

ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG CHẤT MÀU CHIẾT XUẤT TỪ CỦ DÈN (*Beta vulgaris*) BỔ SUNG VÀO THỨC ĂN LÊN SINH TRƯỞNG VÀ MÀU SẮC CỦA CÁ KHOANG CỔ NEMO (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830)

EFFECTS OF PIGMENTS EXTRACTED FROM RED BEETROOT (*Beta vulgaris*) ON GROWTH AND SKIN COLORATION OF THE FALSE CLOWN ANEMONEFISH (*Amphiprion ocellaris* Cuvier, 1830)

Trần Thị Lê Trang¹, Đặng Trung Thành², Trần Văn Dũng¹

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

² Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang

Tác giả liên hệ: Trần Văn Dũng, (Email: dungtv@ntu.edu.vn)

Ngày nhận bài: 01/12/2022; Ngày phân biện thông qua: 26/12/2022; Ngày duyệt đăng: 28/12/2022

TÓM TẮT

Thí nghiệm một nhân tố được thiết kế theo kiểu ngẫu nhiên hoàn toàn trong thời gian 75 ngày nhằm đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng chất màu, chiết xuất từ củ dền, bổ sung vào thức ăn lên kết quả nuôi cá khoang cổ nemo. Cá giống cỡ $0,81 \pm 0,07$ g và $3,47 \pm 0,05$ cm được bố trí vào hệ thống bể lọc sinh học tuần hoàn (65 lít/bể) với mật độ 15 con/bể. Các chỉ tiêu sinh trưởng, tỷ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn và màu sắc của cá được đánh giá vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc bổ sung chất màu từ củ dền vào thức ăn đã cải thiện các chỉ tiêu tăng trưởng của cá. Chiều dài và khối lượng của cá ở nghiệm thức bổ sung 350 mg/kg ($4,13 \pm 0,02$ cm; $1,37 \pm 0,02$ g) cao hơn so với đối chứng ($4,04 \pm 0,02$ cm; $1,28 \pm 0,01$; $P < 0,05$). Hiệu quả sử dụng thức ăn ở các mức bổ sung 150 – 450 mg/kg thức ăn cao hơn so với đối chứng (62,6 – 65,1% so với 55,9%; $P < 0,05$). Hàm lượng bổ sung từ 350 – 450 mg/kg thức ăn cũng cải thiện đáng kể màu sắc da cá (chỉ số a^* , 9,50 – 10,48) và hàm lượng carotenoids tích lũy ($28,14 - 30,60 \mu\text{g/g}$ da) so với các nghiệm thức còn lại ($P < 0,05$). Tuy nhiên, việc bổ sung chất màu từ củ dền vào thức ăn không ảnh hưởng đến hệ số điều kiện (K) và tỷ lệ sống (SR) của cá ($P > 0,05$). Nghiên cứu cho thấy tiềm năng của việc ứng dụng nguồn chất màu tự nhiên từ củ dền trong việc cải thiện kết quả nuôi cá cảnh biển; và hàm lượng 350 mg/kg thức ăn được khuyến cáo là phù hợp với cá khoang cổ nemo.

Từ khóa: *Amphiprion ocellaris*, cá khoang cổ nemo, củ dền, sinh trưởng, màu sắc.

ABSTRACT

One-factor experiment was designed in a completely randomized design for a period of 75 days to evaluate the effect of colorant concentration, extracted from red beetroot, supplemented to the feed on the results of clownfish culture. Fingerlings at initial size of 0.81 ± 0.07 g and 3.47 ± 0.05 cm were placed in a recirculating aquaculture system (65 liters/tank) at a density of 15 fish/tank. The growth parameters, survival rate, feed efficiency and color of the fish were evaluated at the end of the experiment. Results showed that the supplementation of colorants extracted from red beetroot to the feed improved the growth parameters of fish. The final length and body weight of fish in the treatment supplemented with 350 mg/kg (4.13 ± 0.02 cm; 1.37 ± 0.02 g) were higher than that of the control (4.04 ± 0.02 cm; 1.28 ± 0.01 ; $P < 0.05$). Feed efficiency at the levels of 150 – 450 mg/kg was higher than that of the control (62.6 – 65.1% compared to 55.9%; $P < 0.05$). The supplement concentration of 350 - 450 mg/kg feed also significantly improved fish skin color (a^* index, 9.50 - 10.48) and accumulated carotenoids content ($28.14 - 30.60 \mu\text{g/g}$ skin) compared with other treatments ($P < 0.05$). However, the supplementation of colorants from red beetroot to the feed did not affect the condition factor (K) and survival rate (SR) of the fish ($P > 0.05$). This study shows the potential of using natural source of colorants from red beetroot in improving the performance of marine aquarium fish; and the content of 350 mg/kg of feed is recommended to be suitable for false clown anemonefish.

Keywords: *Amphiprion ocellaris*, nemo, beetroot, growth, color.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nghề nuôi cá cảnh biển ngày càng thu hút được sự quan tâm của người nuôi, các nhà nghiên cứu và bảo tồn. Cá khoang cổ hay còn gọi là cá hề (*Amphiprion*), thuộc họ cá Thia biển (*Pomacentridae*), gồm khoảng 30 loài phân bố ở các rạn san hô thuộc vùng biển Ấn Độ - Thái Bình Dương [5]. Cá khoang cổ nemo (*Amphiprion ocellaris*) là loài được ưa chuộng nhất trên thị trường nhờ màu sắc đẹp, khả năng thích nghi cao với điều kiện nuôi và tập tính sống cộng sinh với hải quỳ [30]. Ở Việt Nam, cá khoang cổ nemo cũng đã được sản xuất giống thành công tiếp sau cá khoang cổ đỏ (*A. frenatus*) bởi Viện Hải Dương học Nha Trang [2]. Cho đến nay, số lượng con giống đã cơ bản đáp ứng được nhu cầu thị trường, tuy nhiên, chất lượng (màu sắc) của nguồn cá này đang là một trong những thách thức lớn hiện nay. So với nguồn cá tự nhiên hay nguồn cá được cho ăn thức ăn bổ sung sắc tố, nguồn cá sản xuất nhân tạo có màu nhạt và giá trị thấp hơn [39]. Kết quả so màu theo thang clownfish exercise cho thấy điểm số ở nghiệm thức đối chứng thấp hơn nhiều so với nghiệm thức bổ sung chất astaxanthin (270 mg/kg thức ăn), chỉ 2 – 3 điểm so với 8 – 9 điểm [35]. Tương tự, chỉ số a^* (cam – đỏ; Minolta) của cá đối chứng (23 ± 6) cũng thấp hơn đáng kể so với cá được cho ăn thức ăn bổ sung astaxanthin 0,5% (41 ± 6) [13]. Trong khi đó, màu sắc là một trong những nhân tố quyết định giá trị và khả năng tiêu thụ của cá cảnh trên thị trường [34]. Điều này ảnh hưởng lớn đến sự phát triển và tính bền vững của nghề nuôi cá khoang cổ nói riêng và cá cảnh biển nói chung. Do đó, việc nghiên cứu các giải pháp cải thiện màu sắc của cá cảnh biển trong điều kiện nuôi là hết sức cần thiết.

Màu sắc của cá cảnh được quy định bởi gen và tuân theo các quy luật di truyền [23]. Tuy nhiên, kiểu hình thể hiện ra bên ngoài là kết quả của sự tương tác giữa kiểu gen và môi trường. Trong đó, môi trường, đặc biệt là dinh dưỡng được xác định là đóng một vai trò quan trọng [13, 25]. Trong khi việc cải thiện màu cá bằng các công nghệ di truyền khó thực hiện và cần thời gian dài [23], các giải pháp bổ

sung dinh dưỡng hay thay đổi môi trường tỏ ra đơn giản và hiệu quả hơn [13, 35, 39, 40]. Các chất màu tự nhiên, tập trung vào 3 nhóm chính gồm carotenoids, betalains và anthocyanins đã được nghiên cứu và sử dụng phổ biến trong các ngành công nghệ thực phẩm và y dược [15]. Đáng chú ý, cá cũng như các loài động vật có xương sống không có khả năng tự tổng hợp lên các chất màu này mà phải lấy trực tiếp từ thức ăn để hình thành nên màu sắc đặc trưng của loài [11, 34]. Việc ứng dụng các nguồn carotenoids đã mang lại thành công trong cải thiện màu sắc ở một số loài cá cảnh cũng như cá dùng làm thực phẩm [10, 34].

