



DOI:10.22144/ctujos.2025.005

ẢNH HƯỞNG CỦA HÀM LƯỢNG MUỐI VÀ ENZYME TRANSGLUTAMINASE ĐẾN ĐẶC TÍNH CẤU TRÚC CỦA SẢN PHẨM CHẢ CÁ ĐIỀU HỒNG CHIÊN

Nguyễn Trường Vinh, Phạm Trần Thủy Tiên, Lê Quỳnh Anh, Lê Thị Xuân Quỳnh, Đặng Thị Huỳnh Như và Nguyễn Văn Mười*

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): nvmuoi@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 30/09/2024

Sửa bài (Revised): 07/10/2024

Duyệt đăng (Accepted): 03/02/2025

Title: *Effect of NaCl concentration and transglutaminase on structural properties of fried red tilapia paste*

Author(s): *Nguyen Truong Vinh, Phạm Trần Thủy Tiên, Lê Quỳnh Anh, Lê Thị Xuân Quỳnh, Đặng Thị Huỳnh Như and Nguyễn Văn Mười**

Affiliation(s): *Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam*

TÓM TẮT

Đề tài được thực hiện với mục tiêu nghiên cứu và phát triển sản phẩm chả cá chiên từ cá diêu hồng, một loài cá nước ngọt phổ biến và có hàm lượng giá trị dinh dưỡng cao ở đồng bằng sông Cửu Long. Trong nghiên cứu này, các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng chả cá bao gồm tỷ lệ muối NaCl và lượng nước đá sử dụng, nồng độ enzyme transglutaminase (TG) kết hợp với thời gian ủ khác nhau đã được tiến hành khảo sát. Các chỉ tiêu hóa lý như màu sắc, độ ẩm, độ bền gel và khả năng giữ nước đã được đánh giá. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc bổ sung 1% NaCl và 10% nước đá giúp chả cá có đặc tính cấu trúc tốt. Bên cạnh đó, việc sử dụng enzyme TG ở nồng độ 0,5% và ủ trong 2 giờ giúp chả cá diêu hồng chiên có khả năng giữ nước tốt và độ bền gel cao (1075,95 g/cm). Điều này chứng tỏ cá diêu hồng là nguyên liệu tiềm năng trong chế biến sản phẩm dạng nhũ tương có cấu trúc tốt.

Từ khóa: *Chả cá, cá diêu hồng, độ bền gel, khả năng giữ nước, transglutaminase*

ABSTRACT

The objective of study is to research and develop a fried fish paste product from the red tilapia, a highly nutritional, widely farmed freshwater fish in the Mekong Delta. In this research, factors influencing the quality of the fish patties, including the ratios of NaCl and ice added to the paste, as well as the concentration of transglutaminase combined with different incubation times, were investigated. Physicochemical parameters such as color, moisture content, gel strength, and water-holding capacity were analyzed. Results indicated that the addition of 1% NaCl and 10% ice contributed to the product's good texture. Furthermore, using TG at a concentration of 0.5% with a 2-hour incubation period could enhance water-holding capacity and gel strength (1075,95 g/cm). This study demonstrates that red tilapia is a promising raw material for producing emulsified products with superior structure.

Keywords: *Fish paste, gel strength, red tilapia, transglutaminase, water-holding capacity*

1. GIỚI THIỆU

Cá điêu hồng hay còn gọi là cá rô phi đỏ (*Oreochromis sp.*) là loài cá nước ngọt đã và đang được phát triển về sản lượng nuôi tại các tỉnh ở đồng bằng sông Cửu Long như Tiền Giang, Đồng Tháp, Bến Tre (Boerlage et al., 2017). Việc nuôi trồng loài cá này đang phát triển rất mạnh nhờ vào nhu cầu ngày càng cao trong tiêu thụ nội địa và khả năng xuất khẩu ở thị trường quốc tế (Food and Agriculture Organization of the United Nation – [FAO], 2018) bên cạnh các sản phẩm khác như cá tra, cá basa, tôm,...

Trong thời gian gần đây, ở thị trường nội địa xuất hiện một số sản phẩm từ nguyên liệu cá điêu hồng dạng fillet đông lạnh, sấy khô và phổ biến nhất là các sản phẩm chả cá và surimi. Chả cá là một trong những món ăn truyền thống và đặc trưng, không chỉ trong nền ẩm thực Việt Nam nói riêng mà còn khá phổ biến ở các nước Đông Nam Á, Nhật Bản, Trung Quốc, Hàn Quốc (Nguyen, 2020), nhờ vào chả cá có hương vị đặc biệt, giá trị dinh dưỡng cao và tính tiện dụng mà nó mang lại (Tran et al., 2016). Chả cá và surimi là một trong những sản phẩm xuất khẩu của nước ta được ghi nhận ở mức ổn định khoảng 303 triệu USD/năm (Nguyen, 2024). Chả cá có thể được chế biến từ cá biển hoặc cá nước ngọt tùy thuộc vào nhu cầu và sở thích của người tiêu dùng. Cá sau khi đánh bắt/ thu hoạch sẽ được loại bỏ các phần phụ phẩm như xương, vây, da,... và chỉ giữ lại phần thịt fillet, sau đó phối trộn gia vị, phụ gia, đồng thời xay nhuyễn và cuối cùng là định hình sản phẩm (Tran et al., 2013). Tùy thuộc vào loại cá, độ tươi và kết cấu của sản phẩm mà chả cá có độ dai và mùi vị khác nhau.

Đã có một số nghiên cứu về quy trình sản xuất chả cá bổ sung phụ gia như nghiên cứu của Nguyen and Dang (2003), Tran et al. (2013). Cường độ tạo gel của chả cá bị chi phối bởi những liên kết khác nhau trong thành phần của khối thịt cá nghiền. Có thể kể đến liên kết disulfide, ion, hydro, cũng như các yếu tố kỵ nước và ưa nước. Để cải thiện cấu trúc và chất lượng khối nhũ tương, việc bổ sung muối, nước đá và tinh bột là cần thiết, bên cạnh đó enzyme transglutaminase (TG) cũng đóng vai trò quan trọng. Enzyme này giúp kết nối các phân tử protein, tạo thành một mạng lưới chắc chắn (Kuraishi et al., 2001).

