

TIỀM NĂNG ỨNG DỤNG PROTEIN THỦY PHÂN TỪ PHỤ PHẨM TÔM VÀO THỨC ĂN THỦY SẢN TẠI VIỆT NAM

POTENTIAL APPLICATION OF PROTEIN HYDROLYSATE FROM SHRIMP BY-PRODUCTS IN AQUACULTURE FEED IN VIETNAM

Trần Văn Ty^{1*}, Nguyễn Xuân Bách¹, Phan Thanh Lộc¹, Lê Thanh Hùng²

1. Công Ty Cổ Phần Việt Nam Food

2. Khoa Thủy Sản, Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM

*Tác giả liên hệ: Trần Văn Ty, Email: vantytran103@gmail.com

Ngày nhận bài: 01/11/2024; Ngày phản biện thông qua: 14/03/2025; Ngày duyệt đăng: 25/03/2025

TÓM TẮT

Nghiên cứu cung cấp một đánh giá toàn diện về tiềm năng sử dụng protein thủy phân và protein thủy phân từ tôm (Shrimp protein hydrolysate – SPH) nhằm thay thế một phần bột cá (Fishmeal – FM) trong thức ăn thủy sản tại Việt Nam. Phụ phẩm ngành chế biến tôm, thường bị thải bỏ hoặc tạo thành các sản phẩm có giá trị thấp, có thể được chuyển đổi thành nguồn protein chất lượng cao thông qua quá trình thủy phân. SPH đã được chứng minh là giúp cải thiện tăng trưởng, hiệu quả sử dụng thức ăn và tỷ lệ sống thủy sản nhờ độ tiêu hóa cao, tính ngon miệng và các hợp chất sinh học có lợi cho sức khỏe vật nuôi; do đó có thể thay thế một phần bột cá, hỗ trợ các loại protein thực vật, mang lại một giải pháp nguyên liệu thức ăn thủy sản từ nguồn cung nội địa, hiệu quả và bền vững.

Từ khóa: dịch tôm thủy phân, phụ phẩm tôm, thức ăn thủy sản, bột cá

ABSTRACT

The study provides a comprehensive assessment of the potential of using hydrolyzed protein and shrimp protein hydrolysate (SPH) to partially replace fishmeal (FM) in aquafeed in Vietnam. Shrimp processing by-products, which are often discarded or used as low-value products, can be converted into a high-quality protein source through hydrolysis. SPH has been shown to help improve fish growth, feed efficiency, and survival rates thanks to its high digestibility, palatability, and bio-active peptides that are beneficial to animal health; It can therefore partially replace fishmeal, complement plant-based proteins, and be a domestically sourced, efficient and sustainable feed ingredient for aquaculture.

Key words: shrimp by-product, shrimp protein hydrolysate, aquafeed, fishmeal

I. MỞ ĐẦU

Tổng sản lượng nuôi trồng thủy sản các loài chính tăng trung bình 10,5% mỗi năm, từ năm 2000 đến 2020, trong khi việc sử dụng bột cá (Fishmeal – FM) cho thức ăn thủy sản tăng chỉ 2,46% mỗi năm trong cùng giai đoạn [1, 31]. Đối mặt với vấn đề khan hiếm bột cá và tính bền vững của nguồn nguyên liệu này, ngành công nghiệp sản xuất thức ăn thủy sản đã thử nghiệm và sử dụng các nguồn protein thay thế FM. Từ đó tỷ lệ trung bình FM trong thức ăn thủy sản đã giảm từ 50% xuống còn 14% từ năm 1997 đến 2017 [40].

Protein thủy phân từ các nguồn khác nhau đã được nghiên cứu bổ sung vào thức ăn của các loài thủy sản nhằm thay thế cho FM. Các

thử nghiệm này ngoài việc sử dụng các nguồn protein thủy phân riêng lẻ thay cho FM, còn tiến hành sử dụng kết hợp các nguồn protein thủy phân khác nhau, và mang lại nhiều kết quả tích cực. Trong đó, protein thực vật thủy phân được xem là một trong các nguồn đạm thay thế FM bền vững, tuy nhiên việc sử dụng nguồn đạm thực vật ở hàm lượng cao trong công thức thức ăn thủy sản có thể dẫn tới các tác động tiêu cực: giảm độ ngon miệng của thức ăn, ảnh hưởng đến sức khỏe đường ruột, miễn dịch và khả năng kháng stress của vật nuôi. Protein thủy phân từ nguồn động vật, đặc biệt là protein thủy phân từ nguồn phụ phẩm thủy hải sản có thể giúp cải thiện các ảnh hưởng tiêu cực nói trên [40, 43].

Là quốc gia nằm trong top 3 trên thế giới về xuất khẩu tôm, Việt Nam sở hữu nguồn phụ phẩm tôm dồi dào (35-45% khối lượng tôm là đầu vỏ - phụ phẩm). Lượng sản phẩm phụ này hiện đang được thải bỏ ra môi trường như rác thải, hoặc dùng công nghệ thô sơ chuyển thành phân bón hoặc thức ăn chăn nuôi giá trị thấp, từ đó gây ô nhiễm môi trường và gây lãng phí tài nguyên. Tại Việt Nam đã có một số nhóm nghiên cứu cũng như một số đơn vị sản xuất sử dụng nguồn phụ phẩm từ tôm, ứng dụng công nghệ thủy phân, từ đó biến thành nguyên liệu thức ăn cho một số loại thủy hải sản (cá, tôm) thành công. Đây hứa hẹn là một giải pháp bền vững cho ngành thức ăn thủy sản Việt Nam, nhằm giảm sự phụ thuộc vào bột cá và các nguồn protein nhập khẩu cũng như tận dụng được nguồn tài nguyên trong nước.

II. NỘI DUNG

1. Ngành thức ăn thủy sản tại Việt Nam

1.1. Tổng quan

Ngành thủy sản Việt Nam đóng vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc gia, không chỉ là nguồn cung cấp thực phẩm thiết yếu mà còn là lĩnh vực xuất khẩu mũi nhọn với kim ngạch hàng năm đạt hàng tỷ USD. Theo ước tính, thị trường thức ăn thủy sản Việt Nam đạt giá trị 2,38 tỷ USD vào năm 2023 và dự kiến sẽ tăng lên 2,94 tỷ USD vào năm 2028, với tốc độ tăng trưởng hàng năm (CAGR) là 4,30% trong giai đoạn 2023-2028 [18]. Với vị trí địa lý thuận lợi cùng nguồn tài nguyên biển phong phú, Việt Nam đã trở thành một trong những quốc gia xuất khẩu thủy sản hàng đầu thế giới. Tuy nhiên, trước những thách thức từ biến đổi khí hậu, áp lực cạnh tranh quốc tế và yêu cầu cao về chất lượng, ngành thủy sản đang đứng trước cơ hội và thách thức to lớn để phát triển bền vững trong tương lai.

1.2. Thực trạng

Thức ăn thủy sản đóng vai trò then chốt trong ngành nuôi trồng thủy sản, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất, chất lượng sản phẩm và hiệu quả kinh tế. Đáng chú ý, chi phí thức ăn thường chiếm tỷ lệ lớn trong tổng chi phí sản xuất, dao động từ 50% đến 70%, tùy thuộc vào loài nuôi và phương thức canh tác [19]. Cụ thể,

trong nuôi tôm, chi phí thức ăn chiếm khoảng 30-40% tổng chi phí nuôi. Tuy nhiên, do giá thức ăn tôm cao, khi tăng giá sẽ tác động đáng kể đến tổng chi phí. Đối với cá tra, chi phí thức ăn chiếm khoảng 70-80% chi phí sản xuất, với mức tăng trung bình 10-15% mỗi năm, và hiện nay đã tăng 30-40% so với thời điểm trước COVID-19 [9].