Củ dền (*Beta vulgaris*) là loại thực vật phổ biến, giàu dinh dưỡng, được trồng ở nhiều nơi trên thế giới với sản lượng ước tính lên tới 275 triệu tấn/năm [16]. Chúng chứa một lượng lớn các chất có hoạt tính sinh học cao gồm sắc tố tự nhiên (carotenoids, betalains...), các chất chống oxy hóa, vitamin và khoáng chất [9]. Hàm lượng chất màu trong củ dền có sự thay đổi tùy theo vùng địa lý và điều kiện canh tác, riêng betalain, có thể dao động từ 200 – 2.100 mg/kg khối lượng tươi [15]. Cho đến nay, đã có một số nghiên cứu ứng dụng chất màu từ củ dền bổ sung vào thức ăn nuôi cá. Củ dền được bổ sung vào thức ăn dưới dạng bột thô nguyên liệu và tinh chất hay dịch chiết. Ở dạng bột thô, hàm lượng bổ sung dao động từ 1 – 20% tổng lượng thức ăn [12, 21, 22]. Trong khi đó, ở dạng tinh chất hay dịch chiết, hàm lượng bổ sung chỉ từ 50 – 400 mg/kg thức ăn [27, 29, 33]. Kết quả bước đầu cho thấy việc bổ sung chất màu từ củ dền giúp cải thiện đáng kể màu sắc (cả màu da/cơ thịt và hàm lượng carotenoids tích lũy) ghi nhận trên một số loài như: cá chép (*Cyprinus carpio*), cá hồi (*Schizothorax richardsonii*), cá kiếm đỏ (*Xiphophorus helleri*), cá oscar (*Astronotus ocellatus*)... [14, 20, 21, 24, 26, 36, 37]. Một số nghiên cứu sâu hơn cũng ghi nhận các tác động tích cực lên tốc độ tăng trưởng, tỷ lệ sống, hiệu quả sử dụng thức ăn và khả năng miễn dịch ở cá [3, 4, 21]. Trên cá xam (*Barilius bendelisis*) việc bổ sung bột củ dền 10% đã giảm hệ số FCR (từ 2,96 xuống 1,59), nâng cao tốc độ tăng trưởng (SGR_w , tăng từ

1,09% lên 1,65%) và hàm lượng carotenoids tích lũy (tăng từ 2,09 $\mu\text{g/g}$ lên 3,68 $\mu\text{g/g}$) [22]. Mặc dù vậy, cho đến nay, các nghiên cứu ứng dụng chất màu từ củ dền trên cá khoang cổ nói chung và cá nemo nói riêng vẫn còn rất hạn chế. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá khả năng cũng như hàm lượng bổ sung thích hợp của loại nguyên liệu này lên kết quả nuôi cá khoang cổ nemo.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Hệ thống và bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm tiến hành ở Trại sản xuất giống cá cảnh Phường Vĩnh Hòa – Thành phố Nha Trang. Cá khoang cổ nemo, được sản xuất tại trại sử dụng cho các nghiệm thức thí nghiệm. Tổng số 270 cá thể khỏe mạnh, kích thước ban đầu $0,81 \pm 0,07$ g và $3,47 \pm 0,05$ cm, được bố trí ngẫu nhiên vào các bể thí nghiệm với mật độ là 15 con/bể.

Cá được nuôi trong các bể kính, thể tích khoảng 65 lít/bể (dài \times rộng \times cao : 55 \times 35 \times 38 cm). Bể được cấp và thoát nước ở tầng mặt (ở 2 đầu đối diện) và duy trì sục khí 24/24. Nước thoát ra từ các bể nuôi được gom vào một bể lọc sinh học tuần hoàn đặt ở trung tâm hệ thống, thể tích 500 lít. Lưu lượng nước cấp vào bể được giữ ổn định ở mức độ 1,4 - 1,6 lít/phút, tương ứng với tỷ lệ trao đổi khoảng 350 - 370%/ngày. Hệ thống bể thí nghiệm được đặt dưới mái che, chế độ chiếu sáng tự nhiên.

2. Chuẩn bị thức ăn

Chất màu từ củ dền và phương pháp bổ sung:

Củ dền (*Beta vulgaris*) sử dụng cho nghiên cứu có nguồn gốc tại Nha Trang, Khánh Hòa. Sau khi mua, mẫu được chuyển về Phòng Chế biến Thực phẩm – Trung tâm Thí Nghiệm – Thực hành, Trường Đại học Nha Trang để xử lý, tách chiết, tạo sản phẩm dạng bột (cao chiết trộn với chất mang betacyclodextrin) trước khi bổ sung vào thức ăn cho cá. Phương pháp tách chiết và định lượng chất màu từ củ dền theo Cardoso-Ugarte *et al.* (2014) [8] và Ravichandran *et al.* (2013) [32]. Thức ăn nền được sử dụng trong nghiên cứu này là NRD (INVE, Thailand), cỡ hạt 800 μm . Thành phần

dinh dưỡng (theo công bố của nhà sản xuất, gồm protein 55,0%, lipid 9,0%, tro/xơ thô 1,9%, và độ ẩm 8,0%). Bột màu củ dền được trộn với thức ăn bằng cách sử dụng chất kết dính là gelatin 1%. Sau khi trộn, thức ăn được sấy khô về mức độ ẩm khoảng 10%, bảo quản (hộp nhựa, bọc đen) trong tủ lạnh, sử dụng dần. Sáu nghiệm thức, tương ứng với các mức bổ sung lần lượt là 50, 150, 250, 350 và 450 mg/kg thức ăn, được thử nghiệm nhằm xác định hàm lượng bổ sung thích hợp. Nghiệm thức đối chứng không được bổ sung chất màu từ củ dền.

Cá được cho ăn với tần suất 4 lần/ngày (07h00, 10h00, 13h00 và 16h00) với khẩu phần 2%/ngày. Cá được cho ăn đến thỏa mãn và giảm thiểu dư thừa. Sau 30 phút cho ăn, lượng thức ăn dư (nếu có) được thu lại bằng ống siphon vào vớt. Sau đó, các hạt thức ăn được thu lại bằng muỗng inox, lưu trữ trong tủ đông. Lượng thức ăn này được sấy khô về độ ẩm 10% vào thời điểm kết thúc thí nghiệm. Lượng thức ăn này kết hợp với lượng ban đầu được sử dụng để đánh giá hiệu quả sử dụng thức ăn (FI, FCR, FE và PE). Thí nghiệm được thực hiện với 03 lần lặp, trong thời gian 75 ngày. Bể nuôi được siphon loại bỏ phân, chất thải 2 lần/ngày (6h30 và 17h30). Nước ngọt được thêm vào bể hàng ngày để duy trì độ mặn ổn định trong phạm vi thích hợp (32 - 34‰). Bể nuôi, hoạt động của cá, cá chết (nếu có) được quan sát và ghi chép hàng ngày.

3. Phương pháp đánh giá kết quả thí nghiệm

Các yếu tố môi trường nước:

Các thông số môi trường nước bể thí nghiệm được xác định định kỳ và duy trì trong phạm vi thích hợp. Chi tiết về thông số, dụng cụ đo, phạm vi, độ chính xác và tần suất đo được trình bày trong Bảng 1.

