

# 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)

## EFFECTS OF TANK COLOR ON SKIN PIGMENTATION AND CAROTENOID ACCUMULATION OF FALSE CLOWNFISH (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830)

Trần Văn Dũng<sup>1</sup>, Nguyễn Hữu Khang<sup>1</sup>, Lương Thị Hậu<sup>2</sup>,  
Hứa Thái Nhân<sup>3</sup>, Phạm Quốc Hùng<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Viện Nuôi trồng Thủy sản, Trường Đại học Nha Trang

<sup>2</sup> Trung tâm Thí Nghiệm – Thực hành, Trường Đại học Nha Trang

<sup>3</sup> Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

Tác giả liên hệ: Phạm Quốc Hùng, (Email: hungpq@ntu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 08/05/2023; Ngày phân biên thông qua: 19/05/2023; Ngày duyệt đăng: 25/09/2023

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm xác định màu bể thích hợp để cải thiện màu sắc của cá khoang cổ nemo, *Amphiprion ocellaris*. Cá giống (3,30 cm và 0,65 g/con) được nuôi trong các bể kính có dán giấy decal với 6 màu sắc khác nhau gồm trắng, trong, cam, xanh, tím và đen. Cá được nuôi trong hệ thống bể lọc sinh học tuần hoàn (60 lít/bể) với mật độ 15 con/bể. Mỗi nghiệm thức được thực hiện với ba lần lặp trong thời gian 60 ngày. Kết quả cho thấy màu bể có ảnh hưởng đến các thông số đánh giá màu sắc (Lab, LCh) và hàm lượng carotenoids tích lũy trong cơ thể cá khoang cổ nemo. Cá được nuôi trong các bể màu xanh, trong và trắng thể hiện màu sắc vượt trội hơn so với cá được nuôi trong các bể màu cam, tím và đen ( $P < 0,05$ ). Tuy nhiên, vì màu cam - đỏ (chỉ số  $a^*$ ) là quan trọng nhất trong việc đánh giá chất lượng màu sắc của cá khoang cổ nemo thương mại nên bể màu xanh hoặc trong được xác định là phù hợp nhất cho nuôi loài này. Những phát hiện này nhấn mạnh vai trò của màu sắc bể trong quá trình nuôi cá khoang cổ nemo, và bể màu xanh và trong được khuyến nghị là lựa chọn tối ưu để tăng cường màu sắc rực rỡ của loài cá cảnh biển này.

**Từ khóa:** *Amphiprion ocellaris*, cá khoang cổ nemo, màu bể, màu da, carotenoid tích lũy.

### ABSTRACT

This study aimed to determine the optimal tank color for enhancing the coloration of the false clownfish, *Amphiprion ocellaris*. Juveniles of false clownfish (3.30 cm and 0.65 g/fish) were placed in glass tanks decorated with self-adhesive background paper stickers available in six different colors: white, clear, orange, blue, violet, and black. The fish were reared in recirculating biological filter system tanks (60 liters/tank) with a density of 15 fish per tank. Each treatment was replicated three times over a 60-day period. The results demonstrate a significant influence of tank color on the evaluation parameters of color (Lab, LCh) and the accumulation of carotenoids in the false clownfish's body. Overall, fish housed in blue, clear, and white tanks exhibited superior coloration compared to those in orange, violet, and black tanks ( $P < 0.05$ ). However, since the orange-red coloration ( $a^*$  index) holds particular importance in assessing the color quality of commercial false clownfish, tanks of blue or clear coloration were found to be the most suitable for culturing this species. These findings underscore the significance of tank color in the culture of false clownfish, and blue and clear tanks are recommended as optimal choices for maintaining the vibrant coloration of this marine aquarium fish.

**Keywords:** *Amphiprion ocellaris*, false clownfish, skin coloration, carotenoid accumulation, tank color.

### I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, ngành công nghiệp nuôi thủy sinh vật cảnh biển ngày càng thu hút sự quan tâm của người chơi nhờ sự đa dạng về đối tượng, màu sắc, và tập tính sống

trong cùng một hệ sinh thái bể nuôi [5]. Một trong những loài cá cảnh biển được biết đến nhiều nhất là cá khoang cổ nemo hay còn gọi là cá hề giả, *Amphiprion ocellaris*, đặc biệt là sau khi bộ phim hoạt hình “*Finding Nemo*” được

công chiếu từ năm 2003 [8]. Loài cá này rất được ưa chuộng nhờ màu sắc đẹp, khả năng thích nghi cao với điều kiện nuôi, tập tính sống cộng sinh với hải quỳ cùng các điệu bộ và hành vi bơi vui nhộn [5, 24]. Trong vòng hai thập kỷ trở lại đây, nhu cầu nuôi cá cảnh biển nói chung và cá khoang cổ nói riêng không ngừng tăng lên. Từ đó, nghề nuôi, khai thác và buôn bán nhóm cá này đã trở thành một ngành công nghiệp quan trọng ở một số quốc gia, nhất là tại khu vực Đông Nam Á [25]. Cho đến nay, hầu hết các loài trong giống cá khoang cổ (Amphiprion) đã được sản xuất giống thành công [5, 7]. Tuy nhiên, một trong những vấn đề lớn nhất hiện nay là màu sắc của nguồn cá sản xuất nhân tạo thường kém hơn nhiều so với nguồn cá khai thác từ tự nhiên. Các biểu hiện dễ nhận thấy là cá có màu nhạt, tối và kém sắc sỡ hơn [1, 31]. Trong khi đó, màu sắc da là tiêu chí quan trọng nhất quyết định giá cả cũng như khả năng tiêu thụ của loài cá này [9, 21]. Bất chấp một số thành công trong sản xuất giống thời gian qua, màu sắc kém hấp dẫn là nguyên nhân làm gia tăng trở lại áp lực khai thác lên nguồn lợi cá khoang cổ tự nhiên, gây cạn kiệt nguồn lợi và phá hủy hệ sinh thái rạn san hô [25]. Việc nghiên cứu các giải pháp cải thiện màu sắc loài cá này trong điều kiện nhân tạo là hết sức cần thiết.

Màu sắc ở cá thuộc loại đa dạng và phức tạp bậc nhất trong giới động vật nhờ tập hợp đầy đủ 6 loại tế bào sắc tố [18]. Màu sắc ở cá đóng vai trò quan trọng với sự sinh tồn và là kết quả của quá trình chọn lọc, tiến hóa lâu dài [11, 30]. Sự biến đổi màu sắc ở cá có thể diễn ra theo hai cơ chế, hình thái hoặc sinh lý, dưới các tác động của môi trường, dinh dưỡng, trạng thái sinh lý hoặc giai đoạn phát triển [4]. Trong khi con đường thứ nhất được quyết định bởi sự tăng, giảm số lượng tế bào sắc tố trên da thì con đường thứ hai lại liên quan đến sự chuyển vị và sắp xếp của các tế bào sắc tố bên trong lớp biểu bì [18]. Tuy nhiên, dù là theo cách nào, cả hai đều chịu ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa hai nhóm yếu tố chính, là môi trường và di truyền [18, 19]. Hầu hết các loài cá xương có thể thay đổi màu da hoặc sắc thái nhanh chóng bằng

cách chuyển vị các hạt sắc tố, chủ yếu là hắc tố, bên trong các tế bào sắc tố da trước sự thay đổi của ánh sáng và màu nền [4]. Sự thay đổi màu sắc ở cá là một quá trình phức tạp và có liên quan mật thiết với nhiều yếu tố như môi trường, thần kinh, nội tiết, dẫn truyền tín hiệu và di truyền ở cấp độ phân tử [18, 19]. Cho đến nay, một số công nghệ hay giải pháp từ các hiểu biết kể trên đã được ứng dụng vào thực tiễn sản xuất nhằm nâng cao chất lượng, nhất là màu sắc, và giá trị cũng như khả năng tiêu thụ của một số loài cá nuôi [29].

