

MÀU SẮC BỂ NUÔI – YẾU TỐ QUAN TRỌNG ẢNH HƯỞNG ĐẾN SINH TRƯỞNG, TỶ LỆ SỐNG VÀ MÀU SẮC CỦA CÁ KHOANG CỔ ĐỎ (*Amphiprion frenatus*)

TANK COLOR AS A KEY FACTOR INFLUENCING GROWTH PERFORMANCE, SURVIVAL RATE, AND PIGMENTATION IN TOMATO CLOWNFISH (*Amphiprion frenatus*)

Nguyễn Đức Khánh Dương, Nguyễn Đức Thọ,
Trần Văn Dũng, Ngô Văn Mạnh*

Viện Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

Tác giả liên hệ: Ngô Văn Mạnh; Email: manhnv@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 12/05/2025; Ngày phản biện thông qua: 02/06/2025; Ngày duyệt đăng: 06/06/2025

TÓM TẮT

Màu sắc bể nuôi là một yếu tố môi trường quan trọng, ảnh hưởng đến sinh trưởng, biến thái, tỷ lệ sống và chất lượng màu sắc của cá. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của màu sắc bể nuôi (xanh dương, trắng, trong, đỏ, đen) lên các chỉ tiêu sinh trưởng, biến thái, tỷ lệ sống và hàm lượng carotenoids tích lũy (TCA) ở ấu trùng cá khoang cổ đỏ (*Amphiprion frenatus*). Kết quả cho thấy bể màu xanh dương và trắng có tác động tích cực nhất đến sinh trưởng và phát triển của cá. Cụ thể, cá được ương trong bể xanh dương đạt tốc độ tăng trưởng đặc trưng về chiều dài ($SGR_L: 3,77 \pm 0,04\%/ngày$) và khối lượng ($SGR_W: 5,85 \pm 0,09\%/ngày$), cùng tỷ lệ biến thái (MR3-D20: $58,67 \pm 2,40\%$) và tỷ lệ sống (SR: $17,43 \pm 0,33\%$) cao nhất. Ngoài ra, bể màu xanh dương và trắng giúp cải thiện màu sắc da ($L^*: 42,90 \pm 0,91$, $a^*: 15,11 \pm 0,52$) và tăng hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy (TCA: $39,74 \pm 1,29 \mu g/g$; $P < 0,05$). Ngược lại, cá được ương trong bể đen ghi nhận các chỉ tiêu sinh trưởng, tỷ lệ sống và chất lượng màu sắc thấp nhất, với tốc độ tăng trưởng khối lượng chỉ đạt $4,72 \pm 0,07\%/ngày$, tỷ lệ biến thái MRI-D40 là $28,33 \pm 3,38\%$, và hàm lượng TCA tích lũy chỉ đạt $32,80 \pm 1,73 \mu g/g$ ($P < 0,05$). Kết quả này khẳng định rằng việc lựa chọn màu sắc bể nuôi phù hợp, đặc biệt là màu xanh dương và trắng, có thể tối ưu hóa hiệu suất nuôi và chất lượng con giống của cá khoang cổ đỏ.

Từ khóa: Màu sắc bể ương, cá khoang cổ đỏ, sinh trưởng, tỷ lệ sống, biến thái, chất lượng màu sắc.

ABSTRACT

The tank color is a critical environmental factor influencing growth, metamorphosis, survival rate, and skin coloration quality in fish. This study aimed to evaluate the effects of tank color (blue, white, transparent, red, black) on growth performance, metamorphosis, survival rate, and total carotenoids accumulation (TCA) in the larvae of the tomato clownfish (*Amphiprion frenatus*). The results showed that blue and white tanks had the most positive effects on the growth and development of the fish. Specifically, the blue tank achieved the highest specific growth rates in length ($SGR_L: 3.77 \pm 0.04\%/day$) and weight ($SGR_W: 5.85 \pm 0.09\%/day$), as well as metamorphosis rate (MR3-D20: $58.67 \pm 2.40\%$) and survival rate (SR: $17.43 \pm 0.33\%$). Additionally, blue and white tanks improved skin coloration ($L^*: 42.90 \pm 0.91$, $a^*: 15.11 \pm 0.52$) and increased total carotenoid accumulation (TCA: $39.74 \pm 1.29 \mu g/g$; $P < 0.05$). In contrast, black tanks recorded the lowest growth performance, survival rates, and skin coloration, with specific growth rates in weight of only $4.72 \pm 0.07\%/day$, metamorphosis rate (MRI-D40) of $28.33 \pm 3.38\%$, and TCA accumulation of $32.80 \pm 1.73 \mu g/g$ ($P < 0.05$). These findings confirm that selecting appropriate tank colors, particularly blue and white, can optimize rearing performance and seed quality in tomato clownfish.

Keywords: Tank color, *Amphiprion frenatus*, growth, survival rate, metamorphosis, coloration quality.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Ngành công nghiệp nuôi thủy sinh vật cảnh biển đang phát triển mạnh mẽ trên toàn

cầu, không chỉ nhờ giá trị kinh tế cao mà còn bởi sự đa dạng và vẻ đẹp độc đáo của các sinh vật trong hệ sinh thái bể nuôi nhân tạo [5].

Một trong những nhóm cá cảnh biển được ưa chuộng nhất là cá khoang cổ (*Amphiprion* spp.), đặc biệt là cá khoang cổ đỏ (*A. frenatus*). Loài cá này nổi bật với màu đỏ rực rỡ, một sọc trắng đặc trưng ở phần đầu và tập tính cộng sinh với hải quỳ, khiến chúng trở thành một trong những đối tượng quan trọng trong ngành nuôi cá cảnh biển [19]. Ngoài ra, khả năng thích nghi tốt với điều kiện nuôi nhân tạo cũng góp phần thúc đẩy nhu cầu sản xuất và thương mại loài cá này tại nhiều quốc gia, bao gồm Việt Nam – một trong những trung tâm khai thác và sản xuất cá cảnh biển lớn ở khu vực Đông Nam Á [20].

