ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ THUỶ PHÂN CÁ NỤC GAI (*DECAPTERUS RUSELLI*) BẰNG ENZYME ALCALASE TRONG SẢN XUẤT DỊCH ĐẠM HOÀ TAN GIÀU ACID AMIN

EVALUATION OF THE HYDROLYSIS EFFICIENCY OF SHORTFIN SCAD (DECAPTERUS RUSSELLI) USING ALCALASE FOR THE PRODUCTION OF SOLUBLE PROTEIN HYDROLYSATE RICH IN AMINO ACIDS

Đỗ Thị Thanh Thuỷ[1], Nguyễn Thị Lệ Phương[2], Phạm Thị Điềm[3], Vũ Thị Quyên[3], Đào Thị Tuyết Mai[4], Trần Thị Đang Tâm[5], Nguyễn Thị Thương[6]

1. Khoa Công nghệ thực phẩm, Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Trường Đại học Nha Trang
2. Đại học Công nghệ Đồng Nai
3. Viện Nghiên cứu Hải sản
4. Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường đại học Công Thương thành phố Hồ Chí Minh
5. Khoa Tin học và Kinh tế, Trường Cao đẳng Công Thương Miền Trung
6. Trường Cao đẳng Du lịch Nha Trang

Tác giả liên hệ: Đỗ Thị Thanh Thủy, Email: thuydtt@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 08/12/2025; Ngày phản biện thông qua: 20/01/2026 ; Ngày duyệt đăng: 25/03/2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu đã thực hiện về quá trình phân hủy của protein cá nục gai sử dụng enzyme Alcalase ở điều kiện pH tự nhiên và tỷ lệ nước/nguyên liệu là 1/1. Kết quả cho thấy rằng để đạt được hiệu suất tối ưu, cần sử dụng tỷ lệ enzyme - cơ chất là 93,48 AU/kg protein, duy trì nhiệt độ ở mức 60ºC trong vòng 6 giờ. Sau quá trình này, đạt được độ thủy phân cao nhất là 73,01%, hiệu suất thu hồi nitơ là 75,30%, và tổng nitơ bazơ bay hơi đạt 0,8 g/l trong dịch thủy phân thu được. Sản phẩm cuối cùng có chứa 13,45 g/l nitơ axit amin và 0,59 mg/100 g histamine, nổi bật với tiềm năng ứng dụng đa dạng trong các lĩnh vực ứng dụng khác nhau.

Từ khóa: Cá nục gai, Alcalase, dịch đạm thủy phân.

ABSTRACT

The research has been conducted on the hydrolysis process of Indian scad (Decapterus russelli) protein using Alcalase enzyme under natural pH conditions and a water/material ratio of 1/1. The results show that in order to achieve optimal efficiency, it is necessary to use an enzyme-substrate ratio of 93.48 AU/kg protein, to maintain a temperature of 60ºC for 6 hours. Following this process, the highest hydrolysis degree achieved was 73.01%, with a nitrogen recovery efficiency of 75.30% and a total volatile basic nitrogen of 0.8 g/l in the obtained hydrolysate solution. The final product contains 13.45 g/l of amino acid nitrogen and 0.59 mg/100 g of histamine, demonstrating a significant utilisation for diverse applications across various fields.

Keywords: Decapterus russelli, Alcalase, protein hydrolysate

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong lĩnh vực công nghiệp thực phẩm hiện nay, việc sử dụng dịch đạm thủy phân ngày càng trở nên phổ biến nhờ khả năng cải thiện giá trị dinh dưỡng, hương vị và cấu trúc của sản phẩm. Dịch đạm thủy phân được ứng dụng rộng rãi trong sản xuất snack (bim bim), giúp tăng cường giá trị dinh dưỡng, tạo vị đậm đà đặc trưng và nâng cao độ giòn cho sản phẩm do các peptide ngắn giúp tăng khả năng tạo bọt, tạo xốp. Ngoài ra, dịch đạm thuỷ phân còn được sử dụng trong các sản phẩm súp gia vị, mì ăn liền, cháo và phở ăn liền, cũng như trong sản xuất các loại gia vị như hạt nêm, bột

nêm, nước mắm và nước chấm công nghiệp. Không chỉ dừng lại ở đó, dịch đạm thủy phân còn đóng vai trò quan trọng trong các sản phẩm thực phẩm dinh dưỡng đặc biệt, tiêu biểu như bột dinh dưỡng cho trẻ em và người cao tuổi [2], [6], [7].

Để tận dụng nguồn nguyên liệu sẵn có, xu hướng tận dụng hiệu quả nguồn tài nguyên ngày càng được chú trọng trong ngành thủy sản, đặc biệt đối với cá nục gai - một loài cá có sản lượng lớn nhưng giá trị kinh tế thấp. Hiện nay, cá nục gai chủ yếu được tiêu thụ dạng tươi, phơi khô, sử dụng trong sản xuất nước mắm hoặc làm thức ăn chăn nuôi, trong khi tiềm năng chế biến sâu vẫn chưa được khai thác đúng mức. Vì vậy, nghiên cứu và phát triển quy trình sản xuất dịch đạm thủy phân giàu acid amin từ cá nục gai được xem là một hướng đi đầy triển vọng. Giải pháp này không chỉ giúp nâng cao giá trị sử dụng của nguyên liệu mà còn mang lại hiệu quả kinh tế cao hơn, góp phần thúc đẩy phát triển bền vững của ngành thủy sản.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Vật liệu nghiên cứu

1.1. Cá nục gai

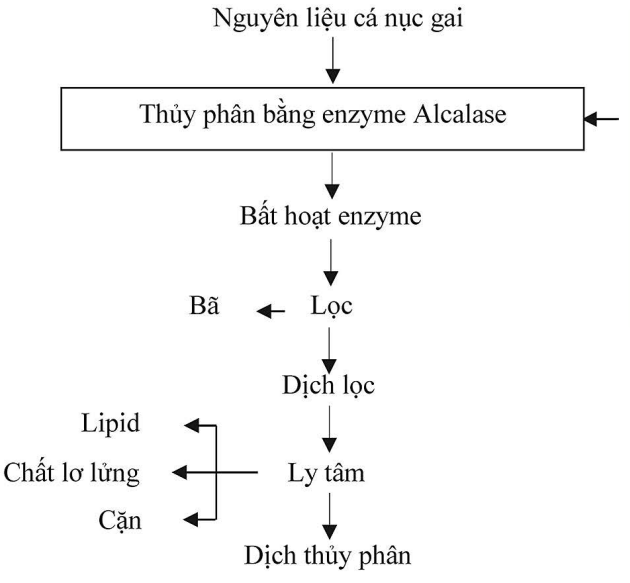
Cá nục gai được thu mua tại cảng cá Vĩnh Trường (8/14 Võ Thị Sáu, phường Vĩnh Trường, Nha Trang). Nguyên liệu được chọn là cá tươi, bề mặt sáng, mùi tanh tự nhiên và không dập nát, với kích cỡ 20-23 con/kg. Sau khi rửa sạch và loại bỏ tạp chất, cá nguyên con (không loại bỏ nội tạng) được bảo quản và vận chuyển về phòng thí nghiệm trong thùng xốp cách nhiệt ở 0-4°C. Tại phòng thí nghiệm, cá được rửa lại, để ráo, xay nhỏ và trộn đều nhằm đảm bảo tính đồng nhất, sau đó chia phần với mỗi mẫu khối lượng là 100g, đóng gói bằng bao PA hút chân không và cấp đông ở -20 ± 2°C.

1.2. Enzyme Alcalase

Alcalase 2.4 L FG (Novozyme, Đan Mạch) là enzyme protease dạng endopeptidase được sản xuất từ *Bacillus licheniformis*, với hoạt độ ghi trên nhãn 2,4 AU/g. Enzyme hoạt động tối ưu trong khoảng nhiệt độ 55-70°C và pH 6,5-8,5.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Sơ đồ quy trình và bố trí thí nghiệm



Điều kiện thủy phân của enzyme Alcalase
Xác định ảnh hưởng của nhiệt độ: 45 ÷ 65°C, δ = 5°C
Xác định ảnh hưởng của E/S: Alcalase: (46,74 ÷ 233,7 AU/kg protein)
Xác định ảnh hưởng của thời gian: (3 ÷ 7) giờ, δ = 1 giờ)
pH tự nhiên của cá, tỷ lệ nước/ nguyên liệu: W/NL = 1/1

Hình 1. Sơ đồ quy trình và bố trí thí nghiệm

Việc lựa chọn và xác định các thông số quan trọng trong quá trình thủy phân cá nục gai được thực hiện theo các phương pháp thí nghiệm cổ điển. Đầu tiên, nguyên liệu cá nục gai được thu và xử lý như đã mô tả ở mục 1.1, sau đó được rã đông ở nhiệt độ từ 0 đến 4 độ C trong khoảng thời gian 15 giờ.

Các thông số thích hợp được xác định bằng phương pháp thực nghiệm cổ điển. Một thông số được khảo sát trong khi giữ cố định các thông số còn lại. Khi thông số đầu tiên đạt giá trị phù hợp, nó sẽ được cố định để tiếp tục khảo sát thông số tiếp theo. Quá trình này được lặp lại cho đến khi tất cả các thông số cần thiết được xác định.

Nhiệt độ thủy phân thích hợp được xác định trong khoảng từ 45 đến 65°C, với bước nhảy là 5 độ C; tỷ lệ enzyme/nguyên liệu (E/S) được cố định ở mức 46,74 AU/kg protein, và thời gian thủy phân là 3 giờ. Tiếp theo, tỷ lệ enzyme - cơ chất thích hợp được xác định, với tỷ lệ E/S từ 46,74 đến 233,7 AU/kg protein, cụ thể là 46,74; 93,48; 140,22; 186,96 và 233,70 AU/kg protein tương ứng. Nhiệt độ thích hợp cho quá trình này được lấy từ thí nghiệm trước đó, và thời gian thủy phân vẫn là 3 giờ. Tiếp theo là xác định thời gian thủy phân thích hợp, trong khoảng từ 3 đến 7 giờ, với bước nhảy là 1 giờ. Tỷ lệ E/S và nhiệt độ thích hợp được lấy từ thí nghiệm trước đó, và tỷ lệ W/NL được xác định là 1/1, với pH tự nhiên của cá.

Quá trình thủy phân được kết thúc bằng cách bất hoạt enzyme ở 95°C trong 15 phút. Hiệu quả phản ứng được đánh giá thông qua các chỉ số gồm tỷ lệ nitơ acid amin/nitơ tổng số (N_{aa}/N_{TS}), độ thủy phân (DH), hiệu suất thu hồi nitơ (HSTH) và tổng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N). Các điều kiện được xem là tối ưu khi đồng thời đạt giá trị N_{aa}/N_{TS}, HSTH và DH cao nhất, trong khi TVB-N nằm trong giới hạn chấp nhận được.

2.2. Phương pháp phân tích

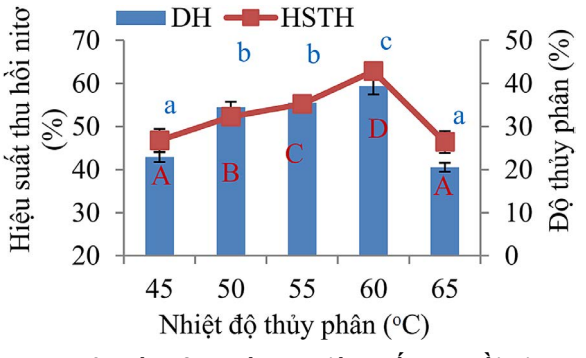
Các chỉ tiêu hóa học gồm độ ẩm, tro, lipid, nitơ tổng số, NH_3 và TVB-N được xác định theo các tiêu chuẩn TCVN hiện hành. Cụ thể, độ ẩm xác định theo TCVN 3700-90; hàm lượng tro bằng phương pháp nung ở 600°C; lipid theo TCVN 3703:2009; nitơ tổng số theo TCVN 3705-90; NH_3 và TVB-N theo TCVN 9215:2012. Hàm lượng nitơ acid amin được tính bằng hiệu số giữa đạm formol và NH_3 (4). Hiệu suất thu hồi nitơ (HSTH) được tính bằng lượng nitơ tổng số trong sản phẩm thủy phân (g) nhân 100 chia cho lượng nitơ tổng số trong nguyên liệu đem thủy phân (g). Độ thủy phân (DH) được xác định bằng phương pháp DNFB dựa trên nhóm amino tự do (4)

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

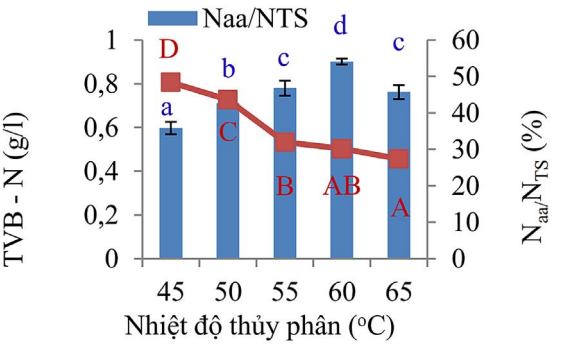
Các thí nghiệm được tiến hành theo thiết kế lặp lại ba lần, mỗi lần gồm ba mẫu. Dữ liệu được phân tích bằng phần mềm SPSS 20 và xử lý tính toán trên Microsoft Excel 2021; các khác biệt được xem là có ý nghĩa thống kê khi $p < 0,05$.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

1. Đánh giá sự thay đổi các chỉ tiêu DH, HSTH, N_{aa}/N_{TS} và TVB-N theo nhiệt độ thuỷ phân



Hình 2. Độ thủy phân và hiệu suất thu hồi nitơ theo nhiệt độ thuỷ phân

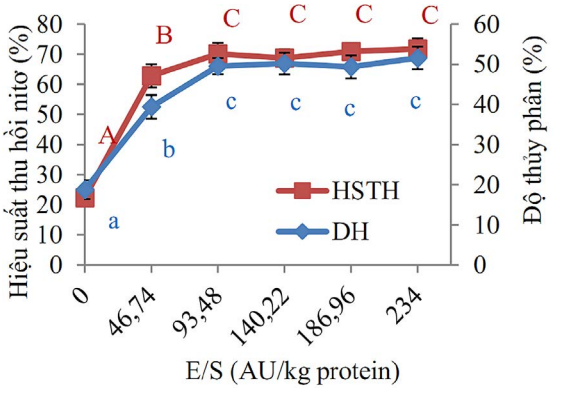


Hình 3. Tỷ lệ N_{aa}/N_{TS} và TVB-N theo nhiệt độ thuỷ phân

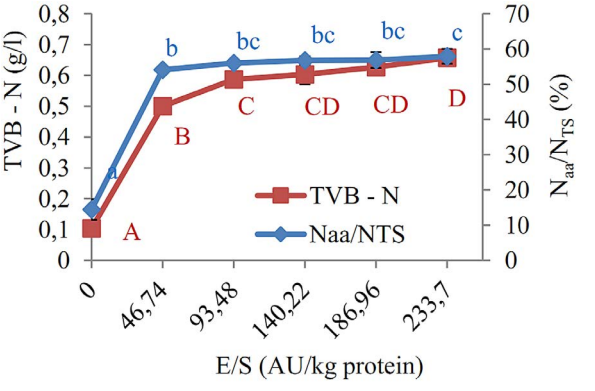
Kết quả ở Hình 2 và Hình 3 cho thấy trong khoảng 45 - 60°C, các chỉ tiêu DH, HSTH và N_{aa}/N_{TS} tăng dần và đạt giá trị cao nhất tại 60°C. Khi nhiệt độ tăng lên 65°C, cả ba thông số đều giảm. Trong khi, hàm lượng TVB-N giảm liên tục khi nhiệt độ thuỷ phân tăng trong suốt khoảng khảo sát. Xu hướng này phản ánh đặc tính hoạt động của Alcalase: sự gia tăng nhiệt độ đến 60°C làm tăng tốc độ phản ứng do năng lượng hoạt hóa của phản ứng được tăng cường, trong khi mức nhiệt 65°C gây ức chế một phần hoạt tính enzyme, dẫn đến giảm hiệu quả thủy phân. Đối với TVB-N, giá trị giảm theo nhiệt độ là do hệ vi sinh vật trong nguyên liệu bị ức chế dần khi nhiệt độ tăng. Với nhiệt độ tối ưu của vi sinh vật ≤ 45°C, việc nâng nhiệt lên 45 - 65°C làm vi sinh vật bị ức chế [1].

