacterial load of *Penaeus monodon* post larvae. *Aquaculture International*, 11, 581 - 595.
7. Giang, N. P., Tu, T. T. N. and Hieu, N. N. (2020). *Ethnopharmacology, Phytochemistry and Pharmacology of Syzygium nervosum*. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.
8. Hoa, T. T., Van, T. Q. K., Tung H. T., Tuan, D. Q., Ha, T. N. (2023). Antibacterial activity of *Syzygium nervosum* extracts against *Vibrio parahaemolyticus*, causing acute hepatopancreatic necrosis in white leg shrimps (*Litopenaeus vannamei*). *Hue University Journal of Science: Agriculture and Rural Development*, 132(3D), 189 - 200.
9. Nguyễn Kim Phi Phụng (2007). *Phương pháp cô lập hợp chất hữu cơ*. Nxb Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh.
10. Quang, H. T., Lan, T. T., Hai, T. T. H., Yen, P. T. H., Van, T. Q. K., Tung, H. T., Binh, M. N., Son, N. K. H., Linh, N. Q., Tram, N. D. Q. (2020). Genetic diversity and toxic genes analysis of *Vibrio* spp. isolated from white leg shrimp and marine fishes cultured in Tam Giang lagoon in Thua Thien Hue province, Vietnam. *Indian Journal of Science and Technology*, 13(13), 1412 - 1422.
11. Loc, T., Nunan, L., Redman, R. M., Mohny, L. L., Fitzsimmons, K., and Lightner, D. V. (2013). Determination of the infectious nature of the agent of acute hepatopancreatic necrosis syndrome affecting penaeid shrimp. *Diseases of Aquatic Organisms*, 105(1), 45 - 55.
12. Le Moullac, G., Klein B., Sellos, D., and Van Wormhoudt, A. (1997). Adaptation of trypsin, chymotrypsin and α -amylase to casein level and protein source in *Penaeus vannamei* (Crustacea Decapoda). *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 208(1 - 2), 107 - 125.
13. Hernández-López, J., Gollas-Galván, T., and Vargas-Albores F. (1996). Activation of the prophenoloxidase system of the brown shrimp *Penaeus californiensis* Holmes. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C*, 113(1), 61 - 66.
14. Chiu, C. H., Guu, Y. K., Liu, C. H., Pan, T. M. and Cheng, W. (2007). Immune responses and gene expression in white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, induced by *Lactobacillus plantarum*. *Fish Shellfish Immunology*, 23, 364 - 377.
15. Kulkarni, A., Krishnan, S., Anand, D., Kokkattunivarthil Uthaman, S., Otta, S. K., Karunasagar, I. and Kooloth Valappil, R. (2021). Immune responses and immunoprotection in crustaceans with special reference to shrimp. *Reviews in Aquaculture*, 13(1), 431 - 459.
16. Luangtrakul, W., Boonchuen, P., Jaree, P., Kumar, R., Wang, H. C., and Somboonwiwat, K. (2021). Cytotoxicity of *Vibrio parahaemolyticus* AHPND toxin on shrimp hemocytes, a newly

identified target tissue, involves binding of toxin to aminopeptidase N1 receptor. *PLoS pathogens*, 17(3), 1 - 21.

17. Ashida, M. and Amaxaki H.T. (1990). Biochemistry of the phenoloxidase system in insects: with special reference to its activation. In: Oh&hi, E., Ishizaki, H. (Eds.). *Molting and Metamorphosis*. Sminaer, Berlin, 239 - 265

18. Wang, L. U. and Chen, J. C. (2005). The immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* at different salinity levels. *Fish and Shellfish Immunology*, 18(4), 269 - 278.

19. Reverter, M., Tapissier-Bontemps, N., Sasal, P. and Saulnier, D. (2017). Use of medicinal plants in aquaculture. In: Austin B. and Newaj-

Fyzul A. Ed., *Diagnosis and Control of Disease of Fish and Shellfish*, 223 - 261.

20. Hong, N. T. X., Linh, N. T. H., Baruah, K., Thuy, D. T. B. and Phuoc, N. N. (2022). The combined use of *Pediococcus pentosaceus* and fructooligosaccharide improves growth performance, immune response and resistance of whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* Against *Vibrio parahaemolyticus*. *Frontiers in Microbiology*, 13, 826151.

21. Uribe, C., Folch, H., Enriquez, R. and Moran, G. (2011). Innate and adaptive immunity in teleost fish: A review. *Vetertinary Medicine* (Praha), 56, 486 - 503.

22. Magnadóttir, B. (2006). Innate immunity of fish (overview). *Fish and Shellfish Immunology*, 20, 137 - 151.

EVALUATION OF *Syzygium nervosum* EXTRACT-SUPPLEMENTED DIET ON IMMUNOLOGICAL RESPONSE IN WHITELEG SHRIMP (*Litopenaeus vannamei*) CHALLENGED WITH *Vibrio parahaemolyticus*

Truong Thi Hoa¹, Tran Nam Ha¹, Ho Thi Tung¹, Tran Quang Khanh Van¹

¹*University of Agriculture and Forestry, Hue University*

Summary

The study was conducted to evaluate the effect of supplementing diets with *Syzygium nervosum* leaf extract on the immune parameters and susceptibility of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) to Acute Hepatopancreatic Necrosis Disease (AHPND). Shrimp weighing 1.8 - 2.0 grams each were randomly allocated into 12 plastic tanks (30 shrimp/tank) with four treatments (NT), each treatment replicated three times. The treatments included: NT1 (12.5 g/kg of feed), NT2 (25 g/kg of feed), NT3 (37.5 g/kg of feed) and a control group (NTC) without the extract supplementation. After 14 days, shrimp in the treatment groups were challenged with *Vibrio parahaemolyticus* and monitored for an additional 14 days. The survival rate of shrimp before infection (day 14) was 100% across all treatments. After 14 days post-infection (day 28), the survival rate in the control group was 51.1%, significantly lower ($p < 0.05$) compared to the treatment groups. Total hemocyte count (THC), phenoloxidase activity and lysozyme activity in shrimp before infection (day 14) were significantly higher ($p < 0.05$) in the extract-supplemented groups compared to the control group, with no significant differences observed among the different extract concentrations ($p > 0.05$). After 14 days post-infection, significant differences were observed in THC, phenoloxidase activity and lysozyme activity between the control and extract-supplemented groups.

Keywords: *Syzygium nervosum*, extract, immunity, *Vibrio parahaemolyticus*, whiteleg shrimp.

Ngày nhận bài: 8/01/2025

Ngày chuyển phản biện: 10/02/2025

Ngày thông qua phản biện: 25/02/2025

Ngày duyệt đăng: 10/3/2025

KHẢ NĂNG TĂNG TRƯỞNG VÀ CHỐNG CHỊU STRESS MÔI TRƯỜNG CỦA CÁ RÔ PHI (*Oreochromis niloticus*) VÀ ĐIỀU HỒNG (*Oreochromis* sp.) NUÔI TRONG MÔI TRƯỜNG BIOFLOC

Nguyễn Tử Minh^{1,*}, Nguyễn Văn Huy¹

¹*Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*

^{*}*Email: nguyentuminh@hueuni.edu.vn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá khả năng tăng trưởng giữa hai loài cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) và cá điều hồng (*Oreochromis* sp.) trong mô hình nuôi theo công nghệ biofloc với nguồn các-bon bổ sung từ mật đường. Thí nghiệm được tiến hành trong 50 ngày với hai nghiệm thức (i) Ca_Rphi: Cá rô phi nuôi trong môi trường biofloc; (ii) Ca_Dhong: Cá điều hồng nuôi trong môi trường biofloc, mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần. Cá ban đầu có kích cỡ trung bình 3,9 g/con (chiều dài 5,9 cm/con) được nuôi trong bể composite (250 L/bể) với mật độ 50 con/bể (200 con/m³). Kết quả nghiên cứu cho thấy, môi trường nước ở các bể Ca_Dhong luôn duy trì chất lượng tốt hơn (biểu thị qua hàm lượng thấp hơn của TAN, NO₂-N và PO₄³⁻-P, $p < 0,05$) so với bể Ca_Rphi. Cá điều hồng thể hiện khả năng sinh trưởng tốt hơn, với khối lượng và tỷ lệ sống lần lượt đạt $40,82 \pm 4,21$ g/con và tỷ lệ sống $95,33 \pm 1,15\%$ ($p < 0,05$), so với cá rô phi ($12,51 \pm 1,34$ g/con và $91,33 \pm 2,31\%$). Floc hình thành trong bể nuôi Ca_Dhong có hàm lượng protein tổng số ($28,69 \pm 1,49\%$ DW) cao hơn so với bể nuôi Ca_Rphi ($25,61 \pm 1,30\%$ DW), $p < 0,05$. Sự cao hơn có ý nghĩa này cũng được ghi nhận đối với thành phần amino axit thiết yếu của biofloc (ngoại trừ phenylalanine, $p > 0,05$) ở nghiệm thức Ca_Dhong. Cá rô phi và điều hồng sau thu hoạch thể hiện phản ứng giống nhau trong điều kiện stress môi trường đột ngột, với các ngưỡng chịu đựng ở pH 3, độ mặn 40 ppt và nhiệt độ 10°C hoặc 40°C. Trong đó, cá điều hồng có khả năng chịu stress tốt hơn so với cá rô phi, $p < 0,05$.

Từ khóa: Cá điều hồng, cá rô phi, chống chịu stress, môi trường biofloc, sinh trưởng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong nuôi trồng thủy sản, cá rô phi được xem là loài cá nuôi có giá trị kinh tế, thương mại và dinh dưỡng quan trọng của thế kỷ 21 [1, 2]. Cá rô phi được nuôi nhiều thứ hai trên thế giới với ước tính đạt 7,3 triệu tấn vào năm 2030 [1]. Tại Việt Nam, cá rô phi hiện nay, phổ biến gồm *Oreochromis niloticus* và điều hồng (*Oreochromis* sp.), được nuôi theo các mô hình quảng canh, bán thâm canh và thâm canh [2]. Trong đó, hình thức nuôi thâm canh cung cấp sản lượng lớn ra thị trường [2, 3]. Tuy nhiên, việc phát triển các mô hình nuôi truyền thống với mật độ cao nhằm gia tăng năng suất thu hoạch đồng nghĩa với nguy cơ gây ô nhiễm môi trường nuôi ngày càng lớn [3, 4].

Nguy cơ này có thể được giảm thiểu một cách hiệu quả khi ứng dụng các công nghệ nuôi thân thiện môi trường như hệ thống tuần hoàn RAS hay biofloc... [4, 5]. Trong đó, áp dụng công nghệ biofloc trong ương nuôi cá rô phi đã được chứng minh là một giải pháp tích cực để ổn định môi trường nước, hạn chế dịch bệnh, cải thiện mức độ an toàn sinh học và nâng cao khả năng tăng trưởng của đối tượng nuôi này [3, 4]. Tính hiệu quả của công nghệ biofloc là kết quả tổng hòa của khả năng (1) loại bỏ chất ô nhiễm chứa nitơ như: NH₄⁺-N, NO₂-N... bằng cách chuyển hóa thành protein trong sinh khối vi khuẩn dị dưỡng trong cấu trúc biofloc; (2) được sử dụng làm thức ăn trực tiếp cho động vật thủy sản, từ đó gia tăng tỷ lệ

chuyển hóa protein trong thức ăn lên đến 45 - 50%; (3) ức chế các đối tượng vi khuẩn cơ hội gây bệnh như: *Vibrio* sp. trong môi trường ao nuôi [3, 5]. Kết quả nghiên cứu của Azim và Little (2008) [6] chỉ ra rằng, trong hệ thống biofloc thì cá rô phi có tốc độ tăng trưởng nhanh hơn và chất lượng nước môi trường nuôi cũng tốt hơn so với hệ thống không biofloc. Guozhi và cs (2014) [7] ghi nhận cá rô phi nuôi trong môi trường biofloc có khối lượng thu hoạch cao hơn 22% và hệ số chuyển hóa thức ăn thấp hơn 18% so với cá nuôi trong hệ thống tuần hoàn hay không biofloc. Khi nuôi hai loài cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) và cá điêu hồng (*Oreochromis spp.*) trong ao đất theo công nghệ biofloc (nguồn vi sinh bổ sung bên ngoài từ chế phẩm Pond Plus, Công ty Bayer, Việt Nam). Nghiên cứu của Phan và Nguyen (2023) kết luận rằng [4], sự khác biệt rõ rệt chỉ được ghi nhận đối với hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR, $p < 0,05$). Như vậy, áp dụng công nghệ biofloc ương nuôi cá rô phi nhìn chung đều đem lại kết quả ổn định môi trường nước, sinh trưởng và phát triển tốt cho đối tượng nuôi này. Tuy nhiên, cho đến nay vẫn chưa có nghiên cứu so sánh hiệu quả nuôi giữa các loài cá rô phi khác nhau trong hệ thống biofloc với hệ vi sinh được gây dựng tại chỗ (từ chính trong môi trường nước ao nuôi). Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm so sánh hiệu quả áp dụng công nghệ biofloc với nguồn vi sinh tại chỗ lên khả năng tăng trưởng và chống chịu stress môi trường đột ngột của hai loài cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) và cá điêu hồng (*Oreochromis spp.*).

