



DOI:10.22144/ctujos.2025.227

PHÁT TRIỂN SẢN PHẨM CHẢ CÁ RÔ PHI ĐEN: TÁC ĐỘNG CỦA CÁC PHỤ GIA MUỐI, ĐƯỜNG VÀ TINH BỘT LÊN ĐẶC TÍNH LÝ HÓA VÀ CẢM QUAN

Trần Hồng Quân¹, Lê Như Bình¹, Nguyễn Thị Kiều Diễm², Châu Thanh Tuấn¹ và Trần Bạch Long^{1*}

¹Viện Công nghệ Sinh học và Thực Phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

²Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Cần Thơ, Việt Nam

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

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 28/07/2025

Sửa bài (Revised): 18/08/2025

Duyệt đăng (Accepted): 15/11/2025

Title: Development of black tilapia fish cake: effects of salt, sugar, and starch additives on physicochemical and sensory properties

Author: Tran Hong Quan¹, Le Nhu Binh¹, Nguyen Thi Kieu Diem², Chau Thanh Tuan¹ and Tran Bach Long^{1*}

Affiliation(s): ¹Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam; ²Can Tho Technical Economic College, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của các nồng độ muối, đường và tinh bột đến tính chất lý hóa và cảm quan của chả cá rô phi đen. Kết quả cho thấy muối 1,0% cho độ bền gel cao nhất và cải thiện cảm quan, trong khi nồng độ 1,5% làm giảm pH (6,36) và độ sáng ($L^* = 59,23$). Đường 1,4% giúp tăng độ bền gel (2550 g/cm²), độ sáng và độ trắng. Tinh bột 4% cho độ bền gel cao nhất (2640 g/cm²), cải thiện cảm quan về cấu trúc và màu sắc, trong khi pH ít thay đổi (6,34 – 6,39). Kết quả phân tích tương quan Pearson cho thấy muối tương quan dương mạnh với cảm quan vị ($r = 0,94$) và âm với pH ($r = -0,76$). Đường tương quan dương với L^* ($r = 0,51$) và độ trắng ($r = 0,44$). Tinh bột có tương quan âm với pH ($r = -0,71$). Công thức gồm 1,0% muối, 1,4% đường và 4% tinh bột được khuyến nghị cho sản xuất chả cá rô phi đen có chất lượng cao, đáp ứng tốt yêu cầu về cấu trúc, màu sắc và cảm quan.

Từ khóa: Cá rô phi đen, cảm quan, chả cá, phân tích Pearson

ABSTRACT

This study evaluated the effects of varying levels of salt, sugar, and starch on the physicochemical and sensory properties of black tilapia fish cake. The results showed that 1.0% salt yielded the highest gel strength and significantly improved sensory attributes, while 1.5% salt reduced pH (6.36) and lightness ($L^* = 59.23$). A sugar concentration of 1.4% enhanced gel strength (2550 g/cm²), lightness, and whiteness. Starch at 4% provided the highest gel strength (2640 g/cm²) and improved texture and color perception, with minimal changes in pH (6.34 – 6.39). Pearson correlation analysis revealed a strong positive correlation between salt concentration and taste score ($r = 0.94$), and a negative correlation with pH ($r = -0.76$). Sugar showed positive correlations with L^* ($r = 0.51$) and whiteness ($r = 0.44$), while starch had a strong negative correlation with pH ($r = -0.71$). A formulation containing 1.0% salt, 1.4% sugar, and 4% starch is recommended for producing black tilapia fish cake with high overall quality, meeting consumer expectations in terms of texture, color, and sensory attributes.

Keywords: Black tilapia, fish cake, Pearson analysis, sensory evaluation

1. GIỚI THIỆU

Cá rô phi đen (*Oreochromis mossambicus*) là loài thủy sản phổ biến, có nguồn gốc từ châu Phi và Trung Đông, hiện diện rộng rãi và được nuôi ở hơn 135 quốc gia trên thế giới. Theo Hiệp hội Chế biến và Xuất khẩu Thủy sản Việt Nam (VASEP), sản lượng cá rô phi toàn cầu đạt 7 triệu tấn trong năm 2024, dự kiến tăng lên 7,3 triệu tấn vào năm 2025. Tại Việt Nam, việc xuất khẩu cá rô phi năm 2024 đạt 41 triệu USD, tăng 138% so với năm 2023. Trong đó, cá điêu hồng (*red tilapia*) đạt 13 triệu USD, tăng 20%, còn cá rô phi (*black tilapia*) đạt 28 triệu USD, tăng ấn tượng 348% (VASEP, 2025). Loài cá này được ưa chuộng nhờ giá trị dinh dưỡng dồi dào và giá thành hợp lý (FAO, 2022). Thịt cá rô phi là một nguồn cung cấp protein chất lượng cao (khoảng 18 - 20% protein), ít chất béo (1 - 2%), đồng thời giàu các vitamin và khoáng chất thiết yếu như niacin, vitamin B12, phospho, selen và kali (Vignesh et al., 2015). Nhận thức được tiềm năng to lớn này, các doanh nghiệp đã không ngừng nghiên cứu và phát triển các sản phẩm chế biến từ cá rô phi đen, góp phần đa dạng hóa thị trường thực phẩm và đáp ứng nhu cầu dinh dưỡng ngày càng cao của người tiêu dùng. Với nguồn nguyên liệu dồi dào, giá trị dinh dưỡng phong phú, có giá trị kinh tế và tính thông dụng trong bữa ăn, cá rô phi đáp ứng đầy đủ các yêu cầu cho việc sản xuất các mặt hàng chế biến và thị hiếu tiêu dùng. Trong số đó, việc chế biến cá rô phi thành sản phẩm chả cá là một hướng đi tiềm năng nhằm tăng tính đa dạng và giá trị gia tăng cho sản phẩm (Priyadarshini et al., 2018).

Trong ngành công nghiệp chế biến chả cá, việc bổ sung các phụ gia đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện chất lượng và tính chất cảm quan của sản phẩm cuối cùng (Lanier & Lee, 1992). Các phụ gia này không chỉ giúp tăng cường hương vị, độ kết dính, mà còn ảnh hưởng đến cấu trúc và khả năng giữ nước của chả cá. Tuy nhiên, việc xác định tỷ lệ và loại phụ gia phù hợp nhất sử dụng trong các sản phẩm chả cá truyền thống, đặc biệt là chả cá rô phi, vẫn chưa được quan tâm đúng mức. Sự thiếu hụt nghiên cứu chuyên sâu về tác động của các phụ gia cụ thể như muối, đường và tinh bột lên đặc tính chất lượng của chả cá rô phi có thể dẫn đến chất lượng sản phẩm chưa đạt mức mong muốn và chưa khai thác hết tiềm năng của nguyên liệu (Xi et al., 2024; Park & Lanier, 2000).

Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra tầm quan trọng của phụ gia trong chế biến thủy sản. Cụ thể, Phuong et al. (2018) đã chứng minh vai trò của tinh bột trong việc cải thiện chất lượng chả cá từ phụ

phẩm thịt cá chêm (*Lates calcarifer*). Trương et al. (2016) đã chỉ ra rằng việc bổ sung phụ gia tác động đến sự tạo gel và đặc tính cấu trúc của chả cá lạnh đông. Mặc dù vậy, ảnh hưởng cụ thể của các loại phụ gia phổ biến như muối, đường và tinh bột lên chất lượng chả cá rô phi đen vẫn chưa được khảo sát một cách toàn diện. Chính vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá tác động của muối, đường và tinh bột lên cấu trúc gel và đặc tính cảm quan của chả cá rô phi đen, từ đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc cải thiện công thức chế biến và nâng cao chất lượng sản phẩm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu và phụ gia

Cá rô phi đen (*Oreochromis mossambicus*) được thu mua trực tiếp từ các ruộng nuôi tại huyện Phước Long, tỉnh Bạc Liêu. Cá tươi sống được vận chuyển về phòng thí nghiệm, sau đó xử lý sơ bộ (loại bỏ vây, đầu, vây, nội tạng). Thịt cá được phi lê, tách bỏ hoàn toàn da và xương. Để hạn chế các biến đổi sinh hóa và duy trì chất lượng, thịt cá phi lê được rửa sạch bằng nước lạnh có nhiệt độ 0 - 4°C, sau đó để ráo, đóng gói chân không và cấp đông ở -18°C. Mẫu cá được bảo quản đông lạnh trong thời gian không quá 7 ngày trước khi sử dụng cho các thí nghiệm. Các phụ gia sử dụng trong nghiên cứu bao gồm: muối NaCl (nhập khẩu từ Thái Lan, độ tinh khiết ≥99,9%), đường Biên Hòa (sản xuất tại Việt Nam, độ tinh khiết ≥99,85%) và tinh bột bắp Mikko (sản xuất tại Việt Nam, độ tinh khiết ≥99%). Tất cả các hóa chất và phụ gia được sử dụng đều đạt tiêu chuẩn thực phẩm (food-grade).

