



DOI:10.22144/ctujos.2025.225

## ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC THAY THỂ MUỐI NaCl BẰNG KCl ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÀ ĐẶC TÍNH PROTEIN CỦA KHÔ CÁ LÓC

Nguyễn Phụng Tiên<sup>1</sup>, Nguyễn Quỳnh Như<sup>1</sup>, Trần Bạch Long<sup>2</sup> và Trần Hồng Quân<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Khoa Sinh hóa - Thực Phẩm, Trường Đại học Sư Phạm Kỹ Thuật Vĩnh Long, Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Công nghệ Sinh học và Thực Phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

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

### Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 21/07/2025

Sửa bài (Revised): 09/08/2025

Duyệt đăng (Accepted): 10/11/2025

**Title:** Impact of NaCl replacement by KCl on the quality and protein properties of dried snakehead fish

**Author:** Nguyen Phung Tien<sup>1</sup>, Nguyen Quynh Nhu<sup>1</sup>, Tran Bach Long<sup>2</sup> and Tran Hong Quan<sup>2\*</sup>

**Affiliation(s):** <sup>1</sup>Faculty of Biochemistry and Food Technology, Vinh Long University of Technology and Education, Viet Nam; <sup>2</sup>Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam

### TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl ở các tỷ lệ NaCl: KCl khác nhau (100:0, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90 và 0:100%) đến chất lượng (màu sắc, đặc tính cấu trúc, cảm quan) và đặc tính protein của khô cá lóc như điện di protein (SDS-PAGE), hoạt tính enzyme protease (U/mg protein) và lipoxygenase (mg MDA/g protein). Kết quả SDS-PAGE cho thấy cường độ dải myosin (200 kDa) giảm rõ rệt khi tăng tỷ lệ KCl, đặc biệt dải này gần như biến mất ở mẫu 100% KCl. Hoạt tính enzyme lipoxygenase có xu hướng giảm trong các mẫu có KCl, điều này cho thấy khả năng kiểm soát quá trình oxy hóa lipid tốt hơn. Ngược lại, hoạt tính protease tăng lên. Về cảm quan, khô cá lóc ở tỷ lệ muối 50% NaCl: 50% KCl cho thấy sự chấp nhận cao về màu sắc ( $L^*$  giảm,  $a^*$  tăng) mà không ảnh hưởng đáng kể đến mùi, vị hay cấu trúc. Kết quả nghiên cứu này giúp cung cấp thông tin hữu ích cho việc phát triển sản phẩm khô cá lóc giảm natri, có lợi hơn cho sức khỏe người tiêu dùng.

**Từ khóa:** Cảm quan, đặc tính protein, khô cá lóc, NaCl/KCl

### ABSTRACT

This study investigated the effects of substituting NaCl with KCl at various NaCl:KCl ratios (100:0, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90, and 0:100) on the quality (color, texture, sensory) and protein properties including protein electrophoresis (SDS-PAGE), protease activity (U/mg protein), and lipoxygenase activity (mg MDA/g protein) of dried snakehead fish. The SDS-PAGE results showed a significant reduction in the intensity of the myosin (200 kDa) band with increasing KCl concentration, notably almost disappearing in the 100% KCl sample. Lipoxygenase activity tended to decrease in KCl-containing samples, indicating better control of lipid oxidation. Conversely, protease activity increased. Regarding sensory attributes, the 50% NaCl: 50% KCl treatment exhibited high acceptance for color (decreased  $L^*$ , increased  $a^*$ ) without significantly affecting odor, taste, or texture. This research provides valuable information for developing reduced-sodium dried snakehead fish products that are more beneficial for consumer health.

**Keywords:** Dried snakehead fish, NaCl/KCl, protein property, sensory

## 1. GIỚI THIỆU

Cá lóc (*Channa striata*) là loài cá đặc trưng của các nước châu Á, nổi tiếng vì dễ nuôi, giá trị dinh dưỡng cao và chất lượng thịt tốt (Andriani & Septiana, 2024). Theo Nguyen and Tran (2016), cá lóc chứa khoảng 77% độ ẩm, 19% protein, 2,9% chất béo, cùng với các vitamin và khoáng chất thiết yếu, trở thành nguồn cung cấp protein động vật có giá trị trong khẩu phần ăn của con người.