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thời gian và địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện từ tháng 6 - 8/2024, tại Phòng Thí nghiệm WetLab, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế. Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên trên hai loài cá nghiên cứu khác nhau nuôi trong môi trường biofloc, bao gồm cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) và cá điêu hồng (*Oreochromis spp.*).

2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Nước ngọt cấp vào bể composite thí nghiệm (thể tích bể tròn 300 L với thể tích làm việc 250 L)

được lấy trực tiếp từ nguồn nước máy qua túi lọc 5 μm . Hệ thống bể thí nghiệm được cung cấp khí liên tục thông qua vòng sủi oxy nano. Chế độ chiếu sáng được duy trì theo nhịp 12 giờ ngày/đêm bằng hệ thống đèn huỳnh quang với cường độ ánh sáng đạt 1.200 lux (Hioki FT3424 Lux Meter, Nhật Bản).

Cá rô phi vằn và điêu hồng sạch bệnh được cung cấp từ Trung tâm Giống thủy sản nước ngọt cấp I Thừa Thiên Huế. Sau đó, cá được đem về nuôi dưỡng trong vòng 2 ngày tại phòng thí nghiệm trước khi bố trí vào các bể thí nghiệm. Cá tại thời điểm ban đầu nghiên cứu có khối lượng trung bình là 3,9 g/con (chiều dài trung bình 5,9 cm) với mật độ bố trí 50 con/bể (200 con/ m^3). Thí nghiệm được tiến hành với 2 nghiệm thức bao gồm: (i) Ca_Rphi: Cá rô phi nuôi trong môi trường biofloc và (ii) Ca_Dhong: Cá điêu hồng nuôi trong môi trường biofloc. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần với thời gian nuôi tổng cộng là 50 ngày.

Cá thí nghiệm được cho ăn 3 lần/ngày (vào lúc 7 giờ 00, 14 giờ 00 và 19 giờ 00) bằng thức ăn viên dạng nổi (986, Gold Coin Feedmill, Hà Nam). Thành phần protein (31,09%) trong thức ăn (và tổng các-bon (39,27%) trong mật đường (TCVN 9294: 2012 [8]) được phân tích tại Trung tâm Công nghệ sinh học thành phố Hồ Chí Minh). Tỷ lệ C/N = 15 trong môi trường nước bể nuôi được duy trì (nhằm đảm bảo phát triển sinh khối của biofloc) bằng mật đường mía với lượng bổ sung tính dựa vào hàm lượng protein trong thức ăn và lượng thức ăn phân phối cho cá mỗi ngày [3] theo công thức sau:

Mật đường (g) = (lượng thức ăn (g) $\times$ tỷ lệ protein thức ăn (%) $\times 0,16 \times 0,75 \times$ tỷ lệ C/N) / tỷ lệ các-bon trong mật đường (%).

Lượng thức ăn hàng ngày được xác định dựa theo hướng dẫn (trên bao bì) của nhà sản xuất, với khẩu phần ăn dao động 3 - 10% khối lượng thân/ngày. Trong suốt thời gian nuôi, không thực hiện thay nước và không siphon.

2.2.1. Phương pháp theo dõi chất lượng nước

Chỉ tiêu môi trường nước và biofloc được theo dõi thường xuyên trong quá trình thí nghiệm. Các thông số nhiệt độ và pH được đo trực tiếp tại bể

nuôi. Trong khi đó, mẫu nước được thu tại vị trí giữa của bể ương nuôi và cách đáy bể 30 cm (chiều cao mức nước nuôi trong bể đạt 70 cm) bằng thiết bị lấy mẫu nước nằm ngang, sau đó lọc qua đầu lọc 0,45 µm (Whatman® Puradisc 30, Anh) trước khi

được sử dụng cho các phân tích xác định các thông số chất lượng nước còn lại. Tần suất thu mẫu và phương pháp phân tích được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Chỉ tiêu theo dõi và phương pháp phân tích chất lượng nước trong thí nghiệm

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Tần suất thu mẫu	Phương pháp phân tích
1	Nhiệt độ	°C	1 lần/ngày	Temp/pH meter (Adwa 112, Romania)
2	pH		1 lần/ngày	
3	TAN	mg/L	5 ngày/lần	Hanna HI733, Romania
4	NO ₂ -N	mg/L	5 ngày/lần	Hanna HI767, Romania
5	SS (Settleable solids)	ml/L	7 ngày/lần	Phễu Imhoff, Italia

2.2.2. Phương pháp xác định các chỉ tiêu sinh trưởng của cá

Cá nuôi thí nghiệm được thu mẫu ngẫu nhiên (15 cá thể/nghiệm thức) định kỳ 7 ngày/lần và thẩm bớt nước qua giấy lọc (Whatman No1, Anh) trước khi xác định chiều dài từ điểm đầu tiên hàm dưới đến điểm cuối cùng của đuôi bằng thước đo chia vạch (mm) và khối lượng bằng cân có độ chia 0,001 g. Các chỉ tiêu về tốc độ tăng trưởng và tỷ lệ sống của cá được xác định theo các công thức sau [9]:

Tốc độ tăng trưởng khối lượng tuyệt đối: $DWG (g/ngày) = (W_t - W_o) / t$;

Tốc độ tăng trưởng chiều dài tuyệt đối: $DLG (cm/ngày) = (L_t - L_o) / t$;

Tỷ lệ sống: $SR (\%) = (\text{số cá thu hoạch} / \text{số cá thả ban đầu}) \times 100$.

Trong đó: W_t là khối lượng tại thời điểm xác định (g); W_o là khối lượng ban đầu (g); L_t là chiều dài tại thời điểm xác định (mm); L_o là chiều dài ban đầu (mm); t là thời gian nuôi (ngày).

2.2.3. Phương pháp xác định thành phần sinh hóa biofloc

Sinh khối biofloc sau khi kết thúc vụ nuôi được thu bằng túi lọc có kích thước mắt lưới đạt 5 µm cho các phân tích về thành phần protein và amino axit. Protein tổng số được phân tích theo phương pháp Kjeldahl (AOAC, 2005-981.10 [10]). Thành phần amino axit thiết yếu được phân tích bằng hệ thống sắc kí HPLC Agilent 1100 system

(Shimadzu Corp, Nhật Bản) theo quy trình tự động đã được thiết lập sẵn trên máy phân tích tại Trung tâm Công nghệ sinh học thành phố Hồ Chí Minh.

2.2.4. Phương pháp đánh giá khả năng chống chịu stress môi trường của cá

Tại thời điểm kết thúc thí nghiệm, khả năng chống chịu stress môi trường đột ngột của cá nuôi được đánh giá thông qua thời gian chịu đựng của chúng trong các điều kiện môi trường biến động [11]. Cụ thể, cá khỏe mạnh (5 cá thể/nghiệm thức) với đặc điểm bơi lội tốt; phản xạ ánh sáng nhanh; không bị mòn vây và đuôi; không có các tổn thương hay dấu hiệu xuất huyết trên cơ thể được lựa chọn tham gia vào thử nghiệm chống chịu các ngưỡng môi trường thay đổi về các yếu tố pH (giá trị pH được điều chỉnh và duy trì bằng dung dịch NaOH 0,01 N và HCl 0,01 N), nhiệt độ và độ mặn trong bể có thể tích làm việc 25 L. Khả năng chống chịu stress môi trường được đánh giá dựa trên giá trị thời gian được ghi nhận sau khi cá bố trí trong các thử nghiệm chống chịu stress chết hoàn toàn. Nghiệm thức đối chứng được thực hiện trên cá rô phi (ĐC_Rphi) và điều hồng (ĐC_Dhong) có cùng nguồn gốc, độ tuổi được nuôi trong môi trường không biofloc với điều kiện thí nghiệm về không gian, thời gian và khối lượng tương đương lần lượt với cá rô phi và điều hồng thí nghiệm. Tuy nhiên, số liệu về quá trình sinh trưởng phát triển của cá ở hai nghiệm thức đối chứng này không được công bố trong nghiên cứu

hiện tại vì sẽ được sử dụng cho các báo cáo khoa học kế tiếp.

2.3. Phương pháp thu thập số liệu

Số liệu thu thập được tính toán về giá trị trung bình, độ lệch chuẩn bằng phần mềm Excel của Microsoft Office 2016. Sau đó, phân tích thống kê bằng kiểm định T-test cho 2 biến độc lập để tìm ra sự khác biệt giữa 2 nghiệm thức về các chỉ tiêu thí

nghiệm mức ý nghĩa $p < 0,05$. So sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức trong nghiên cứu khả năng chống chịu stress môi trường được thực hiện theo phương pháp phân tích ANOVA một nhân tố, với phép thử Turkey trên SPSS 26.

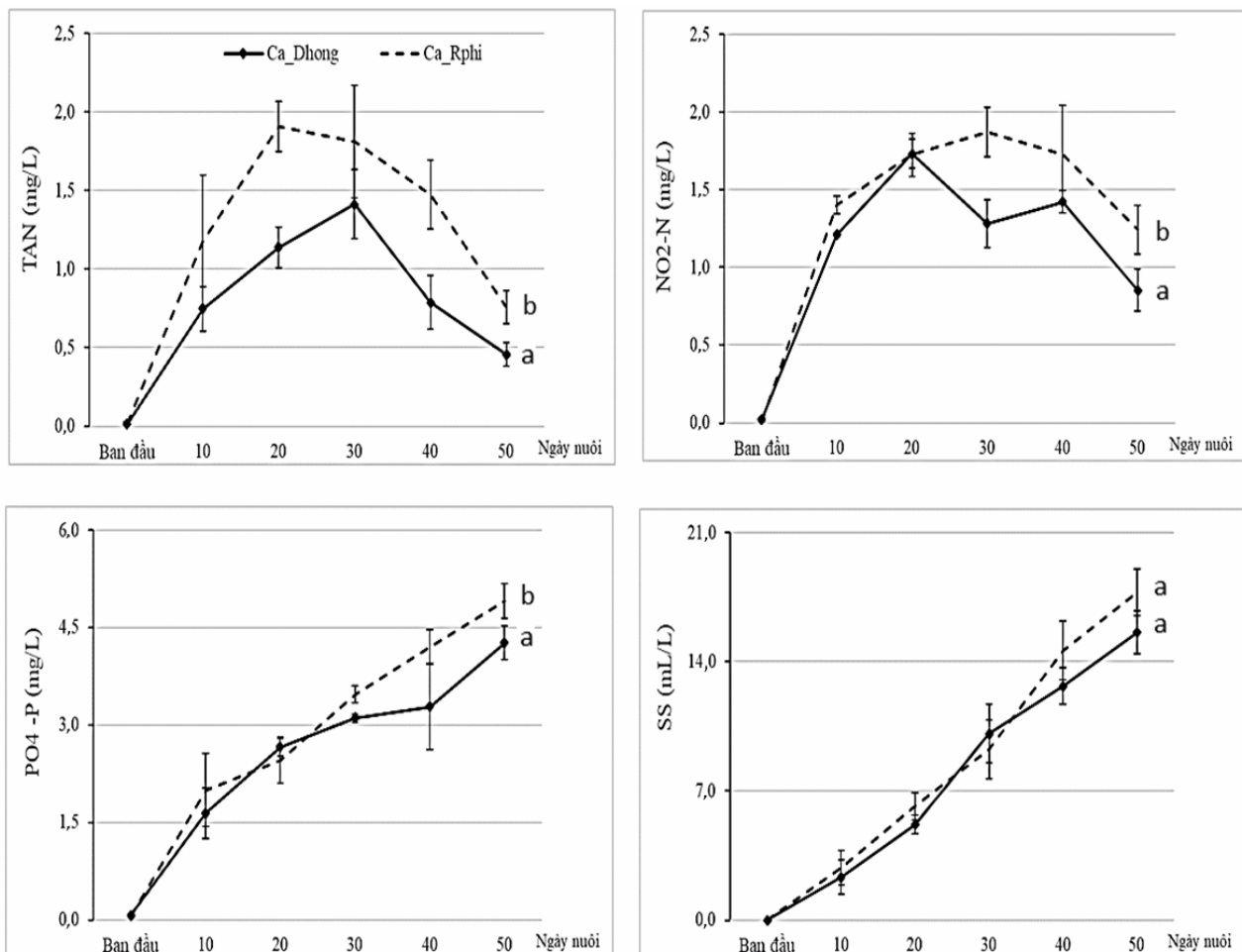
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Biến động yếu tố môi trường nuôi

Bảng 2. Nhiệt độ và pH môi trường nước ghi nhận trong quá trình thí nghiệm

Chỉ tiêu	Nghiệm thức thí nghiệm	
	Ca_Rphi	Ca_Dhong
Nhiệt độ (°C)	$27,71 \pm 0,90^a$	$27,70 \pm 0,92^a$
	26,0 – 28,9	26,0 – 30,4
pH	$6,83 \pm 0,27^a$	$6,93 \pm 0,13^a$
	6,14 – 7,15	6,51 – 7,14

Ghi chú: Các số liệu trong bảng được biểu thị dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Số liệu trên cùng hàng có chữ cái khác nhau là sai khác có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).