2.2. Quy trình chế biến chả cá rô phi đen

Thịt cá rô phi sau khi cấp đông được xay mịn bằng máy xay (Panasonic MK-F310WRA, Nhật Bản) cùng với đá xay và các loại phụ gia. Hàm lượng các phụ gia được bổ sung dựa trên phần trăm khối lượng thịt cá nguyên liệu và được khảo sát chi tiết theo các mức sau: muối (NaCl) ở các tỷ lệ 0%, 0,5%, 1,0% và 1,5%; đường ở các tỷ lệ 0%, 0,7%, 1,4% và 2%; tinh bột ở các tỷ lệ 0%, 2%, 4% và 6%. Các tỷ lệ phụ gia này được chọn dựa trên nghiên cứu trước đây của Trương et al. (2016).

Paste cá sau khi xay được định hình bằng khuôn tròn chuyên dụng (đường kính 5,0±0,2 cm; chiều cao 1,0±0,1 cm) để tạo hình đồng nhất. Các bán thành phẩm này sau đó được xử lý nhiệt sơ bộ bằng phương pháp hấp cách thủy trong 30 phút. Sau khi hấp, chả cá được làm lạnh ở nhiệt độ 2 - 4°C trong khoảng 24 giờ nhằm ổn định cấu trúc gel.

Tiếp theo, chả cá được chiên trong dầu thực vật ở nhiệt độ 170°C trong 3 phút. Sau khi chiên, sản phẩm được làm nguội hoàn toàn đến nhiệt độ phòng và tiến hành bao gói bằng bao bì Polyamide (PA) để đảm bảo vệ sinh và bảo quản. Sản phẩm chả cá rô phi đen cuối cùng được bảo quản trong tủ mát ở

nhiệt độ 2 - 4°C trong 24 giờ cho đến khi được sử dụng để phân tích các chỉ tiêu hóa lý và cảm quan.

2.3. Phương pháp phân tích

Phương pháp phân tích các chỉ tiêu hóa lý và cảm quan trong các thí nghiệm được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Các chỉ tiêu phân tích

Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
Độ bền gel (g/cm ²)	Xác định bằng máy đo cấu trúc (TA.Xtplus, Stable Micro Systems, Hoa Kỳ)
pH	Xác định bằng máy đo pH (570, Jenway, Hoa Kỳ)
Màu sắc (L*, a*, b*, Độ trắng)	Xác định bằng máy đo màu (NH300, Trung Quốc); Các giá trị màu L*, a*, và b* được ghi nhận trực tiếp trên bề mặt đã chiên của mỗi mẫu sau khi sản phẩm đã được làm nguội hoàn toàn về nhiệt độ phòng. Mỗi mẫu được đo tại ít nhất ba vị trí khác nhau và lấy giá trị trung bình. Độ trắng (whiteness) được tính toán theo công thức của Quan and Benjakul (2017)
Đánh giá cảm quan	Thực hiện theo phương pháp cho điểm (TCVN 3215 -79)

2.4. Thống kê và xử lý số liệu

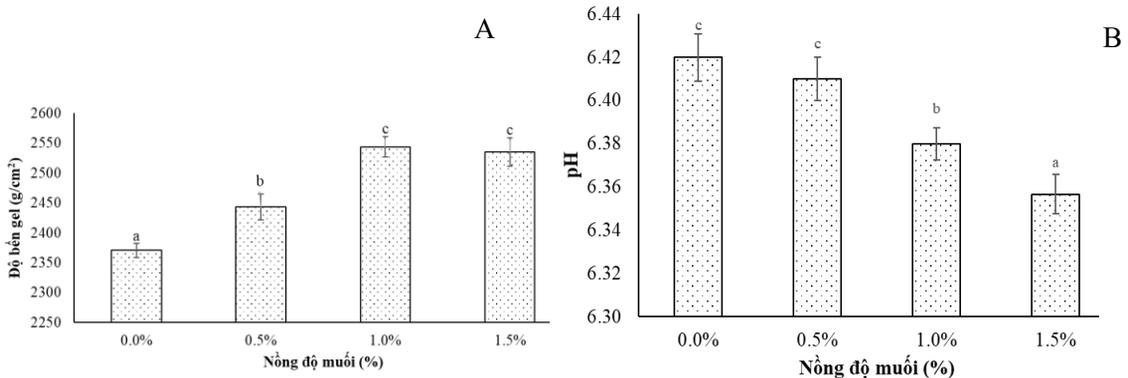
Tất cả các kết quả thí nghiệm của ba lần đo được thể hiện dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (STD). Dữ liệu được so sánh sự khác biệt giữa các giá trị trung bình của các nhóm khác nhau bằng cách sử dụng phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định Duncan. Việc phân tích thống kê và Pearson được thực hiện bằng phần mềm GraphPad Prism 9.0.0 (San Diego, Hoa Kỳ).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ muối đến tính chất hóa lý và cảm quan sản phẩm chả cá rô phi đen

3.1.1. Ảnh hưởng của nồng độ muối NaCl đến độ bền gel và giá trị pH của chả cá rô phi đen

Độ bền gel và pH là hai chỉ tiêu quan trọng phản ánh trực tiếp đến chất lượng cấu trúc của sản phẩm gel hóa từ protein cá. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ muối NaCl đến độ bền gel và pH của chả cá rô phi đen được thể hiện ở Hình 1.



Hình 1. Ảnh hưởng của nồng độ muối NaCl đến độ bền gel (g/cm²) (A) và giá trị pH (B) của chả cá rô phi đen

Kết quả cho thấy, khi nồng độ muối tăng từ 0% đến 1,0%, độ bền gel có xu hướng tăng rõ rệt, từ 2370 g/cm² (0%) lên 2540 g/cm² (1,0%), sau đó ổn định ở mức 1,5% (2530 g/cm²) (p > 0,05). Ngược lại, giá trị pH có xu hướng giảm dần theo nồng độ

muối, từ 6,42 (0%) xuống 6,36 (1,5%), sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mức (p < 0,05).

Mối liên hệ giữa hai thông số này cho thấy mặc dù pH giảm dần theo nồng độ muối, song độ bền gel vẫn tăng mạnh ở khoảng 0 – 1,0%. Điều này chứng

tác động tích cực của muối trong việc hòa tan protein myofibrillar và tăng khả năng tạo mạng gel mạnh hơn đã lấn át ảnh hưởng bất lợi của sự giảm pH (Chung et al., 1994; Foh et al. 2012). Khi nồng độ muối vượt 1,0%, hiệu ứng tăng độ bền gel đạt trạng thái bão hòa, trong khi pH tiếp tục giảm nhẹ và có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả này phù hợp với Lanier and Lee (1992), cho rằng việc bổ sung NaCl ở mức trung bình (0,5 – 1,0%) giúp tăng đáng kể khả năng hòa tan myosin và actomyosin, từ đó thúc đẩy sự hình thành mạng gel ổn định. Tương tự, Rawdkuen et al. (2009) cũng ghi nhận độ bền gel surimi cá rô phi đạt cực đại ở nồng độ muối khoảng 1,0%, sau đó không cải thiện thêm khi nồng độ tăng lên. Ngược lại, Park and Lanier (2000) khi nghiên cứu trên surimi cá tuyết cho thấy mức muối cần thiết để đạt được gel mạnh hơn có thể cao hơn (1,5 – 2,0%), phản ánh sự khác biệt về thành phần protein cơ thịt và tính chất nguyên liệu.

Cơ chế có thể giải thích như sau: Ở nồng độ muối thấp đến trung bình, ion Na^+ từ NaCl giúp hòa tan

protein cơ thịt cá, đặc biệt là myosin, tạo điều kiện cho các nhóm chức năng (như $-SH$) tham gia hình thành các liên kết ngang, làm mạng gel bền chặt hơn (Lanier & Lee, 1992). Song song, Cl^- có thể làm giảm khả năng đệm của hệ thống, dẫn đến giảm pH (Rawdkuen et al., 2009). Sự giảm pH này vẫn nằm xa điểm đẳng điện của protein myofibrillar ($pI \approx 5,0 - 5,5$), do đó không gây cản trở đáng kể đến khả năng hòa tan và gel hóa (Park, 2000).

Như vậy, có thể kết luận rằng, việc bổ sung muối NaCl ở mức 1,0% là phù hợp, vừa giúp gia tăng độ bền gel, vừa duy trì pH trong khoảng thuận lợi cho cấu trúc gel mong muốn của chả cá rô phi đen.

3.1.2. Ảnh hưởng của nồng độ muối NaCl đến sự thay đổi màu sắc của chả cá rô phi đen

Màu sắc là một chỉ tiêu cảm quan ảnh hưởng trực tiếp đến sự chấp nhận của người tiêu dùng đối với sản phẩm thực phẩm. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ muối đến các giá trị màu sắc (L^* , a^* , b^*) và độ trắng (whiteness) của chả cá rô phi đen được trình bày tại Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ muối NaCl đến sự thay đổi các giá trị màu sắc của chả cá rô phi đen

Nồng độ muối (%)	L^*	a^*	b^*	Độ trắng (whiteness)
0	60,53±0,18 ^{b*}	3,21±0,24 ^a	13,95±0,61 ^b	58,80±0,67 ^b
0,5	61,01±0,26 ^c	2,45±0,50 ^a	13,88±0,52 ^b	59,52±0,73 ^b
1,0	59,32±0,04 ^a	2,81±0,50 ^a	14,44±0,19 ^b	56,66±0,07 ^a
1,5	59,23±0,24 ^a	2,10±0,53 ^a	12,48±0,32 ^a	57,37±0,03 ^a

*Ghi chú: Các ký tự khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt ý nghĩa ở mức 5% với kiểm định LSD. Các giá trị thể hiện 3 lần lặp lại ± độ lệch chuẩn.

