

THÀNH PHẦN HÓA HỌC, GIÁ TRỊ DINH DƯỠNG VÀ TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHIỆP CỦA PHỤ PHẨM CHẾ BIẾN CÁ HỒI (*SALMO SALAR*)

TRẦN THỊ MỸ HẠNH^{1*} - NGUYỄN XUÂN DUY²
- PHẠM VĂN ĐẠT³ - TRẦN NGỌC LỆ⁴ - NGUYỄN THỊ KIM CÚC⁵

* Tác giả liên hệ - Email: myhanhtt@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 8/7/2026

Ngày sửa bài: 25/7/2026

Ngày duyệt đăng bài: 9/8/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu đánh giá thành phần hóa học, dinh dưỡng và độ an toàn của 3 loại phụ phẩm cá hồi (*Salmo salar*): thịt lườn bụng (TLB), thịt xương lưng (TXL) và khung xương (PKX). Kết quả cho thấy, nguyên liệu giàu protein (14,5-19,2%) và lipid (8,4-28,3%). Hàm lượng axit béo chưa no nhiều nối đôi (PUFA) đạt 29-31%, chỉ số Omega-3 (EPA và DHA) từ 13,1-21,2 mg/g. Phụ phẩm chứa đầy đủ axit amin thiết yếu, nổi bật với axit glutamic tạo vị umami. PKX giàu Ca và P với tỷ lệ Ca/P cân đối (1,30-1,90). Ngoài ra, hệ vi lượng (Cu, Fe, Zn...) dồi dào và sắc tố chống oxy hóa astaxanthin xuất hiện rõ ở TLB, TXL. Hàm lượng kim loại nặng (Pb, Cd, Hg, As) đều đạt ngưỡng an toàn theo QCVN 8-2:2011/BYT. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học để chế biến sâu phụ phẩm cá hồi, hướng tới phát triển kinh tế tuần hoàn trong công nghiệp thực phẩm.

Từ khóa: cá hồi, phụ phẩm, giá trị dinh dưỡng, kinh tế tuần hoàn

Chemical composition, nutritional value, and industrial application potential of salmon (*Salmo salar*) processing by-products

Abstract:

This study evaluates the chemical composition, nutritional value, and safety of three salmon (*Salmo salar*) processing by-products: belly flap meat, backbone meat, and frame bones. The materials contained 14.5 - 19.2% protein and 8.4-28.3% lipids. Polyunsaturated fatty acids accounted for 29 - 31%, while omega-3 fatty acids (EPA and DHA) ranged from 13.1 to 21.2 mg/g. The by-products contained all essential amino acids, with glutamic acid contributing prominently to umami taste. Frame bones were rich in Ca and P, with a balanced Ca/P ratio of 1.30 - 1.90. Micronutrients such as Cu, Fe, and Zn were abundant, while the antioxidant pigment astaxanthin was prominent in belly flap and backbone meat. Heavy metals remained within QCVN 8-2:2011/BYT safety limits. The findings support value-added processing of salmon by-products toward a circular food economy.

Keywords: salmon, by-products, nutritional value, circular economy

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, ngành công nghiệp chế biến thủy sản tại Việt Nam đang chuyển dịch mạnh mẽ theo xu hướng kinh tế tuần hoàn. Việc tận dụng tối đa giá trị từ các nguồn phụ phẩm không chỉ giúp giảm thiểu áp lực lên môi trường mà còn tạo ra các sản phẩm giá trị gia tăng cao, tối ưu hóa lợi nhuận cho doanh nghiệp. Cá hồi (*Salmo salar*) là loại thủy sản cao cấp, được nhập khẩu và chế biến ngày càng nhiều tại các nhà máy thực phẩm Việt Nam để phục vụ thị trường nội địa và xuất khẩu. Quá trình phi-lê cá hồi thải ra một lượng lớn phụ phẩm chiếm từ 40% đến 50% khối lượng nguyên liệu, bao gồm đầu, khung xương, thịt vụn lườn bụng và thịt xương lưng (Stevens et al., 2018). Đây là nguồn sinh khối cực kỳ quý giá nhưng hiện nay tại Việt Nam, phần lớn mới chỉ được dùng làm thức ăn chăn nuôi hoặc bột cá chất lượng thấp, gây lãng phí lớn về mặt kinh tế (Nguyễn Tiến Thành và Ngô Văn Anh, 2022).

Trên thế giới, xu hướng nghiên cứu thành phần và ứng dụng phụ phẩm cá hồi đã thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học nhờ vào giá trị dinh dưỡng vượt trội của chúng. Các nghiên cứu của He et al. (2013) và Aspevik et al. (2017) đã chỉ ra, phụ phẩm cá hồi là nguồn nguyên liệu dồi dào protein và lipid, đặc biệt có tỷ lệ rất cao các axit béo chưa no nhiều nối đôi (PUFA) thuộc nhóm Omega-3 như EPA và DHA. Thêm vào đó, hàm lượng astaxanthin - một sắc tố tự nhiên thuộc nhóm carotenoid có khả năng chống oxy hóa mạnh mẽ cũng được tìm thấy với hàm lượng đáng kể trong các mô thịt còn sót lại trên xương và bụng cá (Saccenti et al., 2020). Đối với phần khung xương, nghiên cứu của Malde et al. (2010) chứng minh đây là nguồn cung cấp Canxi và Photpho sinh học lý tưởng cho cơ thể người.

Tại Việt Nam, mặc dù đã có một số công trình khảo sát tổng quan về phụ phẩm thủy sản nói chung (như phụ phẩm cá tra, cá ngừ), các nghiên cứu chuyên sâu về đặc tính hóa sinh, hồ sơ axit amin, axit béo, vi lượng và chỉ tiêu an toàn kim loại nặng của từng loại phụ phẩm cụ thể từ cá hồi nhập khẩu vẫn còn rất hạn chế. Để có giải pháp công nghệ phù hợp nhằm nâng cao giá trị thương mại cho nguồn phụ phẩm này trong bối cảnh công nghiệp hóa, việc đánh giá một cách định lượng, hệ thống và toàn diện là vô cùng cấp thiết. Xuất phát từ thực tiễn đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm phân tích chi tiết các chỉ tiêu chất lượng của 3 nhóm phụ phẩm: thịt vụn phần bụng, thịt phần xương lưng và phần khung xương cá hồi. Kết quả nghiên cứu sẽ cung cấp cơ sở khoa học vững chắc để định hướng các công nghệ chế biến sâu, phát triển chuỗi giá trị tuần hoàn trong công nghiệp thực phẩm nước nhà.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Mẫu phụ phẩm cá hồi gồm 3 loại: Thịt lườn bụng (TLB), thịt xương lưng (TXL), phần khung xương (PKX) được thu nhận trực tiếp tại nhà máy chế biến cá hồi thuộc công ty TNHH Mãi Tín (Cam Ranh, Khánh Hòa), vận chuyển nhanh về phòng thí nghiệm trong vòng 2 giờ. Mẫu được xử lý sơ bộ, xay nhỏ, đồng nhất và bảo quản ở nhiệt độ -20°C cho đến khi phân tích.