Ngoài việc điều vị, muối còn kích thích các nhóm chức của acid amin trong chuỗi polypeptide của protein cá, giúp hình thành cấu trúc vững chắc cho sản phẩm. Tuy nhiên, nếu nồng độ muối quá

cao, nó có thể gây ra áp suất thẩm thấu, dẫn đến biến tính protein, tách nước và làm giảm khả năng giữ nước của protein (Smith, 1988). Mặt khác, enzyme TG là một loại enzyme có khả năng cải thiện các đặc tính chức năng của protein như giá trị dinh dưỡng, kết cấu, hương vị và thời hạn sử dụng bằng cách xúc tác các phản ứng liên kết chéo giữa các protein liên kết nội và liên phân tử, protein và acid amin và thủy phân các gốc glutamine trong protein (Yongsawatdigul et al., 2002).

Trên cơ sở đó, mục tiêu chính của nghiên cứu là xác định được tỷ lệ muối NaCl, hàm lượng nước đá và nồng độ enzyme TG thích hợp kết hợp với thời gian ủ để tăng đặc tính cấu trúc và đa dạng hóa sản phẩm chả cá điêu hồng đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương tiện nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành bố trí và thực hiện thí nghiệm, thu nhận và xử lý số liệu thực nghiệm tại các phòng thí nghiệm của Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ.

Nguyên liệu: Cá điêu hồng sống (từ 600 đến 800 g/con) được mua chợ Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ.

Các phụ gia và gia vị thiết yếu được sử dụng gồm: Muối ăn (sodium chloride) nhập khẩu từ Thái Lan, sodium tripolyphosphate (STPP) xuất từ Pháp, tinh bột bắp biến tính từ Cargill, Sorbitol (Neo sorbitol) độ tinh khiết 99,5% xuất xứ từ Pháp, enzyme TG nhập khẩu từ Đức, có hoạt tính 40 U/g và nước đá.

Các gia vị và nguyên liệu phụ (tiêu, tỏi, đường, bột ngọt và dầu chiên) được mua tại các siêu thị trong địa bàn quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ, nhằm đáp ứng yêu cầu vệ sinh an toàn thực phẩm.

2.2. Phương pháp chuẩn bị mẫu

Cá điêu hồng (600-800g/con) sau khi mua, được vận chuyển dạng sống (chứa trong thùng nước) về phòng thí nghiệm, thời gian vận chuyển khoảng 15-20 phút (Hình 1). Tại phòng thí nghiệm, cá sống được để ổn định trong bể nước ít nhất một giờ trước khi tiến hành các công đoạn xử lý tiếp theo (Tran et al., 2016). Sau đó, cá được xử lý bằng cách cắt tiết để xả máu trong khoảng 20 phút tại nhiệt độ 30°C (dựa trên nghiên cứu của Nguyen et al. (2021) có điều chỉnh). Tiếp theo, cá được rửa sạch, cắt đầu, loại bỏ nội tạng, đánh vảy, fillet và lạng da.



Hình 1. Cá diêu hồng (*Red tilapia*)



Hình 2. Thịt cá diêu hồng fillet

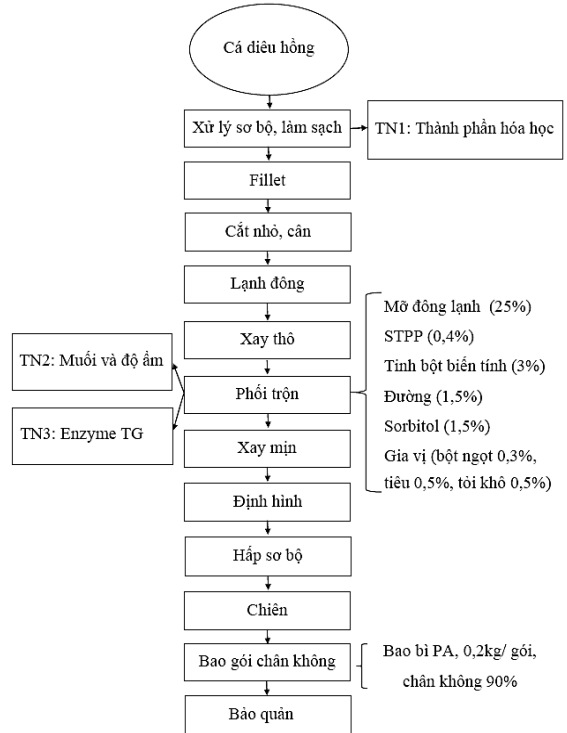
Sau đó các miếng cá fillet (Hình 2) được bảo quản trong thùng đá ở nhiệt độ từ 0°C đến 2°C trước khi làm lạnh đông và trữ đông ở nhiệt độ -18°C để tạo nguồn nguyên liệu ổn định cho quá trình nghiên cứu tiếp theo (Tran & Nguyen, 2009). Tiến hành cắt nhỏ miếng cá fillet với kích thước 2x2 cm và cho vào túi PE (0,2 kg/túi). Xác định hiệu suất thu hồi trước khi đưa vào lạnh đông ở nhiệt độ -20±2oC ít nhất trong 24 giờ trước khi thực hiện nghiên cứu nhằm điều hòa nguyên liệu và đảm bảo 95% nước trong sản phẩm kết tinh.

2.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm

2.3.1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm tổng quát

Quy trình chế biến chả cá tổng quát được thực hiện dựa trên nghiên cứu của Vo (2020), thể hiện ở Hình 3.

Tỷ lệ các gia vị cũng như phụ gia thực phẩm thêm vào vào khối thịt cá nghiền khi phối trộn được dựa trên cơ sở của các nghiên cứu có liên quan đã được công bố (Nguyen & Dang, 2003; Tran et al., 2013).



Hình 3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm tổng quát

2.3.2. Khả năng thu hồi thịt cá và xác định thành phần hóa học của thịt cá diêu hồng

Mục đích: Xác định thành phần hóa học của thịt cá diêu hồng tươi giúp định hướng thiết lập công thức chế biến chả cá chiên.