Kết quả Bảng 2 cho thấy nồng độ muối có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến giá trị L^* (độ sáng) của chả cá ($p < 0,05$). Mẫu chả cá với 0,5% muối có giá trị L^* cao nhất. Nồng độ 0% muối cho giá trị L^* thấp hơn 0,5% nhưng cao hơn đáng kể so với 1,0% và 1,5% muối. Nồng độ 1,0% và 1,5% muối không có sự khác biệt đáng kể về L^* ($p > 0,05$). Điều này cho thấy ở nồng độ muối thấp hơn (0% và 0,5%), sản phẩm có độ sáng tốt hơn so với các nồng độ cao hơn. Sự giảm L^* ở nồng độ muối cao hơn có thể liên quan đến mức độ biến tính protein và hình thành mạng lưới gel chặt chẽ hơn, ảnh hưởng đến khả năng tán xạ ánh sáng (Chung et al., 1994).

Đối với giá trị a^* , kết quả cho thấy không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nồng độ muối khảo sát ($p > 0,05$). Điều này cho thấy, trong phạm vi nồng độ muối khảo sát, không tác động đáng kể đến sự phát triển màu đỏ hoặc xanh lá trọng chả cá rô phi đen, vốn thường liên quan đến các sắc tố heme hoặc quá trình oxy hóa. Kết quả chỉ tiêu b^* cho thấy

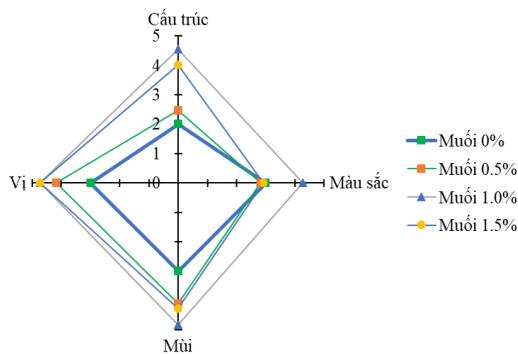
nồng độ muối ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Các mẫu với 0%, 0,5% và 1,0% muối đều có giá trị b^* cao hơn và không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa chúng. Tuy nhiên, khi nồng độ muối đạt 1,5%, giá trị b^* giảm đáng kể so với các mẫu có nồng độ muối thấp hơn. Sự thay đổi này có thể liên quan đến tương tác của muối với các sắc tố carotenoid tự nhiên trong thịt cá hoặc ảnh hưởng đến quá trình oxy hóa lipid trong sản phẩm (Wang et al., 2024). Park and Lanier (2000) cũng đã quan sát thấy sự thay đổi giá trị b^* của gel surimi phụ thuộc vào loại muối và nồng độ, giải thích rằng ion Cl^- có thể tương tác với các nhóm mang điện tích trên protein, ảnh hưởng đến cấu trúc protein và khả năng phản xạ ánh sáng, từ đó tác động đến sắc vàng.

Độ trắng cũng là một chỉ tiêu bị ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê bởi nồng độ muối ($p < 0,05$). Mẫu chả cá với 0,5% muối có độ trắng cao nhất, không có sự khác biệt đáng kể với mẫu 0%. Cả hai nồng độ này đều cho độ trắng cao hơn đáng kể so với 1,0%

và 1,5% muối. Nồng độ 1,0% và 1,5% muối không có sự khác biệt đáng kể về độ trắng. Điều này cho thấy việc sử dụng muối ở nồng độ thấp (0% và 0,5%) giúp duy trì độ trắng tốt hơn cho sản phẩm chả cá. Độ trắng của sản phẩm thực phẩm thường phụ thuộc vào sự kết hợp của giá trị L^* và b^* ; sự giảm độ trắng có thể do giảm độ sáng hoặc tăng sắc tố vàng/xanh dương (hoặc cả hai). Trong trường hợp này, mặc dù b^* có xu hướng giảm ở 1,5%, sự giảm mạnh hơn của L^* có thể là yếu tố chính gây giảm độ trắng tổng thể ở các nồng độ muối cao hơn (Lanier & Lee, 1992).

3.1.3. Ảnh hưởng của nồng độ muối NaCl đến cảm quan của sản phẩm chả cá rô phi đen

Đánh giá cảm quan là một phương pháp quan trọng để xác định mức độ chấp nhận của người tiêu dùng đối với sản phẩm. Kết quả đánh giá cảm quan chả cá rô phi đen ở các nồng độ muối khác nhau được thể hiện qua biểu đồ Hình 2.



Hình 2. Sự thay đổi giá trị cảm quan của sản phẩm chả cá rô phi đen bởi các nồng độ muối NaCl

Đối với chỉ tiêu cấu trúc, các mẫu chả cá có bổ sung muối đều nhận được điểm đánh giá cao hơn đáng kể so với mẫu không muối (0% muối). Cụ thể, mẫu 0% muối có điểm cấu trúc thấp nhất, cho thấy độ mềm hoặc kém đàn hồi. Khi nồng độ muối tăng lên 1,0% và 1,5%, điểm cấu trúc đạt mức cao nhất, cho thấy sản phẩm có độ đàn hồi và độ dai mong muốn. Điều này phù hợp với kết quả về độ bền gel đã thảo luận ở Hình 1, khi nồng độ muối 1,0% và 1,5% mang lại độ bền gel cao nhất. Muối NaCl đóng vai trò quan trọng trong việc chiết rút protein myofibrillar, thúc đẩy quá trình hình thành mạng lưới gel ba chiều bền vững, từ đó cải thiện độ đàn hồi và độ dai của sản phẩm (Lanier & Lee, 1992; Zhu et al., 2025).

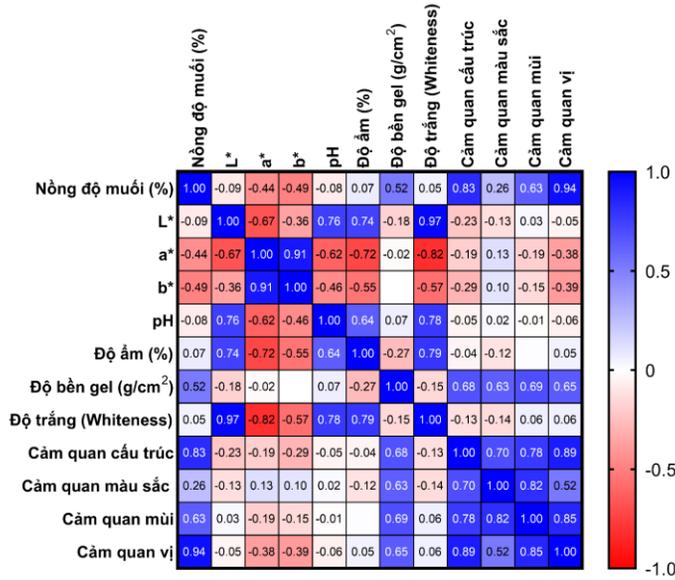
Về chỉ tiêu màu sắc, mẫu chả cá với 0,5% và 1,0% muối nhận được điểm đánh giá cao nhất, cho thấy màu sắc hấp dẫn và được ưa thích hơn. Mẫu 0%

muối và 1,5% muối có điểm màu sắc thấp hơn. Kết quả này tương đồng với phân tích màu sắc ở Bảng 2, khi các nồng độ muối thấp hơn (0% và 0,5%) có giá trị L^* cao hơn và độ trắng tốt hơn. Sự thay đổi màu sắc cảm quan có thể liên quan đến khả năng tương tác của muối với các sắc tố tự nhiên trong thịt cá và ảnh hưởng đến khả năng tán xạ ánh sáng của mạng lưới protein, từ đó tác động đến cảm nhận về độ sáng và độ trắng của sản phẩm (Chung et al., 1994; Wang et al., 2024). Chỉ tiêu mùi cho thấy sự khác biệt không quá lớn giữa các nồng độ muối. Tuy nhiên, các mẫu có bổ sung muối (0,5%, 1,0% và 1,5%) có xu hướng nhận được điểm mùi cao hơn so với mẫu không muối (0%). Muối có thể giúp ức chế sự phát triển của vi sinh vật gây mùi ưa hoặc làm giảm hoạt động của các enzyme gây phân hủy, từ đó duy trì mùi tự nhiên của sản phẩm tốt hơn (Xiong & Mikel, 2001). Ngoài ra, muối cũng có thể tương tác với các hợp chất bay hơi, làm tăng hoặc giảm cường độ cảm nhận mùi của một số thành phần hương (Lawless & Heymann, 2010).