Nghiên cứu về ảnh hưởng của màu bể lên kết quả nuôi cá nói chung đã được thực hiện trên một số loài. Kết quả cho thấy màu sắc bể có ảnh hưởng lớn đến các chỉ tiêu tăng trưởng, tỷ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn, tập tính, mức độ căng thẳng, thành phần sinh hóa, enzyme, màu sắc và hàm lượng carotenoids tích lũy trong cơ thể cá [19]. Tuy nhiên, mức độ ảnh hưởng của màu bể lên cá có sự khác biệt theo loài, giai đoạn phát triển và mức độ thuần hóa [19, 23]. Trong một bể nuôi thủy sinh vật cảnh biển, màu sắc bể, đèn chiếu và các vật dụng trang trí là những yếu tố quan trọng tạo nên sự lôi cuốn và hấp dẫn. Tuy nhiên, chúng cũng có những tác động nhất định đến đời sống của các sinh vật sống bên trong [15]. Trên cá khoang cổ nemo, Yasir and Qin (2009 a, b) đã xác định được cường độ ánh sáng yếu (20 – 50 lux) và bể màu xanh dương hoặc xanh lá cây có thể làm màu da cá sáng và cam hơn giúp nâng cao giá trị của cá trên thị trường [32, 33]. Tuy nhiên, hạn chế của nghiên cứu này là không xác định được ảnh hưởng của màu bể lên sinh trưởng, tỷ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn của cá [2]. Đồng thời, phương pháp đo màu bằng cách chụp hình và so màu gián tiếp, đơn giản, không sử dụng các thiết bị có độ chính xác cao, ví dụ máy đo màu kỹ thuật số. Ngoài ra, hàm lượng carotenoids tích lũy trên da, cơ, thân cá cũng chưa được xác định. Nghiên cứu hiện tại bổ sung thêm các màu cam, trong, tím và đen để có cái nhìn toàn diện hơn về ảnh hưởng của màu bể nuôi lên màu sắc và hàm lượng carotenoids tích lũy ở loài cá cảnh biển này.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 1. Điều kiện thí nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện trong năm 2022, tại Trại sản xuất giống cá cảnh biển Vĩnh Hòa, tổ 13, Đường Đệ, phường Vĩnh Hòa, thành phố Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa. Cá khoang cỏ nemo giống là nguồn cá được sản xuất tại trại. Cá giống đạt tiêu chuẩn chất lượng, khỏe mạnh và không có biểu hiện bệnh được sử dụng cho thí nghiệm, chiều dài và khối lượng ban đầu lần lượt là  $3,30 \pm 0,02$  cm và  $0,65 \pm 0,05$  g/con. Cá được nuôi với mật độ 1 con/4 lít nước, tương ứng với 15 con mỗi bể. Cá được nuôi cho quen với điều kiện bể thí nghiệm vòng 3 ngày trước khi bắt đầu tính thời gian.

Nguồn nước mặn sử dụng cho thí nghiệm là nước biển tự nhiên được xử lý theo quy trình phổ biến, hiện hành. Sau khi bơm vào trại, nước được lắng, lọc và xử lý bằng chlorin 25 - 30 ppm trong 2 ngày và phơi nắng 2 ngày. Sau đó, nước được trung hòa chlorin dư bằng natri thiosulphat với tỷ lệ 1 : 1. Nước sau xử lý được lưu trữ, sử dụng dần cho thí nghiệm. Cá được nuôi trong các bể kính có thể tích khoảng 60 lít/bể, kích thước dài  $\times$  rộng  $\times$  cao lần lượt là  $55 \times 35 \times 38$  cm, độ dày lớp kính là 5 mm. Bể được cấp nước từ tầng mặt và lượng nước cấp được kiểm soát bằng van đảm bảo tương đối đồng đều giữa các bể thí nghiệm. Nước thoát ra ở đầu đối diện, được bọc lưới để ngăn thất thoát cá; sau đó, chảy trực tiếp vào một bể lọc sinh học (500 lít) nằm giữa hệ thống. Tại đây, nước được loại bỏ chất thải rắn nhờ bông lọc và được xử lý bởi vi sinh vật sống trên bề mặt giá thể là các hạt nhựa bioball và đá san hô, kích thước từ 2 - 6 cm. Nước sau khi xử lý được bơm tuần hoàn trở lại hệ thống bể nuôi. Toàn bộ các bể được duy trì chế độ sục khí 24/24 giờ trong suốt thời gian thí nghiệm. Lưu lượng nước cấp vào và thoát ra khỏi bể được giữ ổn định ở mức khoảng 1,5 lít/phút tương ứng với tỷ lệ trao đổi khoảng 36 lần/ngày. Hệ thống bể thí nghiệm được đặt dưới mái che cùng chế độ chiếu sáng tự nhiên để ổn định các yếu tố môi trường (Hình 1).

Cá được cho ăn thức ăn công nghiệp NRD

G8 (INVE Thailand Ltd.). Thành phần dinh dưỡng theo công bố của nhà sản xuất gồm protein thô 55,0%, lipid thô 9,0%, xơ thô 1,9%, và độ ẩm 8,0%. Cá được cho ăn với tần suất 4 lần/ngày vào các thời điểm 07h00, 10h00, 13h00 và 16h00. Cá được cho ăn theo nhu cầu, kết hợp với quan sát để điều chỉnh lượng thức ăn hợp lý.

### 2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thiết kế theo kiểu ngẫu nhiên hoàn toàn (CRD) nhằm đánh giá ảnh hưởng của màu bể (thành và đáy) lên màu sắc da, hàm lượng carotenoids tích lũy ở cá khoang cỏ nemo. Sáu nghiệm thức tương ứng với 6 màu bể khác nhau được thử nghiệm gồm trắng, trong, cam, xanh, tím và đen, với màu trong là đối chứng trong điều kiện nuôi bình thường. Để thiếp lập màu bể, giấy dán decal màu có keo dính sẵn được sử dụng. Chi tiết về nghiệm thức và thông số kỹ thuật màu bể như sau:

Nghiệm thức 1: Cá được nuôi trong các bể màu trắng, RGB (255, 255, 255)

Nghiệm thức 2: Cá được nuôi trong các bể màu trong (đối chứng)

Nghiệm thức 3: Cá được nuôi trong các bể màu cam, RGB (255, 140, 0)

