

THÔNG BÁO KHOA HỌC

**NGHIÊN CỨU BỔ SUNG CHẾ PHẨM ASTAXANTHIN CÓ  
NGUỒN GỐC TỪ VI KHUẨN *Paracoccus carotinifaciens*  
VÀO THỨC ĂN NUÔI THƯƠNG PHẨM CÁ HỒI VÂN (*Oncorhynchus mykiss*)**

**RESEARCH IN SUPPLEMENTATION OF ASTAXANTHIN DERIVED  
FROM BACTERIA *Paracoccus carotinifaciens* IN GROW-OUT DIETS  
FOR RAINBOW TROUT (*Oncorhynchus mykiss*)**

**Nguyễn Quang Huy<sup>1</sup>, Nguyễn Văn Khang<sup>1</sup>, Nguyễn Thanh Hải<sup>2</sup>,  
Nguyễn Thị Diệu Phương<sup>1</sup>, Nguyễn Hải Sơn<sup>1</sup>**

Ngày nhận bài: 9/3/2018; Ngày phản biện thông qua: 4/ 4/2018; Ngày duyệt đăng: 27 /4/2018

**TÓM TẮT**

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của chế phẩm astaxanthin có nguồn gốc từ vi khuẩn *Paracoccus carotinifaciens* bổ sung vào thức ăn trong thương phẩm Hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*). Thí nghiệm gồm 4 nghiệm thức với các mức bổ sung astaxanthin vào thức ăn là 60, 80, 100 mg/kg từ chế phẩm sinh học có nguồn gốc của vi khuẩn *Paracoccus carotinifaciens* và mức 80 mg/kg từ sản phẩm astaxanthin thương mại (*Carophyll Pink*). Cá thí nghiệm có khối lượng trung bình ban đầu từ 630-668,3 g/con, được cho ăn với khẩu phần 2-3% khối lượng thân/ngày trong hai tháng. Màu sắc cơ thịt cá được đánh giá bằng phương pháp cho điểm, sử dụng thước so màu *SalmoFan Lineal* có thang điểm từ 20 tới 34. Kết quả thí nghiệm cho thấy không có sự sai khác về tăng trưởng, hệ số chuyển đổi thức ăn và tỉ lệ sống của cá Hồi vân ở các mức bổ sung astaxanthin khác nhau ( $P > 0,05$ ). Sau 60 ngày nuôi, cơ thịt của cá bổ sung chế phẩm sinh học với hàm lượng astaxanthin 80 mg/kg và 100 mg/kg có điểm số màu không khác biệt nhau nhưng đều cao hơn so cá sử dụng thức ăn bổ sung 60 mg/kg ( $P < 0,05$ ). Điểm số màu sắc cơ thịt giữa cá bổ sung chế phẩm astaxanthin sinh học với hàm lượng 80 mg/kg, 100 mg/kg và cá sử dụng sản phẩm astaxanthin thương mại với liều lượng 80mg/kg không có sự khác biệt ( $P > 0,05$ ). Hiệu quả tăng cường màu sắc cơ thịt cá Hồi vân của chế phẩm astaxanthin sinh học tương đương với sản phẩm thương mại ở liều lượng bổ sung vào thức ăn 80 mg/kg.

Từ khóa: Astaxanthin, cá Hồi vân, màu sắc cơ thịt, *Paracoccus carotinifaciens*

**ABSTRACT**

This study evaluated the effects of the dietary astaxanthin derived from *Paracoccus carotinifaciens* (bio-astaxanthin) on growth, survival and meat pigmentation of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. The experiment was conducted with four astaxanthin supplementation levels of 60, 80 and 100 mg/kg from bio-product of *Paracoccus carotinifaciens* and 80 mg/kg of commercial astaxanthin (*Carophyll Pink*). Experimental fish with average initial weight of of 630-668.3 g/fish were fed with 2-3% body weight per day for two months. Meat pigment of the fish was evaluated using *SalmoFan Lineal* scoring method with a scale of 20 to 34. The results showed no statistically significant difference in growth, feed conversion ratio and survival with different astaxanthin supplemented levels ( $P > 0.05$ ). After 60 days of culture, for treatments using astaxanthin bio-product, score of muscle pigment of the fish with dietary astaxanthin level of 80 mg/kg and 100 mg/kg were similar, and both were significantly higher than those using 60 mg/kg ( $P < 0.05$ ). There was no difference in scores of muscle pigment between dietary supplemented bio-astaxanthin with 80 mg/kg and 100 mg/kg with those fed commercial astaxanthin at 80 mg/kg ( $P > 0.05$ ). The effectiveness of bio-astaxanthin in enhancing muscle pigmentation of rainbow trout is similar to that of commercial astaxanthin product at supplemented level of 80 mg/kg.