Các chỉ tiêu tăng trưởng:

Chiều dài và khối lượng cá tại thời điểm bắt đầu và kết thúc thí nghiệm được xác định bằng cách đo toàn bộ số lượng. Trước khi đo, cá bị bỏ đói 24 giờ và gây mê bằng 0,05% ethylene glycol monophenyl ether (Merck, Đức). Chiều dài toàn thân (TL, total length) của cá, khoảng cách từ mút mõm (khi cá đóng miệng) đến cuối

Bảng 1. Phương pháp xác định một số thông số môi trường nước

Thông số	Dụng cụ đo	Độ chính xác, phạm vi	Tần suất đo
Nhiệt độ (°C)	556 MPS (YSI, Mỹ)	± 0,15°C, -5 – 45	2 lần/ngày, 7h00, 14h00
Độ mặn (‰)	556 MPS (YSI, Mỹ)	± 0,1‰, 0 – 70	2 lần/ngày, 7h00, 14h00
pH	556 MPS (YSI, Mỹ)	± 0,2, 0 – 14	2 lần/ngày, 7h00, 14h00
Oxy hòa tan (mg/L)	556 MPS (YSI, Mỹ)	± 0,2 mg/L, 0 – 50L	3 ngày/lần, 7h00, 14h00
TAN (NH ₃ /NH ₄ ⁺) (mg/L)	Hanna HI 96715	± 0,05 mg/L, 0,00 - 9,99	3 ngày/lần, 7h00, 14h00

vây đuôi, được đo bằng giấy đo kỹ thuật (200 x 150 mm, 1,0 mm). Khối lượng toàn thân cá (BW, body weight) được xác định bằng cân điện tử VNS LED-A (Việt Nhật, 600 g, 0,01 g). Các chỉ tiêu và công thức tính cụ thể như sau:

+ Tỷ lệ chiều dài tăng lên (LG, %): $LG (\%) = 100 \times (L_2 - L_1) / L_1$

+ Tỷ lệ khối lượng tăng lên (WG, %): $WG (\%) = 100 \times (W_2 - W_1) / W_1$

+ Tốc độ tăng trưởng chiều dài đặc trưng (SGR_L): $SGR_L (\%/ngày) = [(LnL_2 - LnL_1) / t] \times 100$

+ Tốc độ tăng trưởng khối lượng đặc trưng (SGR_W): $SGR_W (\%/ngày) = [(LnW_2 - LnW_1) / t] \times 100$

+ Hệ số phân đàn (coefficient of variation, CV): $CV (\%) = SD / Mean \times 100$

+ Hệ số điều kiện (condition factor, K): $K (g/cm^3) = 100 \times W / L^3$

Tỷ lệ sống (SR): được xác định vào thời điểm kết thúc thí nghiệm, và được tính toán theo công thức: $SR (\%) = (N_2 / N_1) \times 100$

Hiệu quả sử dụng thức ăn: được xác định căn cứ vào lượng thức ăn cá ăn vào, lượng thức ăn còn lại, và khối lượng cá tăng lên, phương pháp tính cụ thể như sau:

+ Lượng thức ăn cá ăn vào (FI, g/con): $FI = [FC - FR] / N$

+ Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR): $FCR = FI / WG$

+ Hiệu quả sử dụng thức ăn (FE): $FE = WG / FI$

+ Hiệu quả sử dụng protein (PE): $PE = 100 \times WG / (FI \times P)$

Trong đó: W₁, W₂ là khối lượng cá tại thời điểm ban đầu và kết thúc thí nghiệm (g); L₁, L₂ là chiều dài cá tại thời điểm ban đầu và kết thúc (cm); t là thời gian thí nghiệm (ngày, 75 ngày); SD là độ lệch chuẩn; FC là tổng lượng thức ăn

cho cá ăn (tính theo % khối lượng thân); FR là lượng thức ăn còn lại (thức ăn chưa sử dụng và thức ăn được siphon sấy khô); N₁, N₂ là số lượng cá ban đầu và kết thúc thí nghiệm, N là tổng số cá thí nghiệm; P là hàm lượng protein trong thức ăn (55%).

Màu sắc của cá: được xác định thông qua đo màu trực tiếp trên da cá bằng máy đo màu điện tử và đo hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy trong cơ thể (da và cơ thịt).

+ Đo màu bằng thiết bị điện tử: Toàn bộ cá tại thời điểm kết thúc thí nghiệm (ngay sau khi đo chiều dài, khối lượng) được đo màu bằng máy CR-400 (Minolta, Japan). Cá được đo màu ở cả hai bên thân, tại vị trí giữa vây lưng và vây hậu môn, giới hạn trước và sau bởi hai sọc trắng. Phương pháp đo được thực hiện theo hướng dẫn của nhà sản xuất. Ba chỉ số L*, a* và b* được thu thập sau mỗi phép đo. Trong đó, L* chỉ độ tối - sáng, với phạm vi từ tối (0) tới sáng (100); a* chỉ sắc tố xanh lá tới đỏ, với màu xanh lá cây (a-) tới màu đỏ (a+); b* chỉ sắc tố màu xanh nước biển tới vàng, với màu xanh nước biển (b-) tới màu vàng (b+) [19].

+ Hàm lượng carotenoids tích lũy: được xác định theo Ramamoorthy *et al.* (2010) và García-Romero *et al.* (2014) cùng một số điều chỉnh nhỏ [17, 31]. Mẫu da (0,25 g/mẫu, được thu thập từ cả hai bên thân cá) và cơ thịt (0,25 g/mẫu, phần thịt cá sau khi đã tách da) được thu và nghiền trong acetone (20 ml) có chứa 1,5 g Na₂SO₄ (khan) bằng thiết bị đồng hóa mẫu (Model T10, Ultra Turrax®, IKA, Đức). Sau đó, mẫu được lọc bằng giấy lọc 3 lần cho đến khi dịch lọc trở nên không màu. Dịch lọc được ly tâm ở tốc độ 10.000 vòng/phút ở nhiệt độ 4°C/15 phút. Độ hấp thụ được đo bằng máy đo quang phổ (Biochrom Ltd, Cambridge, Anh). Kết quả được biểu thị bằng µg/g và được tính

bằng công thức:

Hàm lượng carotenoids tổng số (TC)
 $(\mu\text{g/g}) = A \times V \times D \times 10^4 / (W \times E_{1\text{cm}}^{1\%})$

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

Tất cả các số liệu sau khi thu được tính toán trên phần mềm Microsoft Excel 2016. Các số liệu được phân tích thống kê bằng phương pháp phân tích phương sai một yếu tố (one-way ANOVA) sử dụng phần mềm SPSS 22.0. Kiểm

định Duncan được sử dụng để so sánh sự khác biệt giữa các giá trị trung bình ở mức ý nghĩa $p < 0,05$. Số liệu được trình bày dưới dạng Trung bình (Mean) ± Sai số chuẩn (SE).

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Kết quả

1.1. Các yếu tố môi trường

Kết quả xác định các thông số môi trường nước cho thấy nhiệt độ trung bình $28,6 \pm 0,78^\circ\text{C}$ (dao động $27,8 - 31,5^\circ\text{C}$), pH ($7,8 - 8,2$), độ mặn $32,3 \pm 0,39\text{‰}$ ($32,1 - 34,2\text{‰}$), hàm lượng oxy hòa tan $5,2 \pm 0,33 \text{ mg/L}$ ($5,0 - 5,8 \text{ mg/L}$), và hàm lượng ammonia tổng số (TAN) $0,49 \pm 0,16 \text{ mg N/L}$ ($0,31 - 0,71 \text{ mg N/L}$; Bảng 1).

Bảng 1. Các thông số môi trường nước trong quá trình thí nghiệm

Chỉ tiêu	Trung bình*	Khoảng dao động
Nhiệt độ ($^\circ\text{C}$)	$28,6 \pm 0,78$	$27,8 - 31,5$
Độ mặn (‰)	$32,3 \pm 0,39$	$32,1 - 34,2$
pH	$7,8 - 8,2$	$7,8 - 8,2$
Oxy hòa tan (mg/L)	$5,2 \pm 0,33$	$5,0 - 5,8$
TAN (mg N/L)	$0,49 \pm 0,16$	$0,31 - 0,71$

*Ghi chú: Số liệu được trình bày dưới dạng Trung bình ± Độ lệch chuẩn (SD).

Nhìn chung, các thông số môi trường nước trong nghiên cứu đều nằm trong phạm vi thích hợp với sinh trưởng, phát triển của cá khoang cổ nói riêng [2, 5] và chất lượng nước cho nuôi trồng thủy sản nói chung [7]. Mặc dù hàm lượng TAN trung bình từ $0,31 - 0,72 \text{ mg/L}$ nhưng ở mức pH từ $7,8 - 8,2$ và nhiệt độ trung bình $28,6^\circ\text{C}$, tỷ lệ NH_3/TAN chỉ chiếm $< 10,0\%$ [7] tương ứng với hàm lượng $< 0,05 \text{ mg/L}$. Ở phạm vi này, cá khoang cổ sinh trưởng và phát triển tốt.

1.2. Các chỉ tiêu tăng trưởng

Tăng trưởng về chiều dài:

Hàm lượng chất màu bổ sung từ củ dền có ảnh hưởng đáng kể đến các chỉ tiêu đánh giá tốc độ tăng trưởng về chiều dài của cá. Sau 75 ngày nuôi, cá được cho ăn thức ăn có bổ sung 350 và 450 mg/kg chất màu có chiều dài lớn hơn so với nghiệm thức đối chứng (không bổ sung), lần lượt là 4,13 cm và 4,12 cm so với 4,04 cm ($P < 0,05$). Xu hướng tương tự được ghi nhận với chỉ tiêu tỷ lệ chiều dài tăng lên, 18,99 và 18,74% so với 16,44% ($P < 0,05$). Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chiều dài và

tỷ lệ chiều dài tăng lên ở các nghiệm thức 50 – 250 mg/kg so với các nghiệm thức còn lại, dao động từ 4,06 – 4,10 cm và 17,13 – 18,13% ($P > 0,05$). Tốc độ tăng trưởng chiều dài đặc trưng ở nghiệm thức bổ sung 450 mg/kg cao hơn các nghiệm thức 0 – 150 mg/kg ($P < 0,05$), nhưng không khác biệt với các nghiệm thức 250 – 350 mg/kg ($P > 0,05$) (Bảng 2).

Tăng trưởng về khối lượng:

Cá được cho ăn thức ăn có bổ sung hàm lượng 350 mg/kg đạt khối lượng cao hơn nghiệm thức đối chứng, 1,37 g/con so với 1,28 mg/con ($P < 0,05$). Tuy nhiên, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về khối lượng cá đạt được giữa các mức chất màu bổ sung khác nhau ($P > 0,05$). Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận với các chỉ tiêu tỷ lệ khối lượng tăng lên và tốc độ tăng trưởng khối lượng đặc trưng (Bảng 2).

Từ các phân tích ở trên, có thể kết luận rằng việc bổ sung chất màu từ củ dền có tác động tích cực đến các chỉ tiêu tăng trưởng của cá khoang cổ nemo, trong đó, hàm lượng 350 mg/kg là thích hợp với cá khoang cổ nemo giai đoạn giống.

Bảng 2. Các chỉ tiêu tăng trưởng của cá ở các nghiệm thức bổ sung khác nhau

Chỉ tiêu	0 mg/kg	50 mg/kg	150 mg/kg	250 mg/kg	350 mg/kg	450 mg/kg
L_1 (cm)	3,47 ± 0,07	3,47 ± 0,07	3,47 ± 0,07	3,47 ± 0,07	3,47 ± 0,07	3,47 ± 0,07
W_1 (g/con)	0,81 ± 0,05	0,81 ± 0,05	0,81 ± 0,05	0,81 ± 0,05	0,81 ± 0,05	0,81 ± 0,05
L_2 (cm)	4,04 ± 0,02 ^a	4,06 ± 0,03 ^{ab}	4,07 ± 0,03 ^{ab}	4,10 ± 0,02 ^{ab}	4,13 ± 0,02 ^b	4,12 ± 0,02 ^b
W_2 (g/con)	1,28 ± 0,01 ^a	1,31 ± 0,02 ^{ab}	1,32 ± 0,02 ^{ab}	1,33 ± 0,02 ^{ab}	1,37 ± 0,02 ^b	1,35 ± 0,03 ^{ab}
LG (%)	16,44 ± 0,66 ^a	17,13 ± 0,93 ^{ab}	17,40 ± 0,77 ^{ab}	18,13 ± 0,61 ^{ab}	18,99 ± 0,46 ^b	18,74 ± 0,50 ^b
WG (%)	57,99 ± 1,88 ^a	62,42 ± 2,62 ^{ab}	63,43 ± 2,47 ^{ab}	64,48 ± 2,33 ^{ab}	69,68 ± 3,18 ^b	67,00 ± 3,97 ^{ab}
SGR_L (%/ngày)	0,20 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,01 ^a	0,22 ± 0,01 ^{ab}	0,23 ± 0,01 ^{ab}	0,25 ± 0,02 ^b
SGR_W (%/ngày)	0,61 ± 0,01 ^a	0,65 ± 0,02 ^{ab}	0,65 ± 0,02 ^{ab}	0,66 ± 0,02 ^{ab}	0,70 ± 0,02 ^b	0,68 ± 0,03 ^{ab}

Ghi chú: L_1 , chiều dài toàn thân ban đầu; W_1 , khối lượng toàn thân ban đầu; L_2 , chiều dài toàn thân cuối thí nghiệm; W_2 , khối lượng toàn thân cuối thí nghiệm; LG, tỷ lệ chiều dài tăng lên; WG, tỷ lệ khối lượng tăng lên; SGR_L , tốc độ tăng trưởng chiều dài đặc trưng; SGR_W , tốc độ tăng trưởng khối lượng đặc trưng. 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. Hệ số phân đàn, hệ số điều kiện và tỷ lệ sống

Hàm lượng chất màu bổ sung từ củ dền vào thức ăn cũng ảnh hưởng đến hệ số phân đàn của cá. Trong đó, cá được cho ăn với hàm lượng bổ sung 350 mg/kg thức ăn đạt hệ số phân đàn chiều dài và khối lượng thấp hơn so với nghiệm thức bổ sung 450 mg/kg và đối chứng, 0,08%, 0,24% so với 0,11%, 0,32% và

0,11%, 0,33%($P < 0,05$). Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về hệ số phân đàn ở các nghiệm thức bổ sung 150 – 250 mg/kg so với các nghiệm thức còn lại ($P > 0,05$). Đáng chú ý, việc bổ sung chất màu từ củ dền không ảnh hưởng đến hệ số điều kiện (dao động từ 1,93 – 1,96) và tỷ lệ sống của cá (dao động từ 93,33 – 97,77%; $P > 0,05$; Bảng 3).