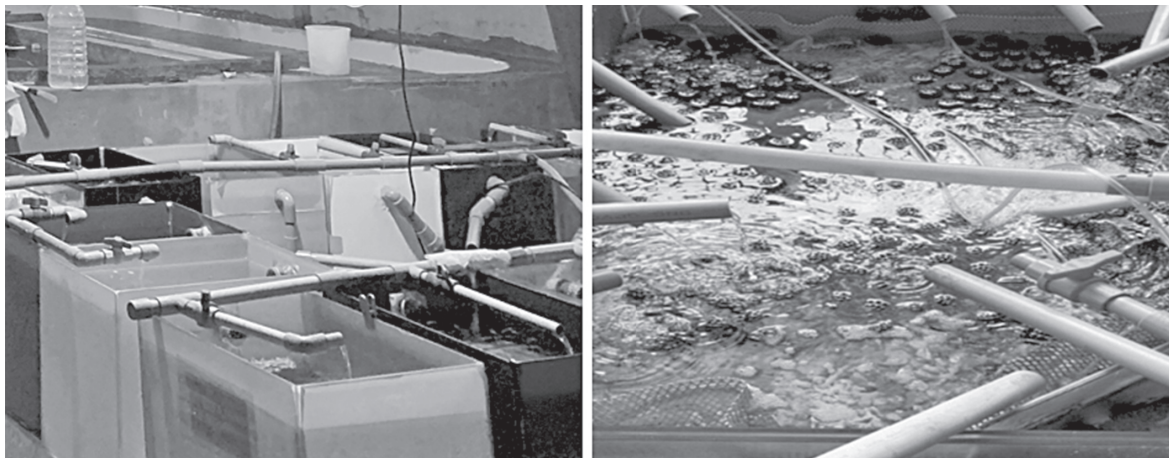
Nghiệm thức 4: Cá được nuôi trong các bể màu xanh, RGB (0, 0, 255)

Nghiệm thức 5: Cá được nuôi trong các bể màu tím, RGB (148, 0, 211)

Nghiệm thức 6: Cá được nuôi trong các bể màu đen, RGB (0, 0, 0)

Để đảm bảo chất lượng màu bể thí nghiệm, bể nuôi được vệ sinh sạch sẽ, lau khô và sạch hoàn toàn trước khi dán. Mỗi bể được dán ở năm mặt, gồm bốn mặt bên và một mặt đáy. Sau khi dán xong, bể được lắp đặt vào hệ thống cùng với ống cấp, thoát nước, lưới chắn cá và sục khí. Cá khoang cỏ nemo giống được thả vào bể nuôi để quen với điều kiện mới trước bắt đầu tính thời gian thí nghiệm. Mỗi nghiệm thức được thực hiện với 3 lần lặp trong thời gian 60 ngày.

Bể nuôi được siphon loại bỏ phân, chất thải 2 lần/ngày vào các thời điểm 6h30 và 17h30. Nước ngọt được thêm vào bể lọc hàng ngày để ổn định độ mặn. Các thông số môi trường nước



Hình 1. Hệ thống bể thí nghiệm.

bể thí nghiệm được theo dõi và duy trì trong phạm vi thích hợp với sinh trưởng, phát triển của cá khoang cổ nemo. Cụ thể, nhiệt độ dao động từ 27 - 31°C, độ mặn từ 32 - 34‰, pH từ 7,8 - 8,2, oxy hòa tan > 5,0 mg/L, TAN ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ) < 1,0 mg/L. Bể nuôi, hoạt động của cá, cá chết (nếu có) được quan sát và ghi chép hàng ngày để tổng hợp vào cuối thí nghiệm. Vào ngày thứ 60, toàn bộ số cá trong bể được thu để xác định các thông số về màu sắc da ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma, Hue), hàm lượng carotenoids tích lũy (da, cơ, toàn thân) và so sánh giữa các nghiệm thức thí nghiệm.

### 3. Thu thập và đánh giá các chỉ tiêu

#### 3.1. Màu sắc da (Lab, LCh)

Trước khi thu mẫu, cá bị bỏ đói 24 giờ và gây mê bằng 0,05% Ethylene Glycol Monophenyl Ether (Merck KGaA, Darmstadt, Đức). Việc đo màu da được áp dụng với toàn bộ số lượng cá còn sống tại thời điểm kết thúc thí nghiệm sử dụng máy đo màu kỹ thuật số (CR-400 Chroma Meter, KONICA Minolta Sensing, Inc., Osaka, JAPAN). Cá được đo màu ở cả hai bên thân, tại vị trí giữa vây lưng mềm và vây hậu môn tiếp giáp với dải giữa màu trắng của cá [31]. Máy đo CR-400 Chroma Meter được thiết lập để thực hiện các phép đo màu tuyệt đối ở chế độ đo  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (CIE 1976) bằng cách sử dụng đèn chiếu sáng D65 gắn với một ống chiếu sáng bằng thủy tinh (CR-A33F) kết nối với máy tính. Ngoài ra, chỉ số đo màu Chroma ( $C^*$ ) và Hue ( $h^*$ ) cũng được thu thập để biểu thị về mức

độ bão hòa (hay độ sắc sỡ) của màu và tông màu (hay độ tinh khiết màu). Phương pháp đo, chế độ cài đặt và điều kiện đo được thực hiện theo hướng dẫn của nhà sản xuất.

Hệ thống đo màu CR-400 được thiết kế bởi CIE (International Committee on Illumination) sử dụng  $L^*$  để đo độ sáng - tối, với phạm vi từ tối (0) tới sáng (100);  $a^*$  để đo các sắc tố màu xanh lá tới đỏ, với màu xanh lá cây ( $a^-$ ) tới màu đỏ ( $a^+$ );  $b^*$  để đo các sắc tố màu xanh nước biển tới vàng, với màu xanh nước biển ( $b^-$ ) tới màu vàng ( $b^+$ ); Chroma để đo sắc độ (mức độ sắc sỡ, bão hòa), với phạm vi từ trung tính/xám (0) tới sắc sỡ tối đa (100); và Hue để đo tông màu (góc cụ thể trên bánh xe màu), với phạm vi đo (0/360°, vàng (90°) và xanh dương (240°) [16]. Các dữ liệu  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma và hue được thu thập và phân tích để so sánh kết quả giữa các nghiệm thức thí nghiệm.

#### 3.2. Hàm lượng carotenoids tổng số

Hàm lượng carotenoids tổng số trên da, cơ và toàn thân cá được xác định bằng máy đo quang phổ UV-Vis (UV-visible spectrophotometer) theo phương pháp mô tả bởi Ramamoorthy et al. (2010) và García-Romero et al. (2014) cùng một số điều chỉnh nhỏ [14, 26]. Một cách ngắn gọn, các mẫu thu thập gồm da (0,25 g/mẫu, cả hai bên thân cá), cơ thịt (0,25 g/mẫu, phần thịt cá sau khi đã tách da), và toàn thân (1,5 - 2,0 g/mẫu, nguyên con). Các mẫu được nghiền trong axeton (20 ml) có chứa 1,5 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  khan bằng thiết bị đồng hóa mẫu (Model T10, Ultra-

turrax®, IKA, Đức). Tiếp theo, mẫu được lọc bằng giấy lọc, và quá trình này được lặp lại 3 lần cho đến khi dịch lọc hết màu. Sau đó, dịch lọc được ly tâm ở tốc độ 10.000 vòng/phút ở nhiệt độ 4°C trong 15 phút. Độ hấp thụ được đo bằng máy đo quang phổ (Biochrom Ltd, Cambridge, Anh). Hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy (Total Carotenoids Accumulation – TCA) được biểu thị bằng microgam trên gam ( $\mu\text{g/g}$ ) và được tính theo công thức sau:

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

Trong đó: A là độ hấp thụ; V là tổng thể tích của dịch chiết (ml); D là tỷ lệ pha loãng; W là khối lượng của mẫu (g); và  $E_{1\text{cm}}^{1\%}$  là hệ số quy đổi, 2.100 (dung môi dầu ăn = 2.100, bước sóng hấp thụ 450 nm).