Chỉ tiêu vị cho thấy sự phụ thuộc rõ rệt vào nồng độ muối. Mẫu không muối (0%) có điểm vị thấp nhất, do thiếu vị mặn đặc trưng của chả cá. Khi nồng độ muối tăng, điểm vị tăng lên đáng kể, với mẫu 1,0% và 1,5% muối đạt điểm cao nhất và được đánh giá là có vị hài hòa, đậm đà nhất. Muối NaCl là thành phần tạo vị mặn chính và đóng vai trò quan trọng trong việc cân bằng các hương vị khác, làm nổi bật mùi vị tổng thể của sản phẩm (Kilcast & Witherly, 2007). Sự hiện diện của muối ở nồng độ thích hợp giúp tăng cường cảm giác ngon miệng và độ chấp nhận của người tiêu dùng. Nhìn chung, việc bổ sung muối có tác động tích cực đến các chỉ tiêu cảm quan của chả cá rô phi đen, đặc biệt là cấu trúc và vị. Nồng độ muối 1,0% và 1,5% cho thấy điểm cảm quan tốt nhất, cân bằng giữa cấu trúc, màu sắc, mùi và vị, phù hợp với thị hiếu của người tiêu dùng đối với sản phẩm chả cá.

3.1.4. Phân tích tương quan Pearson giữa các chỉ tiêu hóa lý và cảm quan của chả cá ảnh hưởng bởi các nồng độ muối NaCl khác nhau

Để hiểu rõ hơn mối quan hệ giữa các chỉ tiêu lý hóa và cảm quan của chả cá rô phi đen, việc phân tích tương quan Pearson đã được thực hiện và kết quả được trình bày tại Hình 3. Hệ số tương quan Pearson (r) dao động từ -1 đến +1, trong đó giá trị gần +1 biểu thị mối tương quan dương mạnh, giá trị gần -1 biểu thị mối tương quan âm mạnh và giá trị gần 0 cho thấy ít hoặc không có mối tương quan tuyến tính (Kilcast & Witherly, 2007).



Hình 3. Ma trận tương quan Pearson giữa các chỉ tiêu lý hóa và cảm quan của chả cá rô phi đen ảnh hưởng bởi các nồng độ muối khác nhau

Mối tương quan liên quan đến nồng độ muối

Nồng độ muối có mối tương quan dương mạnh với các chỉ tiêu cảm quan như cảm quan cấu trúc ($r = 0,83$), cảm quan mùi ($r = 0,83$) và đặc biệt là cảm quan vị ($r = 0,94$). Điều này khẳng định vai trò thiết yếu của muối trong việc cải thiện đáng kể chất lượng cảm quan tổng thể của chả cá, đặc biệt là vị mặn và cấu trúc sản phẩm (Kilcast & Witherly, 2007). Nồng độ muối cũng tương quan dương với độ bền gel ($r = 0,52$), phù hợp với nhận định rằng muối giúp tăng cường độ dai và đàn hồi của chả cá thông qua tương tác với protein (Lanier & Lee, 1992). Ngược lại, nồng độ muối có mối tương quan âm mạnh với L^* (Độ sáng, $r = -0,67$) và pH ($r = -0,76$). Điều này cho thấy khi nồng độ muối tăng, độ sáng của sản phẩm có xu hướng giảm và pH cũng giảm, phù hợp với các phân tích riêng lẻ đã trình bày ở các mục 3.1.1 và 3.1.2. Sự giảm L^* có thể do sự biến tính protein và hình thành mạng lưới gel chặt chẽ hơn làm giảm khả năng tán xạ ánh sáng (Chung et al., 1994). Mối tương quan âm với pH cũng được giải thích bởi sự tương tác của ion Cl^- với các nhóm tích điện trên protein (Rawdkuen et al., 2009).

Mối tương quan giữa các chỉ tiêu lý hóa

Đáng chú ý, có mối tương quan âm rất mạnh giữa L^* và a^* ($r = -1,00$), và L^* và b^* ($r = -0,91$). Điều này cho thấy khi độ sáng (L^*) giảm, sản phẩm có xu hướng trở nên đỏ hơn (tăng a^*) và vàng hơn (tăng b^*). Mối tương quan này đặc biệt mạnh, gợi ý

một mối liên hệ chặt chẽ giữa các thành phần màu sắc trong sản phẩm. Độ trắng (Whiteness) tương quan dương rất mạnh với L^* ($r = 0,97$) và tương quan âm mạnh với a^* ($r = -0,82$) và b^* ($r = -0,57$), điều này khẳng định rằng độ trắng của sản phẩm phụ thuộc chủ yếu vào độ sáng và mức độ sắc tố đỏ/vàng (Park & Lanier, 2000).

pH có mối tương quan dương mạnh với a^* ($r = 0,76$) và b^* ($r = 0,64$). Điều này chỉ ra rằng khi pH tăng, sản phẩm có xu hướng trở nên đỏ và vàng hơn. Ngược lại, pH có mối tương quan âm nhẹ với độ bền gel ($r = -0,27$), cho thấy pH có ảnh hưởng nhưng không quá mạnh đến độ bền gel trong phạm vi khảo sát.

Việc phân tích tương quan Pearson đã khái quát mối quan hệ giữa các chỉ tiêu lý hóa và cảm quan của chả cá rô phi đen. Nồng độ muối là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến cả cấu trúc lý hóa (độ bền gel, pH, màu sắc) và các đặc tính cảm quan (cấu trúc, mùi, vị), với những mối tương quan mạnh mẽ khẳng định tầm quan trọng của nó trong việc định hình chất lượng sản phẩm cuối cùng.

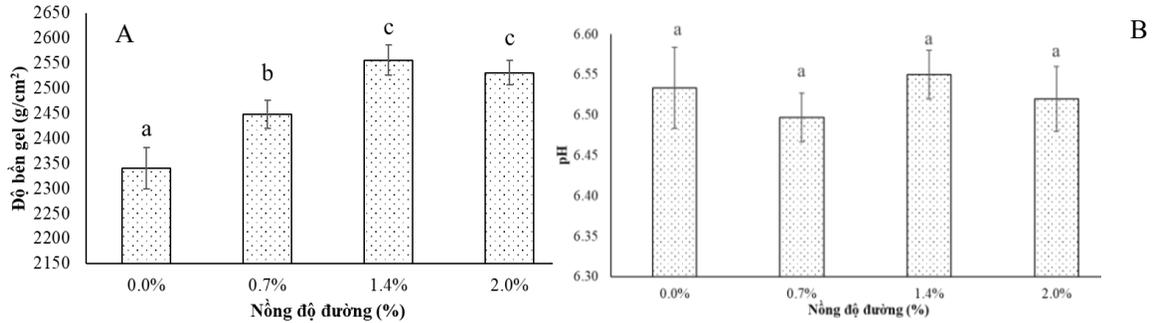
3.2. Ảnh hưởng của nồng độ đường đến tính chất hóa lý và cảm quan sản phẩm chả cá phi đen

3.2.1. Ảnh hưởng của nồng độ đường đến độ bền gel và giá trị pH của chả cá rô phi đen

Đường là một trong những phụ gia quan trọng thường được sử dụng trong chế biến các sản phẩm

gel hóa từ protein cá, đặc biệt là surimi và chả cá, nhờ khả năng bảo vệ protein khỏi biến tính trong quá trình cấp đông và xử lý nhiệt. Kết quả khảo sát ảnh

hưởng của nồng độ đường đến độ bền gel và pH của chả cá rô phi đen được trình bày ở Hình 4.



Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ đường đến độ bền gel (g/cm²) (A) và giá trị pH (B) của chả cá rô phi đen

Kết quả cho thấy, nồng độ đường có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền gel ($p < 0,05$). Mẫu không bổ sung đường (0%) có độ bền gel thấp nhất (2330 g/cm²). Khi tăng nồng độ đường lên 0,7%, độ bền gel tăng lên đáng kể (2440 g/cm²) và đạt giá trị cao nhất tại mức 1,4% (2550 g/cm²), sau đó ổn định ở 2,0% (2530 g/cm², $p > 0,05$). Như vậy, mức đường 1,4% đã đủ để đạt hiệu quả tối ưu trong cải thiện độ bền gel.

Ngược lại, giá trị pH của chả cá rô phi đen hầu như không bị ảnh hưởng bởi sự bổ sung đường, dao động trong khoảng 6,49 – 6,54 và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nồng độ khảo sát ($p > 0,05$). Điều này phù hợp với đặc tính của đường (như sucrose) là chất không điện ly, ít tham gia vào cân bằng acid-base và không làm thay đổi đáng kể môi trường ion của hệ thống protein (Chuy & Bell, 2006).

Sự kết hợp hai kết quả cho thấy cơ chế chính mà đường cải thiện độ bền gel không phải thông qua thay đổi pH, mà chủ yếu nhờ vai trò cryoprotectant và chất ổn định cấu trúc protein. Đường có khả năng hình thành liên kết hydro với nước và protein, làm giảm hoạt độ nước và hạn chế sự hình thành tinh thể đá lớn gây phá hủy cấu trúc protein (Liu et al., 2023; Walayat et al., 2022a). Ngoài ra, đường còn tương

tác trực tiếp với protein, ổn định cấu trúc không gian và thúc đẩy sự hình thành mạng lưới gel bền vững trong quá trình gia nhiệt (Lim et al., 2005). Điều này giải thích vì sao dù pH không thay đổi, độ bền gel của chả cá rô phi đen vẫn tăng đáng kể khi bổ sung đường ở mức phù hợp.