Hình 1. Biến động của chất lượng nước trong các bể ương thí nghiệm

Kết quả ở bảng 2 thể hiện sự biến động của nhiệt độ nước trong suốt thời gian thí nghiệm không quá lớn, dao động trong khoảng 26 - 30°C. Sở dĩ có sự chênh lệch này là do tác động từ điều kiện thời tiết môi trường không ổn định trong suốt quá trình nuôi. Tuy nhiên, sự khác biệt về nhiệt độ môi trường nước ở hai nghiệm thức Ca_Rphi ($27,71 \pm 0,90^\circ\text{C}$) và Ca_Dhong ($27,70 \pm 0,92^\circ\text{C}$) hầu như không đáng kể (chỉ dao động 0,01%) và không có ý nghĩa về mặt thống kê ($p > 0,05$).

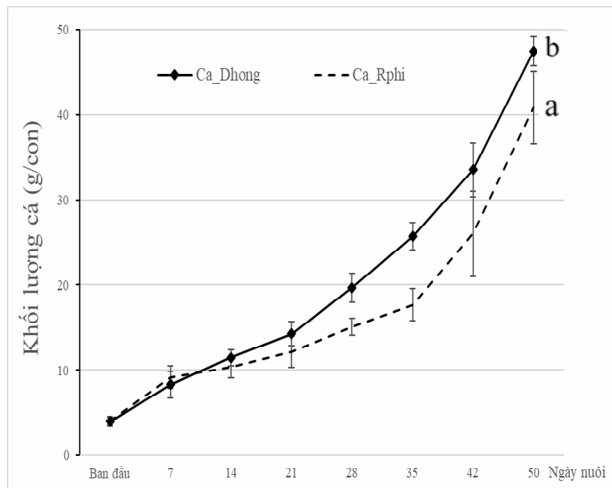
Sự dao động trong suốt quá trình nuôi cũng được ghi nhận đối với yếu tố pH, trong khoảng 6,14 - 7,15. Trong đó, giá trị pH trung bình ở nghiệm thức Ca_Rphi ($6,83 \pm 0,27$) tương đối thấp hơn so với nghiệm thức Ca_Dhong ($6,93 \pm 0,13$). Tuy nhiên, mức chênh lệch này chỉ đạt 1,3% và kết quả thống kê cho thấy, sự khác biệt này không có ý nghĩa, với $p > 0,05$.

Trong khi đó, hàm lượng tổng amonia (TAN), nitrite ($\text{NO}_2\text{-N}$), photphat ($\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$) và chất rắn lơ lửng (SS) thể hiện xu hướng tăng dần theo thời gian nuôi (Hình 1). Điều này được giải thích, là do sự tích lũy của các chất ô nhiễm trong môi trường nước theo lượng gia tăng thức ăn cung cấp và các hoạt động bài tiết của cá trong quá trình tăng trưởng của chúng. Cụ thể, nồng độ TAN,

$\text{NO}_2\text{-N}$ cũng như $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ ở nghiệm thức Ca_Rphi ($0,76 \pm 0,10 \text{ mg/L}$, $1,24 \pm 0,16 \text{ mg/L}$ và $4,91 \pm 0,27 \text{ mg/L}$) luôn duy trì ở ngưỡng cao hơn ($p < 0,05$) so với nghiệm thức Ca_Dhong ($0,46 \pm 0,08 \text{ mg/L}$, $0,85 \pm 0,14 \text{ mg/L}$ và $4,27 \pm 0,26 \text{ mg/L}$) sau 50 ngày nuôi. Tuy nhiên, sự biến động của hàm lượng TAN, $\text{NO}_2\text{-N}$ và $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ trong suốt quá trình thí nghiệm luôn nằm trong ngưỡng thích hợp cho sinh trưởng và phát triển bình thường của các loài cá rô phi.

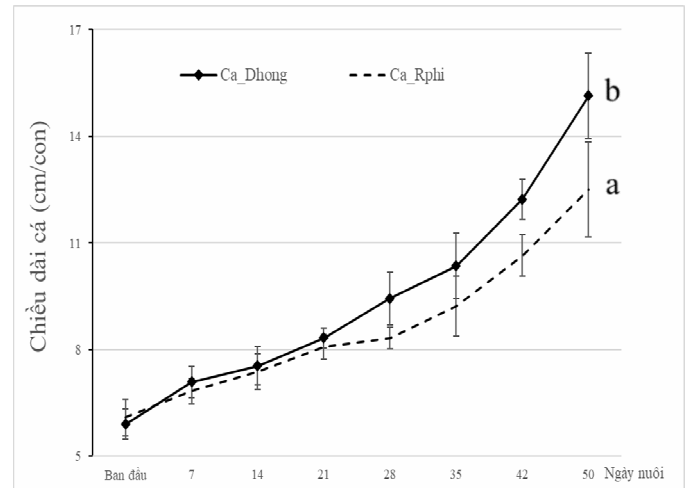
Khuynh hướng tăng dần theo thời gian nuôi cũng được ghi nhận đối với mật độ SS ở các nghiệm thức thí nghiệm (Hình 1). Kết thúc vụ nuôi, giá trị SS của bể Ca_Rphi ($17,75 \pm 1,25 \text{ mL/L}$) được ghi nhận ở mức cao hơn so với bể Ca_Dhong ($15,58 \pm 1,16 \text{ mL/L}$). Mặc dù sự chênh lệch này dao động trong khoảng 12%, nhưng không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Đồng thời, giá trị SS luôn duy trì dưới ngưỡng 25 mL/L trong môi trường nước suốt quá trình nuôi. Như vậy, hàm lượng SS ở các bể thí nghiệm hoàn toàn thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển bình thường của cả hai loài cá rô phi và cá điêu hồng.

3.2. Tăng trưởng về khối lượng và chiều dài của cá nuôi thí nghiệm



Hình 2. Tăng trưởng khối lượng và chiều dài của cá rô trong quá trình nghiên cứu

Trong 3 tuần nuôi đầu tiên, khối lượng của cá rô phi và cá điêu hồng hầu như chưa có sự khác biệt về sự tăng trưởng ở các nghiệm thức thí nghiệm (Hình 2), khối lượng cá dao động trong khoảng 3,98 - 14,26 g/con. Điều này được giải thích là do trong giai đoạn này cá tích lũy và phát



triển chủ yếu về chiều dài. Khối lượng trung bình của cá tăng dần theo thời gian nuôi và càng về sau thì sự khác nhau giữa các nghiệm thức càng thể hiện rõ rệt hơn. Sự chênh lệch về khối lượng của cá rô ở hai nghiệm thức khác nhau thể hiện sau 28 ngày nuôi trở đi. Giá trị ghi nhận tại thời điểm

kiểm tra cho thấy, cá ở nghiệm thức Ca_Rphi chỉ đạt giá trị $15,08 \pm 0,99$ g/con, thấp hơn so với khối lượng trung bình $19,68 \pm 1,68$ g/con thu được ở nghiệm thức Ca_Dhong. Sự tăng trưởng khác nhau giữa hai loài điều hồng và rô phi cũng đã được khẳng định bởi Leonard (2000) [12]. Trong đó, cá điều hồng có khả năng tăng trưởng tốt hơn qua quá trình ương nuôi. Ngoài ra, so với cá rô phi thì cá điều hồng có đặc tính sống và bắt mồi với khuynh hướng được thực hiện ở tầng nước cao hơn trong thủy vực, cụ thể là ngay dưới bề mặt nước. Điều này giúp cá điều hồng tiếp cận được với nguồn dinh dưỡng floc (“sinh khối” floc lơ lửng trong môi trường nước và “mảng bám” floc duy trì trên bề mặt nước) thường xuyên hơn trong điều kiện thí nghiệm. Từ đó, việc tiêu thụ nguồn dinh dưỡng nhiều hơn này có thể góp phần giải thích

cho khả năng tăng trưởng tốt hơn của cá điều hồng so với cá rô phi trong suốt quá trình nuôi (Hình 2, bảng 3).

Sự chênh lệch này tiếp tục được ghi nhận trong suốt quá trình nuôi tiếp theo. Tại thời điểm thu hoạch (Bảng 3), khối lượng trung bình của cá rô ở các nghiệm thức Ca_Rphi và Ca_Dhong lần lượt đạt $40,82 \pm 4,21$ g/con và $47,41 \pm 1,72$ g/con. Điều này chứng tỏ, cá điều hồng thể hiện khả năng tăng trưởng khối lượng tốt hơn cá rô phi, với mức 13,9%, trong điều kiện thí nghiệm. Đồng thời, tốc độ tăng trưởng khối lượng tuyệt đối của cá ở nghiệm thức Ca_Dhong ($0,87 \pm 0,00$ g/ngày) cũng tốt hơn so với nghiệm thức Ca_Rphi ($0,74 \pm 0,01$ g/ngày). Sự sai khác ghi nhận được ở cả hai nghiệm thức có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Bảng 3. Tăng trưởng về khối lượng và chiều dài của cá ở các nghiệm thức thí nghiệm

Chỉ tiêu	Nghiệm thức Ca_Rphi	Nghiệm thức Ca_Dhong
Khối lượng cá ban đầu (g/con)	$3,99 \pm 0,52$	$3,98 \pm 0,59$
Khối lượng cá thu hoạch (g/con)	$40,82 \pm 4,21^a$	$47,41 \pm 1,72^b$
Tốc độ tăng trưởng khối lượng tuyệt đối (g/ngày)	$0,74 \pm 0,01^a$	$0,87 \pm 0,00^b$
Chiều dài cá ban đầu (cm/con)	$6,09 \pm 0,52$	$5,90 \pm 0,42$
Chiều dài cá thu hoạch (cm/con)	$12,51 \pm 1,34^b$	$15,14 \pm 1,20^a$
Tốc độ tăng trưởng chiều dài tuyệt đối (cm/ngày)	$0,13 \pm 0,00^a$	$0,18 \pm 0,01^b$

Ghi chú: Các số liệu trong bảng được biểu thị dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn, các số liệu trên cùng hàng có chữ cái khác nhau là sai khác có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$)

Kết quả theo dõi tốc độ tăng trưởng về chiều dài cũng tương tự như giá trị khối lượng cá khi tăng dần theo thời gian nuôi và có sự khác biệt giữa các nghiệm thức. Kết quả nghiên cứu cho thấy, các bể nuôi trong nghiệm thức Ca_Dhong luôn có tốc độ tăng trưởng về chiều dài lớn hơn và khi cá càng lớn thì sự khác biệt ngày càng rõ ràng hơn. Trong 35 ngày nuôi đầu tiên, chiều dài của cá chưa có sự khác biệt thống kê ($p > 0,05$) về sự tăng trưởng ở các nghiệm thức thí nghiệm, các giá trị dao động trong khoảng 5,90 - 10,36 cm/con. Trong khi đó, sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về khối lượng cá ở hai nghiệm thức thí nghiệm đã được ghi nhận sau 28 ngày nuôi. Như vậy, so với chỉ tiêu

chiều dài thì sự tăng trưởng của cá rô phi và điều hồng có thể biểu hiện rõ ràng hơn ở chỉ tiêu khối lượng.

3.3. Tỷ lệ sống của cá nuôi thí nghiệm

Xác định tỷ lệ sống nhằm đánh giá được sự phù hợp cùng hiệu quả và khả thi của mô hình nuôi trong áp dụng thực tế. Kết quả ở bảng 4 cho thấy, tại thời điểm kết thúc vụ nuôi, cá điều hồng ở nghiệm thức Ca_Dhong có tỷ lệ sống đạt $95,33 \pm 1,15\%$. Giá trị này cao hơn (4%, $p < 0,05$) so với nghiệm thức Ca_Rphi khi tỷ lệ sống của cá chỉ đạt $91,33 \pm 2,31\%$. Điều này có thể được giải thích, là do biofloc ở nghiệm thức Ca_Dhong hoạt động hiệu quả hơn so với nghiệm thức Ca_Rphi. Từ đó, nguồn dinh dưỡng dư thừa (đóng vai trò là các

chất gây ô nhiễm môi trường) trong suốt quá trình nuôi được sử dụng/chuyển hóa cùng với sự sinh trưởng của chúng.

Nhận định này được củng cố thông qua việc luôn duy trì nồng độ thấp hơn đáng kể ($p < 0,05$) của các hợp chất nitơ gây độc dưới dạng TAN và NO_2^- -N (tác nhân có khả năng ức chế hoạt động sống của đối tượng thủy sản) trong môi trường nước ở các bể nuôi nghiệm thức Ca_Dhong. Kết quả là môi trường nuôi trở nên thuận lợi hơn cho cá sinh trưởng và phát triển, từ đó góp phần nâng tỷ lệ sống tốt hơn của cá điều hồng (nghiệm thức Ca_Dhong) so với cá rô phi (nghiệm thức Ca_Rphi). Sự chênh lệch này giữa hai nghiệm thức đạt 4,2% và có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Bảng 4. Tỷ lệ sống (%) của cá thí nghiệm tại thời điểm cuối vụ nuôi

Chỉ tiêu	Nghiệm thức thí nghiệm	
	Ca_Rphi	Ca_Dhong
Tỷ lệ sống (%)	91,33 $\pm$ 2,31 ^a	95,33 $\pm$ 1,15 ^b

Ghi chú: Các số liệu trong bảng được biểu thị dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn, các số liệu trên cùng hàng có chữ cái khác nhau là sai khác có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$)

Chỉ tiêu tỷ lệ sống của cá điều hồng và rô phi trong nghiệm cứu này (bảng 4) nhìn chung đạt hiệu quả tốt hơn so với các giá trị ghi nhận được công bố trên hai đối tượng nuôi này với điều kiện nuôi bình thường. Đối với cá điều hồng, theo kết quả điều tra của Trần Văn Việt (2016) [13], tỷ lệ sống trung bình của chúng khi nuôi lồng bè chỉ đạt 65,1%. Giá trị này được ghi nhận dao động

trong khoảng cao hơn, 91,1 - 97,8%, so với nghiệm cứu của Trần Lê Cẩm Tú và cs (2020) ở điều kiện phòng thí nghiệm [14]. Trong khi đó, tại thời điểm thu hoạch, nghiệm cứu của Trần Thị Năng Thu và cs (2022) [15] ghi nhận được cá rô phi ương nuôi trong giai đạt tỷ lệ sống trung bình ở mức 80,0%. Tỷ lệ sống của cá rô phi thể hiện giá trị tốt hơn (96,7%) theo nghiệm cứu của Nguyễn Thị Ngọc Anh và cs (2017) [16], tuy nhiên trong nghiệm cứu này, độ mặn của môi trường nước nuôi được duy trì ở ngưỡng 10 ppt.