Bảng 3. Hệ số phân đàn, hệ số điều kiện và tỷ lệ sống của cá ở các nghiệm thức bổ sung khác nhau

Chỉ tiêu	0 mg/kg	50 mg/kg	150 mg/kg	250 mg/kg	350 mg/kg	450 mg/kg
CV_L (%)	0,11 ± 0,01 ^b	0,10 ± 0,01 ^b	0,10 ± 0,01 ^{ab}	0,09 ± 0,01 ^{ab}	0,08 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,01 ^b
CV_W (%)	0,33 ± 0,03 ^b	0,30 ± 0,02 ^{ab}	0,29 ± 0,02 ^{ab}	0,27 ± 0,01 ^{ab}	0,24 ± 0,01 ^a	0,32 ± 0,04 ^b
K	1,94 ± 0,01 ^a	1,96 ± 0,03 ^a	1,96 ± 0,01 ^a	1,94 ± 0,02 ^a	1,95 ± 0,02 ^a	1,93 ± 0,02 ^a
SR (%)	93,33 ± 3,84 ^a	97,77 ± 2,23 ^a	95,53 ± 2,23 ^a	97,77 ± 2,23 ^a	97,77 ± 2,23 ^a	95,53 ± 2,23 ^a

Ghi chú: CV_L , hệ số phân đàn chiều dài; CV_W , hệ số phân đàn khối lượng; K, hệ số điều kiện; SR, tỷ lệ sống. 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. Hiệu quả sử dụng thức ăn

Ảnh hưởng của hàm lượng chất màu từ củ dền bổ sung vào thức ăn lên các chỉ tiêu đánh giá hiệu quả sử dụng thức ăn của cá được trình bày tại Bảng 3. Hệ số chuyển hóa thức ăn (FCR) ở các mức bổ sung 150 – 450 mg/kg thức ăn thấp

hơn đáng kể so với nghiệm thức đối chứng, lần lượt là 1,54 – 1,60 so với 1,79 ($P < 0,05$). Xu hướng tương tự được ghi nhận với chỉ tiêu hiệu quả sử dụng thức ăn (FE), với mức bổ sung 150 – 450 mg/kg thức ăn (62,62 – 65,01%) tốt hơn so với đối chứng (55,94%; $P < 0,05$).

Bảng 4. Hiệu quả sử dụng thức ăn của cá ở các nghiệm thức bổ sung khác nhau

Chỉ tiêu	0 mg/kg	50 mg/kg	150 mg/kg	250 mg/kg	350 mg/kg	450 mg/kg
FI (g/con)	0,84 ± 0,05 ^a	0,82 ± 0,05 ^a	0,82 ± 0,05 ^a	0,81 ± 0,03 ^a	0,86 ± 0,05 ^a	0,87 ± 0,06 ^a
FCR	1,79 ± 0,04 ^b	1,68 ± 0,06 ^{ab}	1,60 ± 0,04 ^a	1,55 ± 0,02 ^a	1,54 ± 0,03 ^a	1,57 ± 0,06 ^a
FE (%)	55,94 ± 1,23 ^a	59,77 ± 1,92 ^{ab}	62,62 ± 1,70 ^b	64,46 ± 0,97 ^b	65,01 ± 1,19 ^b	64,10 ± 2,68 ^b
PE	1,02 ± 0,02 ^a	1,09 ± 0,03 ^{ab}	1,14 ± 0,03 ^b	1,17 ± 0,02 ^b	1,18 ± 0,02 ^b	1,16 ± 0,05 ^{ab}

Ghi chú: FI, lượng thức ăn cá ăn vào; FCR, hệ số chuyển đổi thức ăn; FE, hiệu quả sử dụng thức ăn; PE, hiệu quả sử dụng protein. Trong cùng hàng, các số liệu mang các ký tự chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, $P < 0,05$.

Hiệu quả sử dụng protein của cá ở các nghiệm thức bổ sung 150 – 350 mg/kg thức ăn cao hơn so với nghiệm thức đối chứng (1,14 – 1,18 so với 1,02, $P < 0,05$) nhưng không khác biệt so với 2 nghiệm thức còn lại (1,09 và 1,16; $P > 0,05$). Tuy nhiên, việc bổ sung chất màu vào thức ăn không ảnh hưởng đến lượng thức ăn cá ăn vào, dao động từ 0,81 – 0,87 g/con; $P > 0,05$; Bảng 4). Tóm lại, việc bổ sung chất màu từ củ dền từ mức 150 mg/kg thức ăn đã cải thiện hiệu quả sử dụng thức ăn ở cá khoang cổ nemo.

1.5. Màu sắc của cá

Màu da cá:

Kết quả đo màu bằng máy đo màu Minolta

Bảng 5. Các chỉ số đo màu (L^* , a^* , b^*) trên da cá ở các nghiệm thức bổ sung khác nhau

Chỉ tiêu	0 mg/kg	50 mg/kg	150 mg/kg	250 mg/kg	350 mg/kg	450 mg/kg
L^*	47,01 ± 0,35 ^b	46,01 ± 1,05 ^{ab}	45,55 ± 0,78 ^{ab}	45,20 ± 0,20 ^{ab}	44,55 ± 0,28 ^a	44,13 ± 0,85 ^a
a^*	6,53 ± 0,30 ^a	7,65 ± 0,33 ^{ab}	8,01 ± 0,44 ^b	9,22 ± 0,52 ^c	10,48 ± 0,17 ^d	9,50 ± 0,46 ^{cd}
b^*	23,63 ± 1,00 ^a	23,95 ± 0,37 ^a	24,53 ± 0,23 ^{ab}	26,16 ± 0,48 ^{bc}	27,07 ± 0,30 ^c	26,92 ± 0,88 ^c

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

Ở chỉ số b^* (màu xanh biển – vàng), cá được cho ăn thức ăn bổ sung ở mức 350 – 450 mg/kg có màu vàng hơn (26,92 – 27,07) so với các nghiệm thức bổ sung < 150 mg/kg (23,63 – 24,53; $P < 0,05$). Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về chỉ số b^* của cá được cho ăn ở hàm lượng 250 mg/kg so với 350 – 450 mg, hay nghiệm thức 150 mg/kg so với các nghiệm thức 0 – 50 mg/kg ($P > 0,05$). Mặc dù vậy, việc bổ sung chất màu từ củ dền vào thức ăn ở mức 350 – 450 mg/kg làm cá có màu tối hơn so với nghiệm thức đối chứng (44,13 – 44,55 so với

cho thấy hàm lượng chất màu từ củ dền bổ sung vào thức ăn có ảnh hưởng rõ rệt lên màu sắc của da cá. Cá được cho ăn thức ăn có bổ sung ở mức 350 mg/kg đạt hệ số a^* (màu xanh dương – đỏ) cao hơn so với các mức bổ sung < 250 mg/kg (10,48 so với 6,53 – 9,22; $P < 0,05$). Việc tăng hàm lượng lên 450 mg/kg thức ăn không giúp cải thiện màu cá so với nghiệm thức 350 mg/kg, thậm chí không khác biệt so với mức bổ sung 250 mg/kg (9,50 so với 10,48 và 9,22; $P > 0,05$). Chỉ số a^* đạt thấp nhất ở nghiệm thức đối chứng và không khác biệt so với nghiệm thức bổ sung 50 mg/kg thức ăn ($P < 0,05$; Bảng 5).

47,01; $P < 0,05$). Chỉ số L^* (màu tối – sáng) của cá ở các nghiệm thức bổ sung 50 – 250 mg/kg thức ăn không có sự khác biệt thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($P > 0,05$; Bảng 5).

Hàm lượng carotenoids tích lũy:

Kết quả phân hàm lượng carotenoids tích lũy trong cơ thể cá được trình bày tại Bảng 6. Có thể nhận thấy, hàm lượng chất màu bổ sung được tích lũy chủ yếu trên da cá (từ 13,09 – 30,60 $\mu\text{g/g}$), cao hơn nhiều so với trong cơ (chỉ 1,31 – 1,89 $\mu\text{g/g}$).