Dù đã đạt được nhiều tiến bộ trong sản xuất giống và nuôi thương phẩm các loài cá khoang cổ, chất lượng cá sản xuất nhân tạo, đặc biệt là màu sắc da, vẫn chưa đạt được mức tương đồng với cá khai thác tự nhiên [12, 27]. Cá nuôi thường có màu sắc nhạt, kém rực rỡ và thiếu sự tương phản, làm giảm giá trị thương mại và sức hấp dẫn trên thị trường [6, 16]. Bên cạnh đó, khác với cá khoang cổ nemo hay cam, cá khoang cổ đỏ tiền trưởng thành thường có xu hướng chuyển sang màu đen đặc biệt ở phần giữa thân làm giảm chất lượng màu sắc và giá trị [4]. Trong khi đó, màu sắc da của cá không chỉ là yếu tố quyết định giá trị thương mại mà còn phản ánh sức khỏe, trạng thái dinh dưỡng và chất lượng nuôi trồng [12]. Quá trình hình thành và biến đổi màu sắc ở cá được điều khiển bởi hai cơ chế chính: thay đổi hình thái (số lượng tế bào sắc tố) và thay đổi sinh lý (sự chuyển vị của hạt sắc tố trong tế bào), chịu ảnh hưởng bởi các yếu tố môi trường và di truyền [13]. Trong môi trường nuôi nhân tạo, màu sắc bể nuôi, chế độ chiếu sáng và chất lượng nước là những yếu tố quan trọng có thể tác động trực tiếp đến sự phát triển màu sắc của cá [14].

Màu sắc bể nuôi không chỉ ảnh hưởng đến màu sắc da mà còn tác động đến nhiều chỉ tiêu sinh học khác như tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn và hành vi của cá [2, 3, 14]. Karakatsouli và cộng sự đã chứng minh rằng bể nuôi màu xanh và trắng có thể cải thiện tốc độ tăng trưởng của cá tráp

trắng (*Diplodus sargus*), trong khi Setiadi nhận thấy rằng bể màu vàng là tối ưu cho cá mú chấm đỏ (*Epinephelus akaara*) [11, 24]. Đối với cá khoang cổ nemo (*Amphiprion ocellaris*), Yasir & Qin và Trần Văn Dũng và cộng sự phát hiện rằng bể màu xanh dương và ánh sáng yếu có thể làm sáng màu da của loài cá này, tuy nhiên, nghiên cứu này chỉ tập trung vào giai đoạn cá giống và chưa đánh giá được ảnh hưởng của màu bể lên ấu trùng [2, 3, 28]. Đồng thời, các nghiên cứu trước đây còn hạn chế ở việc đo lường các thông số màu sắc và tích lũy carotenoids bằng các phương pháp đo lường chính xác cao như máy đo màu kỹ thuật số hoặc phân tích quang phổ [27]. Những thiếu sót này có thể dẫn đến việc chưa có cái nhìn toàn diện về tác động của màu sắc bể lên nhóm cá khoang cổ, đặc biệt là trong giai đoạn ấu trùng – giai đoạn nhạy cảm nhất trong vòng đời cá.

Cá khoang cổ đỏ hay còn gọi là cá hề cà chua, với giá trị thương mại cao và nhu cầu lớn trên thị trường, là một đối tượng phù hợp để nghiên cứu tác động của màu sắc bể trong giai đoạn ấu trùng. Ở giai đoạn này, sự phát triển của cá chịu ảnh hưởng mạnh mẽ từ các yếu tố môi trường như ánh sáng và màu sắc bể. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của màu sắc bể nuôi lên sinh trưởng, tỷ lệ sống, tỷ lệ biến thái, màu sắc da, và hàm lượng carotenoids tích lũy ở ấu trùng cá khoang cổ đỏ. Kết quả nghiên cứu không chỉ cung cấp cơ sở khoa học để cải thiện quy trình sản xuất giống cá khoang cổ đỏ mà còn góp phần giảm áp lực khai thác lên nguồn cá tự nhiên nhờ nâng cao chất lượng màu sắc của cá, đồng thời, góp phần bảo tồn đa dạng sinh học biển.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Thiết kế thí nghiệm

Thí nghiệm được tiến hành nhằm đánh giá ảnh hưởng của màu sắc bể nuôi lên sinh trưởng, tỷ lệ sống, sự biến thái, màu sắc da và hàm lượng carotenoids tích lũy trong cơ thể ấu trùng cá khoang cổ đỏ (*A. frenatus*).

Thí nghiệm được thiết kế theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với một nhân tố - màu sắc bể ương, gồm năm nghiệm thức, cụ thể như sau:

Nghiệm thức 1: Ấu trùng được ương trong bể trắng (Red, Green, Blue, RGB: 255, 255, 255)

Nghiệm thức 2: Ấu trùng được ương trong bể trong suốt (Đối chứng)

Nghiệm thức 3: Ấu trùng được ương trong bể xanh dương (RGB: 0, 0, 255)

Nghiệm thức 4: Ấu trùng được ương trong bể đỏ (RGB: 255, 0, 0)

Nghiệm thức 5: Ấu trùng được ương trong bể đen (RGB: 0, 0, 0)

Mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần, thời gian thí nghiệm kéo dài sáu tuần.

Các bể thí nghiệm có dung tích 30 lít (kích thước $45 \times 28 \times 31$ cm), được dán giấy decal màu lên bốn mặt bên và một mặt đáy để tạo màu sắc theo các nghiệm thức. Trước khi dán giấy, bể được vệ sinh sạch sẽ và lau khô hoàn toàn để đảm bảo độ bám dính. Sau khi dán, các bể được bổ sung sục khí và đá bọt để cung cấp oxy và duy trì các điều kiện môi trường ổn định cho thí nghiệm.

2. Nguồn cá và mật độ thả nuôi

Ấu trùng cá khoang cổ đỏ được lấy từ đàn cá bố mẹ đang sinh sản ổn định. Sau khi nở, cá được thu và phân bổ ngẫu nhiên vào các bể thí nghiệm với mật độ 1 con/lít, tương đương 30 con/bể. Trước khi thả nuôi, cá được kiểm tra đảm bảo đồng cỡ, khỏe mạnh và không có dấu hiệu bệnh lý.