3.4. Thành phần dinh dưỡng của biofloc

Trong hệ thống biofloc, ngoài tác dụng giúp cải thiện chất lượng nước chúng còn được xem là nguồn cung cấp thức ăn giàu dinh dưỡng [1, 5]. Từ đó, việc sử dụng biofloc như nguồn dinh dưỡng tại chỗ bổ sung có thể góp phần thúc đẩy tăng trưởng của các đối tượng nuôi. Kết quả ở bảng 5 cho thấy, thành phần và giá trị dinh dưỡng protein của biofloc trong hai nghiệm thức thí nghiệm thể hiện sự khác nhau, với hàm lượng tốt hơn ở nghiệm thức Ca_Dhong. Cụ thể, protein tổng số của biofloc ở nghiệm thức này vào cuối vụ nuôi đạt giá trị 28,69 $\pm$ 1,49%, nhiều hơn 3,1% ($p < 0,05$) giá trị xác định được ở nghiệm thức Ca_Rphi (25,61 $\pm$ 1,30%). Quan trọng hơn, sự lớn hơn có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$) tương tự cũng được ghi nhận đối với hầu hết các loại amino axit thiết yếu (ngoại trừ phenylalanine) ở biofloc của nghiệm thức Ca_Dhong. Điều này đồng nghĩa với việc giá trị dinh dưỡng protein bổ sung từ biofloc trong môi trường bể nuôi ở nghiệm thức Ca_Dhong được xem là tốt hơn so với nghiệm thức còn lại.

Bảng 5. Thành phần hóa học của biofloc trong các bể nuôi thí nghiệm

Thành phần	Nghiệm thức thí nghiệm	
	Ca_Rphi	Ca_Dhong
Protein tổng số (% DW)	25,61 $\pm$ 1,30 ^a	28,69 $\pm$ 1,49 ^b
Tro (% DW)	31,26 $\pm$ 1,26 ^a	27,27 $\pm$ 0,82 ^b
Amino axit thiết yếu (% DW)		
Arginine	0,18 $\pm$ 0,06 ^a	0,32 $\pm$ 0,09 ^b

Lysine	$0,35 \pm 0,05^a$	$0,42 \pm 0,03^b$
Histidine	$0,13 \pm 0,02^a$	$0,18 \pm 0,04^b$
Threonine	$0,32 \pm 0,03^a$	$0,46 \pm 0,04^b$
Valine	$0,19 \pm 0,05^a$	$0,28 \pm 0,08^b$
Leucine	$0,19 \pm 0,02^a$	$0,28 \pm 0,06^b$
Isoleucine	$0,28 \pm 0,08^a$	$0,38 \pm 0,07^b$
Methionine	$0,36 \pm 0,06^a$	$0,49 \pm 0,15^b$
Phenylalanine	$0,43 \pm 0,07$	$0,42 \pm 0,17$
Tryptophan	$0,03 \pm 0,01^a$	$0,07 \pm 0,01^b$

Ghi chú: DW: Khối lượng khô. Các số liệu trong bảng được biểu thị dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Số liệu trên cùng hàng có chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Đáng chú ý, so với hàm lượng các amino axit thiết yếu trong bột cá [17] (thành phần chính trong thức ăn công nghiệp) thì các giá trị thu được này từ biofloc trong điều kiện thí nghiệm là tương đối thấp. Như vậy, kết quả nghiên cứu này còn góp phần chỉ ra rằng, khả năng sử dụng biofloc như là nguồn dinh dưỡng protein chính (thay thế nguồn protein động vật trong thức ăn công nghiệp) cho các đối tượng nuôi trồng thủy sản là không thể.

Kết quả về nồng độ SS và thành phần tro có thể góp phần giải thích cho sự chênh lệch này giữa các nghiệm thức thí nghiệm. Cụ thể, với việc luôn duy trì hàm lượng SS (trong suốt quá trình nuôi) và tro (cuối vụ nuôi) thấp hơn ở nghiệm thức Ca_Dhong ($p < 0,05$), biofloc ở nghiệm thức này có khuynh hướng sinh trưởng và phát triển sinh khối mới nhiều hơn so với nghiệm thức Ca_Rphi. Hay nói cách khác, biofloc ở bể nuôi cá điều hồng có “tuổi đời” trẻ hơn so với ở bể nuôi cá rô phi. Chính điều này dẫn đến thành phần dinh dưỡng của biofloc (protein và amino axit trong nghiên cứu này) được tạo ra liên tục và duy trì với hàm lượng nhiều hơn trong môi trường nuôi ở các bể nghiệm thức Ca_Dhong. Tỷ lệ nghịch giữa hàm lượng protein và tro của biofloc cũng được ghi nhận bởi Khanjani và cs (2021) [18] khi nuôi cá rô phi

(*Oreochromis niloticus*) trong hệ thống biofloc. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, kích cỡ của biofloc càng nhỏ thì hàm lượng protein của chúng càng cao. Nhìn chung, việc hình thành biofloc có nguồn dinh dưỡng protein và amino axit thiết yếu bổ sung tại chỗ tốt hơn đã góp phần giải thích cho khả năng tăng trưởng tốt hơn (cả về khối lượng và chiều dài) của cá điều hồng so với cá rô phi sau 50 ngày nuôi trong điều kiện thí nghiệm.

3.5. Khả năng chống chịu stress môi trường đột ngột của cá thí nghiệm

Kết quả về khả năng chống chịu stress môi trường đột ngột của cá rô phi và điều hồng tại thời điểm thu hoạch cho thấy, hai loài này có phản ứng giống nhau đối với các yếu tố stress trong quá trình thử nghiệm. Cụ thể, cá rô phi và cá điều hồng đều được ghi nhận chết ở ngưỡng giá trị pH 3, nhiệt độ 10°C hoặc 40°C, độ mặn 40 ppt. Trong đó, khi không được nuôi trong môi trường biofloc, cá rô phi (nghiệm thức ĐC_Rphi) và cá điều hồng (nghiệm thức ĐC_Dhong) thể hiện sự khác nhau không có ý nghĩa ($p > 0,05$) về khả năng chống chịu stress môi trường. Điều này trái ngược lại với kết quả ghi nhận khi hai đối tượng này được nuôi trong môi trường biofloc. Bảng 6 cho thấy, cá điều hồng ở nghiệm thức Ca_Dhong có thể chịu đựng

với những biến động đột ngột về môi trường tốt hơn so với cá rô phi. Điều này biểu thị qua thời gian chết hoàn toàn của cá từ nghiệm thức

Ca_Dhong luôn lâu hơn so với cá từ nghiệm thức Ca_Rphi (nghiệm thức Ca_Rphi), $p < 0,05$.

Bảng 6. Khả năng chống chịu stress môi trường đột ngột của cá sau thí nghiệm nuôi

Yếu tố gây stress	Giá trị	Thời gian chịu đựng của cá (phút)			
		Nghiệm thức ĐC_Rphi	Nghiệm thức Ca_Rphi	Nghiệm thức ĐC_Dhong	Nghiệm thức Ca_Dhong
pH	3	5,7 $\pm$ 1,5 ^a	14,3 $\pm$ 4,5 ^b	6,7 $\pm$ 2,3 ^a	24,7 $\pm$ 3,1 ^c
	6,5	-	-	-	-
	9,5	-	-	-	-
Nhiệt độ (°C)	10	15,7 $\pm$ 2,1 ^a	81,3 $\pm$ 12,1 ^b	13,3 $\pm$ 1,5 ^a	114,0 $\pm$ 9,6 ^c
	20	-	-	-	-
	40	138,7 $\pm$ 20,4 ^a	223,3 $\pm$ 27,5 ^b	128,3 $\pm$ 25,2 ^a	300,3 $\pm$ 9,5 ^b
Độ mặn (ppt)	5	-	-	-	-
	15	-	-	-	-
	30	-	-	-	-
	40	84,7 $\pm$ 12,7 ^a	723,3 $\pm$ 75,1 ^b	86,0 $\pm$ 15,1 ^a	913,3 $\pm$ 70,2 ^c

Ghi chú: “-“ thể hiện việc không ghi nhận được hiện tượng cá chết hoàn toàn trong quá trình thử nghiệm. Các số liệu trong bảng được biểu thị dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. Số liệu trên cùng hàng có chữ cái khác nhau thể hiện sai khác có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$)

Khả năng chống chịu stress môi trường tốt hơn của cá điều hồng khi nuôi trong môi trường biofloc có thể được giải thích là do việc tiếp cận với nguồn dinh dưỡng amino axit thiết yếu nhiều hơn (Bảng 5) của chúng trong suốt quá trình sinh trưởng và phát triển. Theo Vijayaram và cs (2024) [19], các axit amin thiết yếu có vai trò thúc đẩy hệ miễn dịch, giảm stress và gia tăng tỷ lệ sống của các loài cá như: methionine, lysine, tryptophan và arginine. Điều này phù hợp với kết quả ghi nhận ở bảng 5 khi nguồn bổ sung dinh dưỡng amino axit thiết yếu tại chỗ (biofloc) đều duy trì với hàm lượng cao hơn đáng kể ($p < 0,05$; ngoại trừ phenylalanine) ở các bể nuôi nghiệm thức Ca_Dhong so với nghiệm thức Ca_Rphi.

4. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ NGHỊ

4.1. Kết luận

Cá điều hồng ghi nhận khả năng tăng trưởng về khối lượng, chiều dài và tỷ lệ sống tốt hơn ở nghiệm thức Ca_Dhong ($p < 0,05$), với các giá trị đạt được ở cuối vụ nuôi là $47,41 \pm 1,72$ g/con, $15,14 \pm 1,20$ cm/con và $95,33 \pm 1,15\%$.

Thành phần giá trị dinh dưỡng protein và amino axit thiết yếu của biofloc trong các bể nuôi của nghiệm thức Ca_Dhong có hàm lượng cao hơn đáng kể (ngoại trừ phenylalanine, $p > 0,05$) so với nghiệm thức Ca_Rphi.

Cá rô phi và cá điều hồng có ngưỡng stress môi trường gây chết như nhau, bao gồm: pH 3, nhiệt độ 10°C hoặc 40°C, độ mặn 40 ppt. Cá điều hồng có khả năng chịu đựng với những biến động đột ngột về môi trường tốt hơn so với cá rô phi.

4.2. Đề nghị

Phát triển mô hình nuôi biofloc đối với cá điều hồng (*Oreochromis* sp.) sẽ cho hiệu quả nuôi tốt hơn cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*)

Cần nghiên cứu và đánh giá sự thay đổi về các chỉ tiêu sinh lý, sinh hóa (hồng cầu, hormone...) của cá điều hồng và cá rô phi dưới các điều kiện stress môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Global Seafood Alliance (2019). GOAL 2019: Global finfish production review and forecast,

<https://www.aquaculturealliance.org/advocate/goal-2019-global-finfish-production-review-and-forecast/>, accessed 12 December 2024.

2. Renuhadevi, M., I. J. M. A. Jeevagan, B. Ahilan, C. B. T. Rajagopalsamy and E. Prabu (2019). Tilapia – An excellent candidate species for world aquaculture: A review. *Annual Research & Review in Biology*, 1 - 14. <https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330052>.

3. Minh, N. T (2023). Biofloc-based integrated multitrophic aquaculture - Practical application for the sustainable environmental development of the intensive shrimp industry. Ph.D. Thesis, Ghent University, Belgium.

4. Phan, L. P. and T. V. Nguyen (2023). Efficiency of intensive tilapia culture in the earthen ponds applied biofloc technology (BFT), probiotics and off-flavor control methods. *The Journal of Agriculture and Development*, 22(3), 9 - 18.

5. Pinho, S. M., J. P. Lima, L. H. David, M. G. C. Emerenciano, S. Goddek, M. C. J. Verdegem, K. J. Keesman and M. C. Portella (2021). FLOCponics: The integration of biofloc technology with plant production. *Reviews in Aquaculture*, 14(2), 647 - 675. <https://doi.org/10.1111/raq.12617>.

6. Azim, M. E and D. C. Little (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283, 29 - 35.

7. Guozhi, L., Qi, G., W. Chaothui, L. Wenchang, S. Dachuan, L. Li and T. Hongxin (2014). Growth, digestive activity, welfare and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture*, 422 - 423, 1 - 7.