Nhiệt độ 60°C được xác định là điều kiện thích hợp cho quá trình thủy phân protein cá nục gai, các chỉ số đạt được là DH (39,33%), HSTH (62,84%), N_{aa}/N_{TS} (54,12%) và TVB-N (0,50 g/l)

2. Đánh giá sự thay đổi các chỉ tiêu DH, HSTH, N_{aa}/N_{TS} và TVB-N theo tỷ lệ enzyme so với cơ chất



Hình 4. Độ thủy phân và hiệu suất thu hồi nitơ theo tỷ lệ E/S

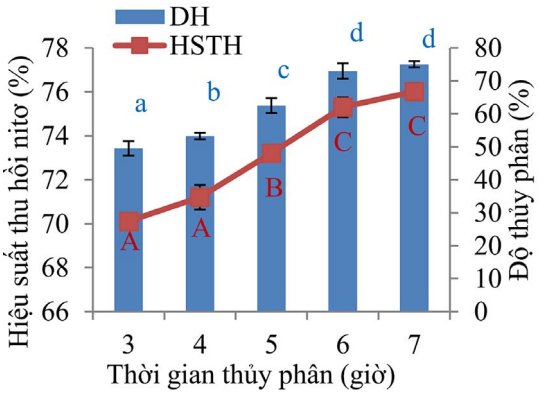


Hình 5. Tỷ lệ N_{aa}/N_{TS} và TVB-N theo tỷ lệ E/S

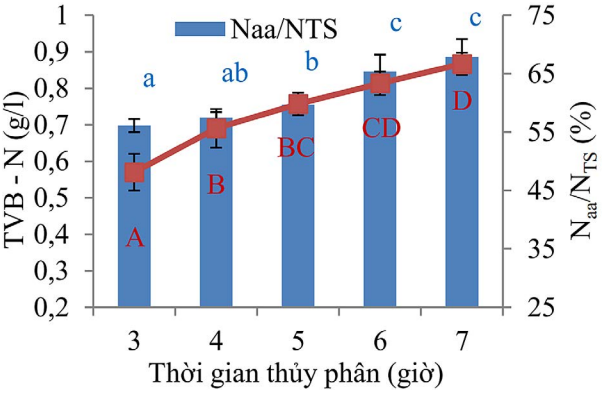
Kết quả trong Hình 4 và Hình 5 cho thấy việc tăng tỷ lệ E/S từ 0 đến 93,48 AU/kg protein làm tăng đáng kể các chỉ tiêu DH, HSTH, N_{aa}/N_{TS} và TVB-N. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng E/S đến 233,7 AU/kg protein, các chỉ tiêu này chỉ biến động nhẹ và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mức từ 93,48 đến 233,7 AU/kg protein ($p < 0,05$). Xu hướng này phù hợp với các nghiên cứu trước đó, cho thấy mức độ thủy phân và hòa tan nitơ tăng theo E/S cho đến khi nồng độ enzyme đạt trạng thái bão hòa [3], [6]. Ở giai đoạn đầu, cơ chất dồi dào cho phép enzyme phân cắt polypeptide mạnh hơn, dẫn đến tăng DH, HSTH và N_{aa}/N_{TS}. Khi E/S vượt 93,48 AU/kg protein, tốc độ thủy phân hầu như không tăng thêm do nồng độ enzyme đã bão hòa với nồng độ cơ chất [1]. TVB-N tăng khi tỷ lệ enzyme tăng là do các chỉ tiêu đánh giá chất lượng dịch thủy phân tăng như DH, HSTH, N_{aa}/N_{TS}, tạo môi trường dinh dưỡng thuận lợi cho hệ vi sinh vật của cá nục gai hoạt động.

Tỷ lệ E/S (93,48 AU/kg protein) được xác định là thích hợp, đạt DH (49,51%), HSTH (70,09%), N_{aa}/N_{TS} (56,03%) và TVB-N (0,59 g/l).