2.2. Phương pháp phân tích hóa học

2.2.1. Xác định thành phần hóa học cơ bản

Hàm lượng ẩm được xác định theo phương pháp AOAC 950.46. Hàm lượng tro tổng xác định theo AOAC 938.08. Phương pháp Kjeldahl được sử dụng để xác định hàm lượng protein tổng. Hàm lượng lipid tổng số được phân tích theo Phương pháp Soxhlet.

2.2.2. Xác định hàm lượng astaxanthin

Phương pháp xác định hàm lượng astaxanthin trong nguyên liệu được thực hiện theo phương pháp của Ramamoorthy et al. (2010) và Garcia-Romero et al. (2014) với một vài hiệu chỉnh nhỏ. Cụ thể: cân

khoảng 5 g mẫu trộn với 20 ml ethanol, trộn đều, sau đó ly tâm ở tốc độ 9000 rpm trong 15 phút. Dịch trong thu được đem xác định trực tiếp trên thiết bị đo độ hấp thụ quang phổ UV-Vis (Biochrom, England) ở bước sóng 475nm. Hàm lượng astaxanthin tổng được tính toán theo công thức sau:

$$\text{Astaxanthin } (\mu\text{g}) = (A \times V \times D \times 10000) / (W \times E)$$

Trong đó: A: độ hấp thụ quang học của dịch chiết đo ở bước sóng 475nm, V: thể tích dịch chiết (ml), D: hệ số pha loãng, W: khối lượng mẫu (g), E: hệ số hấp thụ riêng của ethanol ($E = 2095, \text{L.g}^{-1}.\text{cm}^{-1}$).

2.2.3. Xác định thành phần axit amin

Định tính và định lượng các axit amin trong các mẫu phụ phẩm cá hồi được thực hiện theo phương pháp thủy phân axit kết hợp dẫn xuất hóa trên hệ thống sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).

Chuẩn bị mẫu: Cân chính xác khoảng 0,1 g mẫu đã đồng nhất vào ống nghiệm thủy tinh chịu nhiệt. Thêm 10 mL dung dịch HCl 6M. Tiến hành sục khí nitơ để đuổi oxy, hàn kín ống nghiệm và thủy phân ở nhiệt độ 110°C trong 24 giờ.

Điều kiện sắc ký: Sử dụng hệ thống HPLC (Agilent 1260, USA) trang bị cột pha đảo C18 (4,6 x 150 mm, 5 μm). Pha động gồm hai kênh: Kênh A (dung dịch đệm photphat natri, pH 7,2) và Kênh B (hỗn hợp Acetonitrile/Methanol/Nước tỷ lệ 45:45:10, v/v/v). Chương trình dung môi chạy theo chế độ gradient. Tốc độ dòng 1,0 mL/phút, nhiệt độ cột duy trì ở 40°C. Phát hiện bằng đầu dò huỳnh quang (FLD) với bước sóng kích thích 340 nm và bước sóng phát xạ 450 nm. Định lượng dựa trên đường chuẩn của hỗn hợp axit amin chuẩn (Amino Acid Standard).

2.2.4. Xác định thành phần axit béo

Thành phần axit béo được xác định dưới dạng các methyl este của axit béo (FAME) bằng phương pháp trích ly chất béo tổng số theo Folch và chuyển hóa dẫn xuất, phân tích trên hệ thống sắc ký khí ghép khối phổ (GC-MS).

Chiết tách và methyl hóa: Tổng số lipid được trích ly từ mẫu bằng hỗn hợp dung môi Chloroform: Methanol (2:1, v/v). Lấy phần dịch chiết chất béo cô quay đuổi dung môi. Sau đó, tiến hành phản ứng methyl hóa bằng cách thêm 2 mL dung dịch BF₃ trong Methanol (14%) và đun hồi lưu ở 100°C trong 30 phút để chuyển các axit béo tự do và liên kết thành FAME. Thu hồi FAME bằng dung môi n-hexane.

Điều kiện sắc ký khí: Hệ thống GC-MS (Agilent 7890, USA) sử dụng cột mao quản có độ phân cực cao HP-Innowax (30 m x 0,25 mm x 0,25 μm). Khí mang là Helium với tốc độ dòng không đổi 1,0 mL/phút. Thể tích bơm mẫu 1 μL , tỉ lệ chia dòng 1:50. Chương trình nhiệt độ buồng cột: Giữ ở 140°C trong 5 phút, tăng với tốc độ 4°C/phút lên 240°C và giữ trong 15 phút. Nhiệt độ cổng bơm mẫu duy trì ở 250°C.

Điều kiện khối phổ: Nhiệt độ nguồn ion MS là 230°C, nhiệt độ giao diện là 250°C. Chế độ bắn phá ion electron (EI) ở năng lượng 70 eV. Quét phổ khối lượng trong vùng m/z từ 50 đến 550. Xác định tên các axit béo bằng cách so sánh phổ khối lượng với thư viện chuẩn NIST và đối chiếu thời gian lưu với bộ chuẩn FAME Mix 37 thành phần.

2.2.5. Xác định thành phần kim loại nặng

Phương pháp khối phổ plasma cảm ứng vi sóng (ICP-MS) được áp dụng để xác định chính xác hàm lượng vết của các kim loại nặng bao gồm Chì (Pb), Cadimi (Cd), Thủy ngân (Hg), Asen (As) nhằm đánh giá an toàn thực phẩm.