Sự gia tăng giá thức ăn thủy sản trong thời gian gần đây đã đặt ra thách thức lớn cho người nuôi. Phần lớn nguyên liệu sản xuất thức ăn thủy sản tại Việt Nam, như bột cá, ngũ cốc, đậu nành, phụ gia và khô dầu, đều được nhập khẩu, chiếm tỷ lệ từ 70% đến 80% [20]. Sự biến động giá cả trên thị trường quốc tế, chi phí vận chuyển tăng cao, cùng với các bất ổn chính trị và xung đột toàn cầu đã làm gián đoạn chuỗi cung ứng, dẫn đến giá thức ăn trong nước tăng theo [11]. Đồng thời, sản lượng thủy sản Việt Nam đã tăng từ 6,56 triệu tấn năm 2015 lên 9,05 triệu tấn năm 2022, tăng 38% [6]. Sự gia tăng này kéo theo nhu cầu thức ăn thủy sản tăng cao, tạo áp lực lên nguồn cung và giá cả.

Trước thực trạng này, Chính phủ Việt Nam đang triển khai nhiều chính sách giảm thuế nhập khẩu nguyên liệu và khuyến khích việc tận dụng các nguồn nguyên liệu sẵn có trong nước, đặc biệt là phụ phẩm từ các ngành sản xuất khác như phụ phẩm chăn nuôi/ thủy sản, phụ phẩm trồng trọt; trong đó phụ phẩm từ chế biến thủy sản như tôm và cá được xem là một tài nguyên giàu tiềm năng.

2. Tổng quan về Protein thủy phân

2.1. Khái niệm protein thủy phân và ứng dụng trong thức ăn thủy sản

Quá trình thủy phân protein được xem là một phương pháp hiệu quả để để tăng giá trị đáng kể cho các phụ phẩm này thông qua việc phân giải protein thành các acid amin tự do, các di/tri peptides, các peptides có kích thước trung bình giúp mang lại nhiều chức năng bổ sung cho sản phẩm thủy phân [59]. Các nguồn protein thay thế cho bột cá đã được nghiên cứu rất nhiều, hầu hết đến từ các protein thực vật (đậu nành, bắp...), hoặc phụ phẩm protein động vật (gà, heo, thủy hải sản), hoặc các nguồn khác (probiotics, protein côn trùng...).

Bảng 1: Tổng hợp một số nghiên cứu protein thủy phân từ phụ phẩm dùng làm thức ăn cho thủy sản: gồm gà, cá, mực, men vi sinh...

Đối tượng	Protein thủy phân	Kết quả	Nguồn
Cá giếc Gibel <i>Carassius auratus gibelio</i>	Đậu nành	Cải thiện miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 8% hoặc 12% bột đậu nành thủy phân enzyme	[61]
Cá lóc <i>Channa striata</i>	Cá, Gà, Đậu nành, Sắn, Bắp	Cải thiện tăng trưởng và khả năng miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 2,5% cá ngữ thủy phân	[59]
Cá rô phi sông Nile <i>Oreochromis niloticus</i>	Hạt cây Neem Ấn Độ (<i>Azadirachta indica</i>)	Cải thiện tăng trưởng và miễn dịch của cá chống lại khuẩn <i>Streptococcus agalactiae</i> , với công thức thức ăn chứa 6% đậm hạt Neem thủy phân	[21]
Cá trắng châu Âu <i>Coregonus lavaretus linnaeus</i>	Cá	Cải thiện khả năng miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 5% đậm cá thủy phân	[55]
Cá dừ vàng <i>Larimichthys crocea</i>	Đậu nành	Cải thiện tăng trưởng và miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 15% đậm đậu nành cô đặc	[62]
Cá trên Pabda <i>Ompok pabda</i>	Cá	Cải thiện tăng trưởng và miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 2% đậm cá thủy phân	[58]
Cá vược miệng rộng <i>Micropterus salmoides</i>	Cá, Tôm, Huyết, Đậu nành	Tăng cường tăng trưởng và cải thiện khả năng miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 55% hoặc 73% đậm thủy phân	[56]
Cá bơn <i>Paralichthys olivaceus</i>	Vi sinh	Cải thiện khả năng miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa $3,34 \times 10^8$ CFU/mL men vi sinh Bacillus sp. SJ-10 (BSJ-10)	[23]
Cá chêm <i>Lates calcarifer</i>	Cá, Ấu trùng côn trùng	Cải thiện tăng trưởng và miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 80-85% Bột phụ phẩm gia cầm với 10% ấu trùng ruồi lính đen (<i>Hermetia illucens</i>) và 3,5% hoặc 7% cá ngữ thủy phân	[27]
Cá da trơn Nam Mỹ <i>Rhamdia quelen</i>	Cá	Cải thiện tăng trưởng và miễn dịch của cá với công thức thức ăn chứa 5% đậm cá môi thủy phân	[37]
Cá tráp đỏ <i>Pagrus major</i>	Mực	Tăng cường tăng trưởng cho cá với công thức thức ăn chứa 10% nội tạng mực thủy phân	[45]
Tôm sú <i>Penaeus monodon</i>	Mực	Cải thiện đáng kể sự tăng trưởng, đáp ứng miễn dịch và sức khỏe đường ruột, đặc biệt là bổ sung probiotic.	[52]

Đối tượng	Protein thủy phân	Kết quả	Nguồn
Tôm thẻ chân trắng <i>Litopenaeus vannamei</i>	Vi sinh	Tăng cường sức khỏe đường ruột, đáp ứng miễn dịch và kháng amoniac ở tôm.	[28]
Tôm he Nhật Bản <i>Marsupenaeus japonicus</i>	Đậu nành, hạt cải	Bã hạt cải và bã đậu nành cho thấy tiềm năng là nguồn protein chính cho tôm.	[26]

Protein đậu nành nói riêng và protein thực vật nói chung đã được sử dụng như một nguồn thay thế chính cho FM trong thức ăn thủy sản do những đặc tính về dinh dưỡng, sản lượng lớn, chi phí hợp lý và đã phổ biến toàn cầu [59].

Tuy nhiên, thức ăn với hàm lượng FM phần lớn được thay thế bằng protein thực vật có nhược điểm về hương vị dẫn đến giảm hiệu suất nuôi trồng, ảnh hưởng tiêu cực đến sức khỏe đường ruột, hệ miễn dịch và tăng khả năng mắc bệnh [40, 43]. Hiện nay, chưa có nhiều nghiên cứu về tác động của việc thay thế FM trong chế độ ăn lên khả năng kháng stress của thủy sản. Tuy nhiên, khả năng kháng stress tốt giúp cá tôm khôi phục cân bằng nội môi nhanh và giảm độ nhạy với các tác nhân gây bệnh, từ đó tăng tỷ lệ sống. [40].

Protein động vật, đặc biệt là từ nguồn phụ phẩm chế biến thủy sản, thể hiện tiềm năng thay thế bột cá và bổ sung cho đạm thực vật trong thức ăn thủy sản, do có hàm lượng acid amin và hương vị phù hợp. Hiện nay, phụ phẩm của các ngành chế biến thủy sản vẫn chủ yếu được chuyển đổi thành các sản phẩm có giá trị thấp như FM, dầu cá hoặc phân bón. Việc thủy phân các nguồn protein này mang lại các giá trị gia tăng đáng kể. Các nghiên cứu gần đây xác nhận khả năng cải thiện tính ngon miệng của thức ăn chứa protein thủy phân thủy sản ở liều lượng từ 2 đến 5%, đồng thời tăng cường hiệu suất nuôi trồng và sức khỏe ở nhiều loài cá biển, tôm [42, 43, 57].