Keywords: Astaxanthin, muscle pigmentation, rainbow trout, *Paracoccus carotinifaciens*

<sup>1</sup> Viện Nghiên cứu Nuôi trồng Thủy sản I

<sup>2</sup> Trung tâm Nghiên cứu Thủy sản nước lạnh

## I. MỞ ĐẦU

Màu sắc cơ thịt là một trong những chỉ tiêu quan trọng được người tiêu dùng sử dụng để đánh giá chất lượng thịt nhóm cá hồi (salmonids) trong đó có cá Hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) (Ostrander và ctv, 1976). Cá có cơ thịt với màu đỏ tự nhiên sẽ có giá trị thương mại cao, ngược lại cá có màu hồng nhạt hoặc trắng sẽ rất khó tiêu thụ. Sắc tố quyết định đến màu đỏ của thịt cá Hồi vân là các carotenoid, trong đó astaxanthin là sắc tố quyết định chủ yếu đến màu đỏ của cơ thịt cá (Storebakken và Kyoon No, 1992). Cá Hồi không thể tự sản xuất astaxanthin mà phải lấy thông qua thức ăn trong tự nhiên như nhuyễn thể, động vật phù du, cá nhỏ và giáp xác (Choubert và ctv, 1998). Vì thế, trong nuôi cá Hồi vân công nghiệp ở giai đoạn nuôi thương phẩm, sắc tố này phải được bổ sung qua thức ăn và cá sẽ dần tích lũy trong cơ thịt (Ando và ctv, 1992). Nếu không bổ sung astaxanthin trong thức ăn, cá Hồi vân nuôi công nghiệp sẽ có màu trắng hoặc vàng nhạt, khác xa với những gì khách hàng mong đợi (Bell và ctv, 2000).

Astaxanthin sử dụng bổ sung vào thức ăn nuôi cá Hồi vân được sản xuất từ hai nguồn chính là hóa tổng hợp như sản phẩm Carophyll Pink và sinh tổng hợp, chiết xuất từ sinh vật như nấm, vi tảo và vi khuẩn. Sản phẩm hóa tổng hợp và sinh tổng hợp được nhiều quốc gia trên thế giới cho phép sử dụng trong nuôi trồng thủy sản và chăn nuôi. Các sản phẩm astaxanthin thương mại có nguồn gốc từ hóa tổng hợp đã được nghiên cứu sử dụng rộng rãi

trong nuôi thương phẩm cá Hồi vân (Ljungqvist và ctv, 2012; Zhang và ctv, 2013; Nguyễn Thị Trang và Nguyễn Tiến Hóa, 2013). Tuy nhiên, các sản phẩm astaxanthin có nguồn gốc sinh học được cho là có tính an toàn cao hơn cho vật nuôi và người tiêu dùng còn ít được nghiên cứu và sử dụng trong nuôi cá Hồi vân. Bài báo này sẽ trình bày kết quả nghiên cứu bổ sung chế phẩm astaxanthin có nguồn gốc từ vi khuẩn *Paracoccus carotinifaciens* vào thức ăn đến thay đổi màu sắc cơ thịt và tăng trưởng của cá Hồi vân.

## II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 1. Vật liệu nghiên cứu

Đối tượng nghiên cứu là cá Hồi vân (*Onchorynchus mykiss*) được nuôi tại Trung tâm nghiên cứu thủy sản nước lạnh (thuộc Viện Nghiên cứu và Nuôi trồng Thủy sản 1) tại Sapa, tỉnh Lào Cai. Trước khi tiến hành thí nghiệm, cá giống cỡ 300 g/con được nuôi chung bằng một loại thức ăn không bổ sung chất tạo màu. Sau 03 tháng nuôi, tiến hành lựa chọn cá có kích cỡ đồng đều để bố trí thí nghiệm. Thời gian thí nghiệm là 60 ngày.