Bảng 6. Hàm lượng carotenoids tổng số tích lũy trên da và cơ cá ở các nghiệm thức bổ sung khác nhau

Chỉ tiêu	0 mg/kg	50 mg/kg	150 mg/kg	250 mg/kg	350 mg/kg	450 mg/kg
Da ($\mu\text{g/g}$)	10,30 ± 0,91 ^a	13,09 ± 0,99 ^a	17,42 ± 1,16 ^b	23,75 ± 1,46 ^c	30,60 ± 1,67 ^d	28,14 ± 1,83 ^d
Cơ ($\mu\text{g/g}$)	1,04 ± 0,10 ^a	1,31 ± 0,07 ^{ab}	1,54 ± 0,11 ^{bc}	1,73 ± 0,16 ^c	1,89 ± 0,11 ^c	1,81 ± 0,16 ^c

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

Hàm lượng carotenoids tích lũy trên da cá ở nghiệm thức bổ sung 350 và 450 mg/kg đạt cao nhất (30,60 và 28,14 $\mu\text{g/g}$), tiếp theo là các nghiệm thức 250 mg/kg (23,75 $\mu\text{g/g}$) và 150 mg/kg (17,42 $\mu\text{g/g}$) và thấp nhất ở nghiệm thức 50 mg/kg và đối chứng (13,09 và 10,30 $\mu\text{g/g}$; $P < 0,05$). Trong cơ thịt cá, hàm lượng

carotenoids tích lũy ở các mức bổ sung 250 – 450 mg/kg (từ 1,73 – 1,89 $\mu\text{g/g}$) cũng cao hơn đáng kể so với các nghiệm thức 0 – 50 mg/kg (từ 1,04 – 1,31 $\mu\text{g/g}$; $P < 0,05$), nhưng không khác với nghiệm thức 150 mg/kg (1,54 $\mu\text{g/g}$; $P > 0,05$; Bảng 6).

Từ các phân tích ở trên, có thể kết luận rằng

việc bổ sung chất màu từ củ dền đã cải thiện đáng kể màu sắc của cá khoang cổ nemo, cá màu da và hàm lượng carotenoids tích lũy. Trong đó, hàm lượng bổ sung thích hợp dao động từ 350 – 450 mg/kg thức ăn.

2. Thảo luận

Trong nghiên cứu hiện tại, việc bổ sung chất màu từ củ dền vào thức ăn đã ảnh hưởng tích cực đến các chỉ tiêu đánh giá tốc độ tăng trưởng chiều dài, khối lượng ở cá khoang cổ nemo (LG, WG, SGR_L, SGR_W) và hệ số phân đàn (CV_L, CV_W). Trong phạm vi nghiên cứu, hàm lượng 0 – 450 mg/kg thức ăn, hàm lượng bổ sung ở mức 350 mg/kg được xác định là tối ưu. Điều này đã khẳng định vai trò của nguồn chất màu tự nhiên từ củ dền bổ sung vào thức ăn nhằm cải thiện các chỉ tiêu tăng trưởng ở cá. Mặc dù các nghiên cứu sử dụng nguồn chất màu này trên cá khoang cổ nói riêng và cá cảnh biển nói chung còn khá hạn chế, các thử nghiệm trên một số đối tượng khác đã ghi nhận các kết quả tích cực. Tùy theo dạng bổ sung (bột thô, nước ép hay tinh chất), giai đoạn (giống hay thương phẩm) và đối tượng nuôi, hàm lượng bổ sung có những khác biệt nhất định. Ở dạng bột thô nguyên liệu, hàm lượng bổ sung ở mức 0,5 – 2,0% ở cá chép (*Cyprinus carpio*) [6, 24], 10 – 20% ở cá kiếm đồ (*Xiphophorus helleri*), cá xam (*Barilius bendelisis*), cá khoang cổ cam (*A. percula*) và cá hồi (*Schizothorax richardsonii*) [12, 21, 22, 37] hay 5 – 10 g/kg thức ăn ở cá chỉ thiên trắng (*Pterophyllum scalare*) [4] đã ghi nhận sự cải thiện rõ rệt về các chỉ tiêu tăng trưởng như RGR, WG, SGR so với đối chứng. Trong khi đó, ở dạng tinh chất (cao chiết), hàm lượng bổ sung 100 mg/kg đã nâng cao các chỉ tiêu WG và SGR ở cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) so với đối chứng [3]. Mặc dù vậy, một số nghiên cứu lại không ghi nhận những tác động tích cực của việc bổ sung nguồn chất màu này. Cũng trên cá hồi vân, với các mức bổ sung từ 0 – 6%, Neverian *et al.* (2014) lại nhận thấy các chỉ tiêu tăng trưởng của cá ở hàm lượng 6% thấp hơn đáng kể so với 2 – 4%, thậm chí thấp hơn cả nghiệm thức đối chứng (0%) [29]. Tương tự, mức bổ sung 3% trên cá rô phi (*Oreochromis*

niloticus) cũng không ghi nhận bất kỳ sự cải thiện nào về các chỉ tiêu tăng trưởng, AWG hay SGR, so với đối chứng [28]. Như vậy, hiệu quả của việc bổ sung chất màu từ củ dền vào thức ăn có sự thay đổi theo nhóm loài cá, dạng thức và hàm lượng bổ sung.

So với tăng trưởng, tỷ lệ sống của cá ít bị ảnh hưởng bởi việc bổ sung nguồn chất màu từ củ dền. Trong nghiên cứu hiện tại, việc bổ sung chất màu từ củ dền không ảnh hưởng đến tỷ lệ sống của cá, dao động từ 93,3 – 97,8%. Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Ndour *et al.* (2021) trên cá rô phi [28] hay cá kiếm đồ [37]. Ngược lại, một số nghiên cứu khác lại ghi nhận sự cải thiện đáng kể về chỉ tiêu này, ví dụ trên cá chép, mức bổ sung 0,5 – 2,0% giúp nâng cao tỷ lệ sống so với đối chứng [6, 24]. Đáng chú ý, hàm lượng bổ sung cao lại làm giảm tỷ lệ sống của cá hồi vân, 6% so với các mức 0 – 4% [29]. Sự khác biệt về các kết quả này có thể là do loài và giai đoạn phát triển, trong đó, ở giai đoạn cá giống trở lên, tỷ lệ sống ít bị ảnh hưởng bởi việc bổ sung dinh dưỡng hơn là giai đoạn cá bột – cá hương (hay ấu trùng). Bên cạnh đó, việc bổ sung dinh dưỡng có ý nghĩa hơn trong việc cải thiện các chỉ tiêu về hiệu quả sử dụng thức ăn hay màu sắc của cá. Trong nghiên cứu hiện tại, việc bổ sung ở mức 150 – 450 mg/kg đã cải thiện hiệu quả sử dụng thức ăn (FCR, FE, PE) so với mức bổ sung 0 – 50 mg/kg mặc dù lượng thức ăn cá ăn vào (FI) không có sự khác biệt (Bảng 5). Kết quả này tương tự với các báo cáo về hệ số FCR trên cá rô phi (*Oreochromis niloticus*) [28], cá chép (*Cyprinus carpio*) [6, 24], cá xam (*Barilius bendelisis*) [22], cá hồi (*Schizothorax richardsonii*) [21, 29] và cá kiếm đồ (*Xiphophorus helleri*) [37]. Cụ thể, trên cá xam hay cá hồi, hệ số FCR ở nghiệm thức bổ sung 10% củ dền giúp giảm hệ số FCR lần lượt từ 2,98 và 2,80 (ở nghiệm thức đối chứng) xuống 1,96 và 1,73 [21, 29].