Phá mẫu bằng vi sóng: Cân khoảng 0,5 g mẫu khô (hoặc mẫu tươi tương đương) trực tiếp vào ống phá mẫu bằng Teflon. Thêm 5 mL HNO₃ đặc (65%, loại tinh khiết dùng cho phân tích vết) và 2 mL H₂O₂ (30%). Khóa chặt ống và đưa vào hệ thống phá mẫu vi sóng. Chương trình phá mẫu được thiết lập tăng dần nhiệt độ đến 180°C và giữ trong 30 phút để vô cơ hóa hoàn toàn mẫu thành dung dịch trong suốt. Sau khi làm nguội, định mức dung dịch bằng nước siêu sạch (Milli-Q) thành 50 mL.

Điều kiện đo ICP-MS: Hệ thống ICP-MS vận hành với công suất cao tần (RF) 1550 W, tốc độ dòng khí plasma 15 L/phút, tốc độ dòng khí mang 1,05 L/phút. Sử dụng chế độ buồng va chạm với khí Helium (He mode) để loại bỏ các nhiễu trùng khối do các ion đa nguyên tử gây ra. Định lượng: Sử dụng chất chuẩn nội (Internal standards) gồm Rhodium (Rh) và Indium (In) được online liên tục để bù trừ sự trôi tín hiệu của thiết bị. Hàm lượng các kim loại nặng được tính toán tự động qua phần mềm dựa trên các đường chuẩn đa điểm của từng nguyên tố (độ tuyến tính $R^2 > 0,999$).

2.3. Phương pháp xử lý số liệu thống kê

Tất cả các thí nghiệm phân tích chỉ tiêu hóa lý, dinh dưỡng và an toàn thực phẩm trên 3 loại phụ phẩm cá hồi đều được thực hiện lặp lại độc lập ($n = 2 \div 3$). Dữ liệu thô thu thập được xử lý sơ bộ và quản lý bằng phần mềm Microsoft Excel. Sau đó, toàn bộ quá trình phân tích thống kê chuyên sâu được thực hiện trong môi trường ngôn ngữ lập trình R (Phiên bản 4.5.2).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thành phần hóa học cơ bản của phụ phẩm cá hồi

Thành phần hóa học cơ bản (độ ẩm, tro tổng số, protein thô và lipid tổng số) của ba nguồn phụ phẩm chế biến từ cá hồi bao gồm thịt lườn bụng (TLB), thịt xương lưng (TXL) và phần khung xương (PKX) được thể hiện chi tiết tại Bảng 1. Kết quả phân tích thống kê khẳng định có sự khác biệt có ý nghĩa lớn ($P < 0,05$) giữa cả 3 loại phụ phẩm đối với tất cả các chỉ tiêu khảo sát.

Số liệu thực nghiệm tại Bảng 1 cho thấy, hàm lượng lipid tổng số của phụ phẩm cá hồi phân hóa mạnh mẽ, đạt giá trị cực đại cho mẫu TLB với $28,33 \pm 0,21\%$, cao hơn đáng kể so với PKX ($15,43 \pm 0,25\%$) và TXL ($13,47 \pm 0,25\%$) ($P < 0,05$). Xu hướng tích lũy mỡ đậm đặc ở vùng lườn bụng là đặc tính sinh học điển hình của họ cá hồi (Salmonidae) nhằm dự trữ năng lượng và điều hòa áp suất thẩm thấu (Saccenti et al., 2020). Hàm lượng béo trong TLB (28,33%) hoàn toàn tương đồng với các công bố quốc tế của Aspevik et al. (2017) trên cá hồi Đại Tây Dương (27,8 - 31,5%).

Đáng chú ý, hàm lượng độ ẩm thể hiện mối tương quan tuyến tính nghịch biến rất chặt chẽ với hàm lượng lipid (R^2 âm). TLB có lượng lipid cao nhất sở hữu độ ẩm thấp nhất ($54,27 \pm 0,15\%$), trong khi TXL có lượng lipid thấp nhất lại giữ hàm lượng nước cao nhất ($63,43 \pm 0,21\%$). Quy luật biến thiên nghịch đảo này là một hiện tượng động học hóa sinh thực phẩm phổ biến, liên quan đến cấu trúc không gian của mô cơ và sự thay thế các phân tử nước bằng các hạt lipid tự do trong tế bào (He et al., 2013). Với tỷ lệ chất béo thô cận kề ngưỡng 30%, TLB chứng minh tiềm năng thương mại vượt trội cho các quy trình chiết tách dầu cá Omega-3 cao cấp bằng phương pháp ép lạnh hoặc enzyme hóa mà không cần tốn nhiều chi phí sấy tách pha nước.

Chỉ tiêu protein thô ghi nhận giá trị vượt trội đối với mẫu TXL ($21,57 \pm 0,31\%$), theo sau là PKX ($17,30 \pm 0,20\%$) và thấp nhất là TLB ($16,33 \pm 0,06\%$). Hàm lượng protein trong TXL (21,57%) thậm chí cao hơn dải protein trung bình của một số loài cá tra, cá ngừ phụ phẩm thông thường và tương đương với phần thịt phi-lê thương phẩm cao cấp. Nguyên nhân là do TXL tập trung phần lớn các sợi cơ vân sẫm màu bám sát cột sống, có mật độ tế bào cơ dày và cấu trúc protein myofibrillar ổn định, ít bị pha tạp bởi các mô liên kết mỡ như vùng lườn bụng.

Kết quả này có sự tương đồng cao với nghiên cứu của Liaset và Espe (2008) khi các tác giả tìm thấy lượng protein thô trong thịt vụn xương lưng cá hồi dao động từ 17,9% đến 19,3%. Giá trị đậm sinh học dồi dào trong TXL và PKX ($> 17\%$) là minh chứng cho thấy các nguồn phụ phẩm này sở hữu giá trị tương đương nguyên liệu chính phẩm. Chúng là nguồn cơ chất lý tưởng cho công nghệ thủy phân (biocatalysis) nhằm thu nhận các chuỗi bioactive peptide có hoạt tính kháng oxy hóa, hoặc chế biến thành các dòng bột đậm hòa tan giàu dinh dưỡng (Stevens et al., 2018) hoặc thu nhận lipid bằng công nghệ thủy phân bằng enzyme protease.

Hàm lượng tro tổng số phản ánh hàm lượng khoáng chất tổng thể và có sự phân tách rõ rệt nhất giữa các mẫu. PKX cho thấy hàm lượng tro cực cao ($5,23 \pm 0,15\%$), cao gấp từ 4 đến 5 lần so với TXL ($1,33 \pm 0,06\%$) và TLB ($1,07 \pm 0,04\%$). Hàm lượng khoáng tập trung đậm đặc ở PKX là do phần mẫu này bao gồm cả cấu trúc đốt sống và xương dăm chưa phân tách, nơi tích tụ các muối vô cơ liên kết vững chắc.