Thức ăn thí nghiệm có thành phần nguyên liệu bao gồm: bột cá, khô đậu nành, dầu cá hồi, cám gạo, bột mì, vitamin và khoáng premix, chất chống mốc, chất chống oxi hóa. Thức ăn được sản xuất và ép viên cỡ 5mm. Kết quả phân tích thành phần dinh dưỡng của thức ăn được trình bày ở Bảng 1.

**Bảng 1. Kết quả phân tích thành phần thức ăn nuôi cá Hồi vân**

Thành phần dinh dưỡng	%
Protein thô	45,5
Lipid thô	15,8
Độ ẩm	5,9
Tro	8,2

Chế phẩm sinh học chứa astaxanthin sử dụng trong thí nghiệm này được sản xuất từ lên men sinh khối chủng vi khuẩn *Paracoccus carotinifaciens* với hàm lượng astaxanthin là 1,65%. Chế phẩm được sản xuất bởi Viện Công nghệ Sinh học thuộc Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

Sản phẩm astaxanthin công nghiệp có tên thương mại là Carophyll Pink 10% của Công ty DSM Nutritional Products Vietnam Ltd được sử dụng làm đối chứng. Hiện nay các sản phẩm thức ăn cho cá Hồi của các công ty nước ngoài như Raiso và Copepen đều công bố hàm lượng astaxanthin cao nhất bổ sung cho cá hồi là 80 mg/kg (Nguyễn Thị Trang và Nguyễn Tiến Hóa, 2013). Mặt khác, kết quả

nghiên cứu của các tác giả này cũng cho thấy hàm lượng sắc tố tối ưu khi bổ sung vào thức ăn nuôi thương phẩm cá Hồi vân khi kết hợp cả hai sắc tố astaxanthin và cantaxanthin có nguồn gốc từ hóa tổng hợp là 40 mg/kg mỗi loại. Vì vậy, nghiên cứu này thử nghiệm bổ sung hàm lượng astaxanthin từ chế phẩm sinh học xung quanh giá trị 80 mg/kg để so sánh với sản phẩm astaxanthin thương mại. Ba mức bổ sung astaxanthin từ chế phẩm sinh học vào thức ăn được thử nghiệm là 60, 80 và 100 mg/kg. Ở nghiệm thức đối chứng, thức ăn được bổ sung 80 mg astaxanthin/kg từ sản phẩm thương mại Carophyll Pink. Ký hiệu và hàm lượng astaxanthin ở các nghiệm thức được thể hiện ở Bảng 2.

**Bảng 2. Các nghiệm thức và hàm lượng bổ sung astaxanthin vào thức ăn**

Nghiệm thức	Hàm lượng astaxanthin bổ sung (mg/kg thức ăn)
A60	Bổ sung 60 mg/kg astaxanthin từ chế phẩm sinh học
A80	Bổ sung 80 mg/kg astaxanthin từ chế phẩm sinh học
A100	Bổ sung 100 mg/kg astaxanthin từ chế phẩm sinh học
CP80	Bổ sung 80 mg/kg astaxanthin từ chế phẩm Carophyll Pink

**2. Phương pháp bổ sung astaxanthin vào thức ăn**

• *Đối với chế phẩm sinh học*

Cân chế phẩm astaxanthin theo lượng cần thiết cho từng nghiệm thức. Cho chế phẩm vào cốc pha thủy tinh có chứa 100 ml nước ở nhiệt độ khoảng 30°C. Đổ dung dịch vào bình xịt, lắc đều cho đến khi chế phẩm astaxanthin tan rồi phun vào thức ăn. Bổ sung chế phẩm astaxanthin theo từng lần cho ăn trong ngày để tránh biến tính.

• *Đối với sản phẩm Carophyll Pink*

Hòa tan lượng Carophyll Pink cần thiết trong khoảng 100 ml trong nước ấm có nhiệt độ khoảng 40°C. Lắc đều đến khi Carophyll Pink tan hết thì phun vào thức ăn.