#### 4. Phương pháp xử lý số liệu

Các dữ liệu thu được về giá trị  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , Chroma, hue và hàm lượng carotenoids tích lũy trên da, cơ và toàn thân được kiểm định về tính phân phối chuẩn và tính đồng nhất phương sai giữa các nghiệm thức thí nghiệm trước khi tiến hành phân tích thống kê. Nghiên cứu sử dụng phương pháp phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) và kiểm định Duncan với mức ý nghĩa  $P < 0,05$  trên phần mềm SPSS 26.0. Các số liệu được trình bày dưới dạng Giá trị trung bình  $\pm$  Sai số chuẩn.

### III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 1. Kết quả

##### 1.1. Màu da cá

###### Chỉ số $L^*$ :

Chỉ số  $L^*$  biểu thị độ sáng – tối với phạm vi từ tối (0) tới sáng (100). Ảnh hưởng của màu sắc bể nuôi lên chỉ số  $L^*$  của cá khoang cổ nemo được thể hiện trong Hình 2. Kết quả cho thấy, màu sắc bể nuôi có ảnh hưởng rõ rệt đến độ sáng – tối của màu da cá. Cá được nuôi trong bể màu trắng, trong và xanh cùng có màu sáng nhất, lần lượt là  $47,90 \pm 0,57$ ,  $47,51 \pm 0,49$  và  $46,64 \pm 0,77$ ; tiếp theo là cá được nuôi trong bể màu tím và cam, lần lượt là  $43,78 \pm 0,77$  và  $42,26 \pm 1,07$ ; thấp nhất là cá được nuôi trong bể màu đen, chỉ đạt  $41,21 \pm 0,40$  ( $P < 0,05$ ; Hình 2). Như vậy, xét về độ sáng màu da cá, có thể kết luận rằng màu trắng, trong và xanh là thích hợp cho nuôi cá khoang cổ nemo.

###### Chỉ số $a^*$ :

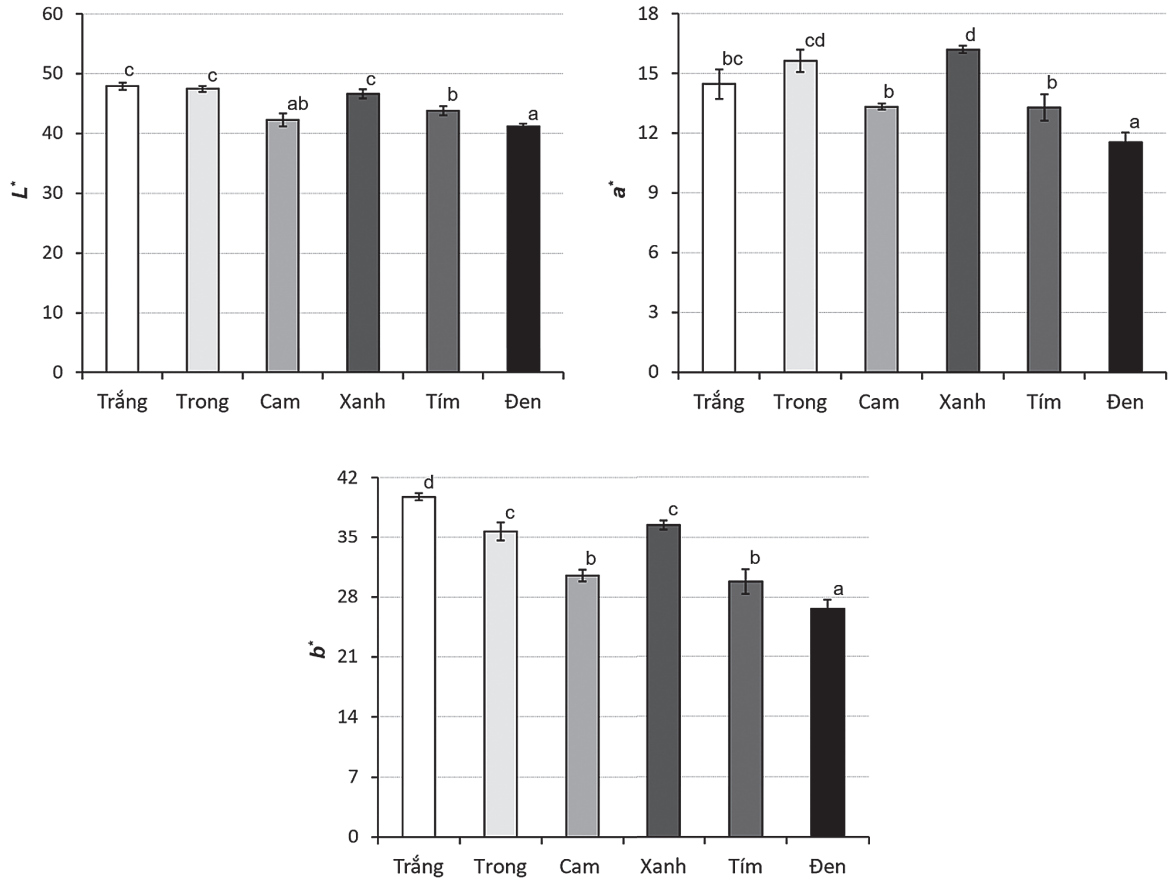
Đối với các loài cá có màu cam – đỏ, chỉ số  $a^*$  là chỉ số quan trọng nhất. Chỉ số  $a^*$  dùng để đo các sắc tố màu xanh lá tới đỏ, với màu xanh lá cây ( $a^-$ ) tới màu đỏ ( $a^+$ ). Chỉ số  $a^*$  có giá trị càng lớn, màu sắc cá càng cam – đỏ. Kết quả cho thấy cá được nuôi trong bể màu xanh đạt chỉ số  $a^*$  lớn nhất ( $16,21 \pm 0,18$ ), tiếp theo là bể màu trong và trắng (lần lượt là  $15,64 \pm 0,56$  và  $14,47 \pm 0,74$ ). Cá được nuôi trong các bể màu cam và tím đạt chỉ số  $a^*$  ở mức trung bình (lần lượt là  $13,34 \pm 0,15$  và  $13,29 \pm 0,65$ ). Trong khi đó, cá được nuôi ở bể đen đạt chỉ số  $a^*$  thấp nhất, chỉ  $11,56 \pm 0,49$  ( $P < 0,05$ ). Đáng chú ý, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chỉ số  $a^*$  giữa cá được nuôi trong các bể màu xanh và trong hay trong và trắng ( $P > 0,05$ ; Hình 2). Từ những phân tích kể trên, có thể kết luận bể màu xanh hoặc trong là phù hợp nhất cho nuôi cá khoang cổ nemo giúp cải thiện màu cam – đỏ ở loài cá này.

###### Chỉ số $b^*$ :

Chỉ số  $b^*$  dùng để đo các sắc tố màu xanh nước biển tới vàng, với màu xanh nước biển ( $b^-$ ) tới màu vàng ( $b^+$ ). Kết quả nghiên cứu cho thấy màu sắc bể nuôi cũng ảnh hưởng lớn đến chỉ số  $b^*$  của cá khoang cổ nemo. Trong đó, cá được nuôi trong bể màu trắng có chỉ số  $b^*$  lớn nhất - thể hiện màu vàng nhất ( $39,76 \pm 0,42$ ), tiếp theo là bể màu xanh và trong (lần lượt là  $36,40 \pm 0,51$  và  $35,70 \pm 1,09$ ), thấp nhất ở bể màu đen (chỉ  $26,64 \pm 1,02$ ;  $P < 0,05$ ). Chỉ số  $b^*$  của cá được nuôi trong các bể màu cam và tím đạt mức trung bình, lần lượt là  $30,51 \pm 0,66$  và  $29,84 \pm 1,43$ . Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chỉ số  $b^*$  của cá được nuôi trong các bể màu xanh và trắng hay màu cam và tím ( $P > 0,05$ ; Hình 2). Như vậy, xét về chỉ số  $b^*$ , cá được nuôi trong bể màu trắng có kết quả tốt nhất.

###### Chỉ số Chroma:

Chỉ số Chroma cũng có khác biệt nhất định khi cá được nuôi trong các bể có màu sắc khác nhau. Cụ thể, cá được nuôi trong các bể màu trắng, trong, xanh có chỉ số Chroma cao hơn so với các bể màu cam, tím, đen, lần lượt là  $33,90 \pm 0,96$ ,  $32,57 \pm 0,68$ ,  $32,16 \pm 0,21$  so với  $27,13 \pm 1,10$ ,  $26,42 \pm 0,76$ ,  $24,70 \pm 1,07$  ( $P <$

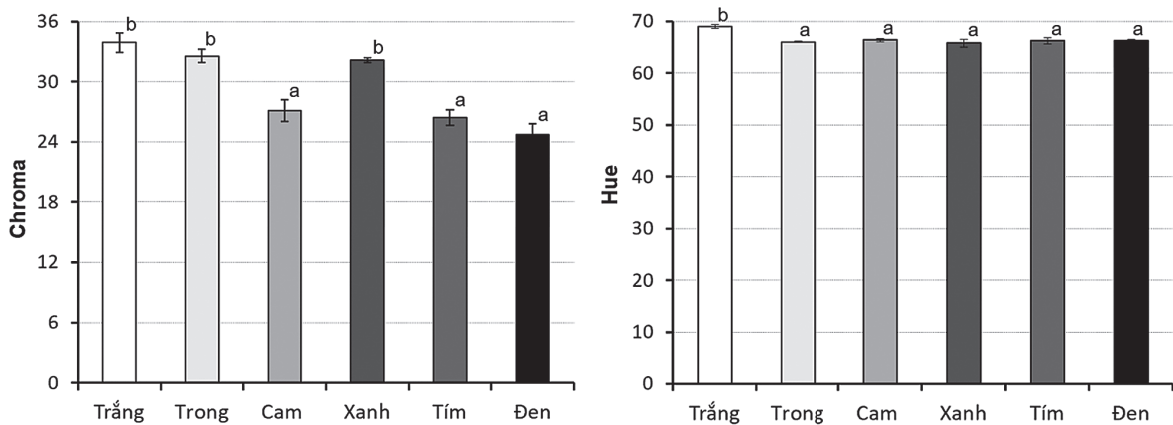


**Hình 2. Chỉ số  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  của da cá được nuôi ở các bể có màu sắc khác nhau**

Các ký tự chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê,  $P < 0,05$ .

0,05; Hình 3). Với ý nghĩa của Chroma chỉ độ bão hòa của màu sắc, các kết quả thu được cho thấy cá được nuôi trong bể màu trắng, trong và xanh có màu sắc sặc sỡ hơn so với cá được

nuôi trong các bể màu còn lại. Trong đó, cá được nuôi trong bể màu trắng có thiên hướng sáng màu và vàng hơn trong khi cá được nuôi trong bể màu xanh thì có màu cam đỏ hơn.



**Hình 3. Chỉ số Chroma và Hue của da cá được nuôi ở các bể có màu sắc khác nhau**

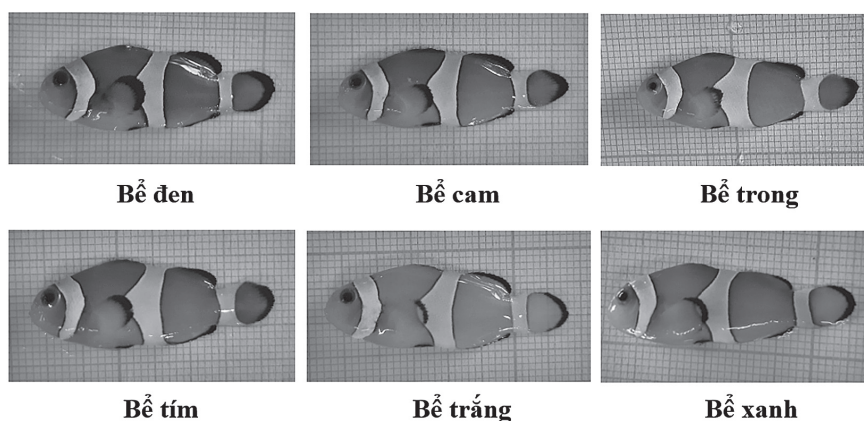
Các ký tự chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê,  $P < 0,05$ .

*Chỉ số Hue:*

Kết quả cho thấy cá được nuôi trong bể màu trắng đạt chỉ số Hue cao hơn so với cá được nuôi trong các màu bể còn lại,  $68,98 \pm 0,36$  so với  $65,80 - 66,43$  ( $P < 0,05$ ; Hình 3). Hue đại diện cho tông màu hay độ tinh khiết của màu sắc, và giá trị thu được trong nghiên cứu hiện tại cho thấy cá có tông màu chủ đạo là vàng – cam. Đồng thời, cá được nuôi trong bể màu trắng có độ tinh khiết màu cao hơn, cụ thể là màu vàng, so với cá được nuôi trong các bể

còn lại.

Thông qua các kết quả phân tích kể trên, có thể thấy rằng cá được nuôi trong các bể màu trắng, trong, xanh có màu sắc đẹp hơn và rực rỡ hơn so với cá được nuôi trong các bể cam, tím và đen (Hình 4). Tuy nhiên, do màu cam đậm - đỏ là chỉ tiêu quan trọng nhất khi đánh giá màu sắc của cá khoang cổ nemo trong thực tiễn sản xuất, bể màu xanh và trong được khuyến cáo lựa chọn nhằm tăng cường màu sắc cho loài cá này.



Hình 4. Màu sắc thực tế của cá được nuôi trong các bể có màu khác nhau.