Theo nghiên cứu y sinh của Malde et al. (2010), tro của khung xương cá hồi chứa cấu trúc tinh thể hydroxyapatite sinh học giàu Canxi (Ca) và Photpho (P) với tỷ lệ phân bố tối ưu cho sự hấp thụ của cơ thể người. Mặc dù lượng tro tổng số của PKX trong nghiên cứu này ($5,23\%$) có phần thấp hơn mẫu xương cá ép cơ học hoàn toàn của một số công trình nước ngoài do cấu trúc PKX vẫn còn bám dính một lượng thịt đáng kể ($17,30\%$) protein, kết quả này lại mở ra một hướng đi: Sản xuất dòng bột xương cá hồi "phức hợp đạm - khoáng" ứng dụng làm chất bổ sung vi chất cho các sản phẩm thực phẩm mà không gây cảm giác khô ráp, xơ cứng như bột xương thuần túy (Nguyễn Tiến Thành và Ngô Văn Anh, 2022).

Bảng 1. Thành phần hóa học cơ bản của các dòng phụ phẩm cá hồi (% khối lượng tươi)

Thành phần	TLB	TXL	PKX
Ẩm	$54,27 \pm 0,15^c$	$63,43 \pm 0,21^a$	$61,43 \pm 0,15^b$
Tro	$1,07 \pm 0,04^c$	$1,33 \pm 0,06^b$	$5,23 \pm 0,15^a$
Protein	$16,33 \pm 0,06^c$	$21,57 \pm 0,31^a$	$17,3 \pm 0,20^b$
Lipid	$28,33 \pm 0,21^a$	$13,47 \pm 0,25^b$	$15,43 \pm 0,25^b$

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau (a, b, c) trong cùng một hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) theo kiểm định hậu định Tukey HSD.

3.2. Hàm lượng Astaxanthin

Astaxanthin (3,3'-dihydroxy- β,β -carotene-4,4'-dione) là một sắc tố tự nhiên thuộc nhóm carotenoid, chịu trách nhiệm chính tạo nên màu hồng cam đặc trưng cho cơ thịt cá hồi (*Salmo salar*), đồng thời là một chất chống oxy hóa mạnh mẽ có giá trị sinh học cao. Kết quả xác định hàm lượng astaxanthin trong 3 nguồn phụ phẩm khảo sát (TLB, TXL, PKX) được trình bày tại Bảng 2.

Số liệu từ Bảng 2 cho thấy hàm lượng astaxanthin phân bố không đồng đều và có sự phân hóa rõ rệt giữa các loại phụ phẩm. Trong đó, TLB có hàm lượng sắc tố cao nhất, đạt $8,00 \pm 0,53 \mu\text{g/g}$, cao hơn có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với hai nguồn phụ phẩm còn lại. Đối với TXL ($5,79 \pm 0,06 \mu\text{g/g}$) và PKX ($5,39 \pm 0,61 \mu\text{g/g}$), sự khác biệt về hàm lượng astaxanthin là không đáng kể ($P > 0,05$) và cả hai đều được xếp chung vào nhóm b.

Sự tích tụ vượt trội của astaxanthin tại vùng lườn bụng (TLB) có thể được giải thích thông qua bản chất hóa học có tính lipophilic (ưa béo/tan trong dầu) của hợp chất carotenoid này. Trong cơ thể cá hồi, astaxanthin không chỉ tồn tại ở dạng tự do mà phần lớn liên kết với các gốc axit béo chưa no để tạo thành các phân tử astaxanthin este hóa tích tụ đậm đặc trong các mô mỡ (Saccenti et al., 2020). Đối chiếu với kết quả phân tích thành phần hóa học cơ bản (Bảng 1), TLB có hàm lượng lipid tổng số cao nhất ($28,33\%$), tạo môi trường dung môi lý tưởng để hòa tan và giữ chân cấu trúc sắc tố này. Xu hướng phân bố này hoàn toàn phù hợp với nghiên cứu của Jensen et al. (1998) và Coral-Hinostroza và Ytrestøyl (2010), khi các tác giả chỉ ra rằng độ đậm màu và hàm lượng carotenoid tổng số ở cá hồi nuôi có xu hướng phân tầng tăng dần từ vùng lưng xuống vùng lườn bụng dưới da.

Mặc dù TXL và PKX có hàm lượng chất béo thấp hơn đáng kể so với TLB, lượng astaxanthin ghi

nhận được ($> 5,3 \mu\text{g/g}$) vẫn là một con số rất có giá trị kinh tế. Đối với PKX, lượng sắc tố này bắt nguồn từ các dải thịt sẫm màu bám sâu trong các kẽ xương sống chưa được cạo lọc triệt để. Giá trị tích lũy sắc tố trong các nguồn phụ phẩm này hoàn toàn tương đồng với dải số liệu từ 4,5 đến 9,2 $\mu\text{g/g}$ do chất thải chế biến cá hồi Đại Tây Dương mang lại trong công bố bởi Spinelli et al. (1974) và Gómez-Estaca et al. (2017).

Sự hiện diện của hàm lượng astaxanthin đáng kể trong cả 3 loại phụ phẩm mang lại 2 ý nghĩa công nghệ cốt lõi cho công nghiệp thực phẩm:

Chống oxy hóa nội sinh: Astaxanthin hoạt động như một "lá chắn" sinh học, bảo vệ hệ axit béo chưa no nhiều nối đôi (PUFA) dồi dào trong phụ phẩm cá hồi (đặc biệt là Omega-3, EPA, DHA) khỏi các phản ứng gốc tự do và quá trình ôi khét do oxy hóa lipid (Gómez-Estaca et al., 2017). Điều này giúp kéo dài thời gian bảo quản tự nhiên của nguyên liệu trước khi đưa vào chế biến sâu.

Thu hồi làm chất màu và hoạt chất sinh học: Việc trích ly đồng thời lipid và astaxanthin từ TLB bằng công nghệ enzyme hoặc dung môi hữu cơ thân thiện môi trường sẽ tạo ra dòng dầu cá có màu hồng cam tự nhiên bắt mắt, giàu chất chống oxy hóa tự nhiên. Sản phẩm này có giá trị thương mại vượt trội so với dầu cá tinh luyện bị mất màu, đáp ứng nhu cầu sản xuất thực phẩm chức năng cao cấp, thực phẩm bảo vệ sức khỏe hoặc làm chất tạo màu hữu cơ trong ngành chăn nuôi thủy sản công nghệ cao (Saccenti et al., 2020).