Đối với cá cảnh hay cá dùng làm thực phẩm có màu cam, vàng hay đỏ, sự cải thiện màu sắc da, cơ thịt hay trứng có ý nghĩa quan trọng hơn đối với các chỉ tiêu đánh giá kể trên vì nó liên quan đến thị hiếu tiêu dùng và giá cả thị

trường. Do đó, ở nhóm cá này, màu sắc là tiêu chí được quan tâm hơn cả. Trong nghiên cứu này, việc bổ sung chất màu từ củ dền đã cải thiện rõ rệt màu sắc (L^* , a^* , b^*) và hàm lượng carotenoids tích lũy so với đối chứng, và tối ưu ở hàm lượng 350 mg/kg thức ăn. Hầu hết các nghiên cứu đều ghi nhận sự cải thiện màu sắc ở da, cơ thịt (cảm quan, đo màu điện tử) hay hàm lượng carotenoids tích lũy khi bổ sung chất màu từ củ dền, ghi nhận trên cá xẩm (hàm lượng tăng từ 2,09 $\mu\text{g/g}$ - 3,68 $\mu\text{g/g}$) [22] và cá hồi vân (cao hơn astaxanthin tổng hợp và đối chứng) [3]. Tương tự như nghiên cứu hiện tại, trong phạm vi được khảo sát, kết quả cho thấy hàm lượng carotenoids tích lũy tăng tuyến tính với hàm lượng chất màu bổ sung từ củ dền, ghi nhận trên các loài cá ngành hồng (*Puntius conchonius*, mức 0 - 1,5%, từ 4,62 - 10,88 $\mu\text{g/g}$). Đồng thời, số lượng hạt sắc tố cũng tăng lên tương ứng làm cá sẫm màu hơn [27]. Xu hướng tương tự cũng được báo cáo trên các loài cá chi thiên trắng (0, 5, 10 g/kg, cá vàng hơn) [4], cá hồi (3, 5, 7, 10%) [21], cá kiếm đỏ (0, 5, 10, 15%) [37], cá vàng (*Carassius auratus*, 0, 2, 4, 6%) [38], và cá oscar (*Astronotus ocellatus* spp., 0, 50, 100, 200 ml/kg) [26]. Ở một số loài cá cảnh, màu sắc da (cảm quan hay đo màu điện tử) quan trọng hơn so với hàm lượng carotenoids tích lũy trong cơ thể. Trong nghiên cứu hiện tại, chỉ số a^* (xanh lá - đỏ) và b^* (xanh biển - vàng) có sự gia tăng tỷ lệ thuận với các mức bổ sung từ 0 - 450 mg/kg, trong khi, chỉ số L^* (tối - sáng) lại tỷ lệ nghịch với mức tăng của lượng chất màu bổ sung (Bảng 5). Kết quả này tương tự với báo cáo trên cá hồi vân khi Neverian *et al.* (2014) nhận thấy trong phạm vi 0, 2, 4, 6%, chỉ số a^* và b^* cao nhất ở mức 4 - 6%, trong khi đó, chỉ số L^* lại cao nhất ở mức 0 - 2% [29]. Đáng chú ý, ở mức bổ sung thấp, từ 0 - 50 mg/kg và 0 - 2% trong hai nghiên cứu này, kết quả thu được tương tự nhau. Điều này khẳng định thêm về vai trò của hàm lượng bổ sung chất màu từ củ dền trong việc cải thiện màu cá. Các nghiên cứu bổ sung chất màu từ củ dền trên cá chép, cá rô đồng (*Anabas testudineus*) và cá vệt cảnh (*Amphilophus citrinellus* \times *Paraneotroplus*

melanurus) cũng cho thấy hiệu quả cải thiện màu cá, cả chỉ số a^* , cảm quan và hàm lượng carotenoids tích lũy so với đối chứng [18, 20, 24]. Bên cạnh các chỉ tiêu đánh giá kể trên, một số nghiên cứu cũng ghi nhận thêm các tác động tích cực của việc bổ sung chất màu từ củ dền lên thành phần sinh hóa hay huyết học ở cá. Hàm lượng protein thô ở cá hồi (*Schizothorax richardsonii*) được cho ăn củ dền 3 - 10% đạt 15,3 - 16,0%, cao hơn so với đối chứng, 14,8% [20]. Số lượng tế bào máu gồm hồng cầu, bạch cầu và tỷ lệ hồng cầu trên tổng thể tích máu ở mức bổ sung 100 mg/kg cũng cao hơn so với nghiệm thức đối chứng được báo cáo trên cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) [3]. Cho đến nay, cơ chế tác động của việc bổ sung các nguồn chất màu như carotenoids hay betalains trên cá nói chung vẫn chưa được làm sáng tỏ. Hiệu quả thu được từ việc bổ sung các nguồn chất màu tự nhiên lên các chỉ tiêu kể trên ở cá có thể là do sự tác động tổng hợp của các chất dinh dưỡng bổ sung (protein, lipid), các chất có hoạt tính sinh học cao (α -carotene, β -carotene, lutein, lycopene, zeaxanthin...), các chất chống oxy hóa, axit amin không thay thế, các loại vitamin (A, B, C, E, K) và khoáng chất [9]. Tuy nhiên, cơ chế chuyển hóa, hấp thu các chất này trong cơ thể cá cần được làm sáng tỏ trong các nghiên cứu tiếp theo nhờ các tiến bộ trong ứng dụng các chỉ thị phân tử. Đồng thời, các đánh giá sâu hơn về đáp ứng miễn dịch, chỉ tiêu huyết học và khả năng chịu sốc với các thay đổi của môi trường, ví dụ nhiệt độ, độ mặn... cũng cần được thực hiện.

IV. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Hàm lượng chất màu bổ sung từ củ dền vào thức ăn có ảnh hưởng rõ rệt đến tốc độ tăng trưởng chiều dài, khối lượng (LG, WG, SGR_L, SGR_W), hệ số phân đàn (CV_L, CV_W), hiệu quả sử dụng thức ăn (FCR, FE, PE) và màu sắc da cá (L^* , a^* , b^*) cũng như hàm lượng carotenoids tích lũy trong cơ thể cá (da và cơ thịt). Trong đó, hàm lượng bổ sung ở mức 350 mg/kg là tối ưu. Việc bổ sung chất màu từ củ dền vào thức ăn không ảnh hưởng đến hệ số điều kiện (K), lượng thức ăn ăn vào (FI) và tỷ lệ sống (SR) của cá.

Các nghiên cứu tiếp theo nên đi sâu vào xác định cụ thể thành phần, hoạt tính và đánh giá ảnh hưởng hàm lượng của chúng lên sinh trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn và màu sắc của cá khoang cổ nemo. Bên cạnh đó, cơ chế hấp thu, chuyển hóa các chất màu này cũng như tác động sâu hơn của nó lên chỉ tiêu sinh hóa, enzyme và các thông số đánh giá miễn dịch không đặc hiệu ở loài cá này cũng cần được làm sáng tỏ.

Lời cảm ơn

Bài báo được tài trợ kinh phí từ đề tài nghiên cứu khoa học cấp Trường Đại học Nha Trang (TR2021-13-22: *Nghiên cứu sử dụng nguồn chất màu tự nhiên chiết xuất từ củ dền (Beta vulgaris) cải thiện màu sắc của cá khoang cổ nemo (Amphiprion ocellaris Cuvier, 1830)*). Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Phòng Khoa học và Công nghệ, Viện Nuôi trồng Thủy sản Trường Đại học Nha Trang và Trại sản xuất giống cá cảnh biển Vĩnh Hòa đã tạo điều kiện hoàn thành nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu 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. Nguyễn Thị Thanh Thủy và Hà Lê Thị Lộc (2013), “Tổng quan một số kết quả nghiên cứu nổi bật về nuôi trồng hải sản của viện hải dương học trong thời gian gần đây”, Kỷ yếu Hội nghị Quốc tế “Biển Đông 2012”, Nha Trang, tr. 189-198.