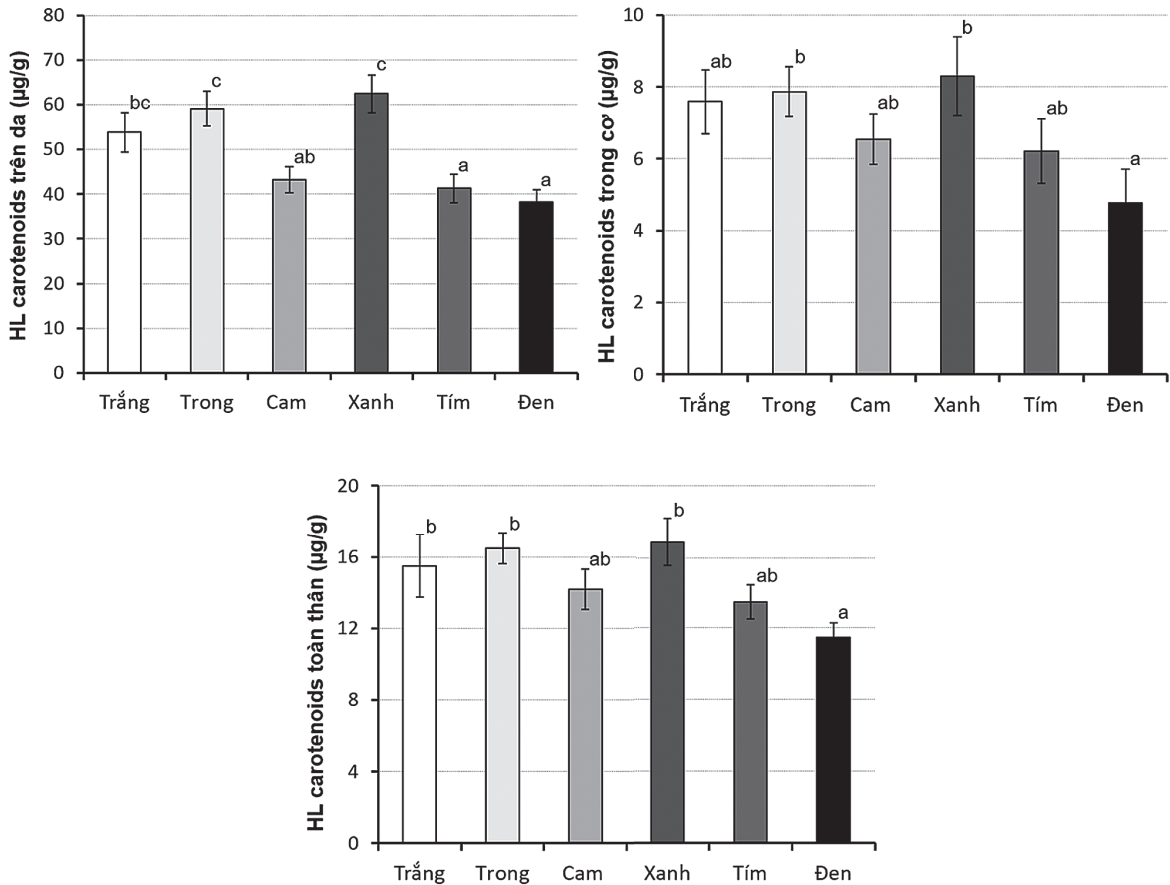
**1.2. Hàm lượng carotenoid tích lũy trong cơ thể cá**

*Hàm lượng carotenoid tích lũy trên da:*

Ảnh hưởng của màu sắc bể nuôi lên hàm lượng carotenoid tổng số tích lũy trên da cá khoang cổ nemo được minh họa trên Hình 5. Có thể nhận thấy, màu sắc bể nuôi ảnh hưởng rõ rệt đến hàm lượng carotenoid tích lũy trên da cá. Cá được nuôi trong bể màu xanh và trong có hàm lượng carotenoid tích lũy cao nhất, đạt  $62,45 \pm 4,23$   $\mu\text{g/g}$  và  $59,11 \pm 3,82$   $\mu\text{g/g}$ , tiếp theo là cá được nuôi trong bể trắng và cam, đạt  $53,81 \pm 4,32$   $\mu\text{g/g}$  và  $43,27 \pm 2,92$   $\mu\text{g/g}$ , thấp nhất ở cá được nuôi trong bể tím và đen, chỉ đạt  $41,28 \pm 3,15$   $\mu\text{g/g}$  và  $38,22 \pm 2,79$   $\mu\text{g/g}$  ( $P < 0,05$ ). Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về hàm lượng carotenoid tích lũy trên da cá ở các nghiệm thức bể trắng so với bể màu xanh và trong hay bể cam so với tím và đen ( $P > 0,05$ ; Hình 5).

*Hàm lượng carotenoid tích lũy trong cơ thể và toàn thân cá:*

Hàm lượng carotenoid tích lũy trong cơ thể và toàn thân cá về cơ bản thấp hơn nhiều so với hàm lượng tích lũy trong da cá. Cá được nuôi trong các bể màu xanh và trong có hàm lượng carotenoid tích lũy cao hơn so với cá được nuôi trong bể màu đen, lần lượt là  $8,30 \pm 1,10$   $\mu\text{g/g}$  và  $7,87 \pm 0,69$   $\mu\text{g/g}$  so với  $4,78 \pm 0,93$   $\mu\text{g/g}$  ( $P < 0,05$ ). Tuy nhiên, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về hàm lượng carotenoid tích lũy trong cơ thể cá ở các nghiệm thức bể màu trắng, cam và tím so với các bể còn lại, lần lượt là  $7,59 \pm 0,89$   $\mu\text{g/g}$ ,  $6,66 \pm 0,70$   $\mu\text{g/g}$  và  $6,21 \pm 0,90$   $\mu\text{g/g}$  ( $P > 0,05$ ). Tương tự, cá được nuôi trong các bể màu xanh, trong và trắng có hàm lượng carotenoid tích lũy trong cơ thể cao hơn so với cá được nuôi trong bể màu đen, lần lượt là  $16,86 \pm 1,31$   $\mu\text{g/g}$ ,  $16,48 \pm 0,87$   $\mu\text{g/g}$  và  $15,49 \pm 1,76$   $\mu\text{g/g}$  so với  $11,46 \pm 0,88$   $\mu\text{g/g}$  ( $P < 0,05$ ). Hàm lượng carotenoid tích lũy trong cơ thể cá được nuôi trong bể cam và tím đạt mức độ trung bình, lần lượt là  $13,53 \pm 0,95$  và  $14,18 \pm 1,13$ , và không có sự khác biệt thống



**Hình 5. Hàm lượng carotenoid tích lũy (da, cơ và toàn thân) cá được nuôi ở các bể có màu khác nhau**  
 Các ký tự chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê,  $P < 0,05$ .

kê với các nghiệm thức còn lại ( $P > 0,05$ ; Hình 5).

## 2. Thảo luận

Kết quả nghiên cứu hiện tại cho thấy cá được nuôi trong các bể màu xanh và trong có màu đỏ đẹp hơn (chỉ số  $a^*$  cao hơn và Hue thấp hơn) so với các bể còn lại. Trong khi đó, cá được nuôi trong bể màu trắng có màu vàng hơn và độ đồng nhất màu cao hơn (chỉ số  $b^*$  và Hue cao hơn) so với cá được nuôi trong các màu bể còn lại. Cá được nuôi trong các bể màu trắng, trong, xanh có màu sáng hơn (chỉ số  $L^*$  cao hơn, Chroma cao hơn), ngược lại, cá được nuôi trong bể màu đen lại biểu hiện màu tối hơn hẳn so với cá được nuôi trong các màu bể còn lại (Hình 2-4). Kết quả này tương tự với báo cáo của Yasir and Qin (2009b) cũng trên cá khoang cổ nemo khi cho rằng cá được nuôi trong bể màu xanh dương và xanh lá cây có màu cam đỏ

hơn (cả da và vây) trong khi cá được nuôi trong bể trắng lại có màu sáng (độ bão hòa thấp) và vàng hơn [33]. Đáng chú ý, mặc dù cá khoang cổ nemo có màu cam – đỏ, việc nuôi loài cá này trong bể màu cam ở nghiên cứu hiện tại và đỏ trong nghiên cứu của Yasir and Qin (2009b) đều không giúp cải thiện các tông màu này ở cá so với các bể còn lại, thậm chí còn kém hơn so với các bể màu xanh và trong [33].