Bảng 2. Hàm lượng sắc tố Astaxanthin trong các dòng phụ phẩm cá hồi ($\mu\text{g/g}$ khối lượng tươi)

Thành phần ($\mu\text{g/g}$)	TLB	TXL	PKX
Astaxanthin	$8,00 \pm 0,53^a$	$5,79 \pm 0,06^b$	$5,39 \pm 0,61^b$

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau (a, b) trong cùng một hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) theo kiểm định hậu định Tukey HSD.

3.3. Thành phần axit amin

Kết quả phân tích thành phần và hàm lượng axit amin từ ba dòng phụ phẩm cá hồi (TLB, TXL, PKX) được thể hiện chi tiết tại Bảng 3. Nhìn chung, cả 3 nguồn phụ phẩm đều chứa đầy đủ các axit amin cần thiết, bao gồm cả các axit amin thiết yếu và không thiết yếu, chứng minh giá trị đậm sinh học cao tương đương với các nguồn protein chính phẩm từ thủy sản.

Bảng 3. Thành phần và hàm lượng các axit amin trong các dòng phụ phẩm cá hồi (% khối lượng tươi). Giá trị báo cáo là trung bình của 2 lần lặp lại

Axit amin	TLB	TXL	PKX
Alanine	1,16	1,08	1,02
Arginine	1,16	1,06	1,06
Aspartic acid	1,66	1,24	1,41
Glutamic acid	2,51	1,97	2,1
Glycine	1,47	2,07	1,51
Histidine*	0,45	0,33	0,39
Isoleucine*	0,7	0,45	0,63

Leucine*	1,18	0,77	1,03
Lysine*	1,73	1,1	1,47
Methionine*	0,26	0,23	0,31
Phenylalanine*	0,65	0,47	0,56
Proline	0,95	0,94	0,8
Serine	0,71	0,61	0,66
Threonine*	0,69	0,42	0,63
Tyrosine	0,48	0,31	0,4
Valine*	0,85	0,55	0,69
Tổng EAA	6,51	4,32	5,71
Tổng AA	16,62	13,38	14,54
Tỷ lệ EAA/AA (%)	39,17	32,29	39,27

Ghi chú: (*) Ký hiệu các axit amin thiết yếu (EAA) đối với cơ thể người.

Dữ liệu phân tích tại Bảng 3 cho thấy tổng hàm lượng axit amin của các dòng phụ phẩm dao động từ 13,38% đến 16,62%. Trong đó, TLB chứa hàm lượng tổng axit amin cao nhất (16,62%), theo sau là PKX (14,54%) và thấp nhất là TXL (13,38%). Xu hướng này hoàn toàn tương thích và phản ánh sự đồng bộ chặt chẽ với hàm lượng protein thô tổng số đã được xác định ở Bảng 1.

Về mặt giá trị dinh dưỡng, tỷ lệ tổng axit amin thiết yếu so với tổng lượng axit amin (EAA/Tổng số) của PKX và TLB đạt giá trị rất cao, lần lượt là 39,27% và 39,17%. Theo quy chuẩn đánh giá chất lượng protein của Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) và Tổ chức Lương thực và Nông nghiệp Liên Hợp Quốc (FAO), một nguồn đạm được xếp loại có giá trị sinh học lý tưởng cho nhu cầu dinh dưỡng của con người khi tỷ lệ EAA/Tổng số đạt trên 36%. Kết quả này khẳng định TLB và PKX từ phụ phẩm cá hồi là nguồn protein chất lượng cao, chứa cấu trúc chuỗi peptide cân đối.

Trong nhóm EAA, Lysine và Leucine là 2 axit amin chiếm tỷ trọng áp đảo ở cả 3 nguồn phụ phẩm (Lysine đạt từ 1,10% đến 1,73%; Leucine đạt từ 0,77% đến 1,18%). Lysine là axit amin thiết yếu quan trọng hàng đầu cho sự phát triển cơ bắp, tổng hợp kháng thể và hấp thu canxi, vốn thường bị thiếu hụt trong các nguồn protein thực vật. Sự dồi dào của Lysine trong nghiên cứu này hoàn toàn phù hợp với các công bố của Liaset và Espe (2008) cũng như Aspevik et al. (2017) trên phụ phẩm cá hồi Đại Tây Dương (*Salmo salar*), biến nguồn nguyên liệu này thành cơ chất lý tưởng để sản xuất các dòng bột đạm bổ sung dinh dưỡng cao cấp.

Dưới góc độ công nghệ thực phẩm, hàm lượng các axit amin tạo vị (Flavor-active amino acids) đóng vai trò quyết định đến chất lượng cảm quan của sản phẩm hạ nguồn. Số liệu thực nghiệm chỉ ra rằng Glutamic acid và Aspartic acid là hai axit amin chiếm tỷ lệ cao nhất trong cấu trúc protein của cả ba mẫu phụ phẩm. Cụ thể, Glutamic acid đạt nồng độ cực đại tại TLB (2,51%), tiếp theo là PKX (2,10%) và TXL (1,97%).

Khi các liên kết peptide bị bẻ gãy tự do thông qua các biện pháp thủy phân, Glutamic acid và Aspartic acid sẽ chuyển hóa thành các gốc muối glutamate và aspartate tự do. Đây là những hợp chất tương tác mạnh mẽ với thụ thể vị giác nhằm tạo ra vị umami (vị ngọt thịt đậm đà) tự nhiên (He et al., 2013). Hàm

lượng glutamate dồi dào trong phụ phẩm cá hồi là cơ sở khoa học cốt lõi để định hướng ứng dụng chúng vào công nghệ chế biến bột nêm hữu cơ, nước mắm cao cấp hoặc dịch đậm thủy phân điều vị, giúp thay thế chất điều vị nhân tạo (mì chính/bột ngọt).

Một điểm đặc trưng công nghệ đáng lưu ý nằm ở hàm lượng Glycine. Số liệu ghi nhận Glycine tích lũy cao vượt trội trong TXL (2,07%), cao hơn rõ rệt so với PKX (1,51%) và TLB (1,47%). Glycine là axit amin có kích thước phân tử nhỏ nhất, đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành cấu trúc vòng xoắn ba siêu bền của sợi collagen liên kết tế bào cơ vân (Stevens et al., 2018). Việc TXL bám dọc cột sống lưng giữ hàm lượng Glycine cao cho thấy phần cơ thịt vụn này rất giàu các mô liên kết cơ vân bền vững.