**3. Bố trí thí nghiệm**

Cá thí nghiệm được bố trí trong 12 bể composite tròn, thể tích mỗi bể là 3,5 m³. Các bể được đặt trong nhà có mái che. Mật độ nuôi là 40 con/bể. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu ngẫu nhiên hoàn toàn với 4 nghiệm thức tương ứng với 4 mức bổ sung chế phẩm astaxanthin vào thức ăn (Bảng 2). Mỗi nghiệm thức thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

**4. Chăm sóc và quản lý thí nghiệm**

Cá thí nghiệm được cho ăn thỏa mãn với khẩu phần cho cá ăn hàng ngày là 2-3% khối lượng thân/ngày. Cho cá ăn 2 lần/ ngày vào 8h sáng và 4h chiều. Nước nuôi cá được thay liên tục theo hình thức chảy tràn từ nguồn nước thác Bạc. Kiểm tra mức độ thay đổi màu sắc

thịt cá và tăng trưởng cá 30 ngày/lần. Trong quá trình nuôi một số yếu tố môi trường như oxy hòa tan, nhiệt độ, pH được kiểm tra hàng ngày vào 8h sáng và 2h chiều, hàm lượng ammonia trong nước được kiểm tra định kỳ 1 lần/tuần.

**5. Các thông số đánh giá**

**5.1. Phương pháp xác định các chỉ số đánh giá**

Hàng tháng lấy mẫu 30 cá/bể để xác định khối lượng cá. Khi kết thúc thí nghiệm, toàn bộ cá trong các bể được cân để xác định tốc độ tăng trưởng.

- Tốc độ sinh trưởng về khối lượng của cá được tính theo công thức:

$$AGR (g/ngày) = (W_c - W_d)/t.$$

Trong đó:

$W_d$ : Khối lượng trung bình của cá (g) tại thời bắt đầu thí nghiệm.

$W_c$ : Khối lượng trung bình của cá (g) tại thời điểm kết thúc thí nghiệm

- Xác định tỉ lệ sống của cá: (Số cá còn lại + số cá lấy mẫu) x 100/ số cá thí nghiệm.

- Hệ số chuyển đổi thức ăn (FCR) = Khối lượng thức ăn sử dụng (kg)/ Khối lượng cá tăng thêm (kg)

**5.2. Phương pháp đánh giá màu sắc cơ thịt cá Hồi vân**

Mẫu cá được thu tại thời điểm tiến hành thí nghiệm và định kỳ 30 ngày một lần, mỗi lần thu 5 con/bể. Mẫu cơ thịt phi lê của cá được thu ở vị trí giữa thân cá. Xác định màu sắc thịt cá theo phương pháp so màu. Sử dụng thước so màu SalmoFan Lineal (Hình 1) để cho điểm theo thang điểm từ 20 đến 34 và được đánh giá thống nhất của 3 người quan sát khác nhau.



Hình 1. Thang so màu dùng để đánh giá màu sắc cá hồi.

**6. Phân tích số liệu và xử lý thống kê**

Số liệu được trình bày theo giá trị trung bình ± SD (độ lệch chuẩn). Sự sai khác giữa các nghiệm thức được đánh giá bằng phương pháp phân tích phương sai một yếu tố (One way ANOVA) và tiêu chuẩn kiểm định Duncan trên phần mềm SPSS phiên bản 18.0. Sự khác nhau được xem là có ý nghĩa khi  $P < 0,05$ .

**Bảng 3. Các yếu tố môi trường nước trong các bể nuôi**

Các yếu tố môi trường	DO (mg/L)	Nhiệt độ (°C)	pH	NH3 (mg/L)
Min	8,0	14		
Max	10,0	18	7	< 0,1
TB ngày	9,0 ± 0,7	16,5 ± 1,0	8	< 0,1

Số liệu Bảng 3 cho thấy hàm lượng oxy hòa tan trong nước ở các bể thí nghiệm trung bình là 9,0 ± 0,7 mg/l, nhiệt độ nước trung bình 16,5 ± 1,0°C, hàm lượng NH3 luôn nhỏ hơn 0,1

**III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**1. Các yếu tố môi trường nước**

Trong quá trình thí nghiệm, các thông số môi trường nước được kiểm tra theo định kỳ để đảm bảo cho cá sinh trưởng tốt. Kết quả phân tích một số các yếu tố môi trường nước trong quá trình thực hiện thí nghiệm được trình bày trong Bảng 3.

mg/l trong quá trình thí nghiệm. Điều đó cho thấy các yếu tố môi trường nước nằm trong giới hạn thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của cá Hồi vân (Segdwick, 1988).