Tiến hành thí nghiệm: Cá diêu hồng sau khi được xử lý sơ bộ và fillet phần thịt cá, tiếp tục xác định tỷ lệ về khối lượng phần thịt cá để kiểm tra khối lượng phụ phẩm và hiệu suất thu hồi. Sau khi xử lý, tiến hành lấy 200 g phần thịt cá để xác định thành phần hóa học. Các thí nghiệm đều được thực hiện 3 lần đối với một chỉ tiêu phân tích.

Kết quả thu nhận: Xác định hiệu suất thu hồi fillet và các thành phần hóa học cơ bản của nguyên liệu cá diêu hồng để sử dụng trong các nội dung nghiên cứu tiếp theo.

2.3.3. Thí nghiệm 1: Nghiên cứu điều chỉnh độ ẩm và hàm lượng muối bổ sung thích hợp cho chả cá diêu hồng

Mục đích: Xác định tỷ lệ muối và tỷ lệ nước đã bổ sung thích hợp để sản phẩm chả có đặc tính gel tốt.

Tiến hành thí nghiệm: Thịt cá diêu hồng sau khi lạnh đông sẽ được xay thô để phá vỡ cấu trúc đồng thời phối trộn phụ gia với tỷ lệ muối bổ sung

thay đổi ở 3 mức khác nhau (0,5, 1 và 1,5%) và tỷ lệ nước đá bổ sung cũng thay đổi ở 3 mức độ khác nhau (5%, 10% và 15%).

Tiến hành định hình bán thành phẩm dạng hình trụ dẹt bằng cách sử dụng đĩa petri (80x15 mm). Sau đó, làm lạnh chả cá ở nhiệt độ từ 2 đến 4°C nhằm giúp định hình cấu trúc ổn định. Tiếp theo, gia nhiệt bán thành phẩm trong hơi nước ở nhiệt độ 60±5°C trong 20 phút (Vo, 2020). Sau khi hấp, mẫu chả cá sẽ được làm nguội nhanh bằng cách cho vào tủ mát có nhiệt độ không khí là 10±2°C trong 24 giờ để đảm bảo tái cấu trúc ổn định cho chả cá. Khi trữ mát đạt yêu cầu, chả cá hấp sơ bộ được chiên ngập trong dầu (deep fat frying) với nhiệt độ dầu chiên là 140±5 °C trong thời gian 4 phút (tỷ lệ giữa nguyên liệu và dầu là 1:3, w/v). Sản phẩm sau chiên được để nguội ngoài không khí trước khi cho vào trong tủ mát ở 10±2°C khoảng 24 giờ để chờ phân tích các chỉ tiêu.

Trong nghiên cứu này, tổng số nghiệm thức được xác định là 9, được tạo thành từ việc kết hợp 3 nghiệm thức với nhau. Để thực hiện thí nghiệm, tổng số đơn vị thí nghiệm là 27, bằng cách lặp lại mỗi nghiệm thức 3 lần. Tổng khối lượng thịt cá sử dụng cho thí nghiệm là 4,05 kg, tính từ 27 đơn vị thí nghiệm với khối lượng 150 g (0,15 kg) mỗi đơn vị. Trong quá trình thí nghiệm, sẽ theo dõi các chỉ tiêu quan trọng bao gồm độ ẩm (%), khả năng giữ nước (%) và độ bền gel, nhằm đánh giá hiệu quả của các nghiệm thức đã thực hiện.

Kết quả thu nhận: Tỷ lệ muối và tỷ lệ nước đá bổ sung thích hợp trong chế biến chả cá điều hồng giúp quá trình tạo gel tốt.

2.3.4. *Thí nghiệm 2: Xác định hàm lượng enzyme TG và thời gian ủ nhằm cải thiện đặc điểm cấu trúc của chả cá điều hồng*

Mục đích: Xác định hàm lượng enzyme TG và thời gian ủ giúp sản phẩm chả cá điều hồng có đặc tính cấu trúc và màu sắc tốt.

Tiến hành thí nghiệm: Các bước chuẩn bị được tiến hành như thí nghiệm trước, trong đó lượng muối NaCl và độ ẩm khối paste bổ sung theo kết quả lựa chọn từ thí nghiệm 1. Tại công đoạn phối trộn phụ gia, nồng độ enzyme TG bổ sung thay đổi ở 3 mức độ khác nhau (0,3, 0,4 và 0,5%) với thời gian ủ thay đổi ở 3 mức độ khác nhau (1,5; 2 và 2,5 giờ). Việc phân tích chỉ tiêu được tiến hành ở mẫu sau hấp sơ bộ và sau chiên khi đã ổn định trong tủ mát 24 giờ.

Trong nghiên cứu này, tổng số nghiệm thức được xác định là 9, được tạo thành từ việc kết hợp 3 nghiệm thức với nhau. Để thực hiện thí nghiệm, tổng số đơn vị thí nghiệm là 27, lặp lại mỗi nghiệm thức 3 lần. Tổng khối lượng thịt cá sử dụng cho thí nghiệm là 4,05 kg, tính từ 27 đơn vị thí nghiệm với khối lượng 150 g (0,15 kg) mỗi đơn vị. Trong quá trình thí nghiệm, sẽ theo dõi các chỉ tiêu quan trọng bao gồm độ ẩm (%), khả năng giữ nước (%) và độ bền gel, nhằm đánh giá hiệu quả của các nghiệm thức đã thực hiện.

Kết quả thu nhận: Xác định được hàm lượng enzyme TG và thời gian ủ thích hợp cho sản phẩm chả cá có đặc tính gel tốt nhất.

2.4. **Phương pháp phân tích và xử lý số liệu**

2.4.1. *Chỉ tiêu và phương pháp phân tích*

Các phương pháp phân tích thành phần hóa lý của sản phẩm chả cá điều hồng được tổng hợp trong Bảng 1.

Bảng 1. Phương pháp phân tích thành phần hóa lý trong nghiên cứu

Thành phần	Phương pháp
Độ bền gel, GS (g x mm)	Dùng máy đo cấu trúc (Texture Analyser TA-XT2i) với lực tác động 20 kgf đến 60% chiều cao mẫu. Sử dụng đầu bi (MS P/5S) để đo lực phá vỡ dựa trên lực tác động ở đỉnh đầu tiên của sản phẩm GS = lực phá vỡ x độ biến dạng (Nowsad et al., 2000)
Khả năng giữ nước (WHC, %)	Dựa trên nén áp lực mẫu trên giấy lọc để đo lượng nước thoát ra bằng dụng cụ đo diện tích planimeter được Grau & Hamm (1957 đề xuất; trích dẫn bởi Honikel & Hamm, 1994)
Độ ẩm (%)	Xác định theo phương pháp sấy mẫu đến khối lượng không đổi (NMKL số 23-1991) ở nhiệt độ 105°C
Protein tổng số (%)	Sử dụng phương pháp Kjeldahl, TCVN 3705-90
Lipid tổng số (%)	Sử dụng phương pháp Soxhlet, TCVN 3703:2009
Carbohydrate (%)	Phương pháp TCVN 4594:1988
Tro tổng số (%)	Phương pháp đốt (TCVN 5105-90)

2.4.2. Phương pháp thu nhận và xử lý số liệu

Tất cả các số liệu đều được lặp lại 3 lần. Sử dụng phần mềm Excel để tổng hợp kết quả và số liệu thu nhận từ các thí nghiệm được phân tích thống kê bằng chương trình Statgraphics Centurion 19.1.2, phân tích ANOVA với phép thử LSD để so sánh trung bình các nghiệm thức.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khả năng thu hồi thịt cá và thành phần hóa học của thịt cá điêu hồng

3.1.1. Đánh giá hiệu suất thu hồi thịt cá fillet

Kết quả thu nhận các bộ phận khác nhau từ cá điêu hồng cho thấy hiệu suất thu hồi thịt cá fillet dao động từ 32,32% đến 33,57%. So với kết quả của Rohani et al. (2009), giá trị này cao hơn mức 32-33% đối với cá điêu hồng fillet còn da. Bên cạnh đó, kỹ năng fillet cũng đóng vai trò quan trọng đến hiệu suất thu hồi. Tuy nhiên, giá trị này thấp hơn khá nhiều so với ghi nhận trong nghiên cứu của Nguyen (2015) ở mức 42,9-47,3%. Điều này có thể giải thích là do khối lượng trung bình của cỡ cá được tiến hành fillet.

3.1.2. Thành phần hóa học cơ bản của thịt cá điêu hồng

Kết quả phân tích thành phần hoá học của thịt cá điêu hồng từ Bảng 2 cho thấy khá tương đồng với nghiên cứu của Rohani et al. (2009). Điều này minh chứng rằng thịt cá điêu hồng khá giàu dinh dưỡng, có thể nâng cao giá trị thương phẩm cho nguyên liệu thông qua các sản phẩm chế biến như khăng định trong nghiên cứu của Nguyen (2015).

Bảng 2. Thành phần hóa học cơ bản của thịt cá điêu hồng

Thành phần hóa học	Hàm lượng trong 100 g thịt cá điêu hồng
Nước, %	77,6-78,6
Protein, %	14,07-15,04
Lipid, %	4-4,2
Tro, %	0,6-1,02
Carbohydrate, %	1,25-2,79

Các thành phần hóa học dao động là do thức ăn, môi trường nuôi và các phương pháp nuôi khác nhau. So sánh với thịt cá tra thì hàm lượng lipid trong thịt cá điêu hồng thấp hơn khoảng 1,1-3,0% (Orban et al., 2008). Đây là cơ sở để dự đoán thịt cá điêu hồng có khả năng duy trì chất lượng tốt hơn trong quá trình bảo quản do hạn chế sự oxy hóa chất béo - vốn là một trong những nguyên nhân gây hư hỏng cho nguyên liệu thịt cá tươi.

3.2. Ảnh hưởng của độ ẩm khối paste và hàm lượng muối bổ sung thích hợp đến đặc tính cấu trúc của chả cá điêu hồng

Như đã đề cập, mức độ bổ sung muối khác nhau sẽ có ảnh hưởng khác nhau đến tính chất hóa lý của sản phẩm. Bên cạnh đó, tỷ lệ nước đá bổ sung trong chế biến các sản phẩm nhũ tương nhằm điều chỉnh độ ẩm cũng như duy trì nhiệt độ thấp cho khối paste trong quá trình nghiền. Vì thế, việc bổ sung nước đá trong chế biến ngoài việc cải thiện đặc tính gel của sản phẩm chả còn nhằm mục đích giảm giá thành, tăng sức cạnh tranh cho sản phẩm. Tuy nhiên, lượng nước tự do bổ sung trong quá trình chế biến sẽ có ảnh hưởng lớn đến các tính chất hóa lý của sản phẩm chả. Chính vì thế, việc nghiên cứu tỷ lệ nước đá bổ sung tối đa nhưng vẫn đảm bảo sự ổn định các đặc tính của sản phẩm là hết sức cần thiết. Sự thay đổi khả năng giữ nước và độ ẩm của sản phẩm chả cá điêu hồng tùy thuộc hàm lượng muối NaCl và tỷ lệ nước đá thêm vào khi phối trộn. Mối tương quan này được thể hiện ở Bảng 3.

Số liệu thể hiện ở Bảng 3 cho thấy, việc bổ sung muối vào khối paste ở bất kỳ tỷ lệ nào cũng đều cải thiện được khả năng giữ nước của sản phẩm chả cá khác biệt ở mức có ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng. Ở cùng tỷ lệ muối bổ sung 0,5%, giá trị khả năng giữ nước (Water holding capacity, WHC) của sản phẩm có giá trị thấp nhất khi bổ sung 10% nước đá, trong khi độ ẩm các mẫu ổn định dù thay đổi lượng nước đá sử dụng. Đối với các mẫu bổ sung 1% và 1,5% muối, khả năng giữ nước của sản phẩm tăng lên so với mẫu bổ sung 0,5% muối nhưng điều quan trọng là chúng không phụ thuộc vào lượng nước đá bổ sung (trừ mẫu 1,5% muối và 15% nước đá có khuynh hướng giảm). Cũng ở 2 tỷ lệ muối bổ sung này, sản phẩm có độ ẩm cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu bổ sung 0,5% muối; trong đó các mẫu 1% muối – 10% và 15% nước đá cũng như 1,5% muối – 5% và 15% nước đá có độ ẩm cao nhất và khác biệt không có ý nghĩa thống kê.

Nghiên cứu cho thấy, nghiệm thức với 10% nước đá và 1% muối cho kết quả WHC là 96,89±1,20% và độ ẩm đạt 59,05±1,55%. Kết quả này cho thấy sự cải thiện đáng kể trong khả năng giữ nước so với các nghiệm thức có nồng độ nước đá thấp hơn (0% và 5%). Việc duy trì độ ẩm cao là rất quan trọng trong ngành chế biến thực phẩm, không chỉ ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm mà còn liên quan đến độ tươi ngon và hương vị.

Cơ chế này có thể được giải thích bởi sự tương tác giữa nước đá và muối. Nước đá cung cấp độ ẩm cần thiết trong quá trình chế biến, trong khi muối

không chỉ giúp tăng cường hương vị mà còn tác động đến cấu trúc protein, làm cho chúng dễ dàng giữ nước hơn (Bai et al., 2020). Việc bổ sung muối có thể tạo ra một môi trường thẩm thấu thuận lợi, cho phép protein hấp thụ nước nhiều hơn, từ đó cải thiện WHC.

Bảng 3. Sự thay đổi khả năng giữ nước và độ ẩm của sản phẩm chả cá điều hồng theo hàm lượng muối NaCl và tỷ lệ nước đá bổ sung

Nước đá (%)	Muối (%)	WHC (%)	Độ ẩm (%)
0	0	93,97±0,93 ^d	56,02±4,06 ^{cde}
5		97,06±0,19 ^{ab}	55,81±1,32 ^{cd}
10	0,5	95,12±0,45 ^{cd}	58,00±2,00 ^{bc}
15		95,93±0,71 ^{bc}	55,12±1,28 ^c
5		97,23±0,89 ^a	57,29±1,22 ^{bcd}
10	1	96,89±1,20 ^{ab}	59,05±1,55 ^{ab}
15		96,06±0,87 ^{abc}	60,31±0,76 ^a
5		96,62±0,37 ^{ab}	58,47±0,23 ^{abc}
10	1,5	97,01±0,20 ^{ab}	56,91±0,51 ^{cde}
15		95,99±0,66 ^{bc}	58,49±0,65 ^{abc}

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở độ tin cậy 95%. Số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn.

Kết quả của nghiên cứu hiện tại phù hợp với các công bố trước đó liên quan đến tác động của muối và nước đá đối với các thuộc tính cảm quan của thực phẩm. Zhang et al. (2019) đã chỉ ra rằng việc tăng tỷ lệ muối trong thực phẩm có thể cải thiện khả năng giữ nước thông qua sự hình thành của cấu trúc gel, một yếu tố có thể giải thích cho WHC cao trong nghiệm thức. Hơn nữa, Liu et al. (2020) nhấn mạnh rằng khi tăng lượng nước đá, độ ẩm của sản phẩm thực phẩm cũng tăng, điều này hoàn toàn tương đồng với độ ẩm được ghi nhận trong nghiên cứu này.

Việc áp dụng 1% muối trong môi trường có 10% nước đá cho thấy một sự cân bằng hiệu quả giữa muối và độ ẩm, từ đó cung cấp cho mẫu một nền tảng vững chắc để bảo quản và duy trì chất lượng sản phẩm. Sự kết hợp này không chỉ mang lại lợi ích về mặt cảm quan mà còn góp phần vào việc nâng cao giá trị dinh dưỡng của sản phẩm.

Kết quả thể hiện ở Bảng 3 còn cho thấy, mẫu bổ sung 0,5% muối và 10% nước đá cho khả năng giữ nước thấp nhất và cũng không có sự khác biệt thống kê đáng kể đối với hai hàm lượng nước đá thêm vào ở cùng nồng độ muối, điều này có thể là do hàm lượng muối này chưa đủ kích thích các nhóm chức của các acid amin trong mạch polypeptide của

protein cá liên kết nhau để hình thành nên cấu trúc cho sản phẩm dẫn đến khả năng giữ nước của sản phẩm chả cá không cao.

Bảng 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ muối và nước đá bổ sung đến cấu trúc của sản phẩm chả cá

Nước đá (%)	Muối (%)	Độ bền gel (g.cm)
0	0	507,13±27,51 ^f
5		583,5±39,59 ^d
10	0,5	553,2±32,53 ^e
15		586,59±24,8 ^d
5		624,56±25,56 ^b
10	1	648,44±50,17 ^a
15		485,33±24,62 ^g
5		585,31±46,42 ^d
10	1,5	504,65±39,75 ^e
15		597,35±56,28 ^c

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở độ tin cậy 95%. Số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn.

Sau những nghiên cứu được thể hiện ở Bảng 4, việc bổ sung muối 1% và nước đá 10% cho kết quả độ bền gel cao nhất (648,44 g.cm) và có sự khác biệt thống kê đáng kể so với những mẫu ở nồng độ muối và nước đá khác. Độ bền gel có xu hướng tăng dần khi tăng tỷ lệ muối từ 0,5% lên 1% nhưng lại giảm dần khi bổ sung 1,5% muối. Điều này có thể được giải thích là việc bổ sung muối giúp tăng cường độ gel của sản phẩm chả cá điều hồng do muối giúp hình thành phức hợp của myosin và Cl⁻, làm tăng lực ion giữa các tế bào sợi cơ, nhờ đó sự liên kết tạo gel được chặt chẽ hơn (Offer & Knight, 1988). Razavi-Shirazi (2002) cho rằng, NaCl có khả năng làm giảm độ đẳng điện của protein thịt từ 0,1 đến 0,2 đơn vị do sự thay thế của ion Na⁺ ở bề mặt protein và giải phóng H⁺, tạo điều kiện cho sự hình thành liên kết hydro của polyphosphate.

Vì vậy, sự liên kết giữa các nút mạng protein-protein và giữa protein với các phụ gia đồng tạo gel trong chế biến sẽ trở nên chặt chẽ hơn, giúp tạo cấu trúc và khả năng giữ nước của chả cá điều hồng sau khi chiên được tốt hơn. Tuy nhiên, hàm lượng muối tăng đến giới hạn nhất định thì các liên kết đã hình thành tối đa. Thật vậy, khi tỷ lệ muối bổ sung tăng đến 1,5% thì không những không tạo thêm các liên kết trong mạng lưới gel protein mà còn có thể xảy ra hiện tượng biến tính gây đông tụ protein, phá vỡ cấu trúc gel và làm sản phẩm giảm khả năng giữ nước. Điều này cũng giải thích cho nguyên nhân của sự giảm độ ẩm chả cá sau chiên ở Bảng 3. Kết quả thu nhận cũng góp phần chứng tỏ tác động của việc bổ

sung muối nồng độ cao sẽ thúc đẩy sự phân tách và hòa tan của myosin, làm thay đổi thành phần chất tan trong nguyên liệu, dẫn đến sự thay đổi độ ẩm và làm giảm sự liên kết của protein dẫn đến suy giảm cấu trúc cũng như đặc tính gel của sản phẩm (Offer & Knight, 1988). Các sự biến đổi độ bền gel diễn ra thay đổi đáng kể ở mức bổ sung nước đá 5% và 15%. Nguyên nhân sự thay đổi các đặc tính này có thể do sự giảm cấu trúc gel protein từ kết quả của việc giảm nồng độ protein trong hệ gel (Luo et al., 2006), ở mức bổ sung nước đá đến 10% thì đặc tính gel của sản phẩm vẫn được duy trì.

Nhìn chung, các kết quả trên đã chứng minh được vai trò của muối trong việc làm tăng liên kết của ion Na⁺ và Cl⁻ với 2 nhóm chức của phân tử protein tạo phức chất giữ ẩm cũng như nước đá bổ sung (tạo độ ẩm cho khối paste) trong chế biến sản phẩm chả cá điều hồng. Như vậy, chúng không chỉ giúp điều vị mà còn liên kết với cấu trúc protein dồi dào trong thịt cá để tạo ra tính chất gel đặc thù cho sản phẩm chả cá. Kết quả cũng cho thấy chả được chế biến từ thịt cá điều hồng với hàm lượng muối bổ sung 1,0% và hàm lượng nước đá bổ sung 10% có được các đặc tính hóa lý của hệ gel nổi bật hơn so với các nồng độ muối và nồng độ nước đá bổ sung khác.

3.3. Tác động của enzyme TG và thời gian ủ đến khả năng cải thiện cấu trúc của chả cá điều hồng

Quá trình tạo gel liên quan đến liên kết chéo giữa các chuỗi myosin được xúc tác bởi TG nội bào. Các phản ứng được xúc tác bởi TG dẫn đến những thay đổi đáng kể về các tính chất lý hóa của gel, chẳng hạn như những thay đổi về độ nhớt, độ ổn định nhiệt và độ đàn hồi. Yongsawatdigul et al. (2002) đã nghiên cứu hoạt động enzyme TG còn lại trong nước rửa surimi cá tráp, xác nhận rằng 44% hoạt động enzyme TG ban đầu vẫn còn trong surimi cuối cùng sau quá trình rửa (Seighalani et al., 2017). Tất cả những điều này đã cho thấy nhu cầu bổ sung enzyme TG trong quá trình hình thành gel protein từ chả cá. Ngoài ra, thời gian ủ cũng đóng vai trò quan trọng trong việc thúc đẩy hiệu quả của enzyme này trong quá trình chế biến (Nguyen et al., 2019). Vì vậy, nghiên cứu được tiến hành khảo sát tỷ lệ bổ sung enzyme TG (với hoạt lực 40 U/g) và thời gian ủ để cải thiện chất lượng gel của sản phẩm chả cá điều hồng.

Kết quả của nghiên cứu cho thấy rằng khả năng giữ nước của sản phẩm chả cá điều hồng chịu có sự dao động tùy vào thời gian ủ và lượng enzyme TG bổ sung, tuy nhiên sự khác biệt này là không đáng

kê và có ý nghĩa thống kê. Với nồng độ transglutaminase và thời gian xúc tác thích hợp, chả cá sẽ có được khả năng giữ nước cao và tăng cường độ bền gel. Điều này được giải thích bằng tác dụng của enzyme TG giúp gel protein trở nên cứng hơn. Mạng lưới gel protein mạnh hơn có thể liên quan đến khả năng giữ nước của nó.

Bảng 5. Sự thay đổi khả năng giữ nước và độ ẩm của sản phẩm chả cá điều hồng theo nồng độ enzyme TG và thời gian ủ

Nồng độ TG (%)	Thời gian ủ (giờ)	WHC (%)	Độ ẩm (%)
0	0	96,58±0,39 ^a	56,49±1,88 ^{ab}
0,3		96,93±0,75 ^a	42,16±0,98 ^c
0,4	1,5	96,42±0,80 ^a	50,86±3,21 ^{bcd}
0,5		97,94±1,51 ^a	45,15±3,65 ^{de}
0,3		95,39±0,57 ^a	53,32±0,98 ^{bc}
0,4	2	95,46±1,25 ^a	56,33±3,21 ^{ab}
0,5		97,57±0,49 ^a	62,97±3,65 ^a
0,3		96,39±2,13 ^a	47,04±4,01 ^{cd}
0,4	2,5	95,14±1,43 ^a	43,84±2,58 ^{de}
0,5		96,76±3,67 ^a	41,56±2,84 ^c

Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở độ tin cậy 95%. Số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn.