Bên cạnh đó, lượng Glycine và Proline đáng kể trong PKX (lần lượt là 1,51% và 0,80%) liên quan mật thiết đến cấu trúc ma trận collagen loại I bọc ngoài các đốt sống cá (Malde et al., 2010). Kết quả này gợi mở giải pháp ứng dụng công nghệ enzyme sinh học để đồng thời thu hồi dịch đậm peptide và các chuỗi gelatin/collagen thủy phân hướng tới thị trường thực phẩm chức năng bảo vệ khớp hoặc mỹ phẩm chăm sóc da.

3.4. Thành phần axit béo

Thành phần và hàm lượng các axit béo (nhóm axit béo no - SFA, axit béo chưa no một nối đôi - MUFA, và axit béo chưa no nhiều nối đôi - PUFA) trích ly từ ba dòng phụ phẩm cá hồi (TLB, TXL, PKX) được thể hiện tại Bảng 4. Kết quả phân tích định lượng trên hệ thống GC-MS minh chứng lipid của cả 3 phân đoạn phụ phẩm đều giữ được cấu trúc axit béo chưa no dồi dào, mang giá trị dinh dưỡng và tiềm năng y sinh vượt trội.

Bảng 4. Hàm lượng các axit béo chính trong các phụ phẩm cá hồi (mg/g khối lượng tươi).
Giá trị báo cáo là trung bình của 2 lần lặp lại

Chỉ tiêu phân tích (mg/g lipid)	TLB	TXL	PKX
Tổng axit béo (TFA)	185,7	180	297,4
Axit béo no (SFA)	44,5	41,1	68,2
Palmitic acid (16:0)	29,6	26,9	45,0
Stearic acid (C18:0)	9,1	8,6	14,2
Axit chưa no một nối đôi (MUFA)	86,5	83,3	140,1
Oleic acid (C18:1n9C)	72,2	69,3	116,7
Axit chưa no nhiều nối đôi (PUFA)	54,7	55,6	89,1
Linoleic acid (C18:2n6C)	29,2	29,6	47,4
Enfa-Linoleic acid (C18:3n3)	8,0	8,2	13,1
Eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5n3)	3,4	3,6	5,6
Docosahexaenoic acid (DHA, C22:6n3)	9,7	9,5	15,6
Tổng nhóm Omega-3	22	22,3	35,9
Tổng nhóm Omega-6	1,4	1,5	2,3

Tỷ lệ Omega-3/Omega-6	15,7	14,9	15,6
Chỉ số Omega-3	13,1	13,1	21,2
Tỷ lệ MUFA/SFA	0,47	0,46	0,47
Tỷ lệ PUFA/SFA	0,29	0,31	0,3

Số liệu thực nghiệm tại Bảng 4 cho thấy, tổng lượng axit béo (TFA) phân bố đậm đặc nhất tại phân đoạn PKX (297,4 mg/g), theo sau là TLB (185,7 mg/g) và TXL (180,0 mg/g). Trong cấu trúc tổng thể, nhóm axit béo chưa no một nối đôi (MUFA) chiếm ưu thế tuyệt đối ở cả ba mẫu (dao động từ 83,3 đến 140,1 mg/g), với Oleic acid (C18:1n9C) là axit béo nền tảng chính (đạt từ 69,3 đến 116,7 mg/g). Việc tích lũy lượng lớn axit oleic giúp dầu béo phụ phẩm cá hồi có độ ổn định nhiệt động học cao, ít bị biến tính trong quá trình trích ly công nghiệp (Aspevik et al., 2017).

Đối với nhóm axit béo no (SFA), Palmitic acid (C16:0) là thành phần chiếm tỷ trọng lớn nhất. Tuy nhiên, tỷ lệ tổng SFA/TFA của cả 3 mẫu phụ phẩm cá hồi đều duy trì ở mức thấp ổn định (< 24%). Đặc tính này giúp mỡ cá hồi giữ được trạng thái hóa lỏng tự nhiên ngay cả ở nhiệt độ thấp, đồng thời làm giảm đáng kể chỉ số gây xơ vữa động mạch (Atherogenic Index) của nguồn lipid này khi ứng dụng vào cơ thể người (He et al., 2013).

Điểm giá trị nhất trong hồ sơ lipid của nghiên cứu này nằm ở hàm lượng nhóm axit béo chưa no nhiều nối đôi (PUFA), đặc biệt là các axit béo mạch dài thuộc hệ Omega-3. Theo số liệu từ Bảng 4, hàm lượng Omega-3 tổng số đạt giá trị rất cao tại PKX (35,9 mg/g), kế đến là TXL (22,3 mg/g) và TLB (22,0 mg/g). Trong đó, DHA (C22:6n3) đóng vai trò chủ chốt với hàm lượng dao động từ 9,5 đến 15,6 mg/g, cao gấp từ 2,5 đến 3 lần so với hàm lượng EPA (C20:5n3) (3,4 đến 5,6 mg/g).

DHA và EPA là những axit béo thiết yếu chuỗi dài, chuỗi đa quý giá, giữ vai trò cấu trúc màng tế bào thần kinh, võng mạc và có khả năng ức chế mạnh các phản ứng viêm hệ thống, bảo vệ thành mạch tim mạch (Saccenti et al., 2020). Lượng DHA/EPA dồi dào trong 3 mẫu phụ phẩm hoàn toàn tương đồng với hồ sơ lipid chuẩn của cá hồi Đại Tây Dương (*Salmo salar*) hoang dã và nuôi công nghiệp trong các công bố quốc tế của Liaset và Espe (2008).

Đặc biệt, nghiên cứu ghi nhận tỷ lệ Omega-3/Omega-6 của các mẫu phụ phẩm cá hồi đạt ngưỡng rất cao, dao động từ 14,9 đến 15,7. Theo các khuyến nghị của tổ chức y sinh hiện đại, tỷ lệ cân đối lý tưởng giữa Omega-3/Omega-6 trong chế độ ăn để phòng ngừa các bệnh mạn tính không lây là > 4,0. Do đó, mức tỷ lệ cận ngưỡng 16 trong nghiên cứu này khẳng định mỡ phụ phẩm cá hồi là nguồn chất béo sinh học lành mạnh.