Sự thay đổi của màu sắc cá khoang cổ nemo dưới tác động của màu bể cũng tuân xu hướng chung ghi nhận trên một số loài cá khác. Màu da của cá được nuôi trong các bể có màu trắng, vàng có độ sáng cao hơn trong khi các bể màu đen, nâu, xám lại làm da cá trở nên tối màu hơn. Các màu bể còn lại như đỏ, xanh làm tăng các tông màu đỏ, cam, vàng của cá [19]. Theo Eslamloo et al. (2015), việc nuôi cá vàng (*Carassius auratus*) trong bể màu trắng



làm da chúng trở lên nhạt, trắng, sáng hơn thay vì đỏ, cam, vàng dẫn đến giảm giá trị thương mại [12]. Ninwichian et al. (2018) cũng nhận thấy xu hướng chung về tác động của màu bề lên màu cá, nhạt nhạt trong bể trắng, quá sẫm trong bể đen và bình thường trong bể xanh [22]. Nguyên nhân của sự thay đổi này được cho là có liên quan đến các cơ chế thần kinh và nội tiết [18]. Cụ thể, cá sống trong bể màu sáng, hàm lượng ir-MCH tăng cao ngăn cản hoạt động của  $\alpha$ -MSH đối với màu da làm tăng sắc tố màu trắng, nhất là ở mặt bụng của cá [3, 16]. Trong khi đó, bể tối màu làm thay đổi sự phân tán của các sắc tố trong tế bào melanophores chỉ trong vài giờ đi kèm với sự gia tăng của hàm lượng  $\alpha$ -MSH trong huyết tương gây hiện tượng sạm da, tối màu ở cá [20]. Đáng chú ý, ảnh hưởng của màu bể nuôi lên sự thay đổi màu sắc của da hay cơ thịt của cá có thể diễn ra một cách tạm thời (sinh lý) hoặc lâu dài (hình thái). Trong khi sự thay đổi về mặt hình thái có tính bền vững hơn, liên quan đến giai đoạn phát triển; sự thay đổi về mặt sinh lý thường diễn ra trong thời gian ngắn hơn, chủ yếu dưới tác động của môi trường, và có thể phục hồi trở lại màu sắc ban đầu [18, 19, 33]. Cá có thể thích ứng với sự thay đổi của màu sắc môi trường thông qua độ nhạy thị giác nhờ vào các tế bào cảm thụ, sắc tố thị giác và các opsin [6]. Màu tối trong bể đen và sáng trong bể trắng của cá có thể là do cơ chế ngụy trang của chúng và nỗ lực mô phỏng màu của môi trường, và điều này đã được báo cáo trên một số loài cá, bao gồm cá khoang cổ nemo [9, 10, 33]. Các dạng khác nhau của màu xanh có thể phù hợp với cá khoang cổ nemo hơn so với các màu còn lại do chúng sống ổn định trong các hệ sinh thái rạn san hô nơi có sự đa dạng về màu sắc, trong đó, màu xanh thường chiếm ưu thế hơn cả [33]. Điều này giúp chúng đạt được màu sắc tự nhiên của loài, là màu cam – đỏ điển hình, đó là kết quả của sự thích ứng với môi trường và chế độ ăn được thỏa mãn các nguồn sắc tố tự nhiên [13]. Các loại đèn màu xanh cũng được sử dụng phổ biến trong các hệ thống bể nuôi cá cảnh biến từ những hiểu biết kể trên [15].

Tương tự như sự biểu hiện về màu da cá,

cá được nuôi trong các bể màu xanh, trong và trắng cũng đạt được hàm lượng carotenoids tích lũy trong da, cơ và toàn thân cao hơn so với các màu bể còn lại. Kết quả này khác biệt với nghiên cứu của Yasir and Qin (2009b) khi cho rằng màu bể nuôi không ảnh hưởng đến hàm lượng carotenoids (astaxanthin, beta-caroten, canthaxanthin và zeaxanthin) ở loài cá này. Sự khác biệt này có thể là do thời gian giữa hai nghiên cứu, 28 ngày trong nghiên cứu của Yasir and Qin (2009b) và 60 ngày trong nghiên cứu hiện tại [33]. Bên cạnh đó, sự khác nhau về loại thức ăn sử dụng và hàm lượng carotenoids trong đó cũng có thể tạo nên sự khác biệt này. Bằng kỹ thuật phân tích biểu hiện gen *scarbl*, một gen quy định khả năng hấp thụ và chuyển hóa caroten ở cá [27], Song et al. (2022) nhận thấy cá mú chấm bé (*Plectropomus leopardus*) được nuôi trong bể màu đỏ và trắng có mức độ biểu hiện gen cao nhất, tiếp theo là bể xanh và trong, thấp nhất ở bể đen. Cùng với đó, hàm lượng carotene tích lũy trong cơ thể cá cũng cao hơn ở các bể đỏ và trắng, trong khi lutein và melanin lại chiếm ưu thế trong các bể trong và đen [29]. Màu bể và ánh sáng có thể điều chỉnh màu da cá thông qua hormone neuropeptide và tế bào cảm quang [28]. Màu nền ảnh hưởng đến biểu hiện gen *scarbl* thông qua trung tâm thị giác, sau đó ảnh hưởng đến sự hấp thụ và vận chuyển carotenoids, cuối cùng ảnh hưởng đến màu da của cá mú chấm bé [29]. Những kết quả thu được trong nghiên cứu hiện tại cho thấy bể màu xanh hoặc trong có lợi cho sự lên màu cam – đỏ của cá khoang cổ nemo hơn so với các bể màu khác. Tuy nhiên, các cơ chế thần kinh, nội tiết và di truyền phân tử của quá trình này cần được làm sáng tỏ trong các nghiên cứu tiếp theo.

Ngoài màu sắc, ảnh hưởng của màu bể nuôi lên cá còn thể hiện ở các chỉ tiêu tăng trưởng, tỷ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn, thành phần sinh hóa, enzyme, mức độ stress,... ghi nhận trên nhiều loài [19]. Cũng trong nghiên cứu này, Trần Văn Dũng và ctv. (2023) đã xác định được màu bể có ảnh hưởng lớn đến các chỉ tiêu tăng trưởng, hệ số phân đàn, điều kiện và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá khoang cổ

nemo, với màu xanh và trắng cho kết quả tốt nhất, tiếp theo là cam và tím và thấp nhất ở trong và đen [2]. Kết hợp với kết quả phân tích trong nghiên cứu hiện tại, có thể kết luận rằng bể màu xanh là tối ưu nhất cho nuôi cá khoang cổ nemo nhằm đạt được màu sắc và các chỉ tiêu tăng trưởng cũng như hiệu quả sử dụng thức ăn tối ưu. Những phát hiện của chúng tôi có ý nghĩa quan trọng đối với nghề nuôi cá cảnh biển nói chung và cá khoang cổ nemo nói riêng bởi việc chọn màu bể thích hợp có thể tối ưu hóa được kết quả ương nuôi. Điều này giúp nâng cao chất lượng con giống sản xuất, đáp ứng nhu cầu thị trường, góp phần giảm áp lực khai thác lên nguồn lợi cá rạn tự nhiên và bảo vệ hệ sinh thái rạn san hô, nhất là trong bối cảnh ô nhiễm môi trường, biến đổi khí hậu và tranh chấp lãnh hải diễn ra phức tạp như hiện nay.

#### IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Màu sắc bể nuôi có ảnh hưởng lớn đến màu sắc của cá khoang cổ nemo thông qua các chỉ số Lab và LCh cũng như hàm lượng carotenoids tích lũy trong da, cơ và toàn thân cá. Nhìn chung, cá được nuôi trong các bể màu xanh, trong và trắng có màu sắc tổng thể tốt hơn so với cá được nuôi trong các bể màu cam, tím và

đen ( $P < 0,05$ ). Tuy nhiên, do màu sắc cam – đỏ (chỉ số  $a^*$ ) là quan trọng nhất khi đánh giá màu sắc của cá khoang cổ nemo thương mại, màu bể xanh hoặc trong là màu phù hợp nhất cho nuôi loài cá này.

Các nghiên cứu tiếp theo nên đánh giá ảnh hưởng của màu sắc bể nuôi lên các thông số màu cá theo nhiều mốc thời gian thay vì chỉ một mốc, ngày thứ 60, trong nghiên cứu này. Đồng thời, các cơ chế thần kinh, nội tiết và di truyền phân tử chi phối sự hình thành và khả năng duy trì màu sắc ở cá khoang cổ nemo dưới tác động của màu bể nuôi cũng cần được làm sáng tỏ.

#### Lời cảm ơn

Bài báo được hỗ trợ kinh phí và cơ sở vật chất từ Trường Đại học Nha Trang (SV2021-13-09), Trung tâm Thí nghiệm – Thực hành Trường Đại học Nha Trang, và Trại sản xuất giống cá cảnh biển Vĩnh Hòa – Nha Trang. Nghiên cứu sinh Trần Văn Dũng được tài trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo thạc sĩ, tiến sĩ trong nước của Quỹ Đổi mới sáng tạo Vingroup (VINIF), mã số VINIF.2022.TS024. Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn sâu sắc tới các đơn vị kể trên đã hỗ trợ nguồn lực để hoàn thiện nghiên cứu này.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

##### Tiếng Việt

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 (2023), “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),” *Tap chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Thái Nguyên* (đang xuất bản).

##### Tiếng Anh

3. Amiya, N., Amano, M., Yamanome, T., Yamamori, K., Takahashi, A. (2008), “Effects of background color on GnRH and MCH levels in the barfin flounder brain,” *General and Comparative Endocrinology* 155: 88–93.
4. Cal, L., Suarez-Bregua, P., Cerdá-Reverter, J.M., Braasch, I., Rotllant, J. (2017), “Fish pigmentation and the melanocortin system,” *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology* 211: 26-33.
5. Calado, R., Olivotto, I., Oliver, M.P., Holt, G.J., 2017. *Marine ornamental species aquaculture*. Wiley

Blackwell. 712 pages.

6. Carleton, K., Camacho, D.E., Stieb, S.M., Cortesi, F. (2020), "Seeing the rainbow: mechanisms underlying spectral sensitivity in teleost fishes," *Journal of Experimental Biology* 223 jeb193334.
7. Chen, J.Y, Zeng, C., Jerry, D.R., and Cobcroft, J.M. (2020), "Recent advances of marine ornamental fish larviculture: broodstock reproduction, live prey and feeding regimes, and comparison between demersal and pelagic spawners", *Reviews in Aquaculture* 12(3): 1518-1541.
8. Da Silva, C. R. B., Hoepner, C. M., Mercader, M., Laudet, V., da Silva, K. B. (2022), "The impact of popular film on the conservation of iconic species: Anemonefishes in the aquarium trade. Evolution, development and ecology of anemonefishes: Model organisms for marine science", *CRC Press*.
9. 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* 00: 1–10.
10. Doolan, B.J., Booth, M.A., Jones, P.L., and Allan, G. (2007), "Effect of cage colour and light environment on the skin colour of Australian snapper *Pagrus auratus* (Bloch & Schneider, 1801)," *Aquaculture Research* 38:1395–1403.
11. Endler, J.A. (1978), "A predator's view of animal color patterns," *Journal of Evolutionary Biology* 11: 319-364.
12. Eslamloo, K., Akhavan, S.R., Eslamifar, A., Henry, M.A. (2015), "Effects of background colour on growth performance, skin pigmentation, physiological condition and innate immune responses of goldfish, *Carassius auratus*," *Aquaculture Research* 46: 202-215.
13. Fautin, D.G. (2012), *Guide to the anemones of the Indo-Pacific*, Memoirs of the Queensland Museum, 57(1), 415 pages.
14. García-Romero, J., Ginés, R., Izquierdo, M., Haroun, R., Badilla, R., & Robaina, L. (2014), "Effect of dietary substitution of fish meal for marine crab and echinoderm meals on growth performance, ammonia excretion, skin colour, and flesh quality and oxidation of red porgy (*Pagrus pagrus*)," *Aquaculture* 422: 239-248.
15. Gronquist, D. and Berges, J.A. (2013), "Effects of aquarium-related stressors on the zebrafish: a comparison of behavioral, physiological, and biochemical indicators," *Journal of Aquatic Animal Health* 25: 53-65.
16. Hunter, R.S., and Harold, R.W. (1987), *The Measurement of appearance, the 2<sup>nd</sup> ed.* New York, John Wiley & Sons.
17. 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.
18. 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* 00: 1–18.
19. McLean, E. (2021), "Review fish tank color: An overview," *Aquaculture* 530: 735750.
20. Mizusawa, K., Yamamura, Y., Kasagi, S., Cerdá-Reverter, J.M., Takahashi, A. (2018), "Expression of genes for melanotropic peptides and their receptors for morphological color change in goldfish *Carassius auratus*," *General and Comparative Endocrinology* 264: 138–150.
21. 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* 00: 1–7.
22. Ninwichian, P., Phuwana, N., Jakkim, K., Sae-Lim, P. (2018), "Effects of tank color on the growth, stress responses, and skin color of snakeskin gourami (*Trichogaster pectoralis*)," *Aquaculture International* 26:

659–672.

23. Padhi, N., Jena, S.K., Ail, S.K.S., Ferosekhan, S., Sahoo, S.N., Udit, U.K., Bairwa, M.K., Swain, S.K. (2022), “Does tank background colour influence the growth, survival, and carotenoid content in fishes? An illustration in filament barb, *Dawkinsia filamentosa* (Valenciennes, 1844),” *Aquaculture* 560, 738536.
24. Pinnegar, J.K. and 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.
25. 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*, 1 – 14.
26. Ramamoorthy, K., Bhuvanewari, S., Sankar, G., and Sakkaravarthi, K. (2010), “Proximate composition and carotenoid content of natural carotenoid sources and its colour enhancement on marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* (Cuvier, 1880),” *World Journal of Fish and Marine Sciences* 2(6): 545-550.
27. 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* 2019, 8, e45181.
28. Shin, H.S., Choi, C.Y. (2014), “The stimulatory effect of LED light spectra on genes related to photoreceptors and skin pigmentation in goldfish (*Carassius auratus*),” *Fish Physiology and Biochemistry* 40: 1229–1238.
29. 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.
30. Sugimoto, M. (2002), “Morphological color changes in fish: Regulation of pigment cell density and morphology,” *Microscopy Research and Technique* 58(6): 496–503.
31. 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.
32. Yasir, I. and Qin, J.G. (2009a), “Effect of light intensity on color performance of false clownfish, *Amphiprion ocellaris* Cuvier,” *Journal of the World Aquaculture Society* 40(3): 337–350.
33. Yasir, I. and Qin, J.G. (2009b), “Impact of background on color performance of false clownfish, *Amphiprion ocellaris*, Cuvier,” *Journal of World Aquaculture Society* 40(6): 308 – 318.