3. Đánh giá sự thay đổi các chỉ tiêu DH, HSTH, N_{aa}/N_{TS} và TVB-N theo thời gian thủy phân



Hình 6. Độ thủy phân và hiệu suất thu hồi nitơ theo thời gian thuỷ phân



Hình 7. Tỷ lệ N_{aa}/N_{TS} và TVB-N theo thời gian thuỷ phân

Kết quả trình bày ở Hình 6 và Hình 7 cho thấy việc kéo dài thời gian thủy phân từ 3 đến 7 giờ dẫn đến sự tăng đồng thời của các chỉ tiêu DH, HSTH, N_{aa}/N_{TS} và TVB-N. Mặc dù vậy, mức tăng ghi nhận sau mốc 6 giờ là không đáng kể về mặt thống kê ($p < 0,05$). Các báo cáo trước đây cũng ghi nhận xu hướng DH tăng dần theo thời gian thuỷ phân [5], [6]. Điều này được lý giải bởi quá trình thủy phân cần một khoảng thời gian đủ dài để enzyme tiếp cận và cắt đứt các liên kết peptide trong cơ chất, từ đó hình thành các peptide và acid amin theo mục tiêu nghiên cứu. Khi thời gian phản ứng được kéo dài, mức độ phân giải protein diễn ra sâu hơn, góp phần nâng cao hiệu suất thủy phân. Tuy nhiên, thời gian thủy phân quá dài tạo điều kiện cho vi sinh vật gây thối phát triển, hình thành các hợp chất bay hơi như NH_3, H_2S, indol và scaptol, từ đó ảnh hưởng bất lợi đến chất lượng dịch thuỷ phân.

Dựa trên các kết quả thu được, thời gian thủy phân 6 giờ được xác định là phù hợp nhất cho quá trình thuỷ phân protein cá nục gai bằng enzyme Alcalase, với các giá trị tương ứng DH (73,01%), HSTH (75,30%), N_{aa}/N_{TS} (65,36%) và TVB-N (0,8 g/l).

IV. KẾT LUẬN

Chế độ thủy phân thích hợp để thu nhận dịch đạm giàu axit amin từ protein cá nục gai (*Decapterus russelli*) bằng enzyme Alcalase được xác định tại tỷ lệ enzyme-cơ chất 93,48 AU/kg protein, nhiệt độ 60°C và thời gian 6 giờ. Dịch thủy phân thu được có các chỉ tiêu chất lượng phù hợp, cho thấy tiềm năng ứng dụng làm nguyên liệu giàu đạm và axit amin trong chế biến thực phẩm, đặc biệt là các sản phẩm nước chấm và thực phẩm bổ sung dinh dưỡng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Kim Anh (2011), *Hóa học thực phẩm*, Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội.
2. Beaulieu, L., Thibodeau, J., Bonnet, C., & Bryl, P. (2020), "Characterization of Pacific Cod (*Gadus macrocephalus*) By-Product Hydrolysates: Impact of Enzymes, Time, and Temperature on Protein Recovery, Lipid Oxidation, and Oxidative Stability", *Marine Drugs*, 18(6), 298.
3. Ktari, N., Balti, R., Sila, A., Ben Rebah, F., Kridene, A., Ellouz-Chaabouni, S., ... & Nedjar-Arroume, N. (2020), "Purification and characterization of angiotensin I-converting enzyme (ACE) inhibitory peptides from smooth-hound viscera protein hydrolysate obtained by alcalase", *Process Biochemistry*, 93, 32-41.
4. Nielsen, S. S (2017), *Food analysis (5th ed)*, Springer.

5. Otte, J., & Zorn, H. (2019), "Enzymatic Hydrolysis of Animal and Plant Proteins for Functional Peptides Production", *In Food Proteins and Peptides* (pp. 43-62). Springer, Cham.
6. Pacheco-Aguilar, R., & Lugo-Sánchez, M. E. (2021), "Fish Protein Hydrolysates: Extraction, Characterization, and Applications", *In Marine Proteins and Peptides* (pp. 73-97). Springer, Cham.
7. **7. Le Tat Thanh, Do Thi Thanh Trung, et al. (2024), "***Research on application of bromelain and alcalase for production of hydrolyzed powder from round scads (Decapterus punctatus)", Journal of Marine Science & Technology*/VJST 2024.