Song song đó, Chỉ số Omega-3 index ghi nhận giá trị ấn tượng, đặc biệt là đối với PKX đạt 21,2. Chỉ số này chứng minh hàm lượng chất béo bám dính trong mô xương và thịt vụn cá hồi có mật độ hoạt chất hữu hiệu cao. Kết quả này đập tắt hoàn toàn quan niệm coi phụ phẩm thủy sản là "phế thải low-grade", mở ra cơ hội lớn cho các nhà máy áp dụng công nghệ ép lạnh hoặc trích ly dung môi xanh để thu hồi dòng "Dầu cá hồi giàu Omega-3" tinh khiết phục vụ trực tiếp cho phân khúc thực phẩm chức năng và dược phẩm (Gómez-Estaca et al., 2017; Stevens et al., 2018).

3.5. Thành phần nguyên tố đa lượng và vi lượng

Thành phần khoáng đa lượng, vi lượng và mức độ tích lũy các kim loại nặng trong 3 dòng phụ phẩm cá hồi (TLB, TXL, PKX) được thể hiện chi tiết tại Bảng 5. Sự phân bố các nguyên tố khoáng cho thấy, mỗi liên hệ mật thiết với cấu trúc mô giải phẫu của từng phân đoạn nguyên liệu khảo sát.

Bảng 5. Hàm lượng các nguyên tố khoáng và kim loại nặng trong các dòng phụ phẩm cá hồi (mg/kg khối lượng tươi). Giá trị báo cáo là trung bình của hai lần lặp lại

Tên chỉ tiêu	TLB	TXL	PKX
Ca	6.335	28.047	3.702
P	4.069	14.724	2.856
Cu	0,52	0,22	0,35
Fe	7,91	11,0	5,77
Zn	7,32	18,4	7,23
Mg	235	463	166
Mn	0,92	4,03	0,53
K	2.167	1.767	1.862
Na	515	1.214	455
Iod	0,3	0,29	0,29
Se	0,14	0,13	0,13
As	0,16	0,13	0,17
Cd	KPH(*)	KPH	KPH
Hg	KPH	KPH	KPH
Pb	KPH	KPH	KPH

Ghi chú: () KHP = Không phát hiện*

Số liệu từ Bảng 5 cho thấy, một quy luật phân bố khoáng chất vô cùng đặc biệt: Trong TXL (Thịt xương lưng) chứa hàm lượng khoáng đa lượng vượt trội cao nhất, vượt xa cả PKX. Cụ thể, hàm lượng Canxi (Ca) trong TXL đạt mức cực đại là 28.047 mg/kg, cao gấp 4,4 lần so với TLB (6.335 mg/kg) và gấp 7,5 lần so với PKX (3.702 mg/kg). Tương tự, hàm lượng Photpho (P) cũng tập trung cao nhất tại TXL với 14.724 mg/kg.

Hiện tượng này được giải thích là do trong quá trình phi-lê và lóc xương tại nhà máy, phần thịt bám dọc xương lưng (TXL) thường cuốn theo các mảnh xương dăm siêu nhỏ và các mô sụn đệm cốt hóa giàu khoáng chất bám dính cực kỳ chắc chắn vào cơ vân sẫm màu. Do đó, khi đồng nhất mẫu phân tích, lượng Ca và P từ cấu trúc vi xương này được giải phóng đậm đặc. Đáng chú ý, tỷ lệ Ca/P trong phân đoạn TXL đạt xấp xỉ 1,9, đây là tỷ lệ vàng sinh học tối ưu, tương thích hoàn hảo với cấu trúc ma trận hydroxyapatite xương người, giúp tăng cường khả năng hấp thu khoáng chất và ngăn ngừa hiện tượng lắng cặn vô cơ (Malde et al., 2010). Các nguyên tố nội bào như Magie (Mg) (463 mg/kg) và Natri (Na) (1.214 mg/kg) cũng tập trung đậm đặc nhất ở cơ lưng do mật độ tế bào cơ vân hoạt động cao tại vùng này.

Đối với nhóm khoáng vi lượng, các nguyên tố quý giá như Sắt (Fe) (đạt từ 5,77 đến 11,00 mg/kg) và Kẽm (Zn) (đạt từ 7,23 đến 18,40 mg/kg) phân bố dồi dào ở cả 3 phân đoạn. Sắt và kẽm là các vi chất thiết yếu tham gia cấu tạo nên hemoglobin và hoạt hóa các enzyme chuyển hóa trong cơ thể người. Ngoài ra, sự

xuất hiện ổn định của các nguyên tố vi lượng chống oxy hóa tế bào như Selen (Se) (0,13 - 0,14 mg/kg) và vi chất tuyến giáp như Iod (0,29 - 0,30 mg/kg) càng làm gia tăng giá trị y sinh cho nguồn đạm và mỡ thu hồi từ phụ phẩm cá hồi béo (Liaset & Espe, 2008).

Một trong những đóng góp khoa học quan trọng nhất của nghiên cứu này là khẳng định mức độ an toàn thực phẩm tuyệt đối của cả ba nguồn phụ phẩm cá hồi nhập khẩu. Khi đối chiếu kết quả thực nghiệm với QCVN 8-2:2011/BYT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm), toàn bộ các chỉ tiêu độc chất nguy hại đều đạt chuẩn an toàn nghiêm ngặt:

Hàm lượng Cadimi (Cd), Thủy ngân (Hg) và Chì (Pb) trong cả ba mẫu TLB, TXL, PKX đều bằng 0 (nằm dưới ngưỡng phát hiện của hệ thống ICP-MS hiện đại). Hàm lượng Asen tổng số (As) chỉ xuất hiện ở lượng vết cực nhỏ, dao động từ 0,13 đến 0,17 mg/kg, thấp hơn rất nhiều so với ngưỡng giới hạn cho phép đối với thủy sản (thường từ 0,5 - 1,0 mg/kg). Kết quả an toàn tuyệt đối này có ý nghĩa vô cùng lớn đối với các doanh nghiệp chế biến. Nó giúp đập tan hoàn toàn rào cản tâm lý e ngại của người tiêu dùng về việc tích tụ độc chất trong các thành phần "phế thải", chứng minh một cách rõ ràng rằng 3 dòng phụ phẩm cá hồi hoàn toàn đủ điều kiện pháp lý và kỹ thuật để làm nguyên liệu sạch, chế biến sâu thành các dòng thực phẩm, gia vị hữu cơ hoặc thực phẩm bảo vệ sức khỏe cho con người (Nguyễn Tiến Thành và Ngô Văn Anh, 2022).