2.2. Đặc điểm của protein thủy phân

2.2.1. Tính dễ tiêu hóa

Trong quá trình tiêu hóa, protein thô trong thức ăn được phân cắt thành acid amin (AA) tự do hoặc di/tri peptide để hấp thụ vào tế bào ruột. Trong đó việc hấp thụ di/tri peptides có

hiệu quả cao hơn AA tự do, do các ưu thế về kênh vận chuyển PEPT1 (là kênh vận chuyển cho 2-3 AA cùng lúc, tương thích với tất cả các loại (không chọn lọc như kênh vận chuyển AA) và chất đồng vận ion H⁺ tồn tại phổ biến trong cơ thể. Do đó 70 - 85% acid amin sẽ được hấp thụ theo con đường di/tri-peptide vào thành ruột. Protein thủy phân có hàm lượng AA / di-tri peptide càng cao cho tốc độ hấp thụ càng nhanh và hiệu quả càng cao [32].

Vật nuôi được bổ sung protein thủy phân sẽ tiêu tốn ít nguồn lực và thời gian để phân giải, tiêu hóa, hấp thụ protein, nâng cao hiệu quả hấp thụ đạm và giảm lượng đạm thải ra môi trường. Điều này quan trọng với động vật thủy sản vì đạm chưa tiêu hóa làm bẩn nước, tạo điều kiện cho vi sinh vật và mầm bệnh phát triển, đồng thời tạo NH₃, gây stress cho vật nuôi.

2.2.2. Tính dẫn dụ và ngon miệng

Tính dẫn dụ và ngon miệng là một trong các ưu điểm nổi bật của protein thủy phân từ thủy sản, góp phần đảm bảo việc bắt mồi và lượng ăn vào hằng ngày của cá, từ đó giúp đảm bảo FCR (Feed Conversion Ratio), trong một số trường hợp đặc biệt: các loài kén ăn, ở các giai đoạn con non, con giống, tại các thời điểm bị bệnh hoặc bị stress [22]. Nhờ vào đặc tính này, protein thủy phân từ thủy sản có thể hỗ trợ protein thực vật trong việc thay thế bột cá. Ngoài ra, do bản chất từ nguồn thủy sản, protein thủy phân từ thủy sản có thành phần AA có chứa các AA phù hợp với nhu cầu dinh dưỡng, miễn dịch của động vật thủy sản.

2.2.3. Hoạt tính sinh học

Protein thủy phân từ nguồn hải sản đã được chứng minh rộng rãi là có nhiều hoạt tính sinh học, mang lại các lợi ích về sức khỏe nói chung cho vật nuôi và con người [44]. Việc thay thế

FM bằng protein thực vật dẫn tới nhiều tác động tiêu cực lên tăng trưởng và sức khỏe thủy sản, đặc biệt là trong các giai đoạn nhiều thách thức (giai đoạn con non hoặc bị stress, dịch bệnh) [40]. Protein thủy phân, với khả năng tác động tích cực lên sức khỏe đường ruột thủy sản và cung cấp một nguồn đạm dễ tiêu hóa, dễ hấp thu, là một lựa chọn tiềm năng cho xu hướng thay thế bột cá trong công thức thức ăn thủy sản, giúp bổ trợ các nguồn đạm thực vật khác.

3. Protein tôm thủy phân

3.1. Tổng quan về protein tôm thủy phân

Tôm được xem là một trong các loài thủy sản có sản lượng lớn (cùng với cá hồi, cá tuyết, cá ngừ, mực, cá trích) do đó tạo ra nguồn phụ phẩm có giá trị với khối lượng lớn [53]. Một

nghiên cứu cho thấy phụ phẩm từ ngành chế biến tôm và cá trích có thể thay thế bột cá trong thức ăn cá hồi: Protein từ nước thải chế biến hải sản đã được ứng dụng thành công trong nghiên cứu làm thức ăn chăn nuôi cho cá hồi Đại Tây Dương [39]. Nguồn protein thủy phân từ phụ phẩm tôm chứa chủ yếu các acid amin kỵ nước như alanine, phenylalanine, methionine, proline, valine, tyrosine, tryptophan, leucine, và isoleucine. Tính kỵ nước đóng góp vào hoạt tính sinh học của các hợp chất này nhờ vào khả năng tương tác với lớp màng lipid đôi. Protein thủy phân từ tôm (Shrimp Protein Hydrolysate – SPH) cũng có tiềm năng chứa nhiều loại peptide có hoạt tính sinh học là các peptide mạch ngắn chứa từ 2-20 AA.

Bảng 2: Tổng hợp các nghiên cứu sử dụng SPH thay thế bột cá trong công thức thức ăn thủy sản

Đối tượng	Liều dùng tốt nhất	Kết quả	Nguồn
Cá tráp đỏ <i>Pagrus major</i>	Thay 4,8% FM bằng 5% SPH	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa và miễn dịch	[36]
Cá bon <i>Paralichthys olivaceus</i>	Thay 2,8% FM bằng 3% SPH	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa và miễn dịch trong điều kiện stress bệnh (gây ra bởi <i>E.tarda</i>)	[35]
Cá lóc <i>Channa maculata</i> × <i>Channa argus</i>	Bổ sung thêm 3% SPH	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa	[30]
Cá chẽm châu Âu <i>Dicentrarchus labrax</i>	Thay 5% FM bằng 5% SPH	Giảm FCR Kích thích tiêu hóa và miễn dịch, tăng tỷ lệ sống khi bị bệnh (<i>Vibrio pelagius</i>)	[33]
Cá chẽm châu Âu <i>Dicentrarchus labrax</i>	Bổ sung 2,5% SPH& 2,5% cá ngừ thủy phân	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa và miễn dịch	[47]
Cá bớp <i>Rachycentron canadum</i> <i>Linnaeus</i>	Thay 7,7% FM bằng 6,7% SPH	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa	[29]
Cá tráp đỏ <i>Pagrus major</i>	Thay 3,4% FM bằng 3,34% SPH	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa	[43]
Cá tráp đỏ <i>Pagrus major</i>	Bổ sung 4,72% SPH	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa	[40]
Cá vược miệng rộng <i>Micropterus salmoides</i>	Thay 15% FM bằng 6,8% SPH	Kích thích tăng trưởng, tiêu hóa	[49]

3.2. Đặc điểm nổi bật của protein thủy phân từ tôm

3.2.1. Tính năng dẫn dụ và ngon miệng

SPH có chứa nhiều hoạt chất dẫn dụ như acid amin tự do, peptide mạch ngắn, taurine, betaine... Thành phần này giống các chất tiết ra từ con mồi trong tự nhiên, giúp kích hoạt vị giác, tạo vị ngon miệng giúp tăng khả năng bắt mồi và tăng lượng ăn vào trên vật nuôi. Đặc biệt SPH có khả năng tan và phân tán nhanh trong nước và kích thích bắt mồi ở thủy sản [63].

3.2.2. Cải thiện sức khỏe đường ruột

SPH giúp cải thiện hình thái ruột – tăng chiều cao nhung mao là tập hợp tế bào thành ruột với chức năng hấp thu, bài tiết; từ đó giúp tăng diện tích tiếp xúc của thành ruột với thức ăn, do đó, giúp tăng khả năng hấp thu và tiêu hóa protein và chất khô nói chung [42]. Hiệu quả tăng chiều cao nhung mao đã được chứng minh trên cá chẽm châu Âu (*Dicentrarchus labrax*) [47].

SPH còn giúp tăng số lượng tế bào cốc (wineglass-like shaped cell) giúp sản sinh chất nhầy, bảo vệ niêm mạc đường ruột, ngăn ngừa vi khuẩn gây bệnh tiếp xúc và xâm nhập vào thành ruột [47]. Thử nghiệm trên cá bơn (*Paralichthys olivaceus*) cho thấy hiệu quả của SPH trong việc tăng số lượng tế bào cốc, đặc biệt so với nghiệm thức sử dụng thức ăn có hàm lượng bột cá thấp [35].

SPH thúc đẩy hoạt động của các vi khuẩn lactic trong ruột là nhóm vi sinh vật có lợi cho đường ruột, giúp cân bằng pH ruột và ức chế các vi khuẩn có hại phát triển (*E. coli*, *C. perfringens*...), từ đó giúp duy trì tính ổn định và cân bằng hệ vi sinh đường ruột. Thử nghiệm trên cá da trơn Nam Mỹ cho thấy, protein thủy phân giúp tăng nồng độ vi khuẩn lactic đáng kể so với nghiệm thức đối chứng [37]. Protein tôm thủy phân cũng chứng minh hiệu quả tăng cường sức khỏe đường ruột trên một số loài cá khác như cá lóc [24, 30].

3.2.3. Hỗ trợ tăng trưởng

SPH kích hoạt sản sinh enzyme tiêu hóa (pepsin, trypsin, chymotrypsin, amylase...), từ đó giúp cải thiện hiệu quả tiêu thụ thức ăn trên

cá. Hiệu quả được chứng minh với cá da trơn Nam Mỹ [37] và cá chẽm đỏ [36]. Đồng thời SPH tăng chuyển hóa dinh dưỡng thông qua kích thích cơ thể sản sinh hormone tăng trưởng (IGF-1, là hormone tăng trưởng đóng vai trò quan trọng để phát triển hệ thần kinh và cơ bắp của vật nuôi) [36].

SPH đã được chứng minh thúc đẩy sản sinh các hoạt chất miễn dịch (lysozyme, immunoglobulin) giúp tăng cường khả năng chống lại mầm bệnh, tăng sức đề kháng trên cá bơn (*Paralichthys olivaceus*) [35], tăng cường nồng độ enzyme chống oxy hóa (Superoxide Dismutase – SOD, Catalase – CAT, Glutathione Peroxidase – GPx) trên cá tráp đỏ (*Pagrus major*) từ đó giúp tăng khả năng chống oxy hóa giúp vật nuôi thích nghi với môi trường sống [36].

SPH có chứa một số cấu trúc peptide kháng khuẩn (hemocyanin) có khả năng ức chế và tiêu diệt một số vi khuẩn gây bệnh. Một số nghiên cứu cho thấy protein tôm khi thủy phân có khả năng tạo ra các peptide kháng khuẩn có hoạt lực gần tương đương kháng sinh Oxytetracycline khi thử nghiệm với các vi khuẩn *Yersinia ruckeri* và *Edwardsiella tarda*. Kết quả cho thấy tiềm năng ứng dụng phòng, trị bệnh trên cá nói riêng và thủy sản nói chung [54, 64].

Một số các nghiên cứu so sánh hiệu quả của SPH trên các loài động vật thủy sản cho thấy hiệu quả nổi trội của protein thủy phân từ tôm so với ruốc, cá rô phi, cá ngừ [46].

Một nghiên cứu thay thế bột cá bằng protein thủy phân từ ruốc và tôm trong thức ăn cá tráp đỏ cho thấy, SPH chứa thành phần AA tương tự protein ruốc thủy phân nhưng giàu peptide hòa tan hơn, giúp tăng sản xuất IGF-1. Thức ăn chứa SPH có độ tiêu hóa protein và vật chất khô cao hơn, được giải thích do hàm lượng cao các hợp chất có khối lượng phân tử thấp trong SPH, cải thiện hiệu quả tiêu hóa so với protein ruốc. [36].

Nghiên cứu sử dụng protein thủy phân từ cá rô phi và từ tôm nhằm thay thế bột cá trong thức ăn cá tráp đỏ cho thấy, protein thủy phân từ tôm có hàm lượng AA tự do và di-tri

peptides cao hơn so với từ cá, từ đó cho hiệu quả ngon miệng cao hơn, giúp tăng lượng ăn vào trên cá tráp đỏ [40]

Với các nguồn protein thủy phân từ cá, chất lượng/hiệu quả bị biến đổi theo chất lượng của nguồn nguyên liệu phụ phẩm đầu vào loại cá (cá biển, cá nước ngọt), phần phụ phẩm sử dụng (xương, đầu, da, vảy, nội tạng...). Trong khi đó, nguồn nguyên liệu đầu vào để sản xuất SPH ít biến đổi hơn, do chủ yếu là phần đầu vỏ tôm từ các nhà máy chế biến tôm xuất khẩu. Ngoài ra, phụ phẩm cá thường chứa một lượng lớn mỡ cản trở sự xâm nhập sâu của các enzyme, hạn chế quá trình thủy phân, do đó protein cá thủy phân thường có khối lượng phân tử trung bình cao hơn nhiều so với SPH.

3.3. Nghiên cứu về protein tôm thủy phân trên thế giới

Nghiên cứu đánh giá tác động của việc thay thế bột cá bằng hỗn hợp SPH và protein thực vật (đậu nành lên men, gluten bắp) đến tăng trưởng và hiệu quả sử dụng thức ăn của cá vược miệng rộng (*Micropterus salmoides*). Thí nghiệm gồm 4 nghiệm thức, thay thế bột cá với tỷ lệ khác nhau. Sau 82 ngày, nhóm 35% bột cá có tăng trọng cao nhất ($203,93 \pm 0,94$ g), khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$) so với các nhóm 45% ($183,63 \pm 2,41$ g), 40% ($187,18 \pm 6,75$ g), và 25% ($178,81 \pm 1,9$ g) [48].

Trong một nghiên cứu khác, SPH được thử nghiệm trên cá tráp đỏ (*Pagrus major*) nhằm bổ sung hoặc thay thế một phần bột cá, với 4 nghiệm thức: loại thức ăn bột cá cao (40%), khẩu phần bột cá thấp (25%, thay thế chủ yếu bằng đậu nành), và hai khẩu phần bổ sung thêm 5% bột tôm thủy phân và 5% bột nhuyễn thể, cùng với giảm 5% bột cá trong khẩu phần thấp. Kết quả cho thấy cá tăng trưởng tốt hơn đáng kể khi ăn khẩu phần cao bột cá và khẩu phần có bổ sung SPH và bột nhuyễn thể so với khẩu phần thấp bột cá. Nhóm bổ sung SPH đạt trọng lượng cuối $76,3 \pm 4,97$ g, cao hơn đáng kể so với các nhóm bổ sung nhuyễn thể ($63,2 \pm 3,51$ g), cao bột cá ($65,0 \pm 2,55$ g), và thấp bột cá ($52,9 \pm 1,60$ g). Các chỉ tiêu FCR (Feed Conversion Ratio) và SGR (Specific Growth Rate) cũng cho kết quả tương tự [36].

Ngoài ra, bổ sung 3% SPH vào khẩu phần ăn cá lóc (*Channa maculata* ♀ × *Channa argus* ♂) trong 8 tuần đã giúp tăng đáng kể hiệu suất tăng trưởng (Final Body Weight – FBW, Weight Gain – WG, Specific Growth Rate – SGR) và lượng ăn vào (FI) ($P < 0,05$), trong khi các chỉ số FCR và SR (Survival Rate) không có sự khác biệt đáng kể giữa nghiệm thức bổ sung và không bổ sung SPH. Hoạt tính enzyme lipase, amylase trong ruột và số lượng tế bào cốt cũng cao hơn trong nghiệm thức có bổ sung SPH, cho thấy hiệu quả tích cực lên tăng trưởng và cấu trúc ruột so với khẩu phần đối chứng ($P < 0,05$). Kết quả chỉ ra rằng việc bổ sung 3% SPH trong khẩu phần đã cải thiện hiệu suất tăng trưởng của cá lóc bằng cách tăng cường lượng thức ăn ăn vào (Feed Intake – FI) và cải thiện hình thái ruột [30].