3. Nguồn thức ăn và chế độ cho ăn

Trong suốt thời gian thí nghiệm, ấu trùng cá được cho ăn kết hợp luân trùng và ấu trùng Artemia theo từng giai đoạn phát triển như sau:

Luân trùng (*Brachionus plicatilis*): Luân trùng được nuôi trong thùng chứa 60–120 lít bằng phương pháp bán liên tục, sử dụng kết hợp men bánh mì và tảo làm thức ăn. Mật độ luân trùng trong bể thí nghiệm được duy trì ở mức 10–20 cá thể/ml trong năm ngày đầu.

Nauplius Artemia (*Artemia franciscana*): Trứng bào xác Artemia được ấp trong dung tích 10–20 lít với mật độ 1–3 g/lít nước và

sục khí mạnh trong 24 giờ. Nauplius Artemia được thu và bổ sung vào bể nuôi từ ngày thứ ba với mật độ 2–5 cá thể/ml.

Để duy trì chất lượng thức ăn sống (luân trùng và Artemia) và ổn định chất lượng nước, vi tảo (*Nannochloropsis oculata*) được nuôi và bổ sung vào bể ương. Tảo được nuôi trong bình chứa 20 lít, sử dụng môi trường dinh dưỡng Guillard f/2 (1 ml/10 lít nước). Sau 4–6 ngày nuôi, tảo đạt mật độ yêu cầu (50.000–100.000 tế bào/ml) sẽ được bổ sung định kỳ vào bể nuôi.

Ấu trùng được cho ăn ba lần mỗi ngày vào các khung giờ 07:00, 11:00 và 15:00.

4. Quản lý chất lượng nước

Các yếu tố môi trường nước được kiểm soát và duy trì trong phạm vi thích hợp cho sự phát triển của ấu trùng cá. Nhiệt độ nước được duy trì ở mức 27–31°C, độ mặn 30–35‰, pH 7,8–8,2, oxy hòa tan (DO) >5 mg/L và tổng amoniac (TAN) <1,5 mg/L.

Bể được vệ sinh và thay nước hai lần mỗi ngày (06:30 và 17:30), với lượng nước thay chiếm 50% thể tích bể. Nước cấp mới được xử lý tương tự như nước nuôi, được bổ sung chậm qua ống nhựa nhỏ để tránh gây sốc cho ấu trùng.

5. Thu mẫu và phân tích chỉ tiêu

Sinh trưởng và tỷ lệ sống: Vào thời điểm kết thúc thí nghiệm, toàn bộ cá còn sống trong mỗi bể được thu để xác định các chỉ tiêu sinh trưởng và tỷ lệ sống. Chiều dài tổng (TL, total length) được đo bằng thước kỹ thuật (độ chính xác ± 1 mm), trong khi khối lượng cơ thể (BW, body weight) được cân bằng cân điện tử (độ chính xác $\pm 0,01$ g).

Tốc độ tăng trưởng chiều dài đặc trưng:
$$SGR_L (\%/ngày) = 100 \times [\ln(L_2) - \ln(L_1)] / t$$

Tốc độ tăng trưởng khối lượng đặc trưng:
$$SGR_W (\%/ngày) = 100 \times [\ln(W_2) - \ln(W_1)] / t$$

Hệ số phân đàn chiều dài:

$$CV_L (\%) = SD_L / Mean_L \times 100\%$$

Hệ số phân đàn khối lượng:

$$CV_W (\%) = SD_W / Mean_W \times 100\%$$

Hệ số điều kiện: $CF (g/cm^3) = 100 \times W/L^3$

Tỷ lệ sống: Tỷ lệ sống của cá được xác định vào cuối thí nghiệm, bằng cách đếm toàn

bộ số lượng cá còn sống chia cho số lượng cá ban đầu, và được tính theo công thức:

$$\text{Tỷ lệ sống: SR (\%)} = 100 \times N_2 / N_1$$

Tỷ lệ biến thái của ấu trùng: Sự biến thái ấu trùng được đánh giá qua hai giai đoạn: (1) khi ấu trùng chuyển từ sống trôi nổi sang sống đáy (vào ngày ương thứ 20), và (2) khi cá hoàn thiện hình thái cơ thể với một sọc trắng xuất hiện (vào ngày ương thứ 40). Chi tiết về sự biến đổi hình thái và thời gian biến thái tương ứng với hai giai đoạn kể trên được xác định theo Hà Lê Thị Lộc và Santos và cộng sự [4, 22].

$$\text{Tỷ lệ biến thái: MR (\%)} = 100 \times N_1 / N_s$$

Trong đó: L_1 , L_2 (cm) và W_1 , W_2 (g) lần lượt là chiều dài và khối lượng của cá tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm; t là thời gian thí nghiệm (42 ngày); SD là độ lệch chuẩn; N_1 , N_2 là số lượng cá tại thời điểm đầu và cuối thí nghiệm; N_i là số cá thể chuyển sang sống đáy hoặc chỉ còn một sọc trắng trên thân, và N_s là số lượng cá còn sống tại thời điểm quan sát.

Màu sắc da và hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy:

Màu sắc da cá: Màu sắc bề mặt da được đo bằng máy đo màu CR-400 (Konica Minolta, Nhật Bản), với các thông số L^* (độ sáng, dao động từ 0 đến 100), a^* (sắc đỏ/xanh lá, dao động từ -128 đến +127) và b^* (sắc vàng/xanh lam, dao động từ -128 đến +127). Việc đo màu được áp dụng với toàn bộ cá còn sống tại thời điểm kết thúc thí nghiệm (chi tiết phương pháp đo, các thông số trong Trần Văn Dũng và cộng sự [2]).

Hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy: Hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy trong cơ thể cá được phân tích theo phương pháp mô tả trong Trần Văn Dũng và cộng sự [3]. Theo đó, mẫu cá được nghiền trong acetone, lọc và đo quang phổ tại bước sóng 450 nm. Hàm lượng carotenoids được tính bằng công thức:

$$\text{Carotenoids (\mu g/g)} = A \times V \times D \times 10^4 / (W \times E_{1\text{cm}}^{1\%})$$

Trong đó, A là độ hấp thụ, V là thể tích dịch chiết (ml), D là tỷ lệ pha loãng, W là

khối lượng mẫu (g), và $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ là hệ số quy đổi (2.100).

6. Xử lý số liệu

Dữ liệu được phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai một chiều (ANOVA) trên phần mềm SPSS 22.0. Khi có sự khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$), kiểm định Duncan được sử dụng để so sánh giữa các nghiệm thức. Kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ sai số chuẩn (SE) hoặc độ lệch chuẩn (SD, với các thông số chất lượng nước).

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Kết quả

1.1. Ảnh hưởng của màu bề ương lên sinh trưởng của cá khoang cổ đỏ

Kết quả thí nghiệm cho thấy màu sắc bề ương có ảnh hưởng đáng kể đến các chỉ tiêu sinh trưởng của cá khoang cổ đỏ (Bảng 1). Chiều dài toàn thân cuối (L_2) và khối lượng cuối (W_2) của cá đạt giá trị cao nhất ở bể màu xanh dương ($17,43 \pm 0,33$ mm và $8,66 \pm 0,34$ mg), tiếp theo là bể màu trắng ($16,98 \pm 0,28$ mm và $7,74 \pm 0,44$ mg). Ngược lại, bể màu đen ghi nhận L_2 và W_2 thấp nhất ($15,33 \pm 0,29$ mm và $5,18 \pm 0,16$ mg). Tương tự, tốc độ tăng trưởng chiều dài đặc trưng (SGR_L) và khối lượng đặc trưng (SGR_W) cũng cao nhất ở bể màu xanh dương ($3,77 \pm 0,04\%/ngày$ và $5,85 \pm 0,09\%/ngày$) và thấp nhất ở bể màu đen ($3,48 \pm 0,04\%/ngày$ và $4,72 \pm 0,07\%/ngày$) ($P < 0,05$).

Hệ số phân đàn chiều dài (CV_L) và khối lượng (CV_W) thấp nhất ở bể màu trắng ($8,00 \pm 0,57\%$ và $32,67 \pm 1,76\%$), cho thấy độ đồng đều của cá trong bể này cao hơn các bể khác. Hệ số điều kiện (CF) ở bể màu xanh dương và trắng cũng cao hơn đáng kể so với bể màu đen ($P < 0,05$; Bảng 1).

Đáng chú ý, không có sự khác biệt đáng kể về các chỉ tiêu kể trên giữa cá được ương trong bể xanh dương và bể trắng ($P > 0,05$; Bảng 1).

Nhìn chung, bể màu xanh dương và trắng có tác động tích cực đến sinh trưởng, trong khi bể màu đen làm giảm hiệu suất tăng trưởng và độ đồng đều của cá.

Bảng 1. Các chỉ tiêu sinh trưởng của cá khoang cổ đỏ được ương ở các bể màu khác nhau

Chỉ tiêu	Thí nghiệm				
	Bể xanh dương	Bể trắng	Bể trong	Bể đỏ	Bể đen
L_1 (mm)	$3,20 \pm 0,04$	$3,20 \pm 0,04$	$3,20 \pm 0,04$	$3,20 \pm 0,04$	$3,20 \pm 0,04$
W_1 (mg)	$0,62 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,06$	$0,62 \pm 0,06$
L_2 (mm)	$17,43 \pm 0,33^c$	$16,98 \pm 0,28^c$	$16,58 \pm 0,40^{bc}$	$15,89 \pm 0,18^{ab}$	$15,33 \pm 0,29^a$
W_2 (mg)	$8,66 \pm 0,34^c$	$7,74 \pm 0,44^c$	$6,60 \pm 0,33^b$	$5,97 \pm 0,29^{ab}$	$5,18 \pm 0,16^a$
SGR_L (%/ngày)	$3,77 \pm 0,04^c$	$3,71 \pm 0,04^c$	$3,66 \pm 0,05^{bc}$	$3,56 \pm 0,03^{ab}$	$3,48 \pm 0,04^a$
SGR_W (%/ngày)	$5,85 \pm 0,09^c$	$5,60 \pm 0,13^c$	$5,25 \pm 0,11^b$	$5,03 \pm 0,11^{ab}$	$4,72 \pm 0,07^a$
CV_L (%)	$8,33 \pm 0,88^a$	$9,00 \pm 0,57^{ab}$	$11,0 \pm 0,57^{bc}$	$11,33 \pm 0,88^{bc}$	$12,33 \pm 0,88^c$
CV_W (%)	$27,33 \pm 1,86$	$31,00 \pm 2,08$	$32,67 \pm 1,76$	$33,67 \pm 1,76$	$35,33 \pm 1,20$
CF (g/cm ³)	$0,18 \pm 0,01^c$	$0,17 \pm 0,01^c$	$0,17 \pm 0,01^{bc}$	$0,15 \pm 0,01^{ab}$	$0,14 \pm 0,01^a$

Ghi chú: L_1 , chiều dài toàn thân cá ban đầu; W_1 , khối lượng toàn thân cá ban đầu; L_2 , chiều dài toàn thân cá cuối thí nghiệm; W_2 , khối lượng toàn thân cá cuối thí nghiệm; SGR_L , tốc độ tăng trưởng chiều dài đặc trưng; SGR_W , tốc độ tăng trưởng khối lượng đặc trưng; CV_L , hệ số phân tán chiều dài; CV_W , hệ số phân tán khối lượng; CF, hệ số điều kiện. Trong cùng hàng, các số liệu mang các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $P < 0,05$.

1.2. Ảnh hưởng của màu bể ương lên sự phát triển ấu trùng cá khoang cổ đỏ

Màu sắc bể nuôi ảnh hưởng đáng kể đến tỷ lệ biến thái của ấu trùng cá khoang cổ đỏ (Bảng 2). Tỷ lệ ấu trùng xuất hiện đủ 3 sọc trắng (MR3-D20) cao nhất ở bể màu xanh dương ($58,67 \pm 2,40\%$) và bể màu trắng ($58,33 \pm 0,49\%$), trong khi bể màu đen có giá trị thấp nhất ($39,00 \pm 3,46\%$; $P < 0,05$).

Tương tự, tỷ lệ ấu trùng hoàn tất biến thái (MR1-D40) cũng cao nhất ở bể màu xanh dương ($46,67 \pm 2,40\%$) và thấp nhất ở bể màu đen ($28,33 \pm 3,38\%$; $P < 0,05$). Như vậy, có thể thấy rằng bể màu xanh dương và trắng không chỉ thúc đẩy nhanh quá trình biến thái mà còn nâng cao tỷ lệ biến thái cao hơn so với các màu bể khác.

Bảng 2. Sự biến thái của cá khoang cổ đỏ được ương ở các bể màu khác nhau

Chỉ tiêu	Thí nghiệm				
	Bể xanh dương	Bể trắng	Bể trong	Bể đỏ	Bể đen
MR3-D20 (%)	$58,67 \pm 2,40^b$	$58,33 \pm 0,49^b$	$51,67 \pm 3,84^b$	$47,67 \pm 2,19^{ab}$	$39,00 \pm 3,46^a$
MR1-D40 (%)	$46,67 \pm 2,40^c$	$44,33 \pm 2,73^{bc}$	$40,33 \pm 5,04^{bc}$	$34,33 \pm 2,73^{ab}$	$28,33 \pm 3,38^a$

Ghi chú: MR3-D20, tỷ lệ ấu trùng xuất hiện đủ 3 sọc trắng trên thân, ngày 20; MR1-D40, tỷ lệ ấu trùng hoàn tất biến thái, chỉ còn 1 sọc trắng, ngày 40. Trong cùng hàng, các số liệu mang các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $P < 0,05$.

1.3. Ảnh hưởng của màu bể ương lên tỷ lệ sống của ấu trùng cá khoang cổ đỏ

Tỷ lệ sống (SR) của ấu trùng cá khoang cổ đỏ cũng bị ảnh hưởng đáng kể bởi màu sắc bể nuôi (Bảng 3). Ấu trùng trong bể màu xanh dương đạt tỷ lệ sống cao nhất ($17,43 \pm 0,33\%$), tiếp theo là bể màu trắng ($16,98 \pm 0,28\%$). Ngược

lại, bể màu đen ghi nhận tỷ lệ sống thấp nhất ($15,33 \pm 0,29\%$; $P < 0,05$).

Kết quả này cho thấy bể màu xanh dương và trắng là lựa chọn phù hợp để tối ưu hóa tỷ lệ sống của ấu trùng, trong khi bể màu đen có thể làm gia tăng tỷ lệ hao hụt.

Bảng 3. Tỷ lệ sống của cá khoang cổ đỏ được ương ở các bể màu khác nhau

Chỉ tiêu	Nghiệm thức				
	Bể xanh dương	Bể trắng	Bể trong	Bể đỏ	Bể đen
SR (%)	17,43 ± 0,33 ^c	16,98 ± 0,28 ^{bc}	16,58 ± 0,40 ^{abc}	15,89 ± 0,18 ^{ab}	15,33 ± 0,29 ^a

Trong cùng hàng, các số liệu mang các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $P < 0,05$.

1.4. Ảnh hưởng của màu bể ương lên màu sắc da và hàm lượng sắc tố tích lũy ở cá khoang cổ đỏ

Kết quả cho thấy màu sắc bể nuôi ảnh hưởng đáng kể đến các chỉ tiêu màu sắc da và hàm lượng carotenoids tích lũy (TCA) trong cơ thể cá khoang cổ đỏ (Bảng 4).

Chỉ số L^* (độ sáng) cao nhất ở bể màu trắng ($44,10 \pm 1,04$), tiếp theo là bể màu xanh dương ($42,90 \pm 0,91$), và thấp nhất ở bể màu đen ($31,53 \pm 0,91$; $P < 0,05$). Điều này cho thấy cá nuôi trong bể màu trắng và xanh dương có

màu da sáng hơn so với các nghiệm thức khác. Chỉ số a^* (độ đỏ) đạt giá trị cao nhất ở bể màu xanh dương ($15,11 \pm 0,52$), tiếp theo là bể màu trắng ($14,46 \pm 0,41$). Trong khi đó, bể màu đen ghi nhận chỉ số a^* thấp nhất ($7,20 \pm 0,72$; $P < 0,05$), cho thấy cá ở bể này có màu đỏ kém nổi bật nhất. Chỉ số b^* (độ vàng) cao nhất ở bể màu trắng ($27,81 \pm 1,17$), tiếp theo là bể màu xanh dương ($25,06 \pm 0,85$). Bể màu đen có chỉ số b^* thấp nhất ($13,39 \pm 1,55$; $P < 0,05$), thể hiện màu vàng nhạt hơn ở nghiệm thức này.

Bảng 4. Màu sắc da và hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy (TCA) trong cơ thể cá khoang cổ đỏ được ở các bể màu khác nhau

Chỉ tiêu	Nghiệm thức				
	Bể xanh dương	Bể trắng	Bể trong	Bể đỏ	Bể đen
L^*	42,90 ± 0,91 ^c	44,10 ± 1,04 ^c	38,37 ± 1,18 ^b	33,68 ± 0,89 ^a	31,53 ± 0,91 ^a
a^*	15,11 ± 0,52 ^d	14,46 ± 0,41 ^d	12,32 ± 0,52 ^c	9,67 ± 0,51 ^b	7,20 ± 0,72 ^a
b^*	25,06 ± 0,85 ^c	27,81 ± 1,17 ^c	19,82 ± 1,21 ^b	16,62 ± 1,14 ^{ab}	13,39 ± 1,55 ^a
TCA (µg/g)	39,74 ± 1,29 ^b	38,19 ± 0,86 ^b	36,20 ± 0,82 ^{ab}	32,68 ± 1,30 ^a	32,80 ± 1,73 ^a

Ghi chú: L^* - chỉ số độ sáng màu da, a^* - chỉ số độ đỏ màu da, b^* - chỉ số độ vàng màu da, TCA, hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy trong cơ thể (toàn thân) cá vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Trong cùng hàng, các số liệu mang các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $P < 0,05$.

Về hàm lượng carotenoids tích lũy (TCA), bể màu xanh dương có giá trị cao nhất ($39,74 \pm 1,29$ µg/g), tương đương với bể màu trắng ($38,19 \pm 0,86$ µg/g). Ngược lại, bể màu đen và bể màu đỏ ghi nhận hàm lượng TCA thấp nhất, lần lượt là $32,80 \pm 1,73$ µg/g và $32,68 \pm 1,30$ µg/g ($P < 0,05$).

Nhìn chung, bể màu xanh dương và trắng không chỉ giúp cải thiện các chỉ số màu sắc da mà còn thúc đẩy sự tích lũy carotenoids trong cơ thể cá khoang cổ đỏ, góp phần làm tăng giá trị thương mại của cá.

2. Thảo luận

Ảnh hưởng của màu bể lên sinh trưởng của cá khoang cổ đỏ: Kết quả nghiên cứu cho thấy

màu sắc bể nuôi ảnh hưởng đáng kể đến tốc độ tăng trưởng chiều dài (SGR_L), khối lượng (SGR_W), và các chỉ tiêu sinh trưởng khác của cá khoang cổ đỏ. Cụ thể, bể màu xanh dương và trắng có tác động tích cực, giúp cá đạt tốc độ tăng trưởng tốt nhất, trong khi bể màu đen ghi nhận sự tăng trưởng thấp nhất ($P < 0,05$).

Những kết quả này phù hợp với nghiên cứu của McLean, tổng hợp từ hàng chục nghiên cứu về ảnh hưởng của màu bể lên cá, khi cho rằng màu xanh và trắng là hai màu tối ưu nhất cho sinh trưởng của nhiều loài cá nhờ tạo ra môi trường ánh sáng gần gũi với tự nhiên, giảm căng thẳng và hỗ trợ tập tính ăn mồi [14]. Ngoài ra, Yasir & Qin và Trần Văn Dũng và cộng sự cũng

nhận thấy rằng màu xanh dương có sự tương đồng cao với môi trường sống tự nhiên của các loài cá rạn san hô, nơi màu xanh thường chiếm ưu thế, qua đó tạo điều kiện thuận lợi cho cá phát triển hơn so với các màu khác [2, 3, 28]. Mặc dù vậy, không phải tất cả các loài cá đều phản ứng giống nhau với màu sắc bể nuôi. Ví dụ, màu trắng thúc đẩy sinh trưởng ở cá hồi vân (*Onchorhynchus mykiss*), cá chép koi (*Cyprinus carpio*) và cá bơn vì (*Paralichthys olivaceus*) [10, 17, 18], nhưng lại làm giảm tốc độ tăng trưởng ở cá chêm (*Lates calcarifer*) và khả năng ăn mồi của cá mú chấm cam (*Epinephelus coioides*) [8, 21]. Đặc biệt, cá tra (*Pangasius pangasius*) thể hiện tốc độ tăng trưởng nhanh hơn và hệ số chuyển đổi thức ăn thấp hơn khi được nuôi trong các bể màu đen [7]. Một số loài cá khác như cá rô phi (*Oreochromis niloticus*), cá ngựa (*Hippocampus* spp.) hay cá hồi Đại Tây Dương (*Salmo salar*) không ghi nhận sự khác biệt đáng kể về sinh trưởng giữa các màu bể [9, 14, 15]. Kết quả nghiên cứu hiện tại khẳng định rằng việc lựa chọn màu bể phù hợp, đặc biệt là màu xanh dương và trắng, không chỉ tối ưu hóa sinh trưởng, phát triển và màu sắc của cá khoang cổ đỏ trong nghiên cứu hiện tại, mà còn giảm thiểu các yếu tố gây căng thẳng, giúp cá phát triển trong điều kiện ổn định hơn như đã được đề cập trong các nghiên cứu trước đây [14]. Mặc dù vậy, tác động của màu sắc bể có thể thay đổi tùy thuộc vào loài, giai đoạn phát triển và điều kiện nuôi cụ thể [14].

Ảnh hưởng của màu bể lên sự phát triển và biến thái của ấu trùng: Màu sắc bể nuôi cũng ảnh hưởng rõ rệt đến sự phát triển và biến thái của ấu trùng cá khoang cổ đỏ. Bể màu xanh dương và trắng đạt tỷ lệ biến thái cao nhất, trong khi bể màu đen cho kết quả thấp nhất ($P < 0,05$). Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Sugimoto, khi cho rằng màu sắc môi trường có thể ảnh hưởng đến quá trình dẫn truyền tín hiệu ánh sáng và tác động đến các hormone nội tiết quan trọng trong biến thái, như thyroxine (T4) và triiodothyronine (T3), và điều này thúc đẩy sự phát triển và biến thái ấu trùng [26]. Bên cạnh tác động sinh lý, sự khác biệt về tỷ lệ biến thái giữa các nghiệm thức còn có thể liên quan

đến hành vi và mức độ căng thẳng của cá. Màu xanh và trắng tạo cảm giác an toàn hơn, giúp cá tập trung năng lượng cho quá trình phát triển và biến thái. Ngược lại, bể màu đen có thể làm gia tăng căng thẳng, dẫn đến chậm biến thái, tương tự các quan sát của McLean, Luo và cộng sự trên một số loài cá khác [13, 14].