Số liệu Bảng 3 cho thấy hàm lượng oxy hòa tan trong nước ở các bể thí nghiệm trung bình là  $9,0 \pm 0,7$  mg/l, nhiệt độ nước trung bình  $16,5 \pm 1,0^\circ\text{C}$ , hàm lượng  $\text{NH}_3$  luôn nhỏ hơn 0,1 mg/l trong quá trình thí nghiệm. Điều đó cho thấy các yếu tố môi trường nước nằm trong

giới hạn thích hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của cá Hồi vân (Segdwick, 1988).

**2. Tăng trưởng và tỷ lệ sống**

Tốc độ tăng trưởng, hệ số chuyển đổi thức ăn và tỷ lệ sống của cá Hồi vân sau 60 ngày nuôi thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 4.

**Bảng 4. Tăng trưởng, hệ số chuyển đổi thức ăn và tỉ lệ sống của cá Hồi vân**

Chỉ tiêu	Công thức thí nghiệm			
	A60	A80	A100	CP80
Khối lượng ban đầu (g)	$630,0 \pm 30,0$	$668,5 \pm 11,5$	$660,5 \pm 22,4$	$638,5 \pm 18,5$
Khối lượng cuối (g)	$920,0 \pm 40,0$	$980,0 \pm 33,3$	$953,0 \pm 31,6$	$975,5 \pm 60,5$
AGR (g/ngày)	$4,90 \pm 0,20$	$5,26 \pm 0,49$	$4,96 \pm 0,23$	$5,73 \pm 0,86$
FCR	$1,59 \pm 0,27$	$1,42 \pm 0,17$	$1,64 \pm 0,05$	$1,41 \pm 0,11$
Tỉ lệ sống (%)	$98,0 \pm 2,8$	$96,0 \pm 5,6$	$97,0 \pm 4,2$	$97,5 \pm 3,5$

Ghi chú: Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với tất cả các chỉ tiêu đánh giá ( $P > 0,05$ )

Kết quả nghiên cứu cho thấy khối lượng cá khi bắt đầu thí nghiệm dao động từ  $630,0 \pm 30,0$  g đến  $668,0 \pm 11,5$  g nhưng không khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $P > 0,05$ ). Sau 60 ngày nuôi cá ở các nghiệm thức đạt khối lượng từ  $920,0 \pm 40,0$  g đến  $980,0 \pm 33,3$  g, hệ số chuyển đổi thức ăn từ  $1,41 \pm 0,11$  đến  $1,64 \pm 0,05$ , tỷ lệ sống dao động từ  $96,0 \pm 5,6\%$  đến  $98,0 \pm 2,8\%$ . Tuy nhiên các chỉ số này ở 4 nghiệm thức cũng không có sự khác biệt ( $P > 0,05$ ). Kết quả của thí nghiệm cho thấy việc bổ sung chế phẩm astaxanthin vào thức ăn cho cá không ảnh hưởng tích cực đến tốc độ tăng trưởng, hệ số chuyển đổi thức ăn và tỷ lệ sống của cá Hồi vân trong quá trình nuôi thương phẩm.

Tây Dương (*Salmo salar*) cũng cho kết quả tương tự ở giai đoạn nuôi thương phẩm (Bell và ctv, 2000). Ngược lại, ở giai đoạn giống, việc bổ sung astaxanthin vào thức ăn đã giúp cải thiện được tốc độ tăng trưởng và tỉ lệ sống ở cá hương và cá giống của cá Hồi Đại Tây Dương (Christiansen và ctv, 1994, 1995, 1996) và ở hậu ấu trùng tôm chân trắng *Litopenaeus vanamei* (Rajabi và ctv, 2012). Ở giai đoạn nuôi thương phẩm Tráp đỏ (*Pagrus pagrus*) với thời gian cho thức ăn bổ sung astaxanthin dài (120 ngày) đã có hiệu quả trong nâng cao tăng trưởng ở loài cá này (Kalinowski và ctv, 2011). Như vậy vai trò của chế phẩm astaxanthin đối với tăng trưởng và tỉ lệ sống ở các đối tượng thủy sản có sự sai khác nhau tùy theo mỗi loài, giai đoạn nuôi và có thể cả thời gian nuôi.