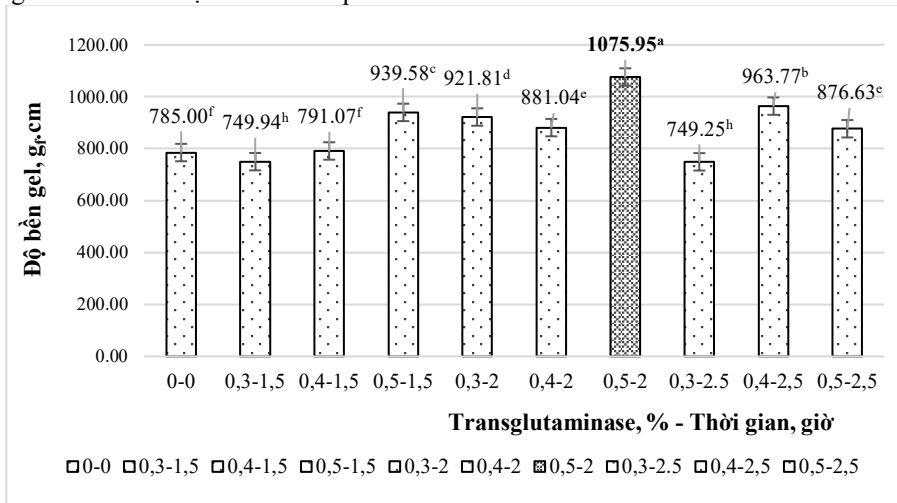
Như đã biết, enzyme TG cũng có khả năng làm tăng tương tác giữa protein với protein, dẫn đến giảm liên kết giữa protein và nước. Do đó, khả năng giữ nước của gel có thể giảm khi sử dụng enzyme TG với nồng độ cao (Kaewudom et al., 2013). Tuy nhiên, có thể giải thích như sau, do sản phẩm của quá trình nghiên cứu được làm hoàn toàn bằng thịt cá điều hồng fillet nên phần lớn không có sự khác biệt về mặt hàm lượng protein có trong các mẫu, mặt khác nghiên cứu surimi phần lớn được làm từ các vụn cá hoặc các phần khác nhau trên cá nên sẽ có sự khác biệt về hàm lượng protein dẫn đến việc hình thành các liên kết protein sẽ có sự chênh lệch đáng kể. Tuy nhiên ở Bảng 5 cũng cho thấy, có sự khác biệt đáng kể về độ ẩm của sản phẩm chả cá khi thay đổi thời gian ủ và hàm lượng enzyme TG bổ sung. Qua kết quả từ Bảng 5 cũng có thể thấy mẫu được ủ trong 2 giờ với 2 nồng độ enzyme TG là 0,4% và 0,5% cho sản phẩm có độ ẩm cao nhất và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê nhưng khác biệt đáng kể đối với các nghiệm thức còn lại.

Từ Hình 4 cho thấy được mẫu chả cá được ủ trong 2 giờ và bổ sung nồng độ enzyme TG ở 0,5% có độ bền gel tốt nhất (1075.95 g_f.cm). Ở thời gian

ủ và nồng độ bổ sung enzyme TG của sản phẩm khác biệt đáng kể so với các kết hợp khác. Kết quả này phù hợp với công bố của Chaijan and Panpipat (2010) về tác động của enzyme TG lên quá trình hình thành gelatin của protein cá bạc má (*Rastrelliger brachysoma*). Độ bền gel của sản phẩm tăng lên khi bổ sung enzyme TG vào 0,25 U/g surimi được chỉ ra từ nghiên cứu này. Sự giảm độ bền gel của sản phẩm khi bổ sung enzyme TG cao có thể được giải thích là do sự hình thành quá mức

các liên kết chéo, làm giảm độ bền gel thông qua việc cản trở quá trình kết tụ giữa các phân tử làm giảm quá trình hình thành mạng lưới gel (Jongjareonrak et al., 2006).

Số liệu trong Hình 4 cũng cho thấy thời gian ủ có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền gel của chả cá chiên được chế biến từ cá điêu hồng đông lạnh. Việc tăng thời gian ủ từ 1,5 giờ lên 2 giờ làm tăng đáng kể độ bền gel của sản phẩm.



Hình 4. Biểu đồ thể hiện sự ảnh hưởng của enzyme TG và thời gian ủ đến độ bền gel của chả cá

Ghi chú: Các sai số thể hiện ở đồ thị hình cột là độ lệch chuẩn (STD) của giá trị trung bình

Tuy nhiên, nếu thời gian ủ tăng lên đến 2,5 giờ, độ bền gel của sản phẩm sẽ giảm nhanh. Đồng thời, kết quả cũng cho thấy rằng việc tăng tỷ lệ enzyme TG dư thừa dẫn đến sự phá vỡ cấu trúc gel của sản phẩm. Những kết quả này phù hợp với kết quả thu được của Nguyen et al. (2019) đã báo cáo cho thấy cấu trúc gel của surimi từ cá lóc. Jiang et al. (2000) báo cáo rằng cấu trúc gel của surimi từ cá tráp vây chỉ (*Nemipterus virgatus*) và cá minh thái (*Rastrelliger kanagurta*) tăng lên khi enzyme TG tăng lên đến một mức nhất định và việc tăng thêm enzyme TG làm giảm cấu trúc gel của sản phẩm (Seighalani et al., 2017). Từ các kết quả trên, sự kết hợp của thời gian ủ 2 giờ và 0,5% enzyme TG thương mại (hoặc 0,20 U/g surimi) là điều kiện thích hợp nhất để chế biến chả cá từ surimi đông lạnh. Với sự kết hợp của hai yếu tố này, chả cá chiên làm từ

surimi cá điêu hồng đông lạnh có độ bền gel tốt nhất và độ ẩm phù hợp.