Ảnh hưởng của màu bể lên tỷ lệ sống: Bể màu xanh dương và trắng ghi nhận tỷ lệ sống cao nhất, trong khi bể màu đen có tỷ lệ sống thấp nhất ($P < 0,05$). Màu xanh dương và trắng giúp ánh sáng phân tán đồng đều, cải thiện tầm nhìn và hành vi tìm kiếm thức ăn của cá, từ đó duy trì tỷ lệ sống cao hơn. Điều này cũng phù hợp với một số báo cáo trước đây khi cho rằng màu bể ảnh hưởng đáng kể đến tỷ lệ sống ở giai đoạn ấu trùng do tác động lên hành vi ăn mồi và mức độ căng thẳng [14]. Ở giai đoạn giống, tỷ lệ sống của cá khoang cổ thường cao hơn 95% [1]. Tuy nhiên, ở giai đoạn ấu trùng, các yếu tố môi trường như màu bể, ánh sáng và chất lượng nước ảnh hưởng rõ rệt hơn [14]. Điều này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc điều chỉnh màu sắc bể nuôi phù hợp trong các giai đoạn đầu của cá cảnh biển để đảm bảo tỷ lệ sống cao nhất.

Ảnh hưởng của màu bể lên màu sắc da và hàm lượng carotenoids: Màu sắc da và hàm lượng carotenoids tích lũy (TCA) trong cơ thể cá khoang cổ đỏ chịu ảnh hưởng lớn từ màu bể nuôi. Bể màu xanh dương và trắng giúp cá có màu sắc sáng (L^* cao), rực rỡ (a^* , b^* cao) và tích lũy carotenoids cao nhất. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Sugimoto khi cho rằng ánh sáng phản xạ từ bể có thể kích thích sự tổng hợp sắc tố trong cơ thể cá [26]. Ngược lại, bể màu đen và đỏ làm giảm hiệu suất chuyển hóa sắc tố, dẫn đến màu sắc nhợt nhạt hoặc đen sạm hơn đi kèm hàm lượng carotenoids thấp hơn. Yasir & Qin cũng ghi nhận rằng cá nuôi trong bể màu xanh dương có màu cam – đỏ tự nhiên hơn so với bể màu trắng hoặc đen, do sự tương thích cao với môi trường tự nhiên của loài [28]. Carotenoids không chỉ đóng vai trò tạo màu mà còn liên quan đến sức khỏe và miễn dịch của cá [25]. Màu bể ảnh hưởng đến biểu hiện gen *scarb1*, quy định khả năng hấp thụ và chuyển hóa carotenoids [23]. Song và cộng sự nhận

thấy cá mú chấm bé nuôi trong bể màu đỏ và trắng có mức độ biểu hiện gen *scarb1* cao nhất, dẫn đến hàm lượng carotenoids tích lũy cao hơn [25].

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết quả nghiên cứu này khẳng định rằng màu sắc bể nuôi là một yếu tố môi trường quan trọng, ảnh hưởng đến sinh trưởng, phát triển, tỷ lệ sống, và chất lượng màu sắc da của cá khoang cổ đỏ. Việc sử dụng bể màu xanh dương hoặc trắng không chỉ nâng cao hiệu suất nuôi mà còn cải thiện giá trị thương mại của cá.

Trong tương lai, cần nghiên cứu sâu hơn về các cơ chế thần kinh, nội tiết và di truyền liên quan đến tác động của màu sắc bể. Đồng thời, cần đánh giá sự tương đồng tương hỗ của các

yếu tố môi trường và dinh dưỡng đến cá khoang cổ ở các giai đoạn khác nhau nhằm thiết lập chế độ ương nuôi thích hợp, qua đó, tối ưu hóa hiệu quả sản xuất và nuôi loài cá này.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này là một phần của Đề tài NCKH của sinh viên, mã số SV2024-13-07, được tài trợ bởi Trường Đại học Nha Trang. Chúng tôi xin chân thành cảm ơn Trại Sản xuất giống và nuôi cá cảnh biển Vĩnh Hòa đã hỗ trợ cơ sở vật chất và nhân lực; đặc biệt cảm ơn chị Nguyễn Thị Nhật Anh vì sự hỗ trợ tận tình. Đồng thời, chúng tôi cũng cảm ơn anh Dương Nguyễn Hoàng và Trung tâm Thí nghiệm Thực hành, Trường Đại học Nha Trang đã hỗ trợ và tạo điều kiện phân tích mẫu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Văn Dũng (2017), *Nghiên cứu xây dựng quy trình sản xuất giống và nuôi thương phẩm cá khoang cổ cam *Amphiprion percula* (Lacepede, 1802)*, Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học công nghệ cấp Bộ Giáo dục và Đào tạo, Mã số B2014-13-09, Trường Đại học Nha Trang.
2. Trần Văn Dũng, Nguyễn Hữu Khang, Trần Thị Lê Trang, Hứa Thái Nhân, Phạm Quốc Hùng (2023a), “Ảnh hưởng của màu sắc bể nuôi lên tăng trưởng, tỷ lệ sống và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá khoang cổ nemo (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830),” *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Thái Nguyên* 228(13): 95-103.
3. Trần Văn Dũng, Nguyễn Hữu Khang, Lương Thị Hậu, Hứa Thái Nhân, Phạm Quốc Hùng (2023b), “Ảnh hưởng của màu bể nuôi lên màu sắc da và hàm lượng carotenoid tích lũy ở cá khoang cổ nemo (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830),” *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản* 3: 101-112.
4. Hà Lê Thị Lộc (2002), *Quá trình phát triển phôi và ấu trùng cá khoang cổ đỏ (*Amphiprion frenatus* Brevoort, 1856) vùng biển Khánh Hòa*, Tuyển tập Nghiên cứu Biển, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 12: 233 – 242.
5. Calado, R., Olivotto, I., Oliver, M.P., Holt, G.J. (2017), *Marine ornamental species aquaculture*, Wiley Blackwell, 712 pages.
6. Díaz-Jiménez, L., Hernández-Vergara, M.P., Pérez-Rostro, C.I., Olvera-Novoa, M.Á. (2021), “The effect of two carotenoid sources, background colour and light spectrum on the body pigmentation of the clownfish *Amphiprion ocellaris*,” *Aquaculture Research* 52(7), pp. 3052-3061.
7. Ferosekhan, S., Sahoo, S.K., Radhakrishnan, K., Velmurugan, P., Shamna, N., Giri, S.S., & Pillai, B.R. (2020), “Influence of rearing tank colour on Asian catfish, magur (*Clarias magur*) and pangas (*Pangasius pangasius*) larval growth and survival,” *Aquaculture* 521, p. 735080.
8. Ghavidel, S., Kochanian, P., và Salati, A.P. (2020), “The effects of the tank colour on growth performance and physiological responses in fingerling grouper, *Epinephelus coioides*,” *Aquaculture Research* 51(1), pp. 276-281.
9. Hora, M. D. S. C. D., Joyeux, J. C., Guabiroba, H. C., & Tsuzuki, M. Y. (2017), “Effect of photoperiod and tank colour on growth and survival of pelagic-phase seahorse *Hippocampus reidi*,” *Aquaculture Research* 48(8), pp. 4300-4307.
10. Hur, S.P., Hyeon, J.Y., Moon, K.J., Kim, H., Jeong, H.B., Lim, B.S. (2018), “Effects of background tank color on the growth and feeding-related gene expression of olive flounder, *Paralichthys olivaceus*,” *Journal of Aquaculture & Marine Biology* 7: 296-304.