3.2.2. Ảnh hưởng của nồng độ đường đến các giá trị màu sắc của chả cá rô phi đen

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ đường đến các giá trị màu sắc (L^* , a^* , b^*) và độ trắng của chả cá rô phi đen được trình bày tại Bảng 3. Kết quả cho thấy nồng độ đường có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến giá trị L^* của chả cá rô phi đen ($p < 0,05$). Các mẫu có nồng độ đường 1,4% và 2,0% có giá trị L^* cao hơn đáng kể so với mẫu 0% và 0,7% đường. Không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa 0% và 0,5% đường, cũng như giữa 1,4% và 2,0% đường ($p > 0,05$). Điều này cho thấy việc bổ sung đường ở mức 1,4% trở lên giúp tăng độ sáng của sản phẩm. Đường với vai trò là chất bảo vệ lạnh và chất ổn định protein, có thể giúp duy trì cấu trúc protein đồng nhất hơn trong quá trình chế biến, từ đó cải thiện khả năng tán xạ ánh sáng và tăng độ sáng của sản phẩm (Chung et al., 1994; Wang et al., 2024).

Bảng 3. Ảnh hưởng của nồng độ đường đến sự thay đổi các giá trị màu sắc của chả cá rô phi đen

Nồng độ đường (%)	L^*	a^*	b^*	Độ trắng (whiteness)
0	59,28±0,08 ^{a*}	2,48±0,07 ^b	13,24±0,27 ^a	56,99±0,71 ^a
0,7	59,69±0,38 ^a	1,41±0,13 ^a	13,39±0,18 ^b	57,78±0,38 ^a
1,4	60,64±0,09 ^b	1,29±0,37 ^a	13,46±0,30 ^b	57,72±0,14 ^a
2,0	60,50±0,17 ^b	2,35±0,55 ^b	13,48±0,67 ^b	58,85±0,72 ^b

*Ghi chú: Các ký tự khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt ý nghĩa ở mức 5% với kiểm định LSD. Các giá trị thể hiện 3 lần lặp lại ± độ lệch chuẩn.

Đối với giá trị a^* , nồng độ đường có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê. Mẫu chả cá không bổ sung đường (0%) và mẫu có 2,0% đường có giá trị a^* cao hơn đáng kể so với mẫu có 0,7% và 1,4% đường. Mẫu 0,7% và 1,4% đường không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về giá trị a^* . Giá trị a^* thấp hơn thường được mong muốn trong các sản phẩm chả cá trắng. Sự giảm a^* ở nồng độ đường 0,7% và 1,4% có thể liên quan đến khả năng của đường trong việc ức chế quá trình oxy hóa các sắc tố gây đỏ hoặc hình thành các hợp chất màu không mong muốn (Zhang et al., 2024). Tuy nhiên, sự tăng a^* ở 2,0% đường có thể cho thấy rằng ở nồng độ quá cao hoặc trong điều kiện nhiệt độ nhất định, phản ứng Maillard có thể bắt đầu góp phần tạo màu nâu đỏ, mặc dù không quá rõ rệt (Zhang et al., 2024).

Kết quả cho thấy nồng độ đường có ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến giá trị b^* . Mẫu không bổ sung đường (0%) có giá trị b^* thấp nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các mẫu có bổ sung đường. Các mẫu 0,7%, 1,4%, và 2,0% đường có giá trị b^* cao hơn nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa chúng. Điều này chỉ ra rằng việc bổ sung đường có xu hướng làm tăng nhẹ sắc vàng của sản phẩm. Sự thay đổi này có thể liên quan đến tương tác của đường với protein hoặc các thành phần khác trong thịt cá, ảnh hưởng đến khả năng hấp thụ và phân xạ ánh sáng (Lim et al., 2005).

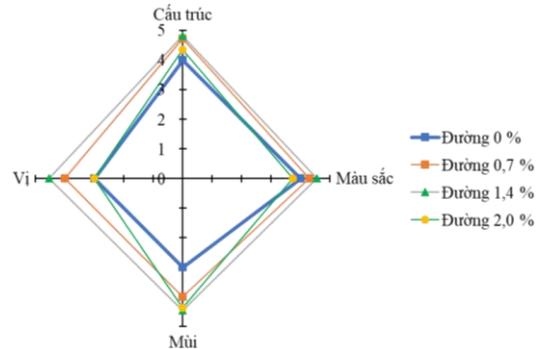
Độ trắng của chả cá cũng bị ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê bởi nồng độ đường. Mẫu có 2,0% đường cho độ trắng cao nhất, khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các mẫu còn lại (0%, 0,7%, 1,4% đường). Các mẫu 0%, 0,7%, và 1,4% đường không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về độ trắng. Kết quả này phù hợp với sự tăng L^* và sự thay đổi của a^* và b^* ở nồng độ 2,0% đường. Đường giúp duy trì độ trắng của sản phẩm bằng cách ngăn chặn sự biến tính protein và hình thành các liên kết ngang không mong muốn, từ đó duy trì khả năng tán xạ ánh sáng của gel (Chung et al., 1994; Wang et al., 2024).

3.2.3. Ảnh hưởng của nồng độ đường đến cảm quan của chả cá rô phi đen

Kết quả đánh giá cảm quan chả cá rô phi đen ở các nồng độ đường khác nhau được thể hiện qua biểu đồ mạng nhện tại Hình 5.

Đối với chỉ tiêu cấu trúc, các mẫu chả cá có bổ sung đường nhìn chung nhận được điểm đánh giá cao hơn so với mẫu không đường (0%). Cụ thể, mẫu 0% đường có điểm cấu trúc thấp nhất, cho thấy sản phẩm kém đàn hồi và dai. Khi nồng độ đường tăng lên 1,4% và 2,0%, điểm cấu trúc đạt mức cao nhất,

thể hiện sản phẩm có độ đàn hồi và độ dai mong muốn. Điều này nhất quán với kết quả độ bền gel đã trình bày ở mục 3.2.1, khi đường ở nồng độ 1,4% và 2,0% mang lại độ bền gel cao nhất. Đường, đặc biệt là sucrose, hoạt động như một chất bảo vệ lạnh (*cryoprotectant*) giúp bảo vệ protein myofibrillar khỏi sự biến tính trong quá trình cấp đông và xử lý nhiệt, từ đó duy trì và cải thiện cấu trúc gel của sản phẩm (Walayat et al., 2022a).



Hình 5. Sự thay đổi giá trị cảm quan của sản phẩm chả cá rô phi đen bởi các nồng độ đường khác nhau

Về chỉ tiêu màu sắc, các mẫu chả cá có bổ sung đường (0,7%, 1,4%, 2,0%) nhìn chung nhận được điểm đánh giá cao hơn so với mẫu không đường (0%). Mẫu 1,4% và 2,0% đường có điểm màu sắc cao nhất, cho thấy màu sắc hấp dẫn và được ưa thích hơn. Điều này phù hợp với kết quả phân tích các giá trị màu sắc (mục 3.2.2), khi đường ở các nồng độ cao hơn có xu hướng làm tăng độ sáng (L^*) và độ trắng của sản phẩm. Đường có thể ảnh hưởng đến màu sắc bằng cách ức chế quá trình oxy hóa lipid và protein, vốn có thể dẫn đến sự hình thành các hợp chất màu không mong muốn (Wang et al., 2024). Tuy nhiên, ở nồng độ rất cao và nhiệt độ cao, đường cũng có thể tham gia vào phản ứng Maillard, tạo ra màu nâu (Jonsson et al., 2024), nhưng trong phạm vi nghiên cứu này, tác động tích cực của đường trong việc duy trì độ sáng và độ trắng dường như chiếm ưu thế.

Chỉ tiêu mùi cho thấy các mẫu có bổ sung đường (0,7%, 1,4%, 2,0%) có xu hướng nhận được điểm mùi tốt hơn so với mẫu không đường (0%). Mẫu 1,4% đường có điểm mùi cao nhất. Đường có thể giúp che đi một số mùi tanh không mong muốn của cá hoặc tương tác với các hợp chất bay hơi, tạo ra một hồ sơ mùi hài hòa hơn (Lawless & Heymann, 2010). Ngoài ra, khả năng bảo vệ protein của đường cũng có thể gián tiếp duy trì mùi tươi tự nhiên của sản phẩm bằng cách giảm thiểu sự phân hủy protein

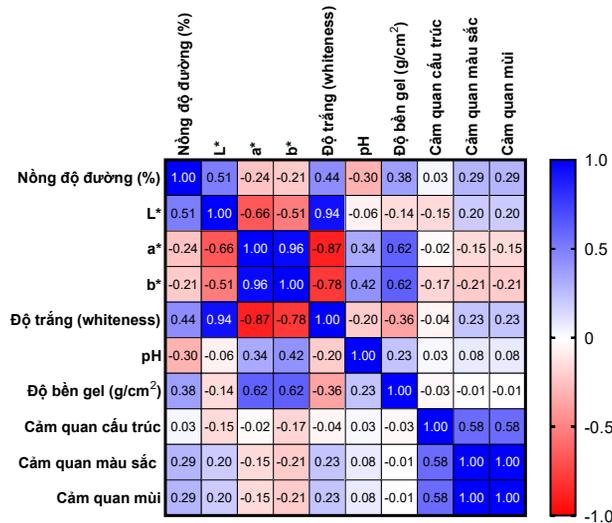
và lipid gây mùi ươn (Kilcast & Witherly, 2007). Chỉ tiêu vị cũng cho thấy sự phụ thuộc rõ rệt vào nồng độ đường. Mẫu không đường (0%) có điểm vị thấp nhất, do thiếu vị ngọt và không cân bằng các vị khác. Khi nồng độ đường tăng, điểm vị tăng lên đáng kể, với mẫu 1,4% và 2,0% đường đạt điểm cao nhất và được đánh giá là có vị hài hòa, ngon miệng nhất. Đường là chất tạo vị ngọt chính và đóng vai trò quan trọng trong việc cân bằng các hương vị, làm nổi bật mùi vị tổng thể của sản phẩm (Kilcast & Witherly, 2007). Sự hiện diện của đường ở nồng độ thích hợp giúp tăng cường cảm giác ngon miệng và độ chấp nhận của người tiêu dùng, đặc biệt là trong các sản phẩm chế biến từ cá.

Nhìn chung, việc bổ sung đường có tác động tích cực đến tất cả các chỉ tiêu cảm quan của chả cá rô phi đen

phi đen, đặc biệt là cấu trúc và vị. Nồng độ đường 1,4% và 2,0% cho thấy điểm cảm quan tổng thể tốt nhất, cân bằng giữa cấu trúc, màu sắc, mùi và vị, phù hợp với thị hiếu của người tiêu dùng đối với sản phẩm chả cá.

3.2.4. Phân tích tương quan Pearson giữa các chỉ tiêu hóa lý và cảm quan của chả cá ảnh hưởng bởi các nồng độ đường khác nhau

Để phân tích mối quan hệ tuyến tính giữa các chỉ tiêu lý hóa và cảm quan của chả cá rô phi đen khi thay đổi nồng độ đường, việc phân tích tương quan Pearson đã được thực hiện. Kết quả được trình bày dưới dạng ma trận tương quan tại Hình 6.



Hình 6. Ma trận tương quan Pearson giữa các chỉ tiêu lý hóa và cảm quan của chả cá rô phi đen ảnh hưởng bởi các nồng độ đường khác nhau

Nồng độ đường có mối tương quan dương từ thấp đến trung bình với L* (độ sáng, r = 0,51) và độ trắng (Whiteness, r = 0,44). Điều này cho thấy khi lượng đường bổ sung tăng, sản phẩm có xu hướng sáng hơn và trắng hơn, phù hợp với kết quả đã thảo luận ở mục 3.2.2 và 3.2.3. Mối tương quan này củng cố vai trò của đường trong việc duy trì màu sắc mong muốn của sản phẩm, có thể thông qua việc ức chế các phản ứng làm sẫm màu hoặc bảo vệ cấu trúc protein giúp tán xạ ánh sáng tốt hơn (Chung et al., 1994; Wang et al., 2024).

Trong các chỉ tiêu màu sắc, có mối tương quan âm mạnh giữa L* và a* (r = -0,66), và L* và b* (r = -0,51). Điều này có nghĩa là khi độ sáng (L*) tăng, sản phẩm có xu hướng ít đỏ hơn và ít vàng hơn. Độ trắng (Whiteness) có mối tương quan dương rất

mạnh với L* (r = 0,94) và mối tương quan âm rất mạnh với a* (r = -0,87) và b (r = -0,78). Điều này khẳng định rằng độ trắng của sản phẩm phụ thuộc chủ yếu vào độ sáng và mức độ sắc tố đỏ/vàng, một kết quả phù hợp với các nguyên lý đo màu sắc (Lawless & Heymann, 2010).

Đáng chú ý, a* và b* có mối tương quan dương rất mạnh với nhau (r = 0,96), cho thấy sự thay đổi của sắc đỏ và vàng thường diễn ra đồng thời trong sản phẩm. pH có mối tương quan âm trung bình với Độ bền gel (r = -0,55), cho thấy khi pH giảm, độ bền gel có xu hướng tăng, một mối quan hệ phức tạp có thể liên quan đến điểm đẳng điện của protein và sự hình thành mạng lưới gel (Chuy et al., 2006). Các chỉ tiêu cảm quan cũng cho thấy mối tương quan dương trung bình lẫn nhau: Cảm quan cấu trúc tương quan dương trung bình với cảm quan màu sắc

($r = 0,58$) và cảm quan mùi ($r = 0,58$). Ngoài ra, cảm quan màu sắc có mối tương quan dương mạnh với cảm quan mùi ($r = 1,00$).

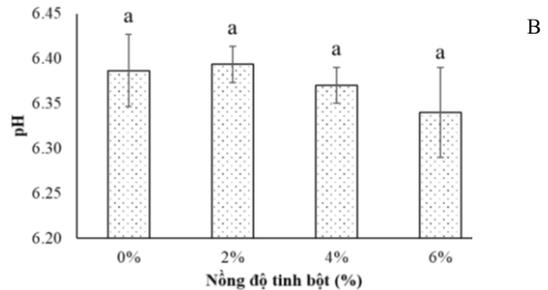
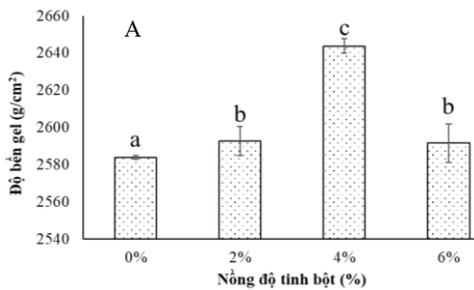
Kết quả phân tích tương quan Pearson cho thấy nồng độ đường có mối tương quan tích cực với độ sáng và độ trắng của chả cá, cũng như độ bền gel. Tuy nhiên, mối tương quan giữa các chỉ tiêu lý hóa và cảm quan nhìn chung là thấp hơn so với trường hợp nồng độ muối, điều này cho thấy tác động của đường lên cảm quan có thể phức tạp hơn hoặc bị chi phối bởi các yếu tố khác. Mối tương quan mạnh giữa các chỉ tiêu màu sắc và giữa các chỉ tiêu cảm quan

với nhau vẫn được duy trì, phản ánh sự liên kết nội tại của các thuộc tính này trong sản phẩm.

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ tinh bột đến tính chất hóa lý và cảm quan sản phẩm chả cá phi đen

3.3.1. Ảnh hưởng của nồng độ tinh bột đến độ bền gel và giá trị pH của chả cá rô phi đen

Tinh bột là một phụ gia phổ biến trong các sản phẩm thịt chế biến, bao gồm chả cá, do khả năng cải thiện cấu trúc, tăng độ bền gel và khả năng giữ nước. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ tinh bột đến độ bền gel và pH của chả cá rô phi đen được thể hiện ở Hình 7.



Hình 7. Ảnh hưởng của nồng độ tinh bột đến độ bền gel (g/cm²) (A) và giá trị pH (B) của chả cá rô phi đen

Kết quả cho thấy, nồng độ tinh bột có ảnh hưởng đáng kể đến độ bền gel ($p < 0,05$). Mẫu không bổ sung tinh bột (0%) có độ bền gel thấp nhất (2580 g/cm²). Khi tăng nồng độ tinh bột lên 2%, độ bền gel tăng lên (2590 g/cm²), và đạt giá trị cao nhất tại mức 4% (2640 g/cm²). Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng đến 6%, độ bền gel giảm nhẹ còn 2590 g/cm², không khác biệt so với mẫu 2% ($p > 0,05$), nhưng khác biệt có ý nghĩa so với mẫu 4%. Điều này cho thấy mức 4% tinh bột là tốt nhất trong phạm vi nghiên cứu.

Ngược lại, giá trị pH của các mẫu chả cá bổ sung tinh bột dao động trong khoảng hẹp 6,34 – 6,39 và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nồng độ khảo sát ($p > 0,05$). Kết quả này phù hợp với bản chất của tinh bột là polysaccharide trung tính, không chứa các nhóm chức ion hóa để tác động trực tiếp đến pH của hệ thống (Belitz et al., 2009).

Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đó. Chẳng hạn, Li et al. (2017) báo cáo rằng bổ sung tinh bột khoai tây (8%) giúp tăng cường độ bền gel và cải thiện độ dai của surimi cá biển. Tương tự, kết quả nghiên cứu của Hongviangjan and Sompongse (2022) cho thấy tinh bột khoai mì có thể gia tăng khả năng giữ nước và làm tăng cường cấu trúc gel trong sản phẩm surimi. Đối với chả cá, nghiên cứu của Truc et al. (2016) cũng ghi nhận rằng việc bổ sung

tinh bột biến tính làm cải thiện đáng kể độ đàn hồi và độ bền gel của chả cá lóc.

Sự kết hợp hai kết quả cho thấy cơ chế chính của tinh bột trong cải thiện độ bền gel là thông qua quá trình hồ hóa và tương tác vật lý với protein, chứ không phải thông qua thay đổi pH. Khi gia nhiệt, hạt tinh bột trương nở, lấp đầy khoảng trống trong mạng gel protein và giữ nước tốt hơn, từ đó làm tăng độ bền và độ dai của sản phẩm (Hongviangjan & Sompongse, 2022; Liu et al., 2021). Tuy nhiên, ở nồng độ quá cao (như 6%), tinh bột có thể làm loãng mạng protein hoặc cản trở sự hình thành liên kết protein-protein, khiến cấu trúc gel kém tối ưu (Li et al., 2017).

Như vậy, việc bổ sung tinh bột ở mức vừa phải (4%) được xem là hiệu quả nhất để cải thiện độ bền gel của chả cá rô phi đen mà không ảnh hưởng đến pH của sản phẩm.

3.3.2. Ảnh hưởng của nồng độ tinh bột đến cảm quan của chả cá rô phi đen

Kết quả đánh giá cảm quan chả cá rô phi đen ở các nồng độ tinh bột khác nhau được thể hiện qua biểu đồ mạng nhện tại Hình 8.

Đối với chỉ tiêu cấu trúc và màu sắc, các mẫu chả cá có bổ sung tinh bột nhìn chung nhận được điểm đánh giá cao hơn đáng kể so với mẫu không

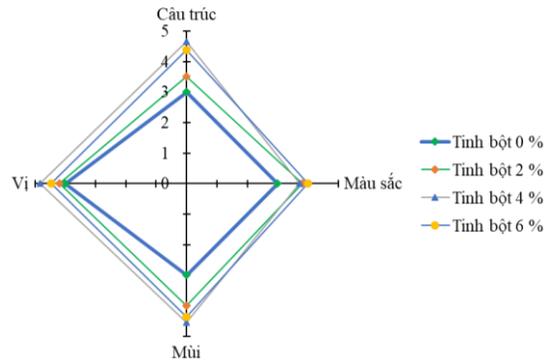
ting bột (0%). Cụ thể, mẫu 0% ting bột có điểm cấu trúc và màu sắc thấp nhất, cho thấy sản phẩm kém đàn hồi, dai và màu sắc kém hấp dẫn. Khi nồng độ ting bột tăng lên 4%, điểm cấu trúc và màu sắc đạt mức cao nhất, thể hiện sản phẩm có độ đàn hồi, độ dai mong muốn và màu sắc hấp dẫn, được ưa thích hơn. Điều này nhất quán với kết quả độ bền gel đã trình bày ở mục 3.3.1, khi ting bột ở nồng độ 4% mang lại độ bền gel tốt hơn các nồng độ khác. Ting bột, sau khi hồ hóa, hoạt động như một chất độn và liên kết nước, giúp củng cố mạng lưới protein, từ đó cải thiện độ dai và độ đàn hồi của sản phẩm (Hongviangjan & Sompongse, 2022). Đồng thời, khả năng của ting bột trong việc tạo ra một cấu trúc đồng nhất hơn cũng giúp tán xạ ánh sáng tốt hơn và làm tăng cảm nhận về độ sáng và độ trắng của sản phẩm (Liu et al., 2021). Ting bột cũng có thể làm giảm sự oxy hóa của các sắc tố hoặc các phản ứng tạo màu không mong muốn trong quá trình chế biến, góp phần duy trì màu sắc tổng thể của sản phẩm (Belitz et al., 2009).

Chỉ tiêu mùi cho thấy sự khác biệt không quá lớn giữa các nồng độ ting bột. Tuy nhiên, các mẫu có bổ sung ting bột (2%, 4%, 6%) có xu hướng nhận được điểm mùi tốt hơn so với mẫu không ting bột (0%). Ting bột có thể giúp hấp thụ một số hợp chất bay hơi gây mùi không mong muốn hoặc tạo ra một hồ sơ mùi trung tính hơn, làm nổi bật mùi tự nhiên của cá (Lawless & Heymann, 2010).

Đối với chỉ tiêu vị, có sự phụ thuộc vào nồng độ ting bột. Mẫu không ting bột (0%) có điểm vị thấp nhất. Khi nồng độ ting bột tăng, điểm vị tăng lên đáng kể, với mẫu 4% ting bột đạt điểm cao nhất và được đánh giá là có vị hài hòa, ngon miệng nhất. Ting bột tự thân không có vị, nhưng nó có thể ảnh hưởng đến cảm nhận vị bằng cách thay đổi cấu trúc sản phẩm, khả năng giải phóng các hợp chất hương hoặc làm loãng nồng độ các thành phần khác (Kilcast & Witherly, 2007). Ở nồng độ thích hợp, ting bột có thể tạo ra một kết cấu dễ chịu, gián tiếp nâng cao trải nghiệm vị giác tổng thể. Tuy nhiên, ở nồng độ quá cao (ví dụ 6%), vị có thể bị ảnh hưởng tiêu cực do cảm giác bột hoặc làm loãng hương vị tự nhiên của cá.

Nhìn chung, việc bổ sung ting bột có tác động tích cực đến tất cả các chỉ tiêu cảm quan của chả cá

rô phi đen, đặc biệt là cấu trúc và vị. Nồng độ ting bột 4% cho thấy điểm cảm quan tổng thể tốt nhất, cân bằng giữa cấu trúc, màu sắc, mùi và vị, phù hợp với thị hiếu của người tiêu dùng đối với sản phẩm chả cá.



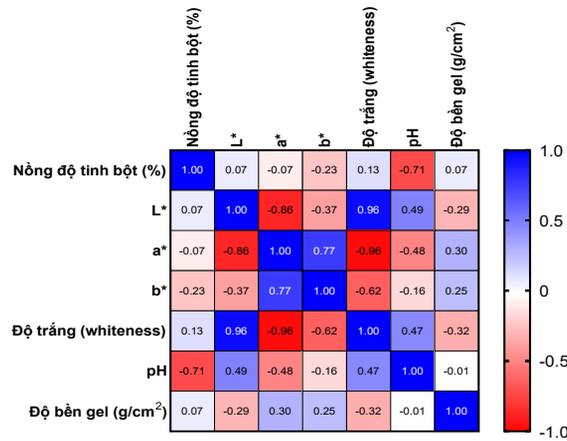
Hình 8. Sự thay đổi giá trị cảm quan của sản phẩm chả cá rô phi đen bởi các nồng độ ting bột khác nhau

3.3.3. Phân tích tương quan Pearson giữa các chỉ tiêu hóa lý của chả cá ảnh hưởng bởi các nồng độ ting bột khác nhau

Mối quan hệ giữa các chỉ tiêu lý hóa của chả cá rô phi đen khi thay đổi nồng độ ting bột được thể hiện qua kết quả phân tích tương quan Pearson ở Hình 9.

Nồng độ ting bột có mối tương quan âm mạnh với pH ($r = -0,71$). Điều này cho thấy khi nồng độ ting bột tăng, pH của sản phẩm có xu hướng giảm đáng kể. Mặc dù ting bột bản thân là trung tính, nhưng sự thay đổi này có thể liên quan đến các tương tác phức tạp trong hệ thống hoặc ảnh hưởng gián tiếp đến khả năng đệm của protein (Belitz et al., 2009).

Trong các chỉ tiêu màu sắc, có mối tương quan âm rất mạnh giữa L^* và a^* ($r = -0,86$) và mối tương quan âm trung bình giữa L^* và b^* ($r = -0,37$). Điều này cho thấy khi độ sáng (L^*) tăng, sắc đỏ (a^*) có xu hướng giảm mạnh và sắc vàng (b^*) cũng giảm. Độ trắng (Whiteness) có mối tương quan dương rất mạnh với L^* ($r = 0,96$) và mối tương quan âm rất mạnh với a^* ($r = -0,96$). Điều này khẳng định rằng độ trắng của sản phẩm phụ thuộc chủ yếu vào độ sáng và mức độ sắc tố đỏ.



Hình 9. Ma trận tương quan Pearson giữa các chỉ tiêu lý hóa của chả cá rô phi đen ảnh hưởng bởi các nồng độ tinh bột khác nhau



Hình 10. Chả cá rô phi đen thành phẩm

Nhìn chung, kết quả phân tích tương quan Pearson cho thấy nồng độ tinh bột có mối tương quan âm mạnh với pH, nhưng mối tương quan yếu hơn với các chỉ tiêu màu sắc và độ bền gel. Các mối tương quan mạnh nhất được quan sát giữa các chỉ tiêu màu sắc với nhau (L^* , a^* , b^* , độ trắng), điều này khẳng định sự liên kết chặt chẽ của chúng trong việc định hình màu sắc tổng thể của sản phẩm. Mối

quan hệ giữa pH và các chỉ tiêu màu sắc cũng đáng chú ý, cho thấy pH có thể đóng vai trò gián tiếp trong việc ảnh hưởng đến màu sắc của chả cá.

4. KẾT LUẬN

Dựa trên kết quả khảo sát và phân tích, kết quả nghiên cứu xác định được tỷ lệ phụ gia thích hợp nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm chả cá rô phi đen cả về mặt lý hóa và cảm quan. Cụ thể, nồng độ muối 1,0% cho độ bền gel cao nhất và giúp cải thiện chỉ tiêu cảm quan mà không tăng quá mức lượng muối trong sản phẩm. Đường ở mức 1,4% giúp tăng độ sáng, độ trắng và độ bền gel, đồng thời duy trì vị ngọt hài hòa. Tinh bột với hàm lượng 4% không chỉ giúp tăng độ bền gel mà còn cải thiện toàn diện cảm quan về cấu trúc, màu sắc và mùi vị. Việc sử dụng đồng thời 1,0% muối, 1,4% đường và 4% tinh bột được lựa chọn nhằm tạo ra sản phẩm chả cá rô phi đen có đặc tính hóa lý tổng thể cao (Hình 10), đáp ứng kỳ vọng về cảm quan của người tiêu dùng và phù hợp với xu hướng sử dụng phụ gia hợp lý trong chế biến thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4th ed.). Springer.
- Chung, Y. C., Richardson, L., & Morrissey, M. T. (1994). Effects of pH and NaCl on gel strength of Pacific whiting surimi. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 2(3), 19–35. https://doi.org/10.1300/J030v02n03_03
- Chuy, S., & Bell, L. N. (2006). Buffer pH and pKa values as affected by added glycerol and sucrose. *Food Research International*, 39(3), 342–348. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2005.08.006>
- Food and Agriculture Organization of the United Nation (FAO). (2022). *World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022*. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc2211en>
- Foh, M. B. K., Wenshui, X., Amadou, I., & Jiang, Q. (2012). Influence of pH shift on functional properties of protein isolated of tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscles and of soy protein isolate. *Food and Bioprocess Technology*, 5(6), 2192–2200. <https://doi.org/10.1007/s11947-010-0496-0>
- Hongviangjan, W., & Sompongse, W. (2022). Effect of tapioca starch on gel characteristics of threadfin

- bream surimi. *Journal of Food Science and Agricultural Technology (JFAT)*, 6(1), 30–33. <http://rs.mfu.ac.th/ojs/index.php/jfat/article/viewFile/381/267>
- Jonsson, O., Lundell, A., Rosell, J., You, S., Ahlgren, K., & Swenson, J. (2024). Comparison of sucrose and trehalose for protein stabilization using differential scanning calorimetry. *The Journal of Physical Chemistry B*, 128(20), 4922–4930. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.4c00022>
- Kilcast, D., & Witherly, P. (2007). *The sensory evaluation of food: From theory to practice*. Woodhead Publishing.
- Lanier, T. C., & Lee, C. M. (1992). *Surimi technology*. Marcel Dekker, Inc.
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices*. Springer Science & Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Li, Q., Chen, S., You, J., Hu, Y., Yin, T., & Liu, R. (2024). A comprehensive unraveling of the mystery of reduced-salt surimi gels: From molecular mechanism to future prospects. *Trends in Food Science & Technology*, 154, 104783. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104783>
- Li, T., Zhao, J., Huang, J., Zhang, W., Huang, J., Fan, D., & Zhang, H. (2017). Improvement of the quality of surimi products with overdrying potato starches. *Journal of Food Quality*, 2017(1), 1417856. <https://doi.org/10.1155/2017/1417856>
- Lim, S. T., Lee, Y. S., & Yoo, B. S. (2005). Effect of sugars on thermal gelation of surimi sols. *Food Science and Biotechnology*, 14(3), 340–343. <https://koreascience.kr/article/JAKO200509905828104.pdf>
- Liu, J. Y., Shi, W. Z., & Zhu, X. S. (2023). Effects of different reducing sugars on gel quality of silver carp surimi. *Meat Research*, 37(2), 6–11. <https://doi.org/10.7506/rlyj1001-8123-20221025-142>
- Liu, Z., Yuan, Y., Qin, Y., Feng, A., He, Y., Zhou, D., Dong, X., Shen, X., Cao, J., & Li, C. (2021). Sweet potato starch addition together with partial substitution of tilapia flesh effectively improved the golden pompano (*Trachinotus blochii*) surimi quality. *Journal of Texture Studies*, 52(2), 197–206. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12574>
- Park, J. W., & Lanier, T. C. (2000). *Processing of surimi and surimi seafood*. In *Marine freshwater products handbook* (pp. 417–445). Technomic Publishing Company
- Puong, P. T. D., Tram, L. H., & Hien, P. T. (2018). Effects of wheat flour, modified starch, gluten, mixing and gelling time on strength and plasticity of meat fish cake isolated from seabass (*Lates calcarifer*) by-products after filleting. *Journal of Fisheries Science and Technology*, 2, 54–62. <https://doi.org/10.53818/jfst.02.2018.444> (in Vietnamese).
- Priyadarshini, B., Xavier, M., Nayak, B. B., Apang, T., & Balange, A. K. (2018). Quality characteristics of tilapia surimi: Effect of single washing cycle and different washing media. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27(5), 643–655. <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1469558>
- Quan, T. H., & Benjakul, S. (2017). Comparative study on the effect of duck and hen egg albumens on proteolysis and gel property of sardine surimi. *International Journal of Food Properties*, 20(sup3), S2786–S2797. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1382504>
- Rawdkuen, S., Sai-Ut, S., Khamsorn, S., Chaijan, M., & Benjakul, S. (2009). Biochemical and gelling properties of tilapia surimi and protein recovered using an acid-alkaline process. *Food Chemistry*, 112(1), 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.047>
- Directorate for Standards, Metrology and Quality. (1979). *TCVN 3215 – 79: Meat and meat products – Methods for sensory evaluation (in Vietnamese)*.
- Truc, T. T., Ngan, V. H., & Muoi, N. V. (2016). Influence of NaCl and additives on gel formation and texture characteristics of frozen fish bologna. *Can Tho University Journal of Science, Special Issue: Agriculture*, 122–130. (in Vietnamese). <https://doi.org/10.22144/ctu.jsi.2016.030>
- VASEP. (2025). *Tilapia market: Forecast and trends toward 2033*. <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/ca-tra/ca-thit-trang/thi-truong-ca-rophi-du-bao-va-xu-huong-den-nam-2033-32972.html> (in Vietnamese).
- Vignesh, R., Anbarasi, G., Arulmoorthy, M. P., Mohan, K., Rathiesh, A. C., & Srinivasan, M. (2015). Variations in the nutritional composition of the head and bone flours of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) adapted to estuarine and freshwater environments. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 4(4), 358–364. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.4.358-364>
- Walayat, N., Xiong, H., Xiong, Z., Moreno, H. M., Nawaz, A., Niaz, N., & Randhawa, M. A. (2022a). Role of cryoprotectants in surimi and factors affecting surimi gel properties: A review. *Food Reviews International*, 38(6), 1103–1122. <https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1832099>
- Walayat, N., Liu, J., Nawaz, A., Aadil, R. M., López-Pedrouso, M., & Lorenzo, J. M. (2022b). Role of food hydrocolloids as antioxidants along with modern processing techniques on the surimi protein gel textural properties, developments, limitation and future perspectives. *Antioxidants*,

- 11(3), 486.
<https://doi.org/10.3390/antiox11030486>
- Wang, Y., Zhuang, Y., Zhang, J., Chen, Y., & Yang, H. (2024). Effects of different pH values and monovalent/divalent cations in washing on the physicochemical characteristics of silver carp surimi gel. *LWT*, *196*, 115865.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115865>
- Wu, S. (2016). Effect of trehalose on the state of water, protein denaturation and gel-forming ability of weever surimi. *International Journal of Food Properties*, *19*(3), 521–525.
<https://doi.org/10.1080/10942912.2015.1033550>
- Xie, D., Tang, Y., & Dong, G. (2024). Various factors affecting the gel properties of surimi: A review. *Journal of Texture Studies*, *55*(3), e12847.
<https://doi.org/10.1111/jtxs.12847>
- Xiong, Y. L., & Mikel, W. B. (2001). Meat and meat products. In Y. H. Hui, W. K. Nip, R. W. Rogers & O. A. Young (Eds.), *Meat science and applications* (pp. 367–386). CRC Press.
- Zhang, S., Zhang, L., Yin, T., You, J., Liu, R., Wang, L., Huang, Q., Wang, W., & Ma, H. (2024). Exploring the versatility of carbohydrates in surimi and surimi products: Novel applications and future perspectives. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *104*(4), 1874–1883.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.13081>
- Zhao, Y., Wei, G., Li, J., Tian, F., Zheng, B., Gao, P., & Zhou, R. (2023). Comparative study on the effect of different salts on surimi gelation and gel properties. *Food Hydrocolloids*, *144*, 108982.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108982>
- Zhu, C., Zhang, M., Chen, H., Zhang, Q., Li, F., Gu, Y., Wang, K., & Zhao, G. (2025). Effect of NaCl on the structure and digestive properties of heat-treated myofibrillar proteins. *Food Chemistry*, *463*(4), 141521.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.141521>