4. KẾT LUẬN

Đặc tính gel có vai trò quan trọng quyết định đến chất lượng của chả cá. Kết quả của thí nghiệm đã cho thấy rằng, việc bổ sung 1% muối NaCl, 10% nước đá, 0,5% enzyme TG (có hoạt tính 40 U/g) và ủ trong vòng 2 giờ giúp cải thiện đáng kể đặc tính gel của chả cá điêu hồng chiên cũng như duy trì ổn định cấu trúc trong quá trình bảo quản lạnh.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm thực hiện đề tài nghiên cứu khoa học (THS2024-163) của sinh viên ngành Công nghệ Thực phẩm chương trình chất lượng cao xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ kinh phí từ Trường Đại học Cần Thơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Bai, Y., Zhao, Y., & Wang, J. (2020). Effect of salt concentration on the water holding capacity of fish products. *Food Science and Technology*, 123(4), 456-463.
- Boerlage, A. S., Tu, T. D., Tran, T. T. H., Davidson, J., Stryhn, H., & Hammell, K. L. (2017). Production of red tilapia (*Oreochromis* spp.) in floating cages in the Mekong Delta, Vietnam: Mortality and health management. *Diseases of Aquatic Organisms*, 124(2), 131-144. <https://doi.org/10.3354/dao03115>.
- Chaijan, M., Panpipat, W., & Benjakul, S. (2010). Physicochemical properties and gel-forming ability of surimi from three species of mackerel caught in Southern Thailand. *Food Chemistry*, 121(1), 85-92. <https://doi.org/10.1002/jsfa.1207>
- Food and Agriculture Organization of the United Nation. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. <http://www.fao.org/3/I9540EN/I9540en.pdf>.
- Honikel, K. O., & Hamm, R. (1994). Measurement of water-holding capacity and juiciness. In Pearson, A. M et al. (Eds.), *Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products* (pp. 125-161). Springer Science and Business Media Dordrecht.
- Jongjareonrak, A., Benjakul, S., Visessanguan, W., Prodpran, T., & Tanaka, M. (2006). Characterization of edible films from skin gelatin of brown stripe red snapper and bigeye snapper. *Food Hydrocolloid*, 20(4), 492-501. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.04.007>
- Kaewudom, P., Benjakul, S., & Kijroongrojana, K. (2013). Properties of surimi gel as influenced by fish gelatin and microbial transglutaminase. *Food Bioscience*, 1, 39-47. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.03.001>
- Kuraishi, C., Yamazaki, K. & Susa, Y. (2001). Transglutaminase: Its utilization in the food industry. *Food Reviews International*, 17, 221-246.
- Liu, J., Lan, W., Sun, X., & Xie, J. (2020). Effects of chitosan grafted phenolic acid coating on microbiological, physicochemical and protein changes of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) during refrigerated storage. *Journal of Food Science*, 85(8), 2506-2515. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15329>
- Luo, Y.K., S. Huixing, P. Dodong. (2006). Gel-forming ability of surimi from grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*): influence of heat treatment and soy protein isolate. *Journal of the Science of food and Agriculture*, 86, 687-693.
- Nguyen, H. T. N., & Do, H. T. T. (2015). Effect of mass changes on the physical features, chemical composition and filleting yields of Red Tilapia (*Oreochromis* sp.). *Can Tho University Journal of Science*, 40, 15-23 (in Vietnamese).
- Nguyen, H. V. (2020). Study on production of fish cakes *Oreochromis* sp without food additives. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 4, 051-057. <https://doi.org/10.53818/jfst.04.2020.297>
- Nguyen, M. V., & Dang, N. T. T. (2003). Apply gel properties of protein in processing fish ball from abundant raw material in Mekong delta: pangas catfish (*Pangasius hypophthalmus*). *Proceedings in "8th Asean Food conference, October 8-11, 2003, Hanoi, Vietnam"*, 96-103.
- Nguyen, M. V., Tran, T. T., & Vo, N. H. (2019). The influence of additives on frozen snakehead fish surimi and the application transglutaminase to fish cakes. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 18(2), 125-133. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.2019.0636>
- Nguyen, M. V., Tran, T. T., & Vo, N. H. (2019). The influence of additives on frozen snakehead fish surimi and the application of transglutaminase to fish cakes. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 18(2), 125-133. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.0636>
- Nguyen, M. V., Tran, G. T., Le, S. T., Dang, U. T., Nguyen, D. T. & Nguyen, M. V. (2021). Effects of bleeding conditions on the quality of snakehead fish (*Channa striata*) fillets. *Can Tho University Journal of Science*, 57 (Food Technology), 71-77 (in Vietnamese). <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2021.007>
- Nowsad, A. A., Kanoh, S., & Niwa, E. (2000). Thermal gelation properties of spent hen mince and surimi. *Poultry Science*, 79(1), 117-125. <https://doi.org/10.1093/ps/79.1.117>
- Offer, G., & Knight, P. (1988). The structural basis of water-holding in meat. Part 1: General principles and water uptake in meat processing. In R. Lawie (Ed.), *Developments in meat science* (pp. 63-171). London: Elsevier Applied Science.
- Orban, E., Nevigato, T., Di Lena, G., Masci, M., Casini, I., Gambelli, L., & Caproni, R. (2008). New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. *Food Chemistry*, 110(2), 383-389. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.014>
- Razavi-Shirazi, H. (2002). *Seafood Technology: Processing Science*. Naghsh-e Mehr Publication.
- Rohani, A. C., Normah, O., Zahrah, T., Utama, C. C. M., & Saadiah, I. (2009). Quality of fish fillet

- from pond-raised red tilapia and its utilization in the development of value-added product. *Journal of Tropical Agriculture and Food Science*, 37(2), 153-161.
- Seighalani, F. Z. B., Jamilah, B., & Saari, N. (2017). Physico-chemical properties of red tilapia (*Oreochromis spp.*) during surimi and kamaboko gel preparation. *International Food Research Journal*, 24(3), 1248-1254.
- Smith, D. M. (1988). Meat proteins: Functional properties in comminuted meat products. *Food Technology*, 42(4), 116-121.
- Tran, T. T., & Nguyen, M. V. (2009). Study on sausage production from Catfish Meat Waste. *Proceedings in "11th Asean Food Conference, October 21-23, 2009, Brunei"* (pp. 342-347).
- Tran, T. T., Nguyen, D. H., & Nguyen, M. V. (2013). Effect of washing and cryoprotectant on the gel forming ability of meat from Tra fish by-product. *Can Tho University Journal of Science*, 27, 79-87 (in Vietnamese).
- Tran, T. T., Vo, N. H., & Nguyen, M. V. (2016). Influence of NaCl and additives on gel formation and texture characteristics of frozen fish bologna. *Can Tho University Journal of Science, Agriculture* (1), 122-130. <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2016.030>.
- Vo, N. H. (2020). *Research on processing high-protein products from Snakehead Fish (Channa striata)* (Doctor of Philosophy's thesis). Can Tho University (in Vietnamese).
- Yongsawatdigul, J., Worratao, A., & Park, J. W. (2002). Effect of endogenous transglutaminase on threadfin bream surimi gelation. *Journal of Food Science*, 67(9), 3258-3263. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09575.x>
- Zhang, Y., Li, X., & Chen, H. (2019). The influence of salt on moisture retention in seafood products. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(3), 215-224.