11. Karakatsouli, N., Papoutsoglou, S. E., & Manolezou, G. (2007), "Combined effects of rearing density and tank colour on the growth and welfare of juvenile white sea bream *Diplodus sargus* L. in a recirculating water system," *Aquaculture Research* 38(11), 1152-1160.
12. Lau, C. C., Mohd Nor, S. A., Tan, M. P., Yeong, Y. S., Wong, L. L., Van de Peer, Y., Sorgeloos, P., & Danish-Daniel, M. (2023), "Pigmentation enhancement techniques during ornamental fish production", *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 33(4), pp. 1027-1048.
13. Luo, M., Lu, G., Yin, H., Wang, L., Atuganile, M., Dong, Z. (2021), "Fish pigmentation and coloration: Molecular mechanisms and aquaculture perspectives," *Reviews in Aquaculture* 13(4), pp. 2395-2412.
14. McLean, E. (2021), "Review fish tank color: An overview," *Aquaculture* 530: 735750.
15. McLean, E., Cotter, P., Thain, C., & King, N. (2008), "Tank color impacts performance of cultured fish," *Croatian Journal of Fisheries: Ribarstvo* 66(2), pp. 43-54.
16. Nhan, H.T., Tran, M.X., Liew, H.J., Tran, T.T.H., Jha, R. (2019), "Effects of natural dietary carotenoids on skin coloration of false Clownfish (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830)," *Aquaculture Nutrition* 25(3), pp. 662-668.
17. Papoutsoglou, S. E., Mylonakis, G., Miliou, H., Karakatsouli, N. P., & Chadio, S. J. A. E. (2000), "Effects of background color on growth performances and physiological responses of scaled carp (*Cyprinus carpio* L.) reared in a closed circulated system," *Aquacultural Engineering* 22(4), pp. 309-318.
18. Papoutsoglou, S. E., Karakatsouli, N., & Chiras, G. (2005), "Dietary L-tryptophan and tank colour effects on growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles reared in a recirculating water system," *Aquacultural Engineering* 32(2), pp. 277-284.
19. Pinnegar, J. K., & Murray, J. M. (2019), "Understanding the United Kingdom marine aquarium trade—a mystery shopper study of species on sale," *Journal of Fish Biology* 94(6), 917-924.
20. Pouil, S., Tlustý, M.F., Rhyne, A.L., and Metian, M. (2019), "Aquaculture of marine ornamental fish: overview of the production trends and the role of academia in research progress," *Reviews in Aquaculture* 12(2), pp. 1217-1230.
21. Santisathitkul, N., Thongprajukaew, K., Saekhow, S., Sandos, P., Buntomnimit, S., & Kanghae, H. (2020), "Optimal background colour for rearing Asian seabass (*Lates calcarifer*)," *Aquaculture Research* 51(4), pp. 1743-1752.
22. Santos, T.M.L., Sousa, E.M.D.O., Tsuzuki, M.Y., Barcellos, L.J.G., & Nuñez, A.P.D.O. (2023), "Tank color influence on the tomato clownfish *Amphiprion frenatus* metamorphosis," *North American Journal of Aquaculture* 85(4): 407-414.
23. Saunders, L., Mishra, A., Aman, A.J., Lewis, V.M., Toomey, M.B., Packer, J.S., Qiu, X., Mcfalinefigueroa, J.L., Corbo, J.C., Trapnell, C., Parichy, D.M. (2019), "Thyroid hormone regulates distinct paths to maturation in pigment cell lineages," *Elife* 8, e45181.
24. Setiadi, E. (2016), "Feeding incidence, growth and survival rate in the early stage of the red-spotted grouper, *Epinephelus akaara*, in relation to tank color," *Indonesian Aquaculture Journal* 1(2), pp. 121-128.
25. Song, F., Shi, L., Yao, F., Gu, Y., Zheng, D., Zhang, W., Liang, Y., Zhang, K., Yang, M., Wang, L., Sun, J. and Luo, J. (2022), "The effect of background color on skin color variation of juvenile *Plectropomus leopardus*," *Animals* 12, 3349.
26. Sugimoto, M. (2002), "Morphological color changes in fish: Regulation of pigment cell density and morphology," *Microscopy Research and Technique* 58(6): 496-503.
27. Tran, V.D., Dang, T.T., Cao, T.T.T., Hua, T.N., Pham, Q.H. (2022), "Natural astaxanthin extracted from shrimp waste for pigment improvement in the Orange clownfish, *Amphiprion percula*," *Aquaculture Research* 53(11): 4190-4198.
28. Yasir, I. and Qin, J.G. (2009), "Impact of background on color performance of false clownfish, *Amphiprion ocellaris*, Cuvier," *Journal of World Aquaculture Society* 40(6): 308 – 318.