8. TCVN 9294:2012. (2021). Phân bón - xác định cacbon hữu cơ tổng số bằng phương pháp Walkley- Black. Bộ Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

9. Châu Tài Tảo, Nguyễn Văn Hòa và Trần Ngọc Hải (2021). Ảnh hưởng của mật độ lên tăng trưởng và tỷ lệ sống của tôm càng xanh

(*Macrobrachium rosebergii*) nuôi theo công nghệ biofloc. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 4(125), 139 - 145.

10. AOAC. (2005). Official Methods of Analysis of AOAC International, 18th ed. (Method No. 981.10). AOAC International (Association of Analytical Communities). Gaithersburg, Maryland 20877 - 2417, USA.

11. Sudong, X., L. Yong, W. Wenqi, R. Mayalagu, P. K. V. Kumaravel and W. Hua (2010). Influence of dietary protein levels on growth, digestibility, digestive enzyme activity and stress tolerance in white-leg shrimp, *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), reared in high-density tank trials. *Aquaculture Research*, 41, 1845 - 1854.

12. Leonard, L. L (2000). Criteria for selecting Nile tilapia and Red tilapia for culture. Department of Fisheries and Allied Aquacultures Auburn University, Alabama 36849 USA.

13. Trần Văn Việt (2016). Đánh giá tình hình nuôi cá điêu hồng (*Oreochromis* spp.) trong lồng bè ở sông Tiền vùng thượng nguồn tỉnh Vĩnh Long. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 47b, 110 - 118.

14. Trần Lê Cẩm Tú, Trần Thị Thanh Hiền, Yutaka Haga và Trần Minh Phú (2020). Xác định tỉ lệ năng lượng (protein: lipid) tối ưu của cá điêu hồng (*Oreochromis* sp.) trong điều kiện nhiệt độ - độ mặn cao. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 56 (Số chuyên đề: Thủy sản) (1), 29 - 37.

15. Trần Thị Năng Thu, Mai Văn Tùng, Nguyễn Công Thiết, Trịnh Đình Khuyến và Đỗ Thị Ngọc Anh (2022). Nghiên cứu nuôi cá rô phi bằng đậu tằm (*Vicia faba*) tạo sản phẩm cá giòn. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 20(1), 47 - 55.

16. Nguyễn Thị Ngọc Anh, Nguyễn Thị Thúy An, Phạm Thị Tuyết Ngân và Trần Ngọc Hải (2017). Nghiên cứu sử dụng rong xanh (*Cladophora* sp.) làm nguồn thức ăn cho cá rô phi (*Oreochromis niloticus*). *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 50b, 119 - 126.

17. Gamboa-Delgado, J., G. A. Rodríguez Montes de Oca, J. C. Román Reyes, D. A.

Villarreal-Cavazos, M. Nieto-López and L. E. Cruz-Suárez (2017). Assessment of the relative contribution of dietary nitrogen from fish meal and biofloc meal to the growth of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture Research*, 48(6), 2963 - 2972. <https://doi.org/10.1111/are.13129>.

18. Khanjani, M. H., M. Alizadeh and M. Sharifinia (2021). Effects of different carbon sources on water quality, biofloc quality, and

growth performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fingerlings in a heterotrophic culture system. *Aquaculture International*, 29(1), 307 - 321. <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00627-9>.

19. Vijayaram, S., Ringø, E., Zuorro, A., van Doan, H., Sun, Y. (2024). Beneficial roles of nutrients as immunostimulants in aquaculture: A review. *Aquaculture and Fisheries*, 9(5), 707 - 720. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.02.001>.

GROWTH PERFORMANCES AND STRESS-TOLERANT ABILITIES BETWEEN NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) AND RED TILAPIA (*Oreochromis* sp.) REARED WITH BIOFLOC TECHNOLOGY

Nguyen Tu Minh¹, Nguyen Van Huy¹

¹ Faculty of Fisheries, Hue University of Agriculture and Forestry

*Email: nguyentuminh@hueuni.edu.vn

Summary

This study was conducted to determine the preferable appropriateness between Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and Red tilapia (*Oreochromis* sp.) for biofloc-based aquaculture systems using carbon source from sugar cane molasses. The 50 day experiment consisted of two treatments, with triplicates each, including (1) Ca_Rphi: Nile tilapia in biofloc and (2) Ca_Dhong: Red tilapia in biofloc. Piscine seeds (on average weight and length of 3.9 g and 5.9 cm) were reared in composite tanks (200 L/tank) at the stocking density of 50 fishes/tank. The experiental results illustrated better water quality, as indications of lower TAN, NO₂⁻-N and PO₄³⁻-P levels ($p < 0.05$), in the Ca_Dhong treatment versus Ca_Rphi treatment. Red tilapia indicated superior growth performances ($p < 0.05$) in terms of weight and survival rate (40.82 ± 4.21 g/fish and $95.33 \pm 1.15\%$, respectively) to those of Nile tilapia (12.51 ± 1.34 g/fish and $91.33 \pm 2.31\%$). Biofloc formed in the Ca_Dhong tanks had a higher total protein ($28.69 \pm 1.49\%$ DW) than that in the Ca_Rphi tanks, $p < 0.05$. Significant superiority, $p < 0.05$, was also documented for the essential amino acids profile (except for phenylalanine, $p > 0.05$) of biofloc in the Ca_Dhong treatment. The harvestable Red tilapia and Nile tilapia *showed* identical tolerant capacities against the abrupt environmental stress factors, with the piscine pH, salinity, and temperature thresholds of 3, 40 ppt, and 10°C or 40°C, respectively. Red tilapia possessed the better stress-tolerant abilities ($p < 0.05$) as compared to Nile tilapia.

Keywords: Red tilapia, Nile tilapia, stress tolerance, biofloc environment, growth.

Ngày nhận bài: 01/10/2024

Ngày chuyển phản biện: 30/10/2024

Ngày thông qua phản biện: 18/2/2024

Ngày duyệt đăng: 12/3/2025

HIỆU QUẢ HỆ THỐNG TUẦN HOÀN KẾT HỢP AQUAPONICS - VI TẢO: ĐÁNH GIÁ CHẤT LƯỢNG NƯỚC VÀ TĂNG TRƯỞNG SINH KHỐI

Cô Thị Kính^{1,*}, Lê Quang Huy¹, Trà Văn Tung¹, Vũ Quang Mạnh², Lê Thái Hoàng¹

¹Viện Công nghệ Ứng dụng và Phát triển bền vững, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

²Trung tâm Nghiên cứu Giáo dục Tài nguyên đa dạng sinh học, Trường Đại học Sư phạm Hà Nội

* Email: ctkinh@ntt.edu.vn

TÓM TẮT

Hệ thống aquaponics kết hợp vi tảo là mô hình nông nghiệp công nghệ cao sử dụng tảo để cải thiện chất lượng nước và tăng hiệu quả sản xuất trong nuôi cá và trồng rau. Nghiên cứu nhằm đánh giá sự tăng trưởng sinh khối của cá và rau, đồng thời theo dõi các chỉ tiêu chất lượng nước. Thí nghiệm gồm ba nghiệm thức: (1) Hệ thống aquaponics, (2) Hệ thống aquaponics kết hợp nuôi vi tảo *Chlorella vulgaris*, (3) Hệ thống nuôi cá điều hồng thâm canh. Sau 63 ngày theo dõi, tốc độ tăng trưởng và sinh khối của cá điều hồng nuôi trong hệ thống aquaponics - vi tảo cao hơn đáng kể so với các nghiệm thức còn lại. Tương tự, sinh khối tươi của rau cải ngọt thu hoạch ở hệ thống aquaponics - vi tảo cũng cao hơn so với hệ thống aquaponics thông thường. Các chỉ tiêu chất lượng nước như: Nhiệt độ, pH, DO, TAN, NO_2^- , NO_3^- và PO_4^{3-} trong bể cá của hệ thống aquaponics - vi tảo được duy trì ở mức thích hợp, đảm bảo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của cá và rau trong hệ thống.

Từ khóa: Aquaponics, *Chlorella vulgaris*, nuôi trồng thủy sản, cá điều hồng, cải ngọt.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sự gia tăng nhanh chóng của dân số toàn cầu đã dẫn đến nhiều thách thức như: Khan hiếm nước, suy thoái đất canh tác, biến đổi khí hậu, nhiễm mặn, ... gây ảnh hưởng đến sản xuất lương thực [1, 2]. Nhằm góp phần giải quyết nhu cầu thực phẩm trong điều kiện tài nguyên ngày càng khan hiếm, cần có sự chuyển đổi từ các mô hình canh tác dựa trên tăng trưởng vô hạn sang các phương thức canh tác một cách cân bằng và bền vững [3]. Đối với ngành nuôi trồng thủy sản, việc xả thải từ các hoạt động nuôi trồng theo các hình thức nuôi thâm canh truyền thống trong ao đất hoặc trong các thủy vực mở đặt ra mối đe dọa nghiêm trọng đối với môi trường và hệ sinh thái thủy sinh [4, 5]. Ngoài ra, ô nhiễm nước do nước thải nuôi trồng thủy sản có thể tác động xấu đến sức khỏe con người và gây ảnh hưởng đến sự bền vững của nguồn lợi thủy sản [6, 7]. Để giải quyết các vấn đề này, việc áp dụng các phương pháp

canh tác hoặc sản xuất thân thiện với môi trường và bền vững là cần thiết.

Nuôi thủy sản kết hợp với trồng rau thủy canh trong một hệ thống tuần hoàn nước được gọi là aquaponics đây được xem là một phương pháp sản xuất thực phẩm sáng tạo và thân thiện với môi trường [1, 2, 8]. Một cách cụ thể, aquaponics kết hợp nuôi thủy sản và nông nghiệp thủy canh trong một môi trường cộng sinh, trong đó chất dinh dưỡng từ nước thải của quá trình nuôi thủy sản làm nguồn cung cấp dinh dưỡng cho hệ thống thủy canh cây trồng nhờ các chu trình sinh học tự nhiên và tuần hoàn nước tái chế cho bể nuôi thủy sản [1, 9, 10]. Với đặc tính tuần hoàn và gần như không xả thải, aquaponics cung cấp giải pháp khả thi cho việc xử lý nước thải từ nuôi trồng thủy sản bằng cách tái chế chất dinh dưỡng và nước thải trong hệ thống, giảm thiểu chất thải độc hại từ các trang trại nuôi trồng thủy sản, sử dụng tài nguyên đất và nước hạn chế và mang lại lợi ích kinh tế từ

việc sản xuất thực phẩm, bao gồm cá và cây trồng một cách bền vững [8, 11].

Do hiệu suất sử dụng đạm của hệ thống aquaponics thấp, đặc biệt là trong điều kiện mật độ cá nuôi cao, phần lớn đạm sẽ tồn tại trong hệ thống và gây ra những tác động nghiêm trọng về môi trường và đòi hỏi một số cải tiến về mặt kỹ thuật để tăng cường khả năng duy trì hàm lượng dinh dưỡng ở mức tối ưu [2, 9, 12]. Để giải quyết vấn đề này cũng như nâng cao hiệu quả và tính bền vững của hệ thống aquaponics, mô hình aquaponics có kết hợp nuôi vi tảo đã được đề xuất dựa trên khả năng chuyển hóa các chất vô cơ và hữu cơ do sự phối hợp giữa vi khuẩn và vi tảo trong hệ thống [13 - 16].

Một số nghiên cứu cho thấy, vi tảo *Chlorella* sp. có hiệu quả trong việc loại bỏ chất dinh dưỡng từ bể nuôi, cải thiện chất lượng nước [14, 17]. Các loài tảo khác nhau có khả năng hấp thụ dinh dưỡng và tương thích với cây trồng khác nhau, ảnh hưởng đến hiệu quả tái chế dinh dưỡng và năng suất hệ thống. Nghiên cứu của Addy và cs (2017)[14] cho thấy, tảo có thể cải thiện chất lượng nước trong hệ thống aquaponics, giúp kiểm soát sự giảm pH liên quan đến quá trình nitrat hóa, tạo ra oxy hòa tan trong hệ thống. Dựa trên các cơ sở trên, việc xem xét phát triển hệ thống mô hình aquaponics - vi tảo được coi là một trong những hướng phát triển đầy hứa hẹn của nuôi trồng thủy sản hiện đại. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm phát triển mô hình hệ thống nuôi trồng thủy sản tuần hoàn kết hợp aquaponics và vi tảo *Chlorella vulgaris* với mục tiêu đánh giá tăng trưởng sinh khối của các đối tượng nuôi và mức độ duy trì chất lượng nước trong hệ thống.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