Trong bối cảnh bảo quản thực phẩm, việc ướp muối và sấy khô là những phương pháp truyền thống và phổ biến được sử dụng rộng rãi ở nhiều nước đang phát triển. Khô cá lóc ướp muối là sản phẩm đặc trưng được người tiêu dùng ưa chuộng nhờ hương vị đậm đà và độ bền bảo quản cao. Sản phẩm này được sản xuất với quy mô lớn, đặc biệt tại các tỉnh thuộc đồng bằng sông Cửu Long của Việt Nam như An Giang và Cà Mau, nơi có nhiều làng nghề chế biến cá khô truyền thống phục vụ thị trường trong nước và xuất khẩu (Tran & Nguyen, 2021). Thông thường, nồng độ NaCl được sử dụng để ướp và ngâm muối tương đối cao có thể lên đến khoảng 12% (Tran & Nguyen, 2021). Tuy nhiên, việc tiêu thụ NaCl quá mức đã được chứng minh là có mối liên hệ mật thiết với một số vấn đề sức khỏe nghiêm trọng, bao gồm tăng huyết áp và các bệnh tim mạch (Oberleithner & de Wardener, 2011). Tổ chức Y tế Thế giới (WHO) ước tính rằng 2,5 triệu ca tử vong có thể được ngăn ngừa hàng năm nếu mức tiêu thụ natri toàn cầu giảm xuống mức khuyến nghị (WHO, 2015). Ngược lại, WHO cũng khuyến nghị lượng kali tiêu thụ hàng ngày lớn hơn 3,5 g, vì lượng kali cao hơn đã được chứng minh là có thể giảm thiểu tác động bất lợi đến sức khỏe liên quan đến việc tiêu thụ natri quá mức (WHO, 2015). Do đó, các chiến lược được thực hiện nhằm giảm tổng lượng muối, đặc biệt là natri, trong thực phẩm chế biến sẵn đang trở thành một ưu tiên cấp thiết trong lĩnh vực sức khỏe cộng đồng.

Kali clorua (KCl) đã được sử dụng rộng rãi như một chất thay thế NaCl trong ngành công nghiệp thực phẩm. Việc thay thế một phần NaCl bằng KCl có tiềm năng đáng kể trong việc giảm lượng natri tiêu thụ và cải thiện sức khỏe tim mạch, đặc biệt đối với những người bị tăng huyết áp hoặc có nguy cơ mắc các bệnh liên quan đến tim mạch (He & MacGregor, 2009). Các nghiên cứu trước đây khi được thực hiện đã khám phá ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl trên nhiều sản phẩm thực phẩm khác nhau. Jing et al. (2023) đã nghiên cứu ảnh hưởng của việc thay thế một phần NaCl bằng KCl lên tính chất protein và các đặc tính chất lượng

của phi lê cá rô phi ướp muối, cho thấy rằng việc thay thế tới 50% NaCl bằng KCl vẫn duy trì được chất lượng sản phẩm mong muốn. Tương tự, Pi et al. (2022) cũng báo cáo rằng việc thay thế NaCl bằng KCl có thể ảnh hưởng tích cực đến thuộc tính màu sắc và cấu trúc gel của thịt cá xay.

Mặc dù có những nghiên cứu về việc thay thế muối trong các sản phẩm cá khác, ảnh hưởng toàn diện của việc thay thế NaCl bằng KCl lên các tính chất hóa lý và cảm quan của sản phẩm khô cá lóc truyền thống Việt Nam vẫn chưa được đánh giá một cách kỹ lưỡng. Nhu cầu về một sản phẩm khô cá lóc vừa đảm bảo an toàn sức khỏe, vừa giữ được các đặc tính chất lượng truyền thống là rất lớn. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích xác định tỷ lệ thay thế KCl thích hợp cho NaCl trong quá trình chế biến khô cá lóc, với mục tiêu kép là cải thiện sức khỏe cộng đồng thông qua việc giảm lượng natri, đồng thời duy trì tối ưu các đặc tính hóa lý và cảm quan quan trọng của sản phẩm khô cá lóc ướp muối.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

Cá lóc được mua từ một trang trại địa phương ở Phường 8, tỉnh Vĩnh Long, với khối lượng mỗi con từ 700 đến 800 g. Sau khi thu hoạch, cá được vận chuyển đến phòng thí nghiệm và giữ sống trong các thùng nhựa chứa nước. Cá được giữ ổn định ít nhất một giờ trước khi xử lý (Tran & Nguyen, 2021).

Tất cả các hóa chất được sử dụng trong thí nghiệm đều là loại tinh khiết phân tích và được mua từ Công ty Merck KGAA (Darmstadt, Đức), bao gồm NaCl, KCl, malondialdehyde (MDA), 2-thiobarbituric acid (TBA), tyrosine, trichloroacetic acid (TCA).

### 2.2. Quy trình sấy khô cá lóc ướp muối



Hình 1. Cá lóc phi lê sau khi ngâm muối

Cá lóc được cân khối lượng trước khi làm ngắt, cắt tiết và xả máu trong nước (thời gian xả máu 10 phút ở nhiệt độ phòng để đảm bảo loại máu hoàn toàn). Cá sau khi cắt tiết được chuyển sang đánh vảy, bỏ mang, nắp mang, nội tạng và đầu (Tran & Nguyen, 2021). Sau khi làm sạch, cá lóc được phi lê và ngâm trong dung dịch nước muối với tỷ lệ cá: dung dịch là 1:2 (khối lượng/khối lượng) trong 3 giờ (Hình 1). Tỷ lệ NaCl: KCl trong dung dịch nước muối lần lượt là 100:0, 70:30, 50:50, 30:70, 10:90 và 0:100%. Dung dịch muối được pha sao cho nồng độ muối cuối cùng đạt 12%. Sau khi ngâm nước muối, phi lê cá được sấy ở 50°C theo đề xuất của

Tran and Nguyen (2021) bằng máy sấy khay (DRC - 16T, Việt Nam). Hàm lượng ẩm được đo 2 giờ một lần trong quá trình sấy bằng máy phân tích độ ẩm (MOC-63U Shimadzu, Nhật Bản). Quá trình sấy kết thúc khi hàm lượng ẩm cuối cùng của sản phẩm đạt 20%. Sau đó, các mẫu khô cá lóc được cho vào túi polyamide (PA) (25x35 cm) và sử dụng cho quá trình phân tích.

### 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
Điện di protein (SDS-PAGE)	Xác định theo phương pháp của Laemmli (1970). SDS-PAGE được tiến hành với gel tách 10% và gel cô đặc 4% trong điều kiện khử, sử dụng dung dịch đệm SDS để tách protein sợi cơ, sau đó điện di, nhuộm Coomassie Brilliant Blue R-250 và phân tích bằng Gel-Pro Analyzer.
Hoạt tính enzyme lipoxxygenase (nmol MDA/mg protein)	Xác định theo phương pháp của Harris and Tall (1994)
Hoạt tính enzyme protease (U/mg protein)	Xác định theo phương pháp của Dang et al. (2004)
Độ cứng (N)	Xác định bằng máy đo cấu trúc (TMS Pro, USA). Chương trình máy được thiết lập với tốc độ 40 mm/phút, lực kích hoạt 50 N, và độ dịch chuyển 10 mm. Đề thu thập dữ liệu, phần mềm Texture Lab Pro (phiên bản 1.18-408/15/10/13) được sử dụng.
Màu sắc ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ )	Xác định bằng máy đo màu (MSEZ-4500 L, HunterLab, USA)
Đánh giá cảm quan	Thực hiện theo phương pháp của ElShehawey et al. (2015) sử dụng thang thị hiếu 9 bậc (hedonic scale)

### 2.4. Thống kê và xử lý số liệu

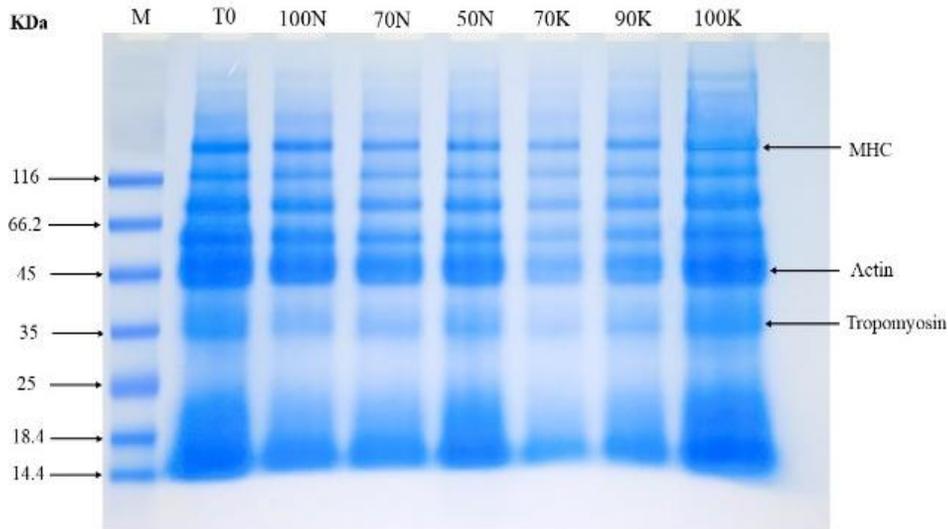
Tất cả các kết quả thí nghiệm của ba lần đo được thể hiện dưới dạng giá trị trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn (STD). Dữ liệu được so sánh sự khác biệt giữa các giá trị trung bình của các nhóm khác nhau bằng cách sử dụng phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định Duncan (Steel & Torrie, 1980). Việc phân tích thống kê được thực hiện bằng phần mềm SPSS cho Windows (SPSS 11.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl đến sự thay đổi cấu trúc protein của khô cá lóc

Để làm rõ những thay đổi trong cấu trúc protein của cơ thịt khô cá lóc dưới tác động của việc thay thế một phần muối NaCl bằng KCl, kết quả điện di protein bằng phương pháp SDS-PAGE được thể hiện ở Hình 2.

Kết quả cho thấy, trong cấu trúc cơ thịt cá, ba loại protein cấu trúc chính thường được nhận diện rõ ràng qua phân tích SDS-PAGE là myosin chuỗi nặng (myosin heavy chain, MHC), actin và tropomyosin. Mỗi loại protein này đều có vai trò chức năng và vị trí điện di đặc trưng trên gel. Sự hiện diện, sắc nét và cường độ của các dải protein trong SDS-PAGE là những chỉ báo quan trọng về mức độ bảo toàn cấu trúc protein, khả năng hòa tan, cũng như để đánh giá ảnh hưởng của các điều kiện xử lý như loại muối, pH và nhiệt độ đến chất lượng protein cơ thịt cá (Sikorski, 2001). Ở mẫu T0 (trước khi ngâm muối), các dải protein đặc trưng như myosin (~200 kDa) và actin (~45 kDa) được nhận diện rõ ràng, phản ánh trạng thái tự nhiên của protein cơ trong mô. Đối với mẫu 100N (100% NaCl), các dải protein vẫn hiện rõ, đặc biệt là dải myosin, cho thấy hiệu quả chiết tách protein myofibrillar cao. Ion Na<sup>+</sup> đã được chứng minh là có khả năng tăng cường độ hòa tan của protein nhờ khả năng ổn định điện tích bề mặt và hỗ trợ tương tác protein-nước hiệu quả (Jiao et al. 2024).



**Hình 2. Điện di protein (SDS-PAGE) cơ thịt khô cá lóc ở các tỷ lệ NaCl: KCl khác nhau**

Ghi chú: T0 - Cơ thịt cá lóc trước khi ngâm muối; 100N - Cơ thịt cá lóc fillet ngâm muối ở tỷ lệ 100% NaCl; 70N - Cơ thịt cá lóc fillet ngâm muối ở tỷ lệ 70% NaCl:30% KCl; 50N - Cơ thịt cá lóc fillet ngâm muối ở tỷ lệ 50% NaCl:30% KCl; 70K - Cơ thịt cá lóc fillet ngâm muối ở tỷ lệ 30% NaCl: 70% KCl; 90K - Cơ thịt cá lóc fillet ngâm muối ở tỷ lệ 10% NaCl: 90% KCl; 100K - Cơ thịt cá lóc fillet ngâm muối ở tỷ lệ 100% KCl; MHC - Chuỗi nặng Myosin (Myosin heavy chain)

Tuy nhiên, khi tiến hành thay thế từng phần NaCl bằng KCl (mẫu 70N và 50N), cường độ dải protein bắt đầu giảm, đặc biệt là myosin. Mức độ suy giảm này cho thấy sự giảm hiệu quả chiết tách protein, điều này có thể do ion  $K^+$  có khả năng tương tác yếu hơn với các nhóm phân cực trên bề mặt protein so với  $Na^+$ . Đồng thời, sự hiện diện của  $K^+$  có thể làm giảm mức hydrat hóa protein và tăng nguy cơ hình thành các kết tụ protein không hòa tan (Jing et al., 2023). Các mẫu có hàm lượng KCl cao hơn (70K, 90K và 100K) thể hiện sự suy giảm rõ rệt cả về cường độ và độ sắc nét của các dải protein. Đáng chú ý, dải myosin gần như biến mất ở mẫu 100K. Kết quả này phản ánh hiện tượng biến tính mạnh, mất hoạt tính chức năng hoặc kết tủa protein dưới tác động của ion  $K^+$ . Ion  $K^+$  vốn có xu hướng phá vỡ mạng lưới liên kết hydro của nước và làm mất cân bằng điện tích trên bề mặt protein, dẫn đến giảm độ bền keo và khả năng duy trì trạng thái hòa tan (Jiang et al., 2019). Theo Wu et al. (2021), khi tỷ lệ thay thế NaCl bằng KCl vượt quá 50%, cấu trúc protein của cá rô phi bị phá vỡ, dẫn đến hiện tượng kết tụ và làm giảm đáng kể độ hòa tan. Những thay đổi này có ý nghĩa quan trọng đối với cấu trúc và chất lượng cảm quan của sản phẩm khô cá lóc.

### 3.2. Ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl đến sự thay đổi hoạt tính enzyme lipoxygenase và enzyme protease của khô cá lóc

Hoạt tính của lipoxygenase và protease, là các chỉ số chính lần lượt của quá trình oxy hóa lipid và thủy phân protein, đã được đo lường trên các nghiệm thức (Hình 3). Hoạt động của lipoxygenase cho thấy sự suy giảm đáng kể khi mức độ thay thế KCl tăng lên. Xu hướng này có thể chỉ ra khả năng ổn định oxy hóa được cải thiện, do KCl có khả năng phá vỡ lipid màng thấp hơn so với NaCl, hoặc do cường độ ion thay đổi ảnh hưởng đến cấu trúc và hoạt động của enzyme (Wu et al., 2016). Ngược lại, hoạt động của protease vẫn tương đối không đổi, nghĩa là việc thay thế KCl ở mức độ vừa phải không làm thay đổi đáng kể sự thủy phân protein trong quá trình làm khô.

Lipoxygenase, một enzyme có trong mô động vật, xúc tác sự hình thành các chất chuyển hóa có hoạt tính sinh lý khác nhau và được biết đến là yếu tố khởi đầu quá trình oxy hóa lipid (Armenteros et al., 2009; German et al., 1986). Quá trình chuyển hóa lipid đóng góp đáng kể vào chất lượng sản phẩm cuối cùng và mức độ oxy hóa lipid trong cơ cá lóc

được phản ánh qua hoạt động của enzyme lipoxygenase. Song song đó, quá trình thủy phân protein, được biểu thị bằng hoạt động của protease, cũng đóng vai trò trọng yếu trong việc xác định chất lượng sản phẩm (Ye et al., 2024). Hoạt động của các enzyme lipoxygenase và protease trong các mẫu khô cá lóc có sự thay thế một phần NaCl bằng KCl được trình bày ở Hình 3. Kết quả cho thấy xu hướng giảm trong hoạt động của lipoxygenase khi mức độ thay thế KCl tăng lên, từ  $7,12 \pm 0,09$  đến  $4,79 \pm 0,29$  mg MDA/g protein (Hình 3A). Hoạt động lipoxygenase cao nhất được quan sát thấy ở mẫu đối chứng (100% NaCl), trong khi hoạt động thấp nhất được ghi nhận ở mẫu chứa 100% KCl ( $p < 0,05$ ). Điều này chỉ ra rằng KCl có tác dụng làm giảm hoạt động của lipoxygenase khi mức độ thay thế của nó tăng lên. Những phát hiện này phù hợp với các báo cáo của Guo et al. (2019), tác giả đã quan sát thấy sự giảm tương tự trong hoạt động lipoxygenase ở cá trắm cỏ khô ướp muối được xử lý bằng các chất thay thế muối gốc KCl.

Dữ liệu thu được chỉ ra rằng hoạt động của protease thể hiện xu hướng tăng với mức độ thay thế KCl cao hơn, tăng từ  $0,28 \pm 0,02$  đến  $1,14 \pm 0,03$  U/mg protein (Hình 3B). Hoạt động protease cao nhất được quan sát thấy ở mẫu chứa 100% KCl, trong khi hoạt động thấp nhất được ghi nhận ở mẫu đối chứng với 100% NaCl ( $p < 0,05$ ). Các muối clorua khác nhau đã được báo cáo là có tác dụng ức chế khác nhau đối với hoạt động của protease (Lee et al., 2012). Theo Cittadini et al. (2020), NaCl thể hiện tác dụng ức chế mạnh hơn đối với hoạt động của protease so với các muối khác. Do đó, việc tăng tỷ lệ thay thế KCl có thể làm giảm sự ức chế enzyme, dẫn đến tăng hoạt động của protease trong khô cá lóc.

Những thay đổi về hoạt tính enzyme này được củng cố bởi các nghiên cứu gần đây trên phi lê cá rô phi. Jing et al. (2023) đã phát hiện rằng việc thay thế một phần NaCl bằng KCl (lên đến 50%) trong phi lê cá rô phi ướp muối đã dẫn đến tăng quá trình oxy hóa protein và thủy phân protein, ảnh hưởng đến sự ổn định cấu trúc của protein cơ. Việc thay thế KCl quá mức (hơn 70%) đã dẫn đến biến tính protein và suy giảm các thuộc tính cảm quan, bao gồm mùi vị và kết cấu. Kết quả nghiên cứu nhấn mạnh rằng, việc thay thế KCl làm thay đổi cấu hình protein, dẫn đến tăng tính kỵ nước bề mặt và tương tác protein-protein nội phân tử, điều này có thể ảnh hưởng đến chất lượng tổng thể của sản phẩm cá (Jing et al., 2023). Tóm lại, mặc dù việc thay thế KCl có thể làm giảm quá trình oxy hóa lipid bằng cách giảm hoạt động của lipoxygenase, nó cũng có thể tăng cường

hoạt động của protease, dẫn đến tăng quá trình thủy phân protein. Những thay đổi này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tối ưu hóa mức KCl để cân bằng giữa lợi ích của việc giảm oxy hóa lipid với những hạn chế tiềm ẩn của việc tăng phân hủy protein, đảm bảo các thuộc tính chất lượng mong muốn của khô cá lóc.

### 3.3. Ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl đến cấu trúc của khô cá lóc

Việc thay thế NaCl bằng KCl trong quá trình chế biến khô cá lóc đã được ghi nhận có ảnh hưởng đến độ cứng (N) của sản phẩm (Bảng 2). Cụ thể, sự gia tăng mức KCl tương quan với việc tăng độ cứng, dao động từ  $53,80 \pm 1,54$  N trong mẫu 100% NaCl đến  $69,85 \pm 2,48$  N trong mẫu 100% KCl. Tuy nhiên, ở các tỷ lệ thay thế 50:50%, 30:70%, 10:90% và 0:100% (NaCl: KCl), sự khác biệt về độ cứng không có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ). Những kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Wang et al. (2024), tác giả đã khảo sát ảnh hưởng của việc thay thế một phần NaCl bằng KCl trên xúc xích khô. Kết quả nghiên cứu này cho thấy việc thay thế 40% NaCl bằng KCl, việc kết hợp với việc cấy vi khuẩn lactic đã cải thiện cấu trúc của xúc xích. Điều này gợi ý rằng việc thay thế KCl ở mức độ vