

THU NHẬN ĐỒNG THỜI BỘT PROTEIN THỦY PHÂN VÀ LIPID THÔ TỪ PHỤ PHẨM THỊT VUN CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*) TẠI CÔNG ĐOẠN CHỈNH HÌNH CÁ BẰNG ENZYME THƯƠNG MẠI

Phạm Viết Nam^{1,*}, Hoàng Ngọc Cương², Trần Thị Mỹ Kim¹,
Lý Thị Kiều¹, Đinh Thị Phương Nhiên¹, Nguyễn Đỗ Bảo Trân¹,
Cù Ngọc Huỳnh¹, Phan Thị Phương Thảo¹

¹Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

²Trường Đại học Bình Dương

*Email: nampv@huit.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá khả năng tận dụng thịt vụn cá tra phát sinh tại công đoạn chỉnh hình cá phi lê đông lạnh để thu nhận đồng thời bột protein thủy phân và lipid thô bằng enzyme Alcalase. Kết quả khảo sát cho thấy, thịt vụn cá tra phát sinh với tỷ lệ cao (22,5-24,7%) và có tiềm năng trở thành nguồn nguyên liệu giàu protein, lipid cho quá trình chế biến sâu. Quá trình thủy phân ở điều kiện Alcalase 0,8%, nhiệt độ 60°C trong thời gian 6 giờ đạt độ thủy phân 30,32% và hiệu suất thu hồi nitơ đạt 89,28%, tạo dịch protein có hàm lượng protein hòa tan cao và đặc tính phù hợp cho ứng dụng thực phẩm. Đồng thời, phân đoạn lipid thu hồi chứa hàm lượng đáng kể acid béo không bão hòa, trong đó có EPA và DHA. Bột protein thủy phân thu nhận có hàm lượng protein cao, độ hòa tan tốt (98,65%) và chất lượng vi sinh đạt yêu cầu. Nghiên cứu cho thấy tiềm năng khai thác thịt vụn cá tra theo hướng thu hồi đa sản phẩm, góp phần nâng cao giá trị phụ phẩm và phát triển bền vững ngành chế biến thủy sản.

Từ khóa: Thịt vụn cá tra, protein thủy phân, bột protein thủy phân, lipid thô.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong bối cảnh phát triển kinh tế tuần hoàn và gia tăng nhu cầu protein, việc khai thác hiệu quả phụ phẩm thủy sản trở thành hướng tiếp cận quan trọng. Trong chế biến cá đông lạnh, phụ phẩm chiếm khoảng 30-70% khối lượng nguyên liệu [1, 2], chứa hàm lượng protein và hợp chất sinh học đáng kể nhưng phần lớn chưa được sử dụng hiệu quả. Thủy phân enzyme được xem là giải pháp tiềm năng nhằm nâng cao giá trị protein thứ cấp [1], cho phép thu nhận các peptide có hoạt tính sinh học như chống oxy hóa, kháng khuẩn và hỗ trợ miễn dịch [3, 4], với khả năng ứng dụng trong thực phẩm chức năng [1], dược phẩm [5] và vật liệu sinh học [6]. Xu hướng hiện nay hướng đến khai thác tích hợp phụ phẩm theo mô hình không chất thải.

Tại Việt Nam, cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) là sản phẩm xuất khẩu chủ lực, trong đó phi lê chiếm khoảng 40% khối lượng,

còn lại gần 60% là phụ phẩm [7, 8]. Nguồn phụ phẩm này chứa 18-25% protein và 7-16% lipid [3, 5], nhưng chủ yếu vẫn được sử dụng làm bột cá dẫn đến giá trị gia tăng thấp. Đáng chú ý, dòng thịt vụn phát sinh tại khâu chỉnh hình cá có độ đồng nhất cao và giàu protein nhưng chưa được sử dụng riêng lẻ để nghiên cứu thu nhận đồng thời các sản phẩm giá trị gia tăng như dịch protein thủy phân, lipid. Các nghiên cứu trước đây chủ yếu sử dụng hỗn hợp phụ phẩm [3, 4, 6] và tập trung vào tối ưu hóa điều kiện thủy phân hoặc đánh giá sản phẩm [8, 9], trong khi việc thu nhận và quản lý phụ phẩm tại điểm phát sinh trong nhà máy chưa được tiếp cận hệ thống. Điều này tạo ra khoảng cách giữa nghiên cứu và thực tiễn sản xuất. Với sản lượng phụ phẩm cá tra khoảng 1,3 triệu tấn/năm, riêng thịt vụn khoảng 100.000 tấn [7], việc khai thác hiệu quả dòng nguyên liệu này có ý nghĩa quan trọng. Nghiên cứu này nhằm: (i) đánh giá thực trạng phát sinh và thu nhận phụ phẩm thịt vụn tại khâu chỉnh

hình cá tra phi lê đông lạnh; (ii) ứng dụng enzyme thương mại để thu nhận đồng thời bột protein thủy phân và lipid thô.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Phụ phẩm thịt vụn cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) được thu nhận trực tiếp tại công đoạn chỉnh hình trong dây chuyền chế biến cá tra phi lê đông lạnh tại Nhà máy Ấn Độ Dương - Khu Công nghiệp Thốt Nốt, thành phố Cần Thơ trực thuộc Công ty Cổ phần Nam Việt, tỉnh An Giang. Nguyên liệu được thu trong cùng một ca sản xuất nhằm hạn chế biến động về thành phần hóa học và chất lượng cảm quan. Sau khi thu nhận, thịt vụn được loại bỏ tạp chất cơ học (mảnh da dư...), đóng gói trong túi polyethylene và bảo quản ở nhiệt độ 0-4°C trong thùng xốp, nhanh chóng vận chuyển về phòng thí nghiệm không vượt quá 8 giờ. Mẫu được xay nhỏ bằng máy có đường kính lỗ sàng 1 cm, đồng nhất mẫu, chia nhỏ mỗi mẫu 100 g/PE, cấp đông và bảo quản mẫu ở nhiệt độ -18°C để sử dụng dần trong suốt thí nghiệm thủy phân.

Enzyme protease thương mại Alcalase 2,4L (pH và nhiệt độ tối thích lần lượt 7,0-8,5; 50-70°C), sử dụng trong nghiên cứu được mua từ Công ty Novozymes Việt Nam. Các hóa chất khác đều đạt cấp độ phân tích và được sử dụng trực tiếp mà không qua xử lý bổ sung. Nước cất hai lần được sử dụng trong toàn bộ quá trình thí nghiệm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Khảo sát thực trạng phát sinh, thu gom và quản lý thịt vụn tại công đoạn chỉnh hình.

Khảo sát thực tế thực trạng phát sinh, thu gom và quản lý thịt vụn cá tại công đoạn chỉnh hình được thực hiện trực tiếp trên dây chuyền chế biến cá tra phi lê đông lạnh tại Nhà máy Ấn Độ Dương - Công ty Cổ phần Nam Việt, tỉnh An Giang trong 3 đợt khảo sát độc lập (3 ngày/đợt). Các chỉ tiêu khảo sát gồm: (i) tỷ lệ phát sinh thịt vụn tại công đoạn chỉnh hình; (ii) điều kiện thu gom, phân loại, bảo quản và thời gian lưu giữ; (iii) sự biến đổi thành phần hóa học, chất lượng cảm quan và tổng số vi sinh vật hiếu khí của thịt vụn trong quá trình lưu giữ tại phân xưởng. Kết

quả được sử dụng làm cơ sở đánh giá khả năng sử dụng thịt vụn làm nguyên liệu cho quá trình thủy phân enzyme.

Thí nghiệm 2: Khảo sát ảnh hưởng của điều kiện thủy phân thịt vụn cá tra tại công đoạn chỉnh hình đến chất lượng dịch protein thủy phân và lipid thô thu nhận.

Thí nghiệm được bố trí theo phương pháp đơn yếu tố (One Factor At A Time - OFAT) nhằm đánh giá ảnh hưởng riêng biệt của tỷ lệ enzyme Alcalase bổ sung và thời gian thủy phân đến chất lượng dịch protein thủy phân thu nhận từ thịt vụn cá tra. Đầu tiên, ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme Alcalase được khảo sát tại các mức 0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2% (w/w, tính theo khối lượng enzyme/nguyên liệu) trong điều kiện thời gian thủy phân cố định. Dựa trên kết quả đánh giá độ thủy phân (DH) và hiệu suất thu hồi nitơ (NR), tỷ lệ enzyme thích hợp được lựa chọn để tiếp tục khảo sát ảnh hưởng của thời gian thủy phân ở các mức 3, 4, 5, 6, 7, 8 giờ. Quá trình thủy phân được thực hiện với 100 g thịt vụn cá tra sau đã đông gián tiếp bằng nước chảy, bổ sung 100 mL nước cất và khuấy trộn đồng nhất trong cốc thủy tinh 500 mL. Hỗn hợp được gia nhiệt trong bể ổn nhiệt ở 60°C, bổ sung enzyme Alcalase theo từng mức khảo sát và khuấy liên tục nhằm đảm bảo enzyme tiếp xúc đồng đều với cơ chất. Nhiệt độ thủy phân 60°C được lựa chọn dựa trên khoảng hoạt động thích hợp của enzyme Alcalase, trong khi pH tự nhiên của nguyên liệu được duy trì nhằm hạn chế sự điều chỉnh hóa học và phù hợp với điều kiện ứng dụng thực tế. Bình phản ứng được đậy kín bằng giấy bạc trong suốt quá trình thủy phân để hạn chế ảnh hưởng của môi trường bên ngoài [3]. Sau khi kết thúc quá trình thủy phân, enzyme được bất hoạt ở 95°C trong 15 phút. Hỗn hợp thủy phân được lọc để tách phần bã rắn và dịch lọc; dịch lọc tiếp tục được ly tâm ở 5.000 vòng/phút, 4°C trong 15 phút nhằm phân tách lipid thô, phần protein không hòa tan và dịch hòa tan. Dịch hòa tan sau ly tâm được đồng hóa và sử dụng để phân tích các chỉ tiêu chất lượng gồm: Hàm lượng chất khô (%), độ thủy phân (DH, %) và hiệu suất thu hồi nitơ (NR, %). Dựa trên sự biến đổi của các chỉ tiêu đánh giá, điều kiện thủy phân thích hợp trong phạm vi khảo sát được lựa chọn để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

Thí nghiệm 3: Khảo sát ảnh hưởng của điều kiện cô đặc dịch protein thủy phân thịt vụn cá tra đến chất lượng bột protein thủy phân thu nhận.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên 1 nhân tố với 5 nghiệm thức và 3 lần lặp lại. Nhân tố khảo sát là thời gian cô đặc chân không: 2, 3, 4, 5, 6 giờ. Quá trình cô đặc dịch protein thủy phân phụ phẩm thịt vụn cá tra được thực hiện như sau: Cho 5 lít mẫu dịch hoà tan thu nhận ở thí nghiệm 2 vào bình chứa của thiết bị cô đặc chân không, cài đặt các thông số cho thiết bị cô đặc chân không: Áp suất chân không 720 mmHg,

hiệt độ cô đặc chân không 60°C [10]. Thực hiện cô đặc chân không dịch thủy phân với thời gian lần lượt là 2, 3, 4, 5, 6 giờ. Sau khi quá trình cô đặc kết thúc, lấy mẫu dịch cô đặc đem sấy chân không thăng hoa để thu nhận bột protein thủy phân. Phần dịch cô đặc và bột protein thủy phân được lấy mẫu đồng thời để đánh giá các chỉ tiêu: Màu, mùi, hàm lượng chất khô (đánh giá riêng cho dịch cô đặc), protein, lipid. Dựa vào kết quả đánh giá thu được lựa chọn được thời gian cô đặc thích hợp nhất.

2.2.2. Phương pháp phân tích

Bảng 1. Phương pháp phân tích

Chỉ tiêu phân tích	Phương pháp phân tích
Hàm lượng ẩm và tro	Hàm lượng ẩm được xác định theo AOAC 950.46 [11]; hàm lượng tro được xác định theo AOAC 938.08 [11]
Hàm lượng protein thô	Được xác định bằng phương pháp Kjeldahl theo AOAC 981.10 [11]
Hàm lượng lipid tổng số	Được xác định bằng phương pháp Soxhlet theo AOAC 960.39 [11]
Độ thủy phân (DH)	Được xác định thông qua tỷ lệ giữa số liên kết peptide bị cắt và tổng số liên kết peptide trên một đơn vị khối lượng protein ban đầu [12]
Hiệu suất thu hồi nitơ (NR)	Được tính toán theo công thức $NR = \frac{N_{TP}}{N_{NL}} \times 100 (\%)$ [3]
Tổng chất rắn hòa tan (TSS)	Đo bằng khúc xạ kế (°Brix)
Chỉ số peroxide	Chỉ số peroxide được xác định bằng phương pháp chuẩn độ iod theo AOAC 965.33, kết quả biểu thị bằng meq O ₂ /kg lipid [11]
Thành phần acid béo	Lipid được chuyển thành methyl ester acid béo (FAME) và phân tích bằng GC-FID theo AOAC 996.06 [11]
Acid béo tự do (FFA)	Phương pháp chuẩn độ acid-base theo AOAC 940.28, kết quả biểu thị bằng mg KOH/g lipid [11]
Hàm lượng vitamin A biểu kiến	Hàm lượng vitamin A biểu kiến được xác định bằng phương pháp quang phổ hấp thụ UV-Vis theo Pearson (1976) [13]
Màu sắc	Máy đo màu Colorimeter (PCE-CSM 2, Southampton, Anh)
Đánh giá cảm quan	Cho điểm theo phương pháp Hedonic [14]

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thực trạng thu nhận và quản lý thịt vụn tại công đoạn chỉnh hình đến chất lượng phụ phẩm thịt vụn cá

3.1.1. Thực trạng thu gom, khối lượng và phương pháp quản lý phụ phẩm thịt vụn cá tra phát sinh tại công đoạn chỉnh hình cá

Khảo sát thực tế tại nhà máy chế biến cá tra phi lê đông lạnh cho thấy, phụ phẩm thịt vụn cá tra phát sinh chủ yếu tại công đoạn chỉnh hình, bao gồm: Phần thịt đỏ, phần cơ thịt bị cắt tỉa và

các phần thịt không đạt yêu cầu về hình dạng, kích thước. Sau khi phát sinh, thịt vụn được thu gom riêng bằng dụng cụ chuyên biệt, loại bỏ phần da còn sót, sau đó tập kết tại khu vực chỉnh hình và bảo quản gián tiếp bằng nước đá nhằm duy trì nhiệt độ nguyên liệu ≤ 5°C. Thịt vụn cá được lưu giữ trong thời gian của ca sản xuất (khoảng 4 giờ) trước khi vận chuyển đến khu vực chế biến các sản phẩm giá trị gia tăng như surimi và chả cá, qua đó góp phần hạn chế sự biến đổi chất lượng và duy trì khả năng sử dụng của phụ phẩm.

Khối lượng phụ phẩm thịt vụn cá tra phát sinh qua 3 đợt khảo sát (3 ngày/đợt) được trình bày ở bảng 2. Kết quả cho thấy, tỷ lệ thịt vụn thu hồi dao động trong khoảng $22,47 \pm 0,85\%$ đến $24,71 \pm 0,91\%$ trên 1.000 kg nguyên liệu, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các đợt khảo sát. Sự biến động này có thể liên quan đến đặc điểm nguyên liệu đầu vào, thao tác kỹ thuật của công nhân và yêu cầu kiểm soát hình dạng, màu sắc của sản phẩm cá phi lê trong quá trình chinh hình.

Kết quả khảo sát cho thấy, công đoạn chinh hình không chỉ đóng vai trò hoàn thiện chất lượng cảm quan của sản phẩm phi lê mà còn là điểm phát sinh nguồn phụ phẩm có giá trị dinh dưỡng cao. Việc thu gom riêng và kiểm soát điều kiện bảo quản ngay tại nơi phát sinh góp phần hạn chế

sự suy giảm chất lượng protein, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình thu hồi và chuyển hóa thịt vụn cá tra thành các sản phẩm giá trị gia tăng như bột protein thủy phân.

Bảng 2. Khối lượng phụ phẩm thịt vụn cá tra phát sinh trong 1.000 kg nguyên liệu cá

Đợt khảo sát	Tỷ lệ thịt vụn cá (%)
Đợt 1	$23,75 \pm 0,78^a$
Đợt 2	$24,71 \pm 0,91^b$
Đợt 3	$22,47 \pm 0,85^c$

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau (a, b, c) trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.1.2. Thành phần hoá học của thịt vụn cá tra

Bảng 3. Thành phần hoá học của phụ phẩm thịt vụn cá tra

Phụ phẩm cá tra	Protein (%)	Lipid (%)	Nước (%)	Tro (%)	Tham khảo
Thịt vụn cá ngay sau khi chinh hình	$14,95 \pm 0,75^a$	$15,72 \pm 0,75^a$	$64,31 \pm 0,25^a$	$4,93 \pm 0,25^a$	Nghiên cứu này
Thịt vụn cá bảo quản 4 giờ	$13,92 \pm 0,75^b$	$14,95 \pm 0,75^b$	$65,58 \pm 0,25^b$	$4,85 \pm 0,25^a$	
Thịt vụn cá bảo quản 8 giờ	$13,27 \pm 0,75^c$	$14,75 \pm 0,75^{bc}$	$66,82 \pm 0,25^c$	$4,68 \pm 0,25^a$	
Phụ phẩm cá tra (đầu, xương, vây và nội tạng cá)	$14,66 \pm 0,75$	$15,28 \pm 0,75$	$65,11 \pm 0,25$	$5,63 \pm 0,25$	[3]
Phụ phẩm cá tra (đầu, xương, vây)	$12,76 \pm 0,48$	$21,19 \pm 0,32$	$59,27 \pm 0,33$	$7,02 \pm 0,24$	[15]

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau (a, b, c) trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Bảng 3 cho thấy, thịt vụn cá tra sau chinh hình có hàm lượng protein 14,95%, lipid 15,72%, ẩm 64,31% và tro 4,93%, phản ánh nguồn phụ phẩm giàu dinh dưỡng. Trong bảo quản, protein giảm còn 13,27% sau 8 giờ, độ ẩm tăng lên 66,82%, lipid giảm nhẹ và tro ít biến động; sự tăng độ ẩm này có thể do nước đá bảo quản bị tan chảy ngấm vào thịt vụn và biến đổi sinh hóa làm suy giảm chất lượng nguyên liệu. So với phụ phẩm hỗn hợp trong kết quả nghiên cứu của Nam và cs (2020) [3], Bùi Thị Thu Hiền và cs (2021) [15], thịt vụn có hàm lượng tro thấp hơn và ổn định hơn do ít lẫn xương, khẳng định tiềm năng cho chế biến giá trị cao. Tuy nhiên, xu hướng tăng ẩm và giảm protein cho thấy cần thu gom và chế biến sớm, đồng thời kiểm soát tốt thời gian và

điều kiện bảo quản để duy trì hiệu suất thu hồi protein và giá trị kinh tế.

3.1.3. Đánh giá chất lượng cảm quan phụ phẩm thịt vụn cá tra

Điểm đánh giá cảm quan của phụ phẩm thịt vụn cá tra trong quá trình bảo quản tại phân xưởng được trình bày ở bảng 4. Kết quả cho thấy, chất lượng cảm quan của thịt vụn có xu hướng giảm dần theo thời gian bảo quản, thể hiện qua sự giảm điểm cảm quan từ $8,25 \pm 0,12$ điểm tại thời điểm ban đầu xuống $7,98 \pm 0,15$ điểm sau 4 giờ và giảm mạnh còn $6,43 \pm 0,19$ điểm sau 8 giờ, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Sau 12 giờ bảo quản, điểm cảm quan tiếp tục giảm xuống $5,85 \pm 0,15$ điểm, cho thấy nguyên liệu bắt đầu có sự suy giảm rõ rệt về trạng thái, mùi và màu sắc.

Bảng 4. Điểm cảm quan của phụ phẩm thịt vụn cá tra trong quá trình bảo quản

Thịt vụn cá tra tại khâu chinh hình	Thời gian bảo quản (giờ)			
	0	4	8	12
	$8,25 \pm 0,12^a$	$7,98 \pm 0,15^a$	$6,43 \pm 0,19^b$	$5,85 \pm 0,15^c$

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau (a, b, c) trong cùng một hàng ngay thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả này cho thấy, phương pháp bảo quản bằng đá tại nhà máy có khả năng duy trì chất lượng cảm quan thịt vụn trong khoảng thời gian lưu giữ của ca sản xuất (khoảng 4 giờ), phù hợp cho việc thu gom và vận chuyển nguyên liệu đến công đoạn chế biến tiếp theo.

3.1.4. Tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC)

TPC của phụ phẩm thịt vụn cá tra trong quá trình bảo quản lưu trữ tại phân xưởng sản xuất được trình bày ở bảng 5. Kết quả cho thấy, TPC có xu hướng gia tăng theo thời gian bảo quản, từ $96,50 \pm 0,13 \times 10^3$ CFU/g tại thời điểm ban đầu tăng lên $98,50 \pm 0,13 \times 10^3$ CFU/g sau 4 giờ, $117 \pm 0,32 \times 10^3$ CFU/g sau 8 giờ và đạt $128 \pm 0,42 \times 10^3$ CFU/g sau 12 giờ, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các thời điểm khảo sát ($p < 0,05$). Sự gia tăng này cho thấy, mặc dù điều kiện bảo quản bằng đá giúp làm chậm quá trình

phát triển của vi sinh vật, nhưng không thể loại bỏ hoàn toàn sự gia tăng mật độ vi sinh trong quá trình lưu giữ nguyên liệu.

Xu hướng gia tăng TPC theo thời gian bảo quản có thể liên quan đến đặc tính giàu protein, hàm lượng ẩm cao và diện tích tiếp xúc lớn của thịt vụn sau quá trình cắt tỉa, tạo điều kiện thuận lợi cho vi sinh vật phát triển. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, cho thấy phụ phẩm thủy sản dạng thịt vụn có nguy cơ biến đổi vi sinh cao do quá trình xử lý cơ học làm tăng diện tích tiếp xúc với môi trường và thúc đẩy sự xâm nhập của vi sinh vật [16, 17]. Vì vậy, việc rút ngắn thời gian lưu giữ và duy trì điều kiện bảo quản lạnh bằng đá là yếu tố quan trọng nhằm bảo đảm chất lượng nguyên liệu trước khi sử dụng cho các quá trình chế biến tiếp theo.

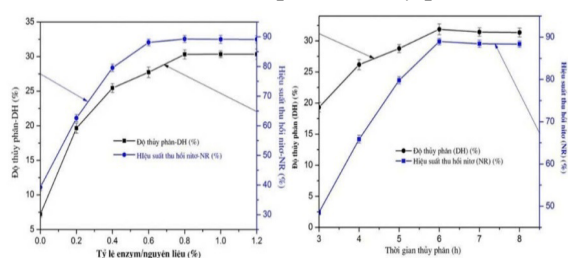
Bảng 5. TPC của thịt vụn cá tra trong quá trình bảo quản $\times 10^3$ /g CFU

Mẫu	Thời gian bảo quản (giờ)			
	0	4	8	12
Thịt vụn cá tra tại khâu chỉnh hình	$96,50 \pm 0,13^a$	$98,50 \pm 0,13^b$	$117 \pm 0,32^c$	$128 \pm 0,42^d$

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau (a, b, c, d) trong cùng một ngày thu mẫu thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2. Ảnh hưởng của điều kiện thủy phân thịt vụn cá tra tại công đoạn chỉnh hình đến chất lượng dịch protein thủy phân và lipid thô thu nhận

3.2.1. Ảnh hưởng của điều kiện thủy phân đến DH và NR của dịch protein thủy phân



Hình 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme Alcalase bổ sung và thời gian thủy phân phụ phẩm thịt vụn cá tra tại khâu chỉnh hình đến DH, NR

Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme Alcalase bổ sung và thời gian thủy phân thịt vụn cá tra tại công đoạn chỉnh hình đến độ thủy phân (DH) và hiệu suất thu hồi nito (NR) được trình bày ở hình 1. Kết quả cho thấy, khi tăng tỷ lệ enzyme Alcalase từ 0 - 0,8% (w/w), DH và NR tăng rõ rệt, trong đó DH tăng từ khoảng 7,23% lên trên

30,32%, đồng thời NR tăng từ 39,25% lên 89,28%. Sự gia tăng DH và NR cho thấy enzyme Alcalase ở nồng độ thích hợp đã thúc đẩy quá trình phân cắt protein, làm tăng lượng peptide hòa tan và các hợp chất nitơ trong dịch thủy phân. Khi tỷ lệ enzyme tăng lên 1,0-1,2%, DH và NR hầu như không thay đổi, chứng tỏ cơ chất đã trở thành yếu tố giới hạn và việc bổ sung thêm enzyme không cải thiện hiệu quả thủy phân.

Ảnh hưởng của thời gian thủy phân cũng thể hiện xu hướng tương tự. Trong khoảng 3-6 giờ đầu, DH tăng từ 19,32% lên trên 31,87% và NR tăng từ 48,54% lên 88,96%, phản ánh giai đoạn enzyme hoạt động mạnh và quá trình hòa tan protein diễn ra hiệu quả. Khi kéo dài thời gian thủy phân đến 8 giờ, DH gần như không tiếp tục gia tăng, trong khi NR có xu hướng giảm nhẹ, có thể liên quan đến sự suy giảm hoạt tính enzyme theo thời gian và sự tương tác giữa các sản phẩm thủy phân với hệ phản ứng. Xu hướng này phù hợp với các nghiên cứu trước đây khi thủy phân phụ phẩm cá bằng enzyme protease, trong đó DH và NR thường tăng nhanh trong giai đoạn đầu, sau đó đạt trạng thái bão hòa khi lượng cơ chất dễ

bị phân cắt giảm dần [3]. Kết quả nghiên cứu của Mulyasari và cs (2023) [18] cũng ghi nhận hiệu quả thủy phân tăng mạnh ở giai đoạn đầu và giảm tốc độ gia tăng khi vượt quá mức enzyme thích hợp. Tương tự, sự gia tăng DH theo thời gian và xu hướng ổn định ở giai đoạn kéo dài được báo cáo do sự giảm hoạt tính enzyme và tích tụ các sản phẩm thủy phân [19].

Dựa trên sự biến đổi của DH và NR, tỷ lệ Alcalase 0,8% (w/w) với thời gian thủy phân 6 giờ được lựa chọn là điều kiện thích hợp trong phạm vi khảo sát, đảm bảo khả năng thu hồi protein hòa tan cao và phù hợp cho quá trình thu nhận dịch protein thủy phân từ thịt vụn cá tra.

3.2.2. Thành phần hoá học của dịch protein thủy phân từ thịt vụn cá tra

Bảng 6. Đặc tính dịch thủy phân từ phụ phẩm thịt vụn cá tra tại khâu chỉnh hình cá

Thông số	Hàm lượng
Protein (%)	11,82±1,08
Lipid (%)	0,78±0,15
Hàm lượng chất khô (%)	13,65±1,15
Độ thủy phân (%)	30,32±0,75
Màu sắc	Nâu
Mùi	Thơm đặc trưng

Đặc tính của dịch thủy phân từ thịt vụn cá tra tại khâu chỉnh hình cá được trình bày ở bảng 6. Kết quả cho thấy, dịch thủy phân đạt độ thủy phân 30,32±0,75%, hàm lượng protein hòa tan 11,82±1,08%, hàm lượng chất khô 13,65±1,15% và hàm lượng lipid còn lại 0,78±0,15%. Các chỉ

tiêu này cho thấy, quá trình thủy phân bằng enzyme Alcalase đã thúc đẩy sự phân cắt protein cơ thịt, tạo thành các peptide hòa tan và các hợp chất nitơ có khả năng hòa tan cao trong pha dịch.

So với kết quả nghiên cứu của Trinh và Nguyen (2019) [20], khi thủy phân phụ phẩm cá tra bằng Alcalase, dịch thủy phân đạt DH trong khoảng 28-35%, cho thấy hiệu quả phân cắt protein tương đồng với kết quả nghiên cứu hiện tại. Kết quả này cho thấy, điều kiện Alcalase 0,8% và thời gian thủy phân 6 giờ phù hợp để tạo dịch protein thủy phân có mức độ phân giải cao từ thịt vụn cá tra tại công đoạn chỉnh hình. Tương tự, nghiên cứu của Vo và cs (2017) [21] ghi nhận, dịch thủy phân phụ phẩm cá có DH khoảng 30-33%, trong đó quá trình thủy phân tạo ra lượng lớn peptide hòa tan, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và khả năng ứng dụng của sản phẩm. Đối với nghiên cứu của [3], thủy phân phụ phẩm cá tra bằng enzyme protease cũng cho thấy khả năng thu hồi hiệu quả các hợp chất protein hòa tan từ nguồn nguyên liệu phụ phẩm. Nhìn chung, dịch protein thủy phân từ thịt vụn cá tra tại công đoạn chỉnh hình cho thấy quá trình thủy phân đã tạo được lượng protein hòa tan đáng kể, mức độ thủy phân phù hợp và đặc tính cảm quan ổn định, cho thấy tiềm năng ứng dụng trong sản xuất các sản phẩm giàu protein thủy phân và các sản phẩm giá trị gia tăng từ phụ phẩm thủy sản.

3.2.3. Đặc tính của phân đoạn lipid thô thu nhận từ quá trình thủy phân thịt vụn cá tra

Bảng 7. Thành phần acid béo của phân đoạn lipid thô thu nhận từ thủy phân thịt vụn cá tra

Nhóm acid béo	Acid béo	Hàm lượng (mg/g mẫu)
Acid béo bão hòa (SFA)	Myristic acid (C14:0)	1,38
	Palmitic acid (C16:0)	0,91
	Stearic acid (C18:0)	2,23
	Tổng SFA	4,52
Acid béo không bão hòa (UFA)	Palmitoleic acid (C16:1ω7)	5,63
	Oleic acid (C18:1ω9)	7,34
	Linoleic acid (C18:2ω6)	9,79
	α-Linolenic acid (C18:3ω3)	8,25
	Arachidonic acid (C20:4ω6)	9,86
	Eicosapentaenoic acid (EPA, C20:5ω3)	11,74
	Docosahexaenoic acid (DHA, C22:6ω3)	15,12
	Tổng UFA	67,73

Thành phần acid béo của phân đoạn lipid thô thu nhận từ quá trình thủy phân thịt vụn cá tra bằng enzyme Alcalase được trình bày ở bảng 7. Kết quả cho thấy, phân đoạn lipid chứa cả acid béo bão hòa và không bão hòa, trong đó tổng hàm lượng acid béo bão hòa đạt 4,52 mg/g mẫu, còn tổng các acid béo không bão hòa được xác định đạt 67,73 mg/g mẫu. Trong số các acid béo không bão hòa, palmitoleic acid, oleic acid, linoleic acid, α -linolenic acid, arachidonic acid, EPA và DHA lần lượt đạt 5,63; 7,34; 9,79; 8,25; 9,86; 11,74; 15,12 mg/g mẫu. Đáng chú ý, sự hiện diện của các acid béo omega-3 chuỗi dài như EPA và DHA cho thấy phân đoạn lipid thu hồi có giá trị sinh học đáng kể và tiềm năng ứng dụng trong các sản phẩm giá trị gia tăng. Tuy nhiên, thành phần acid béo của phân đoạn lipid thu hồi có thể chịu ảnh hưởng bởi đặc điểm nguyên liệu, sự phân bố lipid trong mô và điều kiện thủy phân, thu hồi; do đó, các kết quả thu được được xem là đặc trưng của phân đoạn lipid trong điều kiện nghiên cứu và cần được tiếp tục xác nhận bằng các nghiên cứu định lượng chuyên sâu trước khi định hướng ứng dụng ở quy mô lớn.

So với kết quả nghiên cứu của Nam và cs (2020) [3] trên hỗn hợp phụ phẩm cá tra, trong đó tổng hàm lượng acid béo trong phân đoạn lipid thu hồi đạt khoảng 90 mg/g, kết quả hiện tại cho thấy sự khác biệt về profile acid béo. Sự khác biệt này có thể liên quan đến nguồn nguyên liệu và đặc điểm mô sử dụng, bởi nghiên cứu hiện tại tập trung vào thịt vụn từ công đoạn chỉnh hình, trong khi nghiên cứu của Nam và cs (2020) [3] sử dụng hỗn hợp phụ phẩm cá tra. Ngoài ra, điều kiện thủy phân và quy trình thu hồi lipid cũng có thể ảnh hưởng đến thành phần của phân đoạn lipid cuối cùng. Do đó, các giá trị EPA và DHA trong nghiên cứu này nên được xem là đặc điểm của phân đoạn lipid thu hồi trong điều kiện khảo sát, không đại diện cho profile acid béo của toàn bộ lipid cá tra. Mặt khác, acid béo không bão hòa dễ bị biến đổi dưới tác động của nhiệt và oxy hóa, vì vậy việc kiểm soát điều kiện xử lý và bảo quản có ý nghĩa quan trọng trong duy trì chất lượng phân đoạn lipid thu hồi [22].

Bên cạnh thành phần acid béo, các chỉ số đánh giá chất lượng của phân đoạn lipid cho thấy, chỉ số peroxide đạt 1,72 meqO₂/kg và hàm lượng acid béo tự do đạt 3,85 mg KOH/g. Kết quả này

cho thấy, phân đoạn lipid thu nhận có mức độ oxy hóa sơ cấp thấp và quá trình thủy phân lipid còn ở mức kiểm soát trong quá trình thu nhận. Ngoài ra, hàm lượng vitamin A biểu kiến xác định bằng phương pháp quang phổ UV-Vis được ước tính là 35,72 μ g/100 g, cho thấy phân đoạn lipid thô có tiềm năng làm nguyên liệu cho các nghiên cứu tiếp theo về tinh sạch và phát triển các sản phẩm lipid giàu hoạt chất sinh học. Như vậy, quá trình thủy phân enzyme không chỉ hỗ trợ thu nhận dịch protein hòa tan mà còn tạo điều kiện thu hồi đồng thời phân đoạn lipid có giá trị từ phụ phẩm thịt vụn cá tra. Việc khai thác đồng thời protein và lipid góp phần nâng cao hiệu quả sử dụng nguồn phụ phẩm, phù hợp với định hướng phát triển các sản phẩm giá trị gia tăng theo hướng kinh tế tuần hoàn.

3.2.4. Hiệu suất thu hồi dịch protein thủy phân và lipid thô

Thí nghiệm mở rộng ở quy mô pilot với 10 kg thịt vụn cá tra được thực hiện tại điều kiện thủy phân thích hợp đã xác định, gồm: Tỷ lệ nước/nguyên liệu 1:1, tỷ lệ Alcalase bổ sung 0,8% (w/w, tính theo khối lượng enzyme/nguyên liệu), nhiệt độ 60°C, thời gian thủy phân 6 giờ và pH tự nhiên. Kết quả cho thấy, sau quá trình thủy phân và phân tách pha, thu nhận được 18 L dịch protein thủy phân với hàm lượng protein đạt 10,2% và lipid còn lại 0,8%. Đồng thời, quá trình ly tâm phân tách đã thu hồi được 4 L phân đoạn lipid thô, cho thấy khả năng thu hồi đồng thời hai nhóm hợp chất có giá trị là protein hòa tan và lipid từ nguồn phụ phẩm thịt vụn cá tra. Sự chênh lệch giữa khối lượng nguyên liệu đầu vào và lượng sản phẩm thu hồi chủ yếu do một phần dịch thủy phân còn giữ lại trong bã sau quá trình lọc, cùng với các tổn thất phát sinh trong quá trình ly tâm và chuyển pha. Ở quy mô pilot, hàm lượng protein của dịch thủy phân đạt 10,2%, thấp hơn không đáng kể so với quy mô phòng thí nghiệm (11,82%), phản ánh ảnh hưởng của quá trình mở rộng quy mô đến hiệu quả thủy phân và thu hồi protein. Tuy nhiên, mức sai khác nhỏ cho thấy quy trình vẫn duy trì hiệu quả ổn định khi áp dụng ở quy mô lớn hơn. Dịch protein thủy phân sau đó được cô đặc chân không, thu nhận 4,5 L dịch cô đặc với hàm lượng chất khô đạt 40,6%, trong đó hàm lượng protein đạt 33,2% và lipid 1,93%. Sự gia tăng hàm lượng protein trong dịch cô đặc cho thấy hiệu quả của quá trình loại nước và làm giàu các hợp chất hòa tan, đồng thời duy

trì được chất lượng của dịch protein thủy phân. Kết quả này chứng minh quy trình thủy phân enzyme kết hợp phân tách pha và cô đặc có khả năng khai thác đồng thời phân đoạn protein và

lipid từ thịt vụn cá tra, góp phần nâng cao giá trị sử dụng phụ phẩm theo định hướng phát triển các sản phẩm giá trị gia tăng.

Bảng 8. Kết quả thu hồi các sản phẩm từ quá trình thủy phân 10 kg thịt vụn cá tra

Công đoạn	Sản phẩm thu nhận	Khối lượng/thể tích	Thành phần chính
Nguyên liệu ban đầu	Thịt vụn cá tra	10 kg	Protein: 14,95%; lipid: 15,72%; khoáng: 4,93%; ẩm: 64,31%
Sau thủy phân	Dịch protein thủy phân	18 L	Protein hòa tan: 10,2%; lipid còn lại: 0,8%
Sau ly tâm phân tách	Lipid thô	4 L	Thu hồi từ pha lipid nổi
Sau cô đặc chân không	Dịch protein cô đặc	4,5 L	Chất khô: 40,6%; protein: 33,2%; lipid: 1,93%

3.3. Ảnh hưởng của điều kiện cô đặc dịch protein thủy phân thịt vụn cá tra đến chất lượng bột protein thủy phân thu nhận

3.3.1. Ảnh hưởng của điều kiện cô đặc đến chất lượng bột protein

Ảnh hưởng của điều kiện cô đặc chân không dịch protein thủy phân thịt vụn cá tra đến chất lượng bột protein thủy phân thu nhận được trình bày ở bảng 9.

Bảng 9. Ảnh hưởng của điều kiện cô đặc chân không đến dịch protein thủy phân

Thời gian cô đặc (h)	Hàm lượng chất khô (%)	Hàm lượng protein (%)	Chất lượng cảm quan dịch protein cô đặc
0	13,73	11,52	Mùi đặc trưng, dạng lỏng, màu vàng nhạt
2	25,32	23,48	Có mùi thơm dịch cá, sóng sánh, màu nâu nhạt
3	32,27	28,36	Mùi thơm đặc trưng, sệt, màu nâu nhạt
4	40,82	33,15	Mùi thơm đặc trưng, sệt, màu nâu đậm
5	40,99	32,85	Có mùi khét nhẹ, đặc, màu đậm
6	40,82	31,57	Có mùi khét rõ rệt, đặc, màu đậm

Bảng 9 cho thấy, quá trình cô đặc chân không đã làm tăng đáng kể hàm lượng chất khô và protein của dịch thủy phân theo thời gian. Cụ thể, từ 0-4 giờ cô đặc, hàm lượng chất khô tăng từ 13,73% lên 40,82% và protein tăng từ 11,52% lên 33,15%, đồng thời chất lượng cảm quan được cải thiện rõ rệt với mùi thơm đặc trưng và trạng thái sệt dần. Điều này có thể giải thích, do dưới điều kiện độ chân không (720 mmHg) và nhiệt độ bay hơi thấp (45-60°C), nước được loại bỏ hiệu quả mà vẫn hạn chế biến tính nhiệt protein. Tuy nhiên, khi kéo dài thời gian cô đặc đến 5-6 giờ, hàm lượng protein có xu hướng giảm nhẹ và xuất hiện mùi ôi khét, cho thấy các phản ứng Maillard và biến đổi nhiệt đã bắt đầu xảy ra, làm suy giảm chất lượng cảm quan và hàm lượng protein của dịch cô đặc. Xu hướng này phù hợp với các nghiên cứu gần đây khi cho thấy các phản ứng hóa học trong quá trình xử lý nhiệt có thể làm

biến đổi cấu trúc protein và ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan cũng như giá trị dinh dưỡng của dịch thủy phân [23, 24]. Như vậy, thời gian cô đặc thích hợp là 4 giờ để đảm bảo cân bằng giữa hiệu suất cô đặc và chất lượng sản phẩm.

3.3.2. Thành phần hoá học của dịch protein thủy phân cô đặc từ thịt vụn cá tra

Bảng 10. Đặc tính dịch thủy phân cô đặc từ thịt vụn cá tra

Thông số	Hàm lượng
Protein (%)	33,20±1,35
Lipid (%)	2,03±0,15
Hàm lượng chất khô (%)	40,60±1,95
Acid amin (mg/g protein)	501,51
Màu sắc	Nâu đậm
Mùi	Thơm đặc trưng

Dịch thủy phân protein từ thịt vụn cá tra tại khâu chỉnh hình được cô đặc ở điều kiện áp suất chân không 720 mmHg, 60°C trong 4 giờ. Đặc tính của dịch protein cô đặc và thành phần acid amin được trình bày lần lượt ở bảng 10 và 11. Kết quả cho thấy, dịch protein cô đặc có hàm lượng protein đạt $33,20 \pm 1,35\%$, hàm lượng chất khô $40,60 \pm 1,95\%$ và lipid $2,03 \pm 0,15\%$. Hàm lượng protein và chất khô tăng đáng kể so với dịch thủy phân ban đầu, cho thấy quá trình cô đặc chân không loại bỏ nước hiệu quả, đồng thời làm giàu các peptide và hợp chất hòa tan. Màu nâu đậm và mùi thơm đặc trưng phản ánh những biến đổi đặc trưng trong quá trình thủy phân và cô đặc, trong khi hàm lượng lipid thấp góp phần nâng cao tính ổn định trong quá trình bảo quản và thuận lợi cho quá trình sấy tạo bột.

Bảng 11. Thành phần acid amin dịch thủy phân cô đặc từ thịt vụn cá tra

Acid amin	Hàm lượng (mg/g protein)	Acid amin	Hàm lượng (mg/g protein)
Glycine	71,60	Isoleucine	27,06
Glutamic acid	56,27	Serine	18,81
Aspartic acid	43,82	Threonine	18,07
Lysine	42,99	Cysteine	14,82
Leucine	46,64	Histidine	12,12
Alanine	38,78	Tyrosine	8,08
Arginine	34,57	Methionine	8,40
Valine	39,42	Tryptophan	5,73
Phenylalanine	14,33		
Tổng	501,51		

Tổng hàm lượng acid amin đạt 501,51 mg/g protein, cho thấy mức độ phân cắt cao và giá trị dinh dưỡng đáng kể. Thành phần phân bố khá cân đối, với nhóm không thiết yếu chiếm ưu thế (glycine 71,60; glutamic acid 56,27 mg/g protein), trong khi nhóm thiết yếu nổi bật với leucine, lysine (42,99) và valine, trong đó lysine có ý nghĩa dinh dưỡng cao. Xu hướng glycine và glutamic acid chiếm ưu thế tương đồng với kết quả nghiên cứu của Nam và cs (2020) [3], Nuridiani và cs (2024) [19], nhưng hàm lượng và sự cân đối acid amin thiết yếu, đặc biệt là lysine, cao hơn do nguyên liệu ít collagen. Kết quả này khẳng định, thịt vụn cá tra phù hợp để sản xuất dịch thủy phân giàu dinh dưỡng, góp phần nâng cao hiệu quả tận dụng phụ phẩm và gia tăng giá trị.

3.3.3. Đặc tính của bột protein thủy phân từ thịt vụn cá tra

Bảng 12. Các chỉ tiêu chất lượng bột protein thủy phân từ thịt vụn cá tra

Thông số	Hàm lượng
Hàm ẩm (%)	$6,53 \pm 0,42$
Protein (%)	$76,75 \pm 1,63$
Độ hòa tan (%)	$98,65 \pm 1,15$
Tổng số vi sinh vật hiếu khí (CFU/g)	$8,5 \times 10^3$
Màu sắc	Nâu
Mùi	Thơm đặc trưng

Dịch protein thủy phân từ thịt vụn cá tra sau khi cô đặc chân không được tiến hành sấy chân không thăng hoa để thu nhận bột protein. Các chỉ tiêu chất lượng của bột protein thủy phân được trình bày ở bảng 12. Kết quả cho thấy, bột protein thủy phân thu nhận có chất lượng ổn định, với hàm ẩm thấp (6,53%), hàm lượng protein cao (76,75%), độ hòa tan đạt 98,65% và TPC chỉ $8,5 \times 10^3$ CFU/g. Các giá trị này tương đồng với kết quả được công bố trong các nghiên cứu trước đây về sản phẩm protein thủy phân từ phụ phẩm thủy sản [19, 25]. Độ hòa tan đạt 98,65% phản ánh quá trình thủy phân đã tạo ra tỷ lệ lớn các peptide có khối lượng phân tử thấp, góp phần nâng cao khả năng phân tán và hòa tan của sản phẩm trong nước. Đây là đặc tính quan trọng, tạo thuận lợi cho việc sử dụng bột protein thủy phân như một nguyên liệu bổ sung protein trong các sản phẩm thực phẩm. Đồng thời, hàm ẩm thấp kết hợp với mức độ kiểm soát vi sinh phù hợp cho thấy quá trình cô đặc và sấy chân không thăng hoa đã tạo ra sản phẩm có chất lượng ổn định, đáp ứng yêu cầu bảo quản và có tiềm năng ứng dụng trong công nghệ thực phẩm.

4. KẾT LUẬN

Phụ phẩm thịt vụn cá tra phát sinh đáng kể tại công đoạn chỉnh hình và có tiềm năng trở thành nguồn nguyên liệu giàu protein, lipid cho quá trình chế biến sâu. Việc thu gom, phân loại và kiểm soát điều kiện bảo quản có vai trò quan trọng trong việc duy trì chất lượng nguyên liệu đầu vào. Quá trình thủy phân bằng enzyme Alcalase chịu ảnh hưởng rõ rệt bởi tỷ lệ enzyme và thời gian phản ứng, trong đó điều kiện thích hợp trong phạm vi khảo sát là Alcalase 0,8%, 60°C trong 6 giờ, đạt độ thủy phân 30,32% và hiệu suất thu hồi nitơ 89,28%. Dịch protein thủy phân và bột protein thu nhận có hàm lượng

protein cao, khả năng hòa tan tốt, đồng thời phân đoạn lipid thô thu hồi chứa các acid béo không bão hòa có giá trị dinh dưỡng. Nghiên cứu khẳng định tiềm năng khai thác thịt vụn cá tra theo hướng thu hồi đa sản phẩm, góp phần nâng cao giá trị phụ phẩm và phát triển bền vững ngành chế biến thủy sản.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này do Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh bảo trợ và cấp kinh phí theo Hợp đồng số 369/HĐ-DCT ngày 15 tháng 12 năm 2025.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Henriques, A., Vázquez, J. A., Valcarcel, J., Mendes, R., Bandarra, N. M. and Pires, C. (2021). Characterization of protein hydrolysates from fish discards and by-products from the North-West Spain fishing fleet as potential sources of bioactive peptides. *Marine Drugs*, 19(6), 338.
- [2]. Benjakul, S. and Morrissey, M. T. (1997). Protein hydrolysates from pacific whiting solid wastes. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 45(9), 3423-3430.
- [3]. Nam, P. V., Van Hoa, N., Anh, T. T. L. and Trung, T. S. (2020). Towards zero-waste recovery of bioactive compounds from catfish (*Pangasius hypophthalmus*) by-products using an enzymatic method. *Waste and Biomass Valorization*, 11(8), 4195-4206.
- [4]. Thu, H. B. T., Thi, D. P., Le Anh, T., Thi, H. T., Huu, H. N., Khac, B. N. and Viet, N. N. (2022). Optimizing enzymatic hydrolysis for feed production from catfish by-products. *Foods and Raw materials*, 10(1), 19-26.
- [5]. Prasetyo, D. Y. B., Agustini, T. W., Anjani, G. and Riyadi, P. H. (2025). Evaluation of immunomodulatory properties of fish-protein hydrolysate from skipjack tuna by-products (*Katsuwonus pelamis*, Linnaeus 1758) in streptozotocin-nicotinamide-induced diabetic rats. *World's Vet. J*, 15, 117-125.
- [6]. Nguyen, H. T., Bao, H. N. D., Dang, H. T. T., Tómasson, T., Arason, S. and Gudjónsdóttir, M. (2022). Protein characteristics and bioactivity of fish protein hydrolysates from Tra catfish (*Pangasius hypophthalmus*) side stream isolates. *Foods*, 11(24), 4102.
- [7]. VASEP. (2024). *Đề xuất giải pháp phát huy tiềm năng phế phụ phẩm tôm, cá tra*. Hiệp hội Chế biến và Xuất khẩu Thủy sản Việt Nam. Truy cập ngày 5/8/2025 tại: <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/tin-tong-hop/san-xuat/de-xuat-giai-phap-phat-huy-tiem-nang-phe-phu-pham-tom-ca-tra-31153.html>.
- [8]. Lê Trung Thiên, Bùi Thanh Thùy và Trịnh Ngọc Thảo Ngân (2017). Nghiên cứu thủy phân thịt vụn cá tra. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển, Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh*, 17(4), 112-117.
- [9]. Phan Uyên Nguyên, Trần Thanh Dũng và Trần Thanh Tuấn (2018). Thủy phân phụ phẩm cá tra bằng vi khuẩn *Bacillus subtilis* làm phân bón cho cây họ. *Tạp chí Khoa học và Kinh tế phát triển, Trường Đại học Nam Cần Thơ*, 3, 79-88.
- [10]. Trần Thị Lan Anh (2017). Nghiên cứu sản xuất dịch đậm thủy phân cô đặc từ phụ phẩm cá tra phi lê bằng enzyme alcalase. Luận văn Thạc sĩ, ngành Công nghệ chế biến thủy sản, Trường Đại học Nha Trang.
- [11]. AOAC International (2019). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.
- [12]. Goodwin, J. F. (1968). The colorimetric estimation of plasma amino nitrogen with DNFB. *Clinical Chemistry*, 14(11), 1080-1090.
- [13]. Pearson, D. (1976). *The Chemical analysis of Foods* (7th ed.). Churchill Livingstone.
- [14]. Tee, E. T. and Siow, L. F. (2014). Physical and sensory properties of frozen Spanish mackerel (*Scomberomorus guttatus*) fish balls added with cryoprotectants. *Food and Bioprocess Technology*, 7(12), 3442-3454.
- [15]. Bùi Thị Thu Hiền, Trần Thị Hường, Lê Anh Tùng, Phạm Thị Diễm, Lê Xuân Quế, Đào Văn Hào và Trương Vĩnh Thành (2021). Nghiên cứu điều kiện thủy phân phụ phẩm cá tra bằng enzym ứng dụng trong sản xuất thức ăn thủy sản. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*, 7(2), 80-88.
- [16]. Shrestha, R. and Bokkhim, H. (2020). Study on textural, microbial and sensory quality of blast frozen *Pangasius* fish fillets under frozen storage. *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 9(2), 83-90.
- [17]. Tong Thi, A. N., Jacxsens, L., Nosedá, B., Samapundo, S., Nguyen, B. L., Heyndrickx, M. and Devlieghere, F. (2014). Evaluation of the microbiological safety and quality of Vietnamese *Pangasius hypophthalmus* during processing by a microbial assessment scheme in combination with

a self-assessment questionnaire. *Fisheries Science*, 80(5), 1117-1128.

[18]. Mulyasari, Subaryono, Utomo, B. S. B., Yosmaniar, Taufik, I., Yamin, M. and Marwati, T. (2023). Protein hydrolysate from waste of catfish fillet processing for snakehead fish feed formulation. *Scientifica*, 2023(2), 1-7. Doi:10.1155/2023/2815122

[19]. Nurdiani, R., Firdaus, M., Prihanto, A. A., Jaziri, A. A., Jati, M. R., Abdurrahman, T. R. and Huda, N. (2024). Enzymatic hydrolysis of protein hydrolysate from *Pangasius* sp. by-product using bromelain. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 12(1), 125.

[20]. Trinh, S. K. and Nguyen, T. L. (2019). Production and characteristics of protein hydrolysate from tra fish (*Pangasius hypophthalmus*). *J. bioenergy food Sci.*, 6(4), 66-77.

[21]. Vo, T. D., Chung, D. T., Doan, K. T., Le, D. T. and Trinh, H. V. (2017). Investigation of antioxidant potential of peptide fractions from the Tra Catfish by-product-derived hydrolysate using Alcalase® 2.4 L FG. In *AIP Conference Proceedings*, 1878(1), 020043.

Proceedings, 1878(1), 020043.

[22]. Araújo, K. L. G. V., Epaminondas, P. S., Silva, M. C. D., de Lima, A. E. A., Rosenhaim, R., Maia, A. S. and Queiroz, N. (2011). Influence of thermal degradation in the physicochemical properties of fish oil. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 106(2), 557-561.

[23]. Nemati, M., Shahosseini, S. R. and Ariaii, P. (2024). Review of fish protein hydrolysates: Production methods, antioxidant and antimicrobial activity and nanoencapsulation: M. Nemati et al. *Food Science and Biotechnology*, 33(8), 1789-1803.

[24]. Sila, A. and Bougatef, A. (2016). Antioxidant peptides from marine by-products: Isolation, identification and application in food systems. A review. *Journal of functional foods*, 21, 10-26.

[25]. Trương Thị Mộng Thu (2020). Nghiên cứu thủy phân protein từ thịt cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) bằng enzyme thương phẩm và ứng dụng chế biến bột nêm. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 56(3), 160-167.

SIMULTANEOUS RECOVERY OF PROTEIN HYDROLYSATE POWDER AND CRUDE LIPID FROM PANGASIOUS FILLET PROCESSING BY-PRODUCT (*Pangasianodon hypophthalmus*) USING COMMERCIAL ENZYME

**Pham Viet Nam¹, Hoang Ngoc Cuong², Tran Thi My Kim¹,
Ly Thi Kieu¹, Dinh Thi Phuong Nhen¹, Nguyen Do Bao Tran¹,
Cu Ngoc Huynh¹, Phan Thi Phuong Thao¹**

¹Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

²Binh Duong University

Abstract

This study evaluated the potential of valorizing *Pangasianodon hypophthalmus* meat trimmings generated during the trimming of frozen fish fillets for the simultaneous recovery of hydrolyzed protein powder and crude lipid using Alcalase. The results showed that *Pangasianodon hypophthalmus* meat trimmings were generated at a relatively high proportion (22.5-24.7%) and represented a promising protein- and lipid-rich raw material for further processing. Enzymatic hydrolysis using 0.8% Alcalase at 60°C for 6 h achieved a degree of hydrolysis of 30.32% and a nitrogen recovery yield of 89.28%, producing a protein hydrolysate with a high soluble protein content and characteristics suitable for food applications. Meanwhile, the recovered lipid fraction contained considerable amounts of unsaturated fatty acids, including EPA and DHA. The resulting hydrolyzed protein powder had a high protein content, high solubility (98.65%) and microbiological quality within acceptable requirements. These findings demonstrate the potential for valorizing *Pangasianodon hypophthalmus* meat trimmings through a multiproduct recovery approach, thereby enhancing the value of processing by-products and contributing to the sustainable development of the seafood processing industry.

Keywords: *Pangasianodon* trimming by-products, protein hydrolysate, protein hydrolysate powder, crude lipid.

Ngày nhận bài: 24/3/2026

Ngày chuyển phản biện: 13/4/2026

Ngày thông qua phản biện: 30/7/2026

Ngày duyệt đăng: 12/8/2026