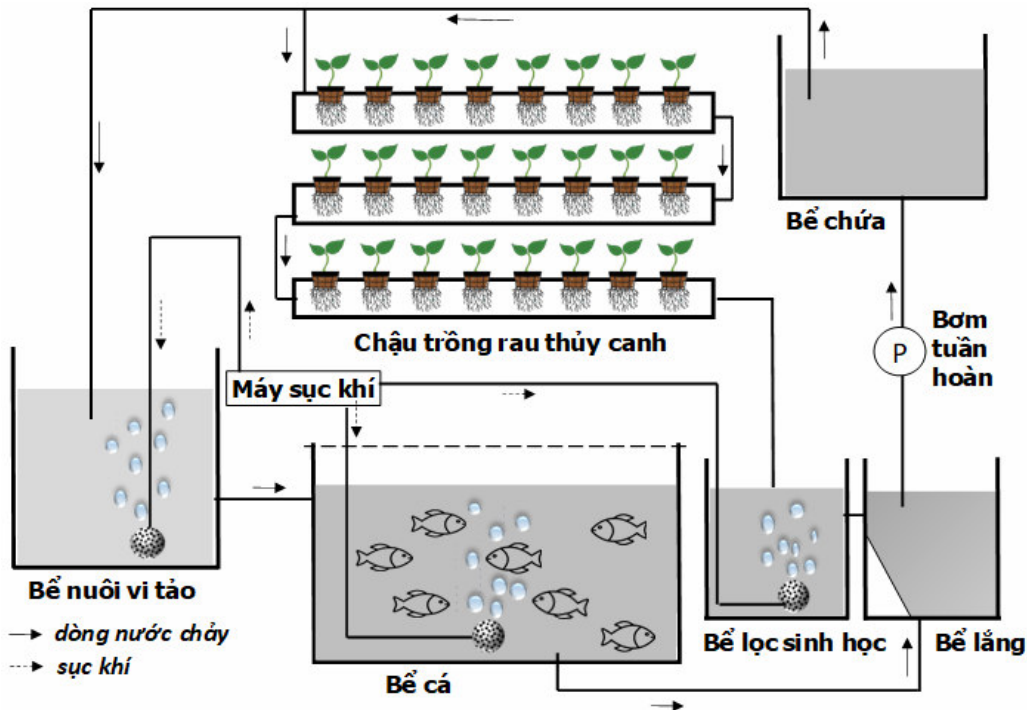
2.1 Phương pháp bố trí thí nghiệm

Nghiên cứu được tiến hành trong 9 tuần tại Phòng thí nghiệm Sinh thái môi trường, Viện Ứng dụng Công nghệ và phát triển bền vững, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Có 3 nghiệm thức được triển khai gồm: (1) Hệ thống aquaponics; (2) Hệ thống aquaponics - vi tảo. (3) Hệ thống nuôi cá điều hòa thâm canh. Ở nghiệm thức 1 (NT - 1) và nghiệm thức 2 (NT - 2), mỗi hệ thống aquaponics

gồm các thành phần chủ yếu như sau: Một bể nuôi cá chính bằng kính hình chữ nhật thể tích 360 L, một bể lọc sinh học bằng nhựa thể tích 200 L (sử dụng giá thể hạt Kalnes khoảng 50% thể tích và có sục khí), một bể lắng bằng nhựa thể tích 200 L, bể cấp nước tự động bằng nhựa thể tích 200 L. Hệ thống thủy canh sử dụng 3 chậu nhựa và bố trí theo kỹ thuật màng dinh dưỡng (NFT), mỗi chậu có kích thước 105 x 43 x 16 cm, mỗi chậu trồng 12 cây cải ngọt giống. Ở nghiệm thức 2, một bể nuôi vi tảo bằng kính (hình chữ nhật kích thước 35 x 35 x 70 cm với thể tích 65 L) được nối vào mô hình aquaponics trước bể nuôi cá (được mô tả như hình 1). Ở nghiệm thức 3, cá điều hòa được nuôi trong một bể nhựa tròn thể tích 500 L, có nối với một bể lắng cặn sơ bộ thể tích 200 L. Ở các bể nuôi cá và bể lọc sinh học ở các nghiệm thức, máy bơm và máy sục khí được lắp đặt và hoàn thiện để đảm bảo hệ thống được sục khí và tuần hoàn liên tục.

Cá điều hòa (*Oreochromis* sp.) giống (còn gọi là cá rô phi đỏ) có khối lượng cơ thể trung bình $7,03 \pm 1,45$ g đã được sử dụng. Mật độ thả nuôi là 90 con/m³. Tỷ lệ cho ăn khoảng 2% sinh khối/ngày. Thức ăn cho cá được dùng là loại cám viên 2 mm với thành phần 28% protein chuyên dùng cho cá điều hòa dưới 200 g được sản xuất bởi Công ty Cagrill (Mỹ). Cá điều hòa giống được vận chuyển từ trại giống được nuôi thuần thêm khoảng 10 ngày trong bể ở phòng thí nghiệm để đảm bảo cá nuôi không bị sốc do vận chuyển và thay đổi điều kiện nuôi. Nước được tuần hoàn liên tục trong cả 3 hệ thống và định kỳ nước được thêm vào để bù trừ lượng nước hao hụt do bốc hơi. 10 mẫu cá ngẫu nhiên được lấy mẫu vào đầu và cuối thí nghiệm để cân khối lượng. Rau được trồng trong NT - 1 và NT - 2 là rau cải ngọt (*Brassica integrifolia*). Ở mỗi chậu thủy canh trồng 12 cây non khỏe mạnh đã được ươm trên giá thể xơ dừa trong 15 ngày trước khi đưa vào trồng trong hệ thống. Nghiên cứu này sử dụng ánh sáng mặt trời cho sự phát triển của rau, có bổ sung đèn LED (ánh sáng trắng) 8 giờ/ngày vào buổi chiều (khi không có ánh sáng mặt trời trực tiếp ở khu vực thí nghiệm). Rau được trồng vào hệ thống muộn hơn so với ngày thả cá 14 ngày để đảm bảo có nguồn dinh dưỡng ban đầu trong nước cho rau

phát triển. Rau được thu hoạch sau 49 ngày trồng, nghiệm thức (sau 63 ngày).
tương ứng với thời điểm kết thúc vận hành các



Hình 1. Hình vẽ mô phỏng hệ thống aquaponics - vi tảo ở nghiệm thức NT - 2

Ghi nhận số liệu khối lượng cá ở thời điểm thu hoạch để đánh giá hiệu suất tăng trưởng. Trong quá trình nuôi, quan sát và ghi nhận hành vi, lượng thức ăn và sức khỏe tổng thể của cá để hiệu chỉnh lượng thức ăn nếu cần thiết. Lượng cá bị hao hụt được ghi nhận trong suốt quá trình thí nghiệm.

Ở bể nuôi vi tảo, vi tảo *Chlorella vulgaris* là loại vi tảo được ứng dụng phổ biến làm thức ăn tự nhiên trong nuôi trồng thủy sản có khả năng hấp thụ chất dinh dưỡng và tạo môi trường tốt được sử dụng. Vi tảo *Chlorella vulgaris* được lấy từ mẫu giống thuần của Phòng thí nghiệm Sinh thái môi trường, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Trước khi đưa vào nuôi sinh khối trong NT - 2, vi tảo này được nuôi cấy nhân sinh khối bằng môi trường BG11. Vi tảo *Chlorella vulgaris* được nuôi cấy chuyển giữ giống và hoạt hóa trong bình nhựa 5 L (chứa 4 lít môi trường BG11) ở nhiệt độ 25 - 28°C. Chuẩn bị hệ thống sục khí và chiếu sáng liên tục cho bể nuôi tảo. Trong khoảng thời gian từ 10 - 14 ngày tảo nuôi cấy sẽ đạt mật độ cao và tốc độ tăng trưởng ổn định nhất, tảo sẽ được chuyển sang nuôi trong bể nuôi vi tảo ở NT - 2 với tỉ lệ khoảng 5% thể tích bể tảo. Trong nghiên cứu này, vi tảo

được đưa vào hệ thống NT - 2 kể từ ngày thứ 14 sau khi thả cá.

Sự tăng trưởng của vi tảo trong bể nuôi tảo và bể nuôi cá được theo dõi nhằm đánh giá các yếu tố ảnh hưởng quan trọng lên sự sống của tảo trong bể nuôi tảo và bể nuôi cá trong hệ thống. Mật độ tế bào vi tảo trong suốt quá trình thí nghiệm được theo dõi bằng phương pháp đo quang phổ tại bước sóng 680 nm (còn gọi là OD680). Giá trị OD680 càng cao cho thấy, mật độ vi tảo càng nhiều trong bể nuôi.

2.2. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

Các thông số quan sát đối với cá bao gồm: Tỷ lệ sống, giá trị tăng trưởng khối lượng và sinh khối cá ở thời điểm thu hoạch. Đối với rau, tiến hành cân khối lượng tươi của rau khi thu hoạch. Các thông số chất lượng nước như: Nhiệt độ, pH, oxy hòa tan (DO) được đo bằng thiết bị kiểm tra nước ở bể cá của các nghiệm thức. Các chỉ tiêu tổng ammonia (TAN), nitrite (NO_2), nitrate (NO_3) và phosphate (PO_4^{3-}) được thu mẫu với tần suất mỗi tuần 1 lần và được phân tích theo phương pháp tiêu chuẩn [18]. Dữ liệu về tỷ lệ sống và sinh khối được tính bằng các công thức như sau:

- *Tỉ lệ sống*: $SR = (Nt/No) \times 100\%$

Trong đó: SR (Survival rate) là tỉ lệ sống (%); Nt là số lượng cá sau khi kết thúc thí nghiệm; No là số lượng cá ban đầu khi tiến hành thí nghiệm.

- *Tăng trưởng khối lượng*: $\Delta W = Wt - Wo$

Trong đó: ΔW là tăng trưởng khối lượng (g); Wt là khối lượng trung bình ở ngày t (g); Wo là khối lượng trung bình ở thời điểm ban đầu (g).

- *Sinh khối*: $B = W \times n$

Trong đó: B là sinh khối (g); W là khối lượng trung bình (g); N là số lượng cá thể.

Các dữ liệu khối lượng cá trung bình, khối lượng rau trung bình, sinh khối cá và sinh khối rau và giá trị các thông số chất lượng nước được tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Chất lượng nước

Biến động giá trị các thông số chất lượng nước bao gồm: pH, nhiệt độ, oxy hòa tan (DO), tổng đạm ammonia (TAN), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), và phosphate (PO_4^{3-}) đo đạc ở bể cá của các nghiệm thức NT - 1 (hệ thống aquaponics), NT-2 (hệ thống aquaponics - vi tảo), NT - 3 (hệ thống nuôi cá thâm canh) được trình bày bảng 1. Kết quả cho thấy, giới hạn các thông số chất lượng nước đo đạc trong bể nuôi cá ở cả hai hệ thống aquaponics (NT - 1) và aquaponics - vi tảo (NT - 2) trong giai đoạn vận hành các nghiệm thức (63 ngày) đều nằm trong ngưỡng chất lượng nước phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của nhóm cá rô phi (bao gồm cá điều hồng) trong hệ thống aquaponics hoặc ở các nghiệm cứu khác (Bảng 1). Giá trị đo đạc cá chỉ tiêu chất lượng nước ở các hệ thống aquaponics (NT - 1 và NT - 2) nhìn chung thấp hơn so với hệ thống nuôi thâm canh (NT - 3).

So sánh chất lượng nước giữa NT - 2 và NT - 1, cho thấy khoảng biến động các chỉ tiêu ở cả 2 nghiệm thức ở mức tương đương nhau, ngoại trừ giá trị TAN và NO_3^- tối đa ở NT - 2. Nồng độ TAN và NO_3^- tối đa ở NT - 2 lần lượt là 8,44 mg N/L và 17,4 mg N/L, ở mức thấp hơn so với giá trị tương ứng ở NT - 1 (nồng độ TAN và NO_3^- tối đa lần lượt là 12,50 mg N/L và 26,9 mg N/L). Amonia (NH_4^+/NH_3) là sản phẩm bài tiết chính của cá và

cũng xảy ra do sự phân hủy của thức ăn thừa. Đây là thành phần gây độc cho cá nếu tích tụ ở mức cao trong hệ thống nuôi cá. Theo Hu và cs (2015) [19], hàm lượng TAN trong hệ thống aquaponics đạt mức 11 - 33 mg N/L vẫn phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của cá điều hồng. Tuy nhiên, Li và Li (2009) [20] cảnh báo rằng nồng độ ammonia trong hệ thống nuôi trồng thủy sản nên dưới 3,78 mg N/L. Trong nghiên cứu này, hàm lượng TAN tối đa trong bể cá ở 2 nghiệm thức aquaponics là NT - 1 (12,50 mg N/L) và NT - 2 (8,44 mg N/L) nhìn chung tương đối thấp.

Phần lớn NO_3^- đến từ quá trình nitrate hóa (quá trình oxy hóa NH_4^+ thành NO_2^- và NO_3^-), mà nguồn gốc các dạng đạm này chủ yếu từ thức ăn cho cá nuôi [9]. Hàm lượng NO_3^- thường được xem là tương đối an toàn đối với cá nuôi và rau trồng trong hệ thống aquaponics. Môi trường nước có hàm lượng NO_3^- tăng cao thường không gây độc đối với cá và hầu hết các loài cá có khả năng chịu đựng nồng độ NO_3^- khá cao mà không bị tác động đến sức khỏe. NO_3^- tương đối không độc đối với cá ngoại trừ khi nồng độ quá cao trên 90 mgN/L [21]. Nhiều nghiên cứu cho thấy, NO_3^- không gây hại và là dạng đạm lý tưởng cho cây trồng [22]. Ở các nghiệm thức NT - 1 và NT - 2, rau cải ngọt đã sử dụng NO_3^- có sẵn trong hệ thống, do đó nồng độ NO_3^- trong nước ở các hệ thống này duy trì ở mức không quá cao.