3.4. Nghiên cứu về protein tôm thủy phân tại Việt Nam

Nghiên cứu của nhóm tác giả Trang Sỹ Trung (Trường Đại Học Nha Trang) sử dụng phụ phẩm tôm (đầu tôm sú) thủy phân bổ sung vào thức ăn cá hồi vân ở các liều lượng 1, 3, 5% và đánh giá khả năng tăng trưởng, tỷ lệ sống, sinh hóa và các thông số huyết học của cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) giai đoạn giống [60]. Kết quả thử nghiệm cho thấy, việc bổ sung protein thủy phân từ đầu tôm giúp tăng hiệu quả tăng trưởng. Các chỉ số sinh hóa của cá cũng được cải thiện đáng kể, và dịch thủy phân protein từ vỏ đầu tôm cũng có tiềm năng như một chất tăng cường miễn dịch vì sự gia tăng số lượng bạch cầu [15].

Nghiên cứu của tác giả Lê Thanh Hùng (2018) [8] sử dụng protein thủy phân phụ phẩm tôm bổ sung vào thức ăn tôm thẻ nhằm đánh giá hiệu quả dẫn dụ khi so sánh với một số chất dẫn dụ phổ biến trên thị trường như dịch cá, dịch cá thủy phân hoặc dịch mực. Kết quả nghiên cứu cho thấy, SPH cho hiệu quả dẫn dụ trên tôm thẻ tốt hơn đáng kể so với dịch cá, dịch cá thủy phân, tương đương với dịch mực.

Ngoài ra, Việt Nam Food (VNF) là một trong các công ty tiên phong tại Việt Nam về xử lý phụ phẩm tôm, tạo ra nhiều dòng sản phẩm giá trị cao gồm chitin, chitosan, SPH, astaxanthin.

Đã có một số nghiên cứu được thực hiện sử dụng nguồn SPH của công ty VNF trên các đối tượng vật nuôi: gà [12, 13], vịt [51], heo [14], cá rô phi [21, 24], cá hồi vân [15], cá tra [24, 38, 41, 49]. Trong đó, SPH được sử dụng hoặc bổ sung vào thức ăn thương mại, hoặc được dùng kết hợp với protein thực vật nhằm thay thế một phần bột cá, và đều cho kết quả tích cực: tăng tỷ lệ sống, tăng trọng lượng, giảm FCR, từ đó gia tăng hiệu quả nuôi trồng.

Nghiên cứu trên cá hồi vân cho thấy SPH có thể thay thế 30% bột cá trong khẩu phần ăn mà vẫn đảm bảo miễn dịch và sức khỏe đường ruột. Các chỉ số SOD (Superoxide dismutase), chiều cao nhung mao, và số lượng tế bào đại đều có giá trị tốt tương đương hoặc cao hơn so với nhóm chỉ dùng bột cá. [50].

Tác động tích cực của việc bổ sung SPH đã được ghi nhận trong nghiên cứu khác, khi các chỉ số miễn dịch không đặc hiệu như SOD và MPO (Myeloperoxidase) được cải thiện, giúp tăng cường khả năng kháng vi khuẩn *Aeromonas hydrophila* ở cá [24].

3.5. Đánh giá tiềm năng protein tôm thủy phân từ nguồn phụ phẩm sử dụng làm thức ăn thủy sản tại Việt Nam

3.5.1. Cơ hội

Việt Nam là quốc gia nằm trong top 3 trên thế giới về chế biến và xuất khẩu tôm, với sản lượng dồi dào mỗi năm. Trong giai đoạn từ 2018 – 2023, sản lượng tôm Việt Nam đã tăng lên 47%, đã đạt 1,2 triệu tấn trong năm 2023 [7, 17]. Phụ phẩm tôm (đầu và vỏ tôm) chiếm tới 35-45% khối lượng con tôm [10], từ đó ước tính có khoảng 300.000 – 400.000 tấn phụ phẩm mỗi năm được thải ra từ quá trình chế biến tôm. Theo nghiên cứu của tác giả Nguyễn Công Minh (2016), phụ phẩm tôm có hàm lượng dinh dưỡng và hoạt chất sinh học cao, với thành phần gồm 45% protein, 22% khoáng, 11% chitin [10].

Chính phủ Việt Nam đã ban hành nhiều chính sách nhằm thúc đẩy việc sử dụng phụ phẩm tôm trong sản xuất thức ăn thủy sản, hướng tới phát triển bền vững và kinh tế tuần hoàn trong ngành thủy sản. Theo Chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam đến năm 2030, tầm

nhìn 2045 (Quyết định 339/QĐ-TTg), ngành thủy sản được định hướng trở thành ngành kinh tế quan trọng, với mục tiêu khuyến khích tận dụng phụ phẩm chế biến tôm để giảm lãng phí và bảo vệ môi trường [3]. Đề án phát triển ngành chế biến thủy sản giai đoạn 2021-2030 (Quyết định 1408/QĐ-TTg) cũng đặt trọng tâm vào việc nâng cao giá trị từ phụ phẩm, giảm ô nhiễm và thúc đẩy kinh tế tuần hoàn [4]. Song song đó, Chương trình quốc gia phát triển nuôi trồng thủy sản giai đoạn 2021-2030 (Quyết định 985/QĐ-TTg) đặc biệt chú trọng tăng tỷ lệ sử dụng nguồn nguyên liệu nội địa, như phụ phẩm tôm, nhằm giảm giá thành và bảo vệ môi trường [5]. Trước đó, Chính Phủ đã ban hành Nghị định 39/2017/NĐ-CP về quản lý thức ăn thủy sản yêu cầu việc sử dụng phụ phẩm tôm làm nguyên liệu phải đảm bảo chất lượng và an toàn, giúp thúc đẩy việc tái chế và sử dụng phụ phẩm này trong sản xuất thức ăn thủy sản, góp phần bảo vệ môi trường và phát triển kinh tế tuần hoàn [2]. Việt Nam cũng đã ban hành Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 13659:2023 về thức ăn chăn nuôi - protein tôm thủy phân, tạo cơ sở pháp lý và kỹ thuật cho việc sản xuất và sử dụng sản phẩm này trong thức ăn chăn nuôi, phù hợp với thông lệ quốc tế [1].

Ngoài ra, các doanh nghiệp như Công ty Cổ phần Việt Nam Food (VNF) đã tiên phong ứng dụng công nghệ để biến phụ phẩm tôm thành các sản phẩm giá trị gia tăng như protein tôm thủy phân, chitosan và astaxanthin, góp phần thúc đẩy kinh tế tuần hoàn và phát triển bền vững [16]. Tuy nhiên, cần tiếp tục hoàn thiện chính sách hỗ trợ, nghiên cứu công nghệ và tăng cường hợp tác giữa các bên để phát huy hiệu quả trong sử dụng phụ phẩm tôm.

3.5.2. Thách thức

Tại Việt Nam, protein thủy phân từ phụ phẩm tôm, với vai trò là chất dẫn dụ và thay thế một phần bột cá trong thức ăn thủy sản và chăn nuôi, đã được chứng minh hiệu quả qua nhiều nghiên cứu và được sử dụng rộng rãi trong các nhà máy sản xuất thức ăn trong nước cũng như xuất khẩu ra một số thị trường quốc tế [16]. Ngoài protein thủy phân, các thành phần còn lại trong phụ phẩm tôm cũng là các sản

phẩm có giá trị gia tăng như chitin, chitosan, astaxanthin, và khoáng chất. Do đó, việc sản xuất protein thủy phân từ phụ phẩm tôm cần đi kèm với đồng chiết xuất các nguyên liệu này, để có thể tối ưu hóa hiệu quả chiết xuất và giảm chi phí, và góp phần đảm bảo sản xuất sạch, bền vững và thân thiện với môi trường. Đây là thách thức về mặt công nghệ mà các đơn vị xử lý phụ phẩm tôm cần phải vượt qua.