Tài liệu tiếng Anh:

3. Adhami, B., Jafari, S., and Janikhalili, K. (2017), “Effect of natural (carrot and beetroot) and artificial pigments (astaxanthin) on growth, blood indices, and colour changes in skin, tissue and blood in the diet of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*),” *Fisheries Science and Technology* 5(4): 1-11.
4. Ahmadi, M. and Zamini, A. (2016), “The effect of natural pigment of *Beta vulgaris* and madder *Rubia tinctorum* on skin tonality and index of growth of white angel fish *Pterophyllum scalare*,” *Experimental Animal Biology* 4(3): 53-60.
5. Allen, G.R. (1972), *The anemonefishes: their classification and biology*, TFH Publications Neptune City.
6. Amiri, N., Aberoumand, A., Nejad, S.Z. (2019), “Effects of *Beta vulgaris* powder on growth and survival of common carp *Cyprinus carpio*,” *Journal of Fisheries* 7(3): 714–718.
7. Boyd, C.E. (1982). *Water quality management for pond fish culture*, Elsevier Scientific Publishing Co.
8. Cardoso-Ugarte, G.A., Sosa-Morales, M.E., Ballard, T., Liceaga, A., and San Martín-González, M.F. (2014), “Microwave-assisted extraction of betalains from red beet (*Beta vulgaris*),” *LWT-Food Science and Technology* 59(1): 276-282.
9. Ceclu, L. and Nistor, O.V. (2020), “Red beetroot: composition and health effects - a review,” *Journal of Nutritional Medicine and Diet Care*, 6: 043.
10. da Costa, D.P. and Miranda-Filho, K.C. (2020), “The use of carotenoid pigments as food additives for aquatic organisms and their functional roles,” *Reviews in Aquaculture* 12(3): 1.567-1.578.
11. Das, A. and Biswas, S. (2016), “Carotenoids and pigmentation in ornamental fish,” *Journal of Aquaculture and Marine Biology* 4(4): 00093.

12. Devi, N.K., Kumar, A.T.T. and Balasubramanian, T. (2016), "Pigment deficiency correction in captive clown fish, *Amphiprion ocellaris* using different carotenoid sources," *Journal of Fisheries Sciences* 10(1): 004-011.
13. Díaz-Jiménez, L., Hernández-Vergara, M.P., Pérez-Rostro, C.I., Olvera-Novoa, M.A. (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.
14. Ezhil, J. and Narayanan, M. (2013), "Enhancement of pigmentation in blue morph, *Pseudotropheus lombardoi* through feeding different carotenoid sources," *World Journal of Fish and Marine Sciences* 5(6): 655-659.
15. Fernández-López, J.A., Fernández-Lledó, V. and Angosto, J.M. (2020), "New insights into red plant pigments: more than just natural colorants," *RSC Advances*, 10, 24669.
16. Fu, Y., Shi, J., Xie, S.Y., Zhang, T.Y., Soladoye, O.P., Aluko, R.E. (2020), "Red beetroot betalains: perspectives on extraction, processing, and potential health benefits," *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 68: 11595–11611.
17. García-Romero, J., Ginés, R., Izquierdo, M., Haroun, R., Badilla, R. and 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.
18. Goswami, C. and Zade, V.S. (2015), "Effect of *Daucus carota* and *Beta vulgaris* on color of *Anabus testudineus*," *Fisheries and Aquaculture Journal* 6: 132.
19. Hunter, R.S. and Harold, R.W. (1987), *The Measurement of appearance, the 2nd ed.*, New York, NY: John Wiley & Sons.
20. Jafari, Z., Fattollahi, M., and Rahimi, R. (2017), "Effect of adding extracts of red onion skin, red beetroot and red cabbage to dietary on the skin colouration of the ornamental parrot fish (*Amphilophus citrinellus* × *Paraneotroplus melanurus*)," *Journal of Applied Ichthyological Research* 5(2): 117-134.
21. Jha, G.N., Sarma, D., Qureshi, T.A., and Akhtar, M.S. (2012), "Effect of marigold flower and beetroot meals on growth performance, carcass composition, and total carotenoids of snow trout (*Schizothorax richardsonii*)," *The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgah* 64: 752-759.
22. Jha, G.N., Sarma, D., Qureshi, T.A. and Jha, T. (2013), "Effect of beetroot (*Beta vulgaris*) and apple (*Pyrus malus*) peel fortified diets on growth, body composition and total carotenoid content of *Barilius bendelisis*," *Indian Journal of Animal Nutrition* 30(3): 299-303.
23. Luo, M., Lu, G., Yin, H., Wang, L., Atuganile, M. and Dong, Z. (2021), "Fish pigmentation and coloration: Molecular mechanisms and aquaculture perspectives," *Reviews in Aquaculture* 00: 1–18.
24. Maiti, M.K., Bora, D., Nandeesh, T.L., Sahoo, S., Adarsh, B.K., and Kumar, S. (2017), "Effect of dietary natural carotenoid sources on colour enhancement of Koi carp, *Cyprinus carpio* L.," *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 5(4): 340-345.
25. McLean, E. (2020), "Review fish tank color: An overview," *Aquaculture* 530: 735750.
26. Moghimi, M. and Soofiani, N.M. (2015), "Effects of pigments of red beet root extract (*Beta vulgaris*) on the skin coloration of the royal oscar fish (*Astronotus ocellatus* spp.)," In Proceedings of The Second Iranian Conference of Ichthyology, Karaj.
27. Naik, A.A., Shah, T.H., Asimi, O.A., Bhat, F.A., Balkhi, M.H., Abubakr, A. and Gul, S. (2020), "Effect of

- supplementation of beetroot waste extract on the pigmentation of *Puntius conchoni* (Hamilton, 1822),” *Fishery Technology* 57: 163-169.
28. Ndour, P.M., Fall, J., Loum, A., Sagne, M., Diagne, N.F., Samb, S.M., Ndong, D. and Diouf, M. (2021), “Effects of *Kigelia africana*, *Beta vulgaris* and *Ricinodendron heudelotti* as feed additive on growth performance, survival and whole-body composition of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) fry,” *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies* 9(1): 398-402.
 29. Neverian, H.A., Sharif, E.A., and Bayrami, A. (2014), “Effect of red beet juice (*Beta vulgaris*) on pigmentation of fillet and growth performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*),” *Biological Forum – An International Journal* 6(2): 110-114.
 30. 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.
 31. 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.
 32. Ravichandran, K., Saw, N.M.M.T., Mohdaly, A.A., Gabr, A.M., Kastell, A., Riedel, H., Cai, Z., Knorr, D., Smetanska, I. (2013), “Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity,” *Food Research International* 50(2): 670-675.
 33. Sahu, R., Dubey, S. and Patel, B. (2021), “Effect of *Beta vulgaris* as a source of carotenoid in aquarium fish *Trichopodus trichopterus*,” *International Journal of Multidisciplinary Research and Development* 8(3): 69-71.
 34. Sathyaruban, S., Uluwaduge, D.I., Yohi, S. and Kuganathan, S. (2021), “Potential natural carotenoid sources for the colouration of ornamental fish: a review,” *Aquaculture International* 29(4): 1507-1528.
 35. Seyedi, S.M., Sharifpour, I., Ramin, M. and Jamili, S.H. (2013), “Effect of dietary astaxanthin on survival, growth, pigmentation clownfish, *Amphiprion ocellaris*, Cuvier,” *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 3(3): 391-395.
 36. Shahgholian, T. and Fattollahi, M. (1995), “Enhancement of coloration performance of the ornamental parrot fish (*Amphilophus citrinellus* × *Paraneetroplus melanurus*) using fed earthworms reared by high natural pigment plants,” *Journal of Animal Research*.
 37. Singh, R.N. and Kumar, A. (2016), “Beetroot as a carotenoid source on growth and colour development in red swordtail (*Xiphophorus helleri*) fish,” *Imperial Journal of Interdisciplinary Research* 2(10): 637-642.
 38. Tiewsoh, W., Singh, E., Nath, R., Surnar, S.R. and Priyadarshini, A. (2019), “Effect of carotenoid in growth and colour enhancement in gold fish, *Carassius auratus* (L.),” *Journal of Experimental Zoology, India* 22(2): 765-771.
 39. 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.
 40. Yasir, I. and Qin, J.G. (2010), “Impact of background on color performance of false clownfish, *Amphiprion ocellaris*, Cuvier,” *Journal of World Aquaculture Society* 40(6): 308 – 318.