Trong nghiên cứu này, khoảng biến động hàm lượng PO_4^{3-} ghi nhận ở NT - 2 (0,52 - 1,38 mgP/L), thấp hơn so với giá trị tương ứng ở NT - 1 (0,40 - 3,24 mg P/L) và NT-3 (0,84 - 4,86 mg P/L). PO_4^{3-} là một trong những chất dinh dưỡng quan trọng được cây trồng và cá sử dụng cho việc hình thành xương cùng với canxi. Nuwansi và cs (2017) [23] đã công bố hàm lượng PO_4^{3-} trong khoảng 0,74 - 1,31 mg P/l trong các hệ thống aquaponics đã canh, nhìn chung ở mức tương đương với giá trị ghi nhận ở hệ thống aquaponics - vi tảo trong nghiên cứu này.

Như vậy có thể thấy rằng, hệ thống aquaponics - vi tảo có hiệu quả trong việc giảm hàm lượng các dạng dinh dưỡng hòa tan bao gồm: TAN, NO_2^- , NO_3^- và PO_4^{3-} . Một số nghiên cứu đã báo cáo rằng hệ thống aquaponics có thể giảm

tổng lượng đạm ở mức 30,6% [20], 40,32% [24], và 78,3% [25]. Các nghiên cứu khác cũng cho thấy, đối với các hệ thống có trồng rau thủy canh có khả năng làm giảm đáng kể hàm lượng PO_4^{3-} trong hệ thống ở mức 68,3% [24], 89% [26] và 50,3% [27].

Chế độ cho ăn, thiết kế hệ thống, các loài thực vật khác nhau được sử dụng trong các hệ thống aquaponics có thể là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả chuyển hóa và loại bỏ dinh dưỡng trong hệ thống [16].

Bảng 1. Giới hạn các thông số chất lượng nước bao gồm: pH, nhiệt độ, oxy hòa tan (DO), tổng amoniac tổng (TAN), nitrite (NO_2^-), nitrate (NO_3^-), phosphate (PO_4^{3-}) đo đạt ở bể cá của các nghiệm thức NT - 1 (hệ thống aquaponics), NT - 2 (hệ thống aquaponics - vi tảo), NT - 3 (hệ thống nuôi cá thâm canh) và so sánh với giá trị phù hợp cho nhóm cá rô phi ở các nghiên cứu khác

Chỉ tiêu phân tích	NT-1	NT-2	NT-3	Giới hạn phù hợp cho nhóm cá rô phi ở các nghiên cứu khác
Nhiệt độ nước ($^{\circ}\text{C}$)	26,9 - 29,1	26,9 - 29,1	26,3 - 28,8	18 - 32,9 [28] 15 - 30 [29]
pH	7,01 - 7,69	6,73 - 7,44	6,96 - 7,65	6 - 9 [28]
DO (mg/L)	3,53 - 5,34	3,61 - 5,68	3,26 - 5,12	≥ 3 [30]
TAN (mg N/L)	0,46 - 12,50	0,24 - 8,44	1,60 - 21,48	0,17 - 3,78 [20] 11 - 33 [19] 1,1 - 2,4 [22]
NO_2^- (mg N/L)	0,04 - 0,18	0,02 - 0,14	0,02 - 0,40	0,02 - 0,12 [31] 6,0 - 8,0 [14] < 5,0 [28]
NO_3^- (mg N/L)	4,30 - 26,90	2,62 - 17,4	3,85 - 36,80	0,2 - 219 [32] 16 - 31 [19] 26,7 - 54,7 [22]
PO_4^{3-} (mg P/L)	0,40 - 3,24	0,52 - 1,38	0,84 - 4,86	0,01 - 4,7 [33] 0,01 - 2,4 [34] 7,6 - 9,0 [22] 2,5 - 4,4 [27]

Khoảng giới hạn các thông số chất lượng nước ở hệ thống aquaponics - vi tảo được ghi nhận trong nghiên cứu này cũng nằm trong phạm vi tối ưu đã được báo cáo bao gồm: Nhiệt độ (15 - 33 $^{\circ}\text{C}$) [28, 29], pH (6 - 9) [28], TAN [19, 20, 22], NO_3^- [19, 22, 32], PO_4^{3-} [22, 27, 33, 35]. Ngoài ra, do không có sự khác biệt lớn trong quá trình quang hợp giữa vi tảo và các thực vật bậc cao [36], mặt khác, do kích thước nhỏ hơn và giảm số lượng các bào quan sinh lý cạnh tranh nội tại, vi tảo có thể phát triển nhanh hơn nhiều và sử dụng hiệu quả các chất dinh dưỡng trong nước so với các thực vật bậc cao [37, 38].

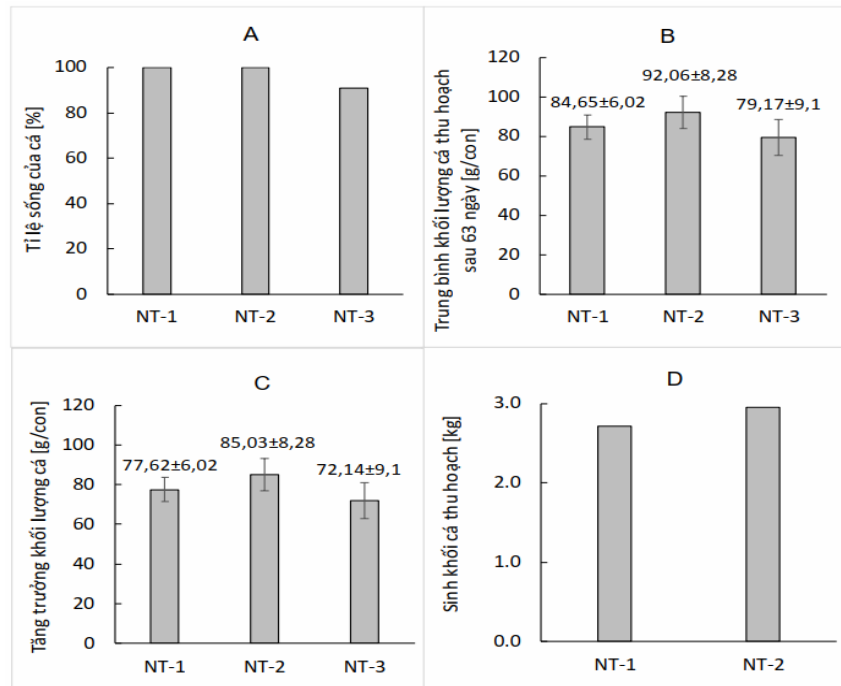
3.2. Tăng trưởng sinh khối của cá và rau

Kết quả đo đặc tỉ lệ sống, khối lượng cá trung bình, tăng trưởng khối lượng cá, sinh khối của cá

điều hồng nuôi trong 3 nghiệm thức được trình bày trong hình 2. Kết quả cho thấy, tỉ lệ sống, tăng trưởng khối lượng và sinh khối của cá điều hồng ở NT - 2 tương đương với NT - 1 và cao hơn so với cá điều hồng nuôi không sử dụng hệ thống aquaponics. Chỉ số tăng trưởng sinh khối cá trung bình ở nghiệm thức aquaponics - vi tảo thu hoạch đạt mức $85,03 \pm 8,28$ g/con so với nghiệm thức aquaponics là $77,62 \pm 6,02$ g/con sau 63 ngày nuôi. Điều này cho thấy, hệ thống aquaponics - vi tảo ảnh hưởng đến tỷ lệ sống, sự sinh trưởng và phát triển của cá nuôi. Ở NT-3, tỉ lệ sống, sự phát triển và sinh khối thấp có thể do chất lượng nước chưa tối ưu. Bảng 1 cho thấy, chất lượng nước của cá điều hồng nuôi không sử dụng hệ thống aquaponics có chất lượng nước kém hơn so với 2

nghiệm thức còn lại, đặc biệt là nồng độ TAN và NO_2^- . Kết quả cho thấy, chất lượng nước rất quan trọng trong nuôi trồng thủy sản vì đây là yếu tố

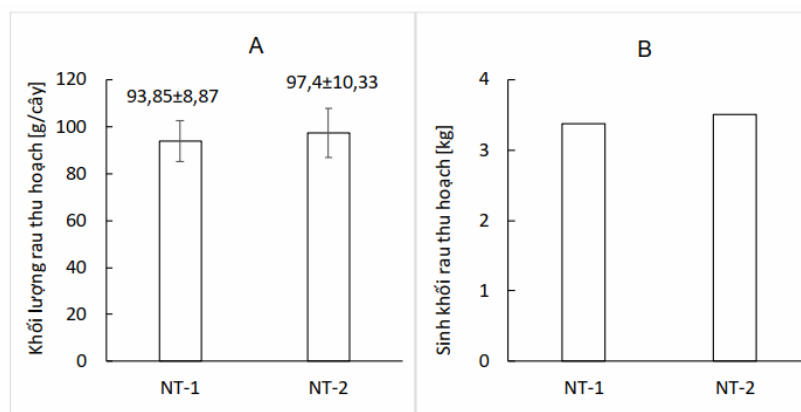
giới hạn, đặc biệt NO_2^- có tính độc hại đối với sự sinh trưởng của cá [39].



Hình 2. Biểu đồ giá trị tỉ lệ sống (A), khối lượng cá trung bình (B), tăng trưởng khối lượng cá (C), sinh khối của cá điều hồng nuôi trong 3 nghiệm thức (NT - 1: Hệ thống aquaponics, NT - 2: Hệ thống aquaponics - vi tảo; và NT - 3: Hệ thống nuôi cá thâm canh)

Kết quả khảo sát khối lượng tươi trung bình và sinh khối rau khi thu hoạch (sau 49 ngày trồng) của các nghiệm thức được thể hiện ở hình 3. Khối lượng rau trung bình của cây rau cải ngọt thu hoạch ở nghiệm thức aquaponics - vi tảo đạt $97,4 \pm 10,33$ g/cây so với ở nghiệm thức aquaponics là

$93,85 \pm 8,87$ g/cây sau 49 ngày trồng. Mặc dù vậy, so với dữ liệu ở các nghiên cứu khác và tài liệu hướng dẫn canh tác, đây chưa phải là khối lượng tối đa của loại rau này. Giống rau này trong điều kiện canh tác thích hợp có thể đạt mức khoảng 150 g/cây sau 40 - 50 ngày trồng.



Hình 3. Trung bình khối lượng rau thu hoạch (A) và tổng sinh khối rau thu hoạch (B) ở các nghiệm thức NT - 1 (Hệ thống aquaponics) và NT - 2 (Hệ thống aquaponics - vi tảo)

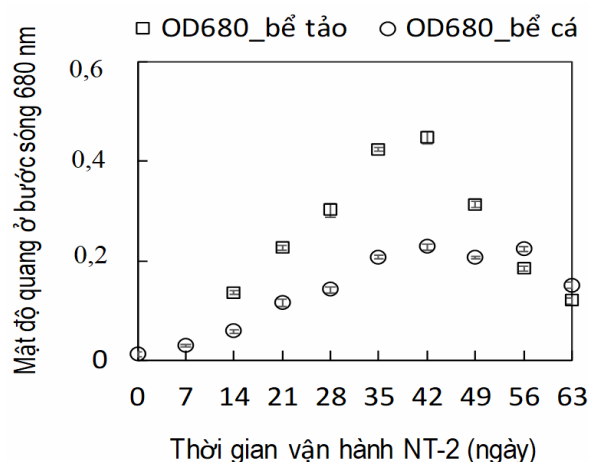
3.3. Sự tăng trưởng sinh khối vi tảo

Kết quả đo mật độ quang ở bảng 4 cho thấy, bước sóng 680 nm (OD 680), mật độ tảo *Chlorella*

vulgaris tăng dần trong 4 tuần sau khi tảo được đưa vào hệ thống (từ ngày 14), tuy nhiên mức độ tăng trưởng sinh khối của vi tảo ở bể vi tảo chưa ở

mức cao (như trong môi trường nuôi cấy thuần khi nhân giống trong môi trường BG11 giai đoạn chuẩn bị giống trước khi tiến hành thí nghiệm - khi giá trị OD 680 đạt mức >1 sau khoảng 10 ngày nuôi cấy). Giá trị OD 680 đo đạc ở bể cá cũng có khuynh hướng tương tự. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, ánh sáng, nhiệt độ và các chất dinh dưỡng (như đạm, lân và car-bon) là những yếu tố then chốt quyết định đến sự sinh trưởng của vi tảo [40]. Trong nghiên cứu này, mặc dù vi tảo *Chlorella vulgaris* có khả năng thích ứng tốt và được kỳ vọng đóng vai trò quan trọng trong xử lý nước và cung cấp oxy cho hệ thống aquaponics, song kết quả nghiên cứu cho thấy, mật độ vi tảo trong hệ thống NT - 2 không đạt mức kỳ vọng như khi nuôi trong môi trường BG11. Nguyên nhân có thể đến từ một số yếu tố hạn chế như: Cường độ ánh sáng không đủ, dao động pH không nằm trong ngưỡng tối ưu và điều kiện dinh dưỡng trong hệ thống aquaponic chưa đáp ứng đầy đủ nhu cầu

của vi tảo. Mặc dù ở có bổ sung ánh sáng đèn LED vào buổi chiều cho hệ thống, nhưng tổng thời gian chiếu sáng và cường độ ánh sáng có thể chưa đạt ngưỡng cần thiết để thúc đẩy tốc độ sinh trưởng tối ưu của *Chlorella vulgaris* [41]. Bên cạnh đó, pH môi trường nước trong NT - 2 dao động trong khoảng 6,87 - 7,53, tương đối thấp hơn so với khoảng pH tối ưu 7,0 - 8,5 được khuyến nghị cho vi tảo *Chlorella vulgaris* [42]. pH ảnh hưởng đến hoạt động enzyme, khả năng hấp thụ dinh dưỡng và hiệu suất quang hợp, do đó sự lệch khỏi khoảng tối ưu có thể làm giảm tốc độ sinh trưởng của vi tảo [43, 44]. Ngoài ra, mặc dù hệ thống NT-2 có hiệu quả trong việc duy trì hàm lượng dinh dưỡng phù hợp cho cá và rau, tuy nhiên thành phần dinh dưỡng dành riêng cho vi tảo như: Lân (P), magiê (Mg^{2+}), sắt (Fe^{3+}) và các vi lượng khác có thể không được cung cấp đầy đủ hoặc cân đối như trong môi trường nuôi cấy BG11, dẫn đến giới hạn sinh trưởng của vi tảo [45].



Hình 4. Kết quả đo mật độ quang ở bước sóng 680 nm (OD 680) theo thời gian vận hành hệ thống aquaponics - vi tảo đo ở bể tảo và bể cá

Để nâng cao hiệu quả nuôi vi tảo *Chlorella vulgaris* trong hệ thống aquaponics, các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung cải thiện cung cấp ánh sáng, điều chỉnh pH (trong khoảng 7,0 - 8,5), bổ sung các vi chất dinh dưỡng cần thiết. Ngoài ra, cần tối ưu hóa thiết kế bể nuôi vi tảo để đảm bảo điều kiện dòng chảy, sục khí và tuần hoàn phù hợp với đặc tính sinh trưởng của vi tảo.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đánh giá sinh khối và chất lượng nước trong hệ thống tuần hoàn kết hợp aquaponics - vi tảo cho thấy, hệ thống aquaponics

kết hợp với vi tảo *Chlorella vulgaris* giúp cải thiện chất lượng nước hiệu quả hơn so với hệ thống aquaponics thông thường, thể hiện qua việc giảm các dạng dinh dưỡng hòa tan như TAN, NO_3^- và PO_4^{3-} . Tăng trưởng sinh khối của cá và rau trong hệ thống aquaponics - vi tảo cũng cao hơn so với hệ thống không có vi tảo, cho thấy, tác động tích cực của vi tảo đến năng suất nuôi trồng. Tuy nhiên, mật độ vi tảo trong hệ thống chưa đạt mức tối ưu, cần tiếp tục nghiên cứu các yếu tố môi trường để nâng cao hiệu quả hệ thống.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được hỗ trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học Quỹ Giáo sư Lê Trí Viễn và Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Verma A. K. *et al.* (2023). Aquaponics as an integrated agri-aquaculture system (IAAS): Emerging trends and future prospects. *Technological forecasting and social change*, 194: p. 122709.
2. Yep B and Y. Zheng (2019). Aquaponic trends and challenges - A review. *Journal of Cleaner production*, 228: 1586 - 1599.
3. Al - Hazmi, H. E. *et al.* (2023). Wastewater reuse in agriculture: Prospects and challenges. *Environ Res*, 236(1): p. 116711.
4. Ahmad A. L., Chin J. Y., Harun M. H. Z. M. and Low S. C. (2022). Environmental impacts and imperative technologies towards sustainable treatment of aquaculture wastewater: A review. *Journal of Water process engineering*, 46: p. 102553.
5. Boyd C. E. *et al.* (2020). Achieving sustainable aquaculture: Historical and current perspectives and future needs and challenges. *Journal of the World Aquaculture Society*, 51(3): 578 - 633.
6. Binh V. N. *et al.* (2018). Antibiotics in the aquatic environment of Vietnam: Sources, concentrations, risk and control strategy. *Chemosphere*, 197: 438 - 450.
7. Angel D., A. Jokumsen and G. Lembo (2019). Aquaculture production systems and environmental interactions. Organic aquaculture: Impacts and future developments, 103 - 118.
8. Okomoda V. T. *et al.* (2023). Aquaponics production system: A review of historical perspective, opportunities, and challenges of its adoption. *Food Sci Nutr*, 11(3): 1157 - 1165.
9. Wongkiew S. *et al.* (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, 76: 9 - 19. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.01.004>.
10. Graber A. and Junge R. (2009). Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246(1): 147 - 156.
11. Nuwansi K. K. T. *et al.* (2019). Utilization of phytoremediated aquaculture wastewater for production of koi carp (*Cyprinus carpio* Var. koi) and gotukola (*Centella asiatica*) in an aquaponics. *Aquaculture*, 507: 361 - 369.
12. Han P., Lu Q., Fan L. and Zhou W. (2019). A review on the use of microalgae for sustainable. *Aquaculture*, 9(11), 2377, <https://doi.org/10.3390/app9112377>.
13. Nie X. *et al.* (2020). Current progress, challenges and perspectives in microalgae-based nutrient removal for aquaculture waste: A comprehensive review. *Journal of Cleaner production*, 277: p. 124209.
14. Addy M. M. *et al.* (2017). Co-cultivation of microalgae in aquaponic systems. *Bioresour technol*, 245, 27 - 34.
15. Fang Y. *et al.* (2017). Improving nitrogen utilization efficiency of aquaponics by introducing algal-bacterial consortia. *Bioresour Technol*, 245: 358 - 364.
16. S. Goddek, A. Joyce, B. Kotzen and G. M. Burnell (2019). Aquaponics food production systems: Combined aquaculture and hydroponic production technologies for the future. Springer International Publishing: Cham, 301 - 330.
17. Ji M. *et al.* (2024). Environmental impacts on algal - bacterial-based aquaponics system by different types of carbon source addition: Water quality and greenhouse gas emission. *Environmental Science and Pollution Research*, 31: 1 - 10.
18. APHA (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater. 21st Edition. American Public Health Association/American water works Association/water environment Federation, Washington DC.

19. Hu Z. *et al.* (2015). Effect of plant species on nitrogen recovery in aquaponics. *Bioresource Technology*, 188: 92 - 98.
20. Li W. and Li Z. (2009). In situ nutrient removal from aquaculture wastewater by aquatic vegetable *ipomoea aquatica* on floating beds. *Water Sci Technol*, 59(10): 1937 - 1943.
21. Stone N. M. and Hugh K. T. (2004). Understanding your fish pond water analysis report. Cooperative extension program. University of Arkansas at Pine Bluff, US Dept. of Agriculture and County Governmentsb Cooperating.
22. Rakocy J. E., Shultz R. C. *et al.* (2004). Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system. *Acta Horticulturae*, 648: 63 - 69.
23. Nuwansi T. *et al.* (2017). Standardization of the stocking density ratios of Koi carp (*Cyprinus carpio* Var. koi): Goldfish (*Carassius auratus*) in Polyculture Aquaponic Recirculating System. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17: 1271 - 1278.
24. Zhou X. *et al.* (2005). N and P removal characters of eutrophic water body under planted float. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, 16(11): 2199 - 203.
25. Endut A. *et al.* (2009). Effect of flow rate on water quality parameters and plant growth of water spinach (*Ipomoea aquatica*) in an aquaponic recirculating system. *Desalination and Water treatment*, 5(1-3): 19 - 28.
26. Effendi H., Utomo B. A., Darmawangsa G. M. and Sulaeman N. (2015). Combination of water spinach (*Ipomea aquatica*) and bacteria for freshwater cryfish red claw (*Cherax quadricarinatus*) culture wastewater treatment in aquaponic system. *Journal of Advances in Biology*, 6: 1072 - 1078.
27. Lennard W. A. and Leonard B. V. (2006). A comparison of three different hydroponic sub-systems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in an Aquaponic test system. *Aquaculture International*, 14(6): 539 - 550.
28. DeLong D. P. and Rakocy J. E. (2009). Tank culture of tilapia. Southern Regional Aquaculture Center. Publication, No, 282.
29. Bhatnagar A. and Devi P. (2013). Water quality guidelines for the management of pond fish culture. *International Journal of Environmental Science*, 3: 1980 - 2009.
30. Caldini N., Cavalcante D., Filho P. and Carmo-e-Sá M. (2015). Feeding Nile tilapia with artificial diets and dried bioflocs biomass. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 37: 335 - 341.
31. Cavalcante D. *et al.* (2014). Imbalances in the hardness/alkalinity ratio of water and Nile tilapia's growth performance. *Acta Scientiarum - Technology*, 36: 49 - 54.
32. El-Saidy D. and Gaber M. (2005). Effect of dietary protein levels and feeding rates on growth performance, production traits and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) cultured in concrete tanks. *Aquaculture Research*, 36: 163 - 171.
33. Effendi H., Ajitama P., and Hariyadi S. (2017). Removal of nitrogen and phosphorus of tilapia farming waste (*Oreochromis niloticus*) by butterhead lettuce (*Lactuca sativa* L. var. Capitata). *Asian Journal of Microbiology*, 19: 847 - 852.
34. Medina M., K. Jayachandran, M. Bhat and A. Deoraj (2015). Assessing plant growth, water quality and economic effects from application of a plant-based aquafeed in a recirculating aquaponic system. *Aquaculture International*, 23(4): 13. DOI:10.1007/s10499-015-9934-3
35. Yavuzcan Y. H. *et al.* (2017). Fish welfare in Aquaponic systems: Its relation to water quality with an emphasis on feed and faeces - A review. *Water*, 9(1): 13, doi:10.3390/w9010013.
36. Deppeler S. *et al.* (2018). Ocean acidification of a coastal Antarctic marine microbial community reveals a critical threshold for CO₂ tolerance in phytoplankton productivity. *Biogeosciences*, 15(1): 209 - 231.
37. Moheimani N. R. *et al.* (2015). Past, present and future of microalgae cultivation developments, in biomass and biofuels from microalgae: Advances in Engineering and Biology, Springer International Publishing: Cham. 1 - 18.

38. Ayre J., Moheimani N. and Borowitzka M. (2017). Growth of microalgae on undiluted anaerobic digestate of piggery effluent with high ammonium concentrations. *Algal Research*, 24: 218 - 226.
39. Yanbo W., Wenju Z., Weifen L. and Zirong X. (2006). Acute toxicity of nitrite on tilapia (*Oreochromis niloticus*) at different external chloride concentrations. *Fish Physiology and Biochemistry*, 32(1): 49 - 54.
40. Yaakob M. A. *et al.* (2021). Influence of nitrogen and phosphorus on microalgal growth, biomass, lipid, and fatty acid production: An Overview. *Cells*, 10(2).
41. Moheimani N. R. and Parlevliet D. (2013). Sustainable solar energy conversion to chemical and electrical energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 27: 494 - 504.
42. Wang C., Li H., Wang Q. and Wei P. (2010). Effect of pH on growth and lipid content of *Chlorella vulgaris* cultured in biogas slurry. *Chinese journal of Biotechnology*, 26: 1074 - 1079.
43. Sakarika M. and Kornaros M. (2016). Effect of pH on growth and lipid accumulation kinetics of the microalga *Chlorella vulgaris* grown heterotrophically under sulfur limitation. *Bioresource Technology*, 219: 694 - 701.
44. Zhou W., Lu Q., Han P. and Li J. (2020). Chapter 3 - Microalgae cultivation and photobioreactor design, in microalgae cultivation for biofuels production. *Academic Press*, 31 - 50.
45. Smith V. H. (1983). Low nitrogen to phosphorus ratios favor dominance by blue-green algae in lake phytoplankton. *Science*, 221: 669 - 671.

EFFICIENCY OF THE AQUAPONICS - MICROALGAE CIRCULAR SYSTEM: ASSESSMENT OF WATER QUALITY AND BIOMASS GROWTH

Co Thi Kinh¹, Le Quang Huy¹, Tra Van Tung¹, Vu Quang Manh², Le Thai Hoang¹

*¹Institute of Applied Technology and Sustainable Development,
Nguyen Tat Thanh University*

*²Center for Biodiversity Resources Education Research,
Hanoi National University of Education*

Summary

The aquaponic system combined with microalgae farming a high-tech agricultural approach that utilizes algae to enhance water quality and improve productivity in both aquaculture and crop cultivation. This study aimed to assess the biomass growth of fish and vegetables as well as monitor key water quality parameters. Three experimental treatments were established: (1) A conventional aquaponics system, (2) An aquaponics system integrated with *Chlorella vulgaris*, (3) An intensive red tilapia monoculture system. After 63 days, red tilapia cultured in the microalgae-integrated aquaponics system showed significantly higher growth rates and fresh biomass than those figures of the other treatments. Likewise, the fresh biomass of harvested mustard greens in the microalgae-integrated aquaponics system was greater than that in the conventional aquaponics setup. Water quality parameters such as temperature, pH, DO, TAN, NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻ in the fish tanks of the microalgae-integrated aquaponics system were maintained within optimal ranges, creating favorable conditions for the growth of both fish and vegetables.

Keywords: *Aquaponics, aquaculture, Chlorella vulgaris, mustard greens, red tilapia.*

Ngày nhận bài: 25/9/2024

Ngày chuyển phản biện: 6/01/2025

Ngày thông qua phản biện: 20/01/2025

Ngày duyệt đăng: 14/2/2025