Hiện nay, việc ứng dụng protein thủy phân từ tôm (SPH) trong thức ăn cho tôm thẻ và tôm sú vẫn còn hạn chế. Nguyên nhân chủ yếu xuất phát từ lo ngại về quy định “ăn cùng loài” (in-kind feeding). Theo các tiêu chuẩn mới nhất của Best Aquaculture Practices (BAP) [25] và GLOBAL G.A.P. [34], protein thủy phân có mức độ thủy phân sâu với khối lượng phân tử dưới 10,000 Da được phép bổ sung vào thức ăn cho tôm mà không vi phạm các tiêu chuẩn nuôi trồng thủy sản hiện hành.

Bên cạnh đó, protein thủy phân từ tôm đối mặt với sự cạnh tranh từ các sản phẩm protein khác, như protein thủy phân hoặc không thủy phân từ phụ phẩm cá và các nguồn protein thủy phân nhập khẩu. Tuy nhiên, nhờ nguồn cung phụ phẩm tôm dồi dào từ ngành xuất khẩu tôm của Việt Nam, protein thủy phân từ tôm có tiềm năng lớn trong việc phục vụ ngành thức ăn thủy sản và chăn nuôi nội địa. Vấn đề đặt ra là làm thế nào để tối ưu hóa lợi thế này và gia tăng khả năng cạnh tranh trên thị trường.

IV. KẾT LUẬN

Từ các nghiên cứu trên cho thấy tiềm năng của protein tôm thủy phân trong việc thay thế bột cá, hỗ trợ protein thực vật mà vẫn đảm bảo được độ ngon miệng, lượng thức ăn tiêu thụ, từ

đó có ảnh hưởng tích cực lên tăng trưởng, sức khỏe, miễn dịch của các loại thủy sản.

Nguồn protein tôm thủy phân từ lượng phụ phẩm tôm dồi dào tại Việt Nam là một giải pháp hiệu quả và bền vững cho ngành thức ăn thủy sản tại Việt Nam.

Để phát huy tối đa tiềm năng của protein tôm thủy phân, cần tiến hành thử nghiệm trên nhiều đối tượng thủy sản khác nhau như tôm, cá có vây, cá biển, cá da trơn..., đặc biệt ở các giai đoạn quan trọng như con giống, con non hoặc trong điều kiện áp lực môi trường và dịch bệnh để đánh giá toàn diện hiệu quả. Đồng thời, cần tập trung nghiên cứu và phát triển các dòng thức ăn chức năng sử dụng nguồn protein thủy phân nhằm nâng cao hiệu quả nuôi trồng và khả năng kháng bệnh. Bên cạnh đó, mở rộng nghiên cứu ứng dụng protein thủy phân từ phụ phẩm tôm sang các lĩnh vực khác như gia súc, gia cầm, thú cưng và thú cảnh cũng là hướng đi tiềm năng. Ngoài ra, việc phát triển các quy trình thủy phân tối ưu để tạo ra sản phẩm chứa peptide mang hoạt tính sinh học (như peptide kháng khuẩn, peptide chống oxy hóa) sẽ gia tăng giá trị sản phẩm, góp phần nâng cao hiệu quả kinh tế và thúc đẩy phát triển bền vững trong ngành chăn nuôi và thủy sản.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này là một phần của dự án Thu hồi vỏ tôm lột được tài trợ bởi Cục Phát triển doanh nghiệp (AED) thuộc Bộ Kế Hoạch và Đầu Tư (MPI), Cơ quan Phát triển Quốc Tế Hoa Kỳ (USAID Vietnam), Dự án Tăng cường năng lực cạnh tranh khu vực tư nhân Việt Nam (USAID IPSC).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

1. Bộ Khoa Học và Công nghệ (2023), Tiêu chuẩn Quốc gia (TCVN 13659:2023) Thức ăn chăn nuôi - Protein tôm thủy phân
2. Chính Phủ (2017), Nghị định số 39/2017/NĐ-CP của Chính phủ: Về quản lý thức ăn chăn nuôi, thủy sản
3. Chính Phủ (2021), Quyết định số 339/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam đến năm 2030, tầm nhìn đến năm 2045
4. Chính Phủ (2021), Quyết định số 1408/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Phê duyệt Đề án phát triển ngành chế biến thủy sản giai đoạn 2021 - 2030

5. Chính Phủ (2022), Quyết định số 985/QĐ-TTg của Thủ tướng Chính phủ: Ban hành Chương trình Quốc gia phát triển nuôi trồng thủy sản giai đoạn 2021 - 2030
6. Hiệp Hội Chế Biến Và Xuất Khẩu Thủy Hải Sản Việt Nam (2024), Tổng quan ngành thủy sản Việt Nam, truy cập tại địa chỉ <https://vasep.com.vn/gioi-thieu/tong-quan-nganh>, truy cập ngày 15/01/2025
7. Hiệp Hội Chế Biến Và Xuất Khẩu Thủy Sản Việt Nam (2024), Tổng quan ngành tôm Việt Nam, truy cập tại địa chỉ <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/tom/tong-quan-nganh-tom>, truy cập ngày 15/01/2025
8. Hùng L.T. (2018), Đánh giá một số chất dẫn dụ bổ sung vào thức ăn tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*).
9. Long M. (2023), Giá thức ăn giảm giúp nông dân đẩy mạnh thả nuôi cá tra, truy cập tại địa chỉ <https://nld.com.vn/kinh-te/dut-gay-chuoi-cung-ung-dn-viet-thiet-hai-nang-20220501191303759.htm>, truy cập ngày 15/01/2025
10. Minh N.C., Hòa N.V., Phương P.T.Đ. và Trung T.S. (2017), “Nghiên cứu cải tiến quy trình thu nhận chitin từ phế liệu tôm bằng kết hợp xử lý nhiệt và tẩy màu”, *Khoa Học Nông Nghiệp*, 59(2), pp. 27-33.
11. Người Lao Động (2022), Đứt gãy chuỗi cung ứng, DN Việt thiệt hại nặng, truy cập tại địa chỉ <https://nld.com.vn/kinh-te/dut-gay-chuoi-cung-ung-dn-viet-thiet-hai-nang-20220501191303759.htm>, truy cập ngày 15/01/2025
12. Nhã P.T. (2019), “Ảnh hưởng của việc bổ sung dịch tôm thủy phân và dịch mực thủy phân đến tăng trưởng của gà Nòi lai giai đoạn 5 – 12 tuần tuổi”, *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 55(1), pp. 1-6.
13. Phương N.H., Phước T.V., Thương N.Q., Nam T.Đ. và Huệ T.T. (2021), “Hiệu quả thay bột cá bằng protein tôm thủy phân trong thức ăn lên năng suất gà đẻ thương phẩm”, *Tạp chí KHKT Chăn nuôi*, 269, pp. 32-37.
14. Thiệu N.Q. và Tha N.T. (2017), “Nghiên cứu sử dụng dịch chiết đầu tôm thủy phân thay cho bột cá dùng làm nguồn cung protein trong thức ăn heo thịt”, *The Journal of Agriculture and Development*, (5).
15. Thu T.T.N. và Tinh T.T. (2013), “Thức ăn chế biến cho cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) giai đoạn đầu thương phẩm”, *Tạp chí Khoa học và Phát Triển*, 11(3), pp. 310-317.
16. Thủy sản Việt Nam (2024), Việt Nam Food: Biến phụ phẩm thành chính phẩm, truy cập tại địa chỉ <https://thuysanvietnam.com.vn/viet-nam-food-bien-phu-pham-thanh-chinh-pham/>, truy cập ngày 15/01/2025
17. Thủy T. (2024), Tổng sản lượng thủy sản năm 2023 ước đạt trên 9.312 nghìn tấn, truy cập tại địa chỉ <https://tongcucthuysan.gov.vn/en-us/Aquaculture/doc-tin/020238/2024-01-19/tong-san-luong-thuy-san-nam-2023-uoc-dat-tren-9312-nghin-tan>, truy cập ngày 15/01/2025
18. Thy H. (2024), Đánh giá thị trường thức ăn thủy sản tại Việt Nam, truy cập tại địa chỉ <https://tepbac.com/tin-tuc/full/danh-gia-thi-truong-thuc-an-thuy-san-tai-viet-nam-36403.html>, truy cập ngày 15/01/2025
19. Tiên H. (2024), Một số loại thức ăn sử dụng trong nuôi trồng thủy sản, truy cập tại địa chỉ <https://nguoinuoi.com.vn/mot-so-loai-thuc-an-su-dung-trong-nuoi-trong-thuy-san>, truy cập ngày 15/01/2025
20. Tùng T. (2021), Vì sao giá thức ăn cho nuôi trồng thủy sản tăng cao?, truy cập tại địa chỉ <https://thuysanvietnam.com.vn/vi-sao-gia-thuc-an-cho-nuoi-trong-thuy-san-tang-cao>, truy cập ngày 15/01/2025