**3. Thay đổi màu sắc cơ thịt cá**

Kết quả của thí nghiệm của chúng tôi cũng khẳng định kết quả của một số nghiên cứu trước rằng việc bổ sung astaxanthin vào thức ăn nuôi cá Hồi vân không cải thiện tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn, tỉ lệ sống của cá giai đoạn nuôi thương phẩm (Rehulka, 2000; Nguyễn Thị Trang và Nguyễn Tiến Hóa, 2013; Rahman và ctv, 2016). Nghiên cứu bổ sung astaxanthin vào thức ăn nuôi cá Hồi Đại

Sự thay đổi màu sắc cơ thịt cá Hồi vân trong quá trình thí nghiệm thể hiện ở Bảng 5. Sau 30 ngày nuôi, màu sắc cơ thịt cá tăng lên từ thang điểm ban đầu là 23-24 lên cao nhất ở cá ở nghiệm thức A100 nhưng không sai khác có ý nghĩa với các nghiệm thức còn lại ( $P > 0,05$ ).

**Bảng 5. Bảng điểm so màu sắc cơ thịt cá Hồi vân**

Thời điểm so màu	Công thức thí nghiệm			
	A60	A80	A100	CP80
Bắt đầu thí nghiệm	23-24	23-24	23-24	23-24
Sau 30 ngày nuôi	24,7 ± 0.6a	25,3 ± 0.6a	26,0 ± 1.0a	25,6 ± 0,6a
Sau 60 ngày nuôi	26,8 ± 0,4a	29,4 ± 0,9b	29,3 ± 0,1b	29,6 ± 0,7b

Ghi chú: Số liệu ở cùng một hàng với ký hiệu mũ khác nhau là sai khác có ý nghĩa thống kê ( $P < 0,05$ )

Sau 60 ngày nuôi, màu sắc cơ thịt của cá Hồi vân nuôi thương phẩm đã được cải thiện rõ rệt. Thang điểm màu sắc cơ thịt của cá sử dụng chế phẩm astaxanthin sinh học với hàm lượng astaxathin 80 mg/kg (A80) và 100 mg/kg (A100), và cá sử dụng astaxanthin công nghiệp với hàm lượng 80 mg (CP80) dao động từ 29,3 - 29,6 nhưng không khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $P > 0,05$ ). Thang điểm màu sắc cơ thịt cá ở ba nghiệm thức này đều cao hơn thang điểm cá ở nghiệm thức A60 (26,8), sử dụng 60 mg/kg từ nguồn astaxanthin sinh học ( $P < 0,05$ ). Kết quả thí nghiệm này cho thấy, cá sử dụng 80 mg/kg astaxanthin từ nguồn astaxanthin sinh học và công nghiệp cho kết quả tương đương nhau trong cải thiện màu sắc cơ thịt cá hồi trong thời gian nuôi hai tháng, đạt yêu cầu về thị hiếu màu sắc của người tiêu dùng.

Xét về khía cạnh thời gian biến đổi màu sắc cơ thịt của cá Hồi vân, kết quả nghiên cứu của Amar và ctv (2001) cho thấy astaxanthin giúp cải thiện màu sắc thịt cá Hồi vân sau 9 tuần nuôi. Nghiên cứu của Bell và ctv (2000)

về sự biến đổi màu sắc cơ thịt cá Hồi Đại Tây Dương khi bổ sung astaxanthin cũng cho biết màu sắc cơ thịt cá thay đổi rõ rệt sau 12 tuần nuôi. Kết quả nghiên cứu của chúng tôi cho thấy màu sắc cơ thịt của cá Hồi vân trong nuôi thương phẩm thay đổi rõ rệt sau 60 ngày nuôi sử dụng thức ăn bổ sung astaxanthin, tương tự về thời gian cần thiết để thay đổi màu sắc cơ thịt cá Hồi vân ở nghiên cứu của Amar và ctv (2001).