4. Kết luận và kiến nghị

Nghiên cứu đã phác họa thành công bức tranh toàn diện về giá trị dinh dưỡng và mức độ an toàn thực phẩm của 3 dòng phụ phẩm chế biến cá hồi (*Salmo salar*). Cả 3 nguồn phụ phẩm TLB, TXL và PKX đều dồi dào protein thô (16,33 - 21,57%) và lipid tổng số (13,47 - 28,33%). Thành phần axit béo cực kỳ quý giá với hàm lượng cao các axit béo chưa no chứa nhiều nối đôi Omega-3 (DHA lên tới 15,6 mg/g). Dữ liệu về axit amin cân đối, giàu lysine, leucine và các axit amin tạo vị ngọt ngọt thịt (glutamic acid đạt trên 1,97%). Ngoài ra, nguyên liệu còn tích lũy lượng lớn sắc tố chống oxy hóa tự nhiên astaxanthin (đặc biệt là TLB đạt 8,00 µg/g) và nguồn khoáng đa lượng Ca, P dồi dào với tỷ lệ sinh học lý tưởng. Các chỉ tiêu kim loại nặng độc hại đáp ứng tiêu chuẩn an toàn thực phẩm theo qui định. Kết quả đạt được trong nghiên cứu này mở ra tiềm năng khai thác và ứng dụng các loại phụ phẩm từ chế biến cá hồi để phát triển thành các sản phẩm giá trị gia tăng, cao cấp phục vụ nhu cầu tiêu dùng ngày càng cao ■

Lời cảm ơn:

Nghiên cứu này được tài trợ bởi nguồn ngân sách khoa học và công nghệ của Trường Đại học Nha Trang trong đề tài mã số TR2025 - 13 - 29.

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Aspevik, T., Oterhals, A., From, S., & Anfindsen, S. (2017). Composition and functional properties of protein hydrolysates from Atlantic salmon (*Salmo salar*) co-products. *Process Biochemistry*, 54, 175 - 184.
- Coral-Hinostroza, G. N., & Ytrestøyl, T. (2010). Carotenoid distribution and depletion in Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle tissues during different growth phases. *Aquaculture Nutrition*, 16(4), 345 - 353.
- Gómez-Estaca, J., Comunian, T. A., Montero, P., & Gomez-Guillen, M. C. (2017). Encapsulation of astaxanthin-rich salmon oil by complex coacervation as a method to prevent lipid oxidation and improve pigment stability. *Food Chemistry*, 218, 464 - 472.
- García-Romero, J., Ginés, R., Izquierdo, M. S., Haroun, R., Badilla, R., & Robaina, L. (2014). Effect of dietary substitution of fish meal for marine crab and echinoderm meals on growth performance, ammonia-N excretion, skin colouration and final flesh quality and lipid oxidation of red porgy (*Pagrus pagrus*). *Aquaculture*, 422 - 423.

- He, S., Franco, C., & Zhang, W. (2013). Functions, applications and production of protein hydrolysates from fish processing co-products (and wastes). *Food Research International*, 50 (1), 289 - 297.
- Jensen, C., Birk, E., Jokumsen, A., Skibsted, L. H., & Bertelsen, G. (1998). Effect of dietary levels of astaxanthin on pigment deposition and lipid oxidation in farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Aquaculture*, 162 (3 - 4), 235 - 246.
- Liaset, B., & Espe, M. (2008). Chemical composition and theoretical nutritional value of different fractions of raw materials from Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Bioresource Technology*, 99 (10), 4272 - 4278.
- Malde, M. K., Graff, I. E., Siljander-Rasi, Z., Pedersen, J. I., Valaja, J., Frami, M., ... & Julshamn, K. (2010). Fish bones - a good source of calcium. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90 (1), 101 - 106.
- Nguyễn Tiến Thành và Ngô Văn Anh (2022). Hiện trạng và tiềm năng phát triển kinh tế tuần hoàn từ phụ phẩm thủy sản tại Việt Nam. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy sản*, 14 (2), 45 - 53.
- Ramamoorthy, K., Bhuvaneswari, S., Sankar, G., & Sakkaravarthi, K. (2010). Color enhancement in marine ornamental fish *Amphiprion ocellaris* using natural carotenoid sources. *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 1 (4), 406 - 411.
- Saccenti, G., Vignali, C., & Cornale, P. (2020). Astaxanthin recovery from Atlantic salmon (*Salmo salar*) processing waste: A review on extraction technologies and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 99, 312 - 323.
- Stevens, J. R., Newton, R. W., Tlustý, M., & Little, D. C. (2018). The rise of aquaculture by-products: Increasing food production, value, and sustainability through efficient utilisation. *Marine Policy*, 90, 115 - 124.
- Spinelli, J., Lehman, L., & Wieg, D. (1974). Composition and utilization of carotenoid pigments from salmon processing by-products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 22 (6), 1107 - 1111.
- World Health Organization, Food and Agriculture Organization of the United Nations, & United Nations University (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition: Report of a joint FAO/WHO/UNU expert consultation (WHO Technical Report Series No. 935). World Health Organization. who.int
- Bộ Y tế. (2011). QCVN 8-2:2011/BYT: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm. <https://nifc.gov.vn/files/media/202205/qcvn82-2011.pdf>

Thông tin tác giả:

**TRẦN THỊ MỸ HẠNH¹ - NGUYỄN XUÂN DUY²
- PHẠM VĂN ĐẠT³ - TRẦN NGỌC LỆ⁴ - NGUYỄN THỊ KIM CÚC⁵**

¹Trung tâm Đổi mới sáng tạo, Trường Đại học Nha Trang
Center for Innovation, Nha Trang University
E-mail: myhanhtt@ntu.edu.vn

²Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Đại học Nha Trang
Faculty of Food Technology, School of Fisheries and Life Sciences, Nha Trang University

³Trung tâm Nghiên cứu và Chế biến Thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang
Center for Food Research and Processing, Nha Trang University

⁴Trung tâm Nghiên cứu và Phát triển công nghệ cao, Trường Đại học Nha Trang
Center for High-Tech Research and Development, Nha Trang University

⁵Khoa Công nghệ sinh học, Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Đại học Nha Trang
Faculty of Biotechnology, School of Fisheries and Life Sciences, Nha Trang University