Tiếng Anh

21. Abdel Rahman A.N., Amer S.A., Behairy A., Younis E.M., Abdelwarith A.A., Osman A., Moustafa A.A., Davies S.J. và Ibrahim R.E. (2023), “Using Azadirachta indica protein hydrolysate as a plant protein in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet: Effects on the growth, economic efficiency, antioxidant-immune response and resistance to *Streptococcus agalactiae*”, *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 107(6), pp. 1502-1516.
22. Alves D.R.S., de Oliveira S.R., Luczinski T.G., Boscolo W.R., Bittencourt F., Signor A. và Detsch D.T. (2020), “Attractability and palatability of liquid protein hydrolysates for Nile tilapia juveniles”, *Aquaculture Research*, 51(4), pp. 1681-1688.
23. Back S.-J., Park S.-J., Moon J.-S., Lee S.-B., Jo S.-J., Nam T.-J., Bai S.C., Kong I.-S., Lee K.-J., Lee B.-J., Hur S.-W., Lee S. và Choi Y.H. (2020), “The effects of dietary heat-killed probiotics bacteria additives in low-fishmeal feed on growth performance, immune responses, and intestinal morphology in juvenile olive flounder

- Paralichthys olivaceus*”, *Aquaculture Reports*, 18, pp. 100415.
24. Bae J., Song Y., Moniruzzaman M., Hamidoghli A., Lee S., Je H., Choi W., Min T. và Bai S.C. (2021), “Evaluation of Dietary Soluble Extract Hydrolysates with or without Supplementation of Inosine Monophosphate Based on Growth, Hematology, Non-Specific Immune Responses and Disease Resistance in Juvenile Nile Tilapia *Oreochromis niloticus*”, *Animals*, 11(4), pp. 1107.
 25. BAP (2022), *Aquaculture Facility Certification - Feed mills Standards*
 26. Bulbul M., Kader M.A., Asaduzzaman M., Ambak M.A., Chowdhury A.J.K., Hossain M.S., Ishikawa M. và Koshio S. (2016), “Can canola meal and soybean meal be used as major dietary protein sources for kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*?”, *Aquaculture*, 452, pp. 194-199.
 27. Chaklader M.R., Howieson J., Foyosal M.J. và Fotedar R. (2021), “Transformation of fish waste protein to *Hermetia illucens* protein improves the efficacy of poultry by-products in the culture of juvenile barramundi, *Lates calcarifer*”, *The Science of the Total Environment*, 796, pp. 149045.
 28. Chien C.-C., Lin T.-Y., Chi C.-C. và Liu C.-H. (2020), “Probiotic, *Bacillus subtilis* E20 alters the immunity of white shrimp, *Litopenaeus vannamei* via glutamine metabolism and hexosamine biosynthetic pathway”, *Fish & Shellfish Immunology*, 98, pp. 176-185.
 29. Costa-Bomfim C.N., Silva V.A., Bezerra R.d.S., Druzian J.I. và Cavalli R.O. (2017), “Growth, feed efficiency and body composition of juvenile cobia (*Rachycentron canadum* Linnaeus, 1766) fed increasing dietary levels of shrimp protein hydrolysate”, *Aquaculture Research*, 48(4), pp. 1759-1766.
 30. Fang H., Xie J., Liao S., Guo T., Xie S., Liu Y., Tian L. và Niu J. (2019), “Effects of Dietary Inclusion of Shrimp Paste on Growth Performance, Digestive Enzymes Activities, Antioxidant and Immunological Status and Intestinal Morphology of Hybrid Snakehead (*Channa maculata* ♀ × *Channa argus* ♂)”, *Frontiers in Physiology*, 10, pp. 1027.
 31. FAO (2022), *The State of World Fisheries and Aquaculture 2022. Towards Blue Transformation. Rome, FAO.*, FAO.
 32. Gilbert E.R., Wong E.A. và Webb K.E. (2008), “Board-invited review: Peptide absorption and utilization: Implications for animal nutrition and health”, *Journal of Animal Science*, 86(9), pp. 2135-2155.
 33. Gisbert E., Fournier V., Solovyev M., Skalli A. và Andree K.B. (2018), “Diets containing shrimp protein hydrolysates provided protection to European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) affected by a *Vibrio pelagius* natural infection outbreak”, *Aquaculture*, 495, pp. 136-143.
 34. GLOBALG.A.P. (2022), *Integrated Farm Assurance Smart/GFS: Principles and Criteria for Aquaculture - Finfish, Crustacean, Molluscs, Seaweed.* pp. 80.
 35. Gunathilaka B.E., Khosravi S., Herault M., Fournier V., Lee C., Jeong J.-B. và Lee K.-J. (2020), “Evaluation of shrimp or tilapia protein hydrolysate at graded dosages in low fish meal diet for olive flounder (*Paralichthys olivaceus*)”, *Aquaculture Nutrition*, 26(5), pp. 1592-1603.
 36. Gunathilaka B.E., Khosravi S., Shin J., Shin J., Herault M., Fournier V. và Lee K.-J. (2021), “Evaluation of shrimp protein hydrolysate and krill meal supplementation in low fish meal diet for red seabream (*Pagrus major*)”, *Fisheries and Aquatic Sciences*, 24(3), pp. 109-120.
 37. Ha N., Jesus G.F.A., Gonçalves A.F.N., de Oliveira N.S., Sugai J.K., Pessatti M.L., Mouriño J.L.P. và El Hadi Perez Fabregat T. (2019), “Sardine (*Sardinella* spp.) protein hydrolysate as growth promoter in South American catfish (*Rhamdia quelen*) feeding: Productive performance, digestive enzymes activity, morphometry and intestinal microbiology”, *Aquaculture*, 500, pp. 99-106.
 38. Hariyadi D.R., Isnansetyo A., Istiqomah I., Hardaningsih I., Wahyudi W. và Kim S.S. (2018), “Growth, Total Production and Feed Efficiency of Catfish (*Clarias* sp.) Orally Administered with Shrimp Waste Hydrolyzate”, *Aquacultura Indonesiana*, pp. 15-20.
 39. Hedén I., Forghani Targhi B., Baardsen G., Westereng B., Svendsen T., Jönsson E., Hasselberg Frank L.,

- Undeland I., Sundell K. và Sundh H. (2023), “Dietary replacement of fishmeal with marine proteins recovered from shrimp and herring process waters promising in Atlantic salmon aquaculture”, *Aquaculture*, 574, pp. 739735.
40. Herault M., Gunathilaka B.E., Fournier V., Le Bris H., Lee K.-J. và Sadoul B. (2023), “Aquatic product hydrolysates increase rearing performance in red seabream (*Pagrus major*), fed a low fish meal diet, in both controlled and stressed conditions: From growth to stress responses”, *Aquaculture*, 576, pp. 739830.
41. Jo H. (2017), “Evaluation of Dietary Fishmeal Analogue with Addition of Shrimp Soluble Extract on Growth and Nonspecific Immune Response of Rainbow Trout, *Oncorhynchus mykiss*”, *Journal of World Aquaculture Society*, 48(4).
42. Khosravi S., Bui H.T.D., Herault M., Fournier V., Kim K.-D., Lee B.-J., Kim K.-W. và Lee K.-J. (2018), “Supplementation of Protein Hydrolysates to a Low-fishmeal Diet Improves Growth and Health Status of Juvenile Olive Flounder, *Paralichthys olivaceus*”, *Journal of the World Aquaculture Society*, 49(5), pp. 897-911.
43. Khosravi S., Rahimnejad S., Herault M., Fournier V., Lee C.-R., Dio Bui H.T., Jeong J.-B. và Lee K.-J. (2015), “Effects of protein hydrolysates supplementation in low fish meal diets on growth performance, innate immunity and disease resistance of red sea bream *Pagrus major*”, *Fish & Shellfish Immunology*, 45(2), pp. 858-868.
44. Kim S.-K. (2013), *Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications*, Wiley.
45. Kondo F., Ohta T., Iwai T., Ido A., Miura C. và Miura T. (2017), “Effect of the squid viscera hydrolysate on growth performance and digestion in the red sea bream *Pagrus major*”, *Fish Physiology and Biochemistry*, 43(6), pp. 1543-1555.
46. Leduc A., Fournier V. và Henry J. (2020), “A standardized, innovative method to characterize the structure of aquatic protein hydrolysates”, *Heliyon*, 6(6), pp. e04170.
47. Leduc A., Zatylny-Gaudin C., Robert M., Corre E., Corguille G.L., Castel H., Lefevre-Scelles A., Fournier V., Gisbert E., Andree K.B. và Henry J. (2018), “Dietary aquaculture by-product hydrolysates: impact on the transcriptomic response of the intestinal mucosa of European seabass (*Dicentrarchus labrax*) fed low fish meal diets”, *BMC genomics*, 19(1), pp. 396.
48. Li S., Dai M., Qiu H. và Chen N. (2021), “Effects of fishmeal replacement with composite mixture of shrimp hydrolysate and plant proteins on growth performance, feed utilization, and target of rapamycin pathway in largemouth bass, *Micropterus salmoides*”, *Aquaculture*, 533, pp. 736185.
49. Li S.L. (2020), “Comparison of dehulled, fermented and enzyme-treated soybean meal in diets for largemouth bass, *Micropterus salmoides*: Effects on growth performance, feed utilization, immune response and intestinal morphology”, *Animal Feed Science and Technology*, 267, pp. 114548.
50. Moniruzzaman M., Damusaru J.H., Won S., Cho S.-J., Chang K.H. và Bai S.C. (2020), “Effects of partial replacement of dietary fish meal by bioprocessed plant protein concentrates on growth performance, hematology, nutrient digestibility and digestive enzyme activities in juvenile Pacific white shrimp,” *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(3), pp. 1285-1293.
51. Nha P.T. và Thuy L.T. (2022), “Effects of Supplementing Shrimp Soluble Hydrolyte Extracts on Growth Performance and Digestion of Hoa Lan Ducks”, *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 10(2), pp. 286-291.
52. Pan M.V., Cadiz R.E., Mameloco E.J.G. và Traifalgar R.F.M. (2022), “Squid industry by-product hydrolysate supplementation enhances growth performance of *Penaeus monodon* fed plant protein-based diets without fish meal”, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6.
53. Ramakrishnan S.R., Jeong C.-R., Park J.-W., Cho S.-S. và Kim S.-J. (2023), “A review on the processing of functional proteins or peptides derived from fish by-products and their industrial applications”, *Heliyon*, 9(3).

54. Robert M., Zatylny-Gaudin C., Fournier V., Corre E., Gildas L.C., Bernay B. và Henry J. (2014), “Transcriptomic and peptidomic analysis of protein hydrolysates from the white shrimp (*L. vannamei*)”, *Journal of Biotechnology*.
55. Shakhova E., Mezenova O., Romanenko N., Agafonova S., Volkov V., Kalinina N. và Pyanov D. (2023), “Effect of inclusion of fish protein hydrolysate in diet for european whitefish (*coregonus lavaretus linnaeus*, 1758) juveniles on their hematological parameters”, *BIO Web of Conferences*, 64, pp. 01010.
56. Sheng Z., Turchini G.M., Xu J., Fang Z., Chen N., Xie R., Zhang H. và Li S. (2022), “Functional Properties of Protein Hydrolysates on Growth, Digestive Enzyme Activities, Protein Metabolism, and Intestinal Health of Larval Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*)”, *Frontiers in Immunology*, 13, pp. 913024.
57. Siddik M.A.B., Howieson J., Partridge G.J., Fotedar R. và Gholipourkanani H. (2018), “Dietary tuna hydrolysate modulates growth performance, immune response, intestinal morphology and resistance to *Streptococcus iniae* in juvenile barramundi, *Lates calcarifer*”, *Scientific Reports*, 8(1), pp. 15942.
58. Suma A.Y., Nandi S.K., Abdul Kari Z., Goh K.W., Wei L.S., Tahluddin A.B., Seguin P., Herault M., Al Mamun A., Téllez-Isaías G. và Anamul Kabir M. (2023), “Beneficial Effects of Graded Levels of Fish Protein Hydrolysate (FPH) on the Growth Performance, Blood Biochemistry, Liver and Intestinal Health, Economics Efficiency, and Disease Resistance to *Aeromonas hydrophila* of Pabda (*Ompok pabda*) Fingerling”, *Fishes*, 8(3), pp. 147.
59. Suratip N., Charoenwattanasak S., Klahan R., Herault M. và Yuangsoi B. (2023), “An investigation into the effects of using protein hydrolysate in low fish meal diets on growth performance, feed utilization and health status of snakehead fish (*Channa striata*) fingerling”, *Aquaculture Reports*, 30, pp. 101623.
60. Trang S.T., Tran V., Le M.-H., Ky P., Brown P. và Ngo M. (2022), “Growth performance, haematological parameters and proximate composition of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* fed varying dietary levels of protein hydrolysate from heads of *Penaeus monodon* shrimp processing industry”, *Regional Studies in Marine Science*, 55, pp. 102643.
61. Uyisenga A., Liang H., Ren M., Huang D., Xue C., Yin H. và Mi H. (2023), “The Effects of Replacing Fish Meal with Enzymatic Soybean Meal on the Growth Performance, Whole-Body Composition, and Health of Juvenile Gibel Carp (*Carassius auratus gibelio*)”, *Fishes*, 8(8), pp. 423.
62. Wang Y., Wang Z., Zhang Z., Tang Y., He Y., Mai K. và Ai Q. (2023), “Effects of Dietary Fishmeal Replacement with Soybean Meal on Growth Performance, Digestion, Hepatic Metabolism, Antioxidant Capacity, and Innate Immunity of Juvenile Large Yellow Croaker (*Larimichthys crocea*)”, *Aquaculture Research*, 2023(1), pp. 8842781.
63. Yacoob S.Y. và Suresh V. (2003), Attractants: The basics, truy cập tại địa chỉ <https://www.globalseafood.org/advocate/attractants-the-basics/>, truy cập ngày 15/01/2025
64. Yang S., Huang H., Wang F., Aweya J.J., Zheng Z. và Zhang Y. (2018), “Prediction and characterization of a novel hemocyanin-derived antimicrobial peptide from shrimp *Litopenaeus vannamei*”, *Amino Acids*, 50(8), pp. 995-1005.