#### IV. KẾT LUẬN

Bổ sung astaxanthin vào thức ăn không có tác động tích cực đến tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn và tỷ lệ sống của cá Hồi vân giai đoạn nuôi thương phẩm trong thời gian 60 ngày. Chế phẩm astaxanthin có nguồn gốc từ vi khuẩn *Paracoccus carotinifaciens* bổ sung vào thức ăn tạo màu sắc cơ thịt cá hiệu quả nhất với liều lượng 80mg/kg thức ăn, tương đương với sản phẩm astaxanthin công nghiệp ở cùng liều lượng.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

##### Tiếng Việt

1. Nguyễn Thị Trang, Nguyễn Tiến Hóa, 2013. Ảnh hưởng của thức ăn có bổ sung astaxanthin và canthaxanthin với tỷ lệ khác nhau lên màu sắc thịt cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*). Tạp chí Khoa học và Phát triển, 11 (7): 981-986.

##### Tiếng Anh

2. Ando S., Amauchi H., Hatano M. and Heard W.R., 1992. Comparison of muscle compositions between red- and white-fleshed chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*). Aquaculture 103, 359–365.

3. Amar E. C., Kiron V., Satoh S., and Watanabe T., 2001. Influence of various dietary synthetic carotenoids on bio-defence mechanisms in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture Research*, 32(1): 162-173.
4. Bell J. G., McEvoy J., Tocher D. R., and Sargent J. R., 2000. Depletion of  $\alpha$ -tocopherol and astaxanthin in Atlantic salmon (*Salmo salar*) affects autoxidative defense and fatty acid metabolism. *The Journal of Nutrition*, 130 (7): 1800-1808.
5. Christiansen R., Lie, Ø., and Torrissen O. J., 1994. Effect of astaxanthin and vitamin A on growth and survival during first feeding of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *Aquaculture Research*, 25(9): 903-914.
6. Christiansen R., Lie O., and Torrissen O. J., 1995. Growth and survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L., fed different dietary levels of astaxanthin. First-feeding fry. *Aquaculture Nutrition*, 1(3): 189-198.
7. Christiansen R., Torrissen O.J., 1996. Growth and survival of Atlantic salmon, *Salmo salar* L. fed different dietary levels of astaxanthin. Juveniles. *Aquacult Nutrition*, 2: 55-62.
8. Choubert G., Blanc J.M. and Poisson H., 1998. Effects of dietary keto-carotenoids (canthaxanthin and astaxanthin) on the reproductive performance of female rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Aquaculture*. 4: 249-254.
9. Kalinowski C.T., Robaina L.E., Izquierdo M., S., 2011. Effect of dietary astaxanthin on the growth performance, lipid composition and post-mortem skin colouration of red porgy *Pagrus pagrus*. *Aquaculture International*, 19 (5): 811-823.
10. Segdwick S.D., 1995. Trout farming handbook 4th edition. Fishing News Books Ltd., Farnham. 160p.
11. Storebakken T. and Kyoon No H., 1992. Pigmentation of rainbow trout. *Aquaculture*, 100 (1-3): 209-229.
12. Rajabi B., Salarzadeh A. R., Yahyavi M., Masandani S., and Niromand M., 2012. Effect of astaxanthin pigment on growth performance, survival and pigmentation in postlarval stage of white leg shrimp, *Litopenaeus vannamei*. *ISFJ*, 21 (1): 89-100.
13. Ostrander J., Martinsen C., Liston J., McCullough J., 1976. Sensory testing of pen-reared salmon and trout. *Journal of Food Science*, 41(2):386-390.
14. Ljungqvist M. G., Dissing B. S., Nielsen M. E., Ersbøll, B. K., Clemmensen, L. K. H., and Frosch, S., 2012. Classification of Astaxanthin Colouration of Salmonid Fish using Spectral Imaging and Tricolour Measurement. Kgs. Lyngby: Technical University of Denmark. (IMM-Technical Report-2012; No. 08).
15. Rahman M. M., Khosravi S., Chang K.H., Lee S.M., 2016. Effects of Dietary Inclusion of Astaxanthin on Growth, Muscle Pigmentation and Antioxidant Capacity of Juvenile Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Preview Nutriion Food Science*, 21 (3): 281-288.
16. Rehulka J., 2000. Influence of astaxanthin on growth rate, condition, and some blood indices of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 190: 27-47
17. Zhang J., Li X., Leng X., Zhang C., Han Z., Zhang F., 2013. Effects of dietary astaxanthins on pigmentation of flesh and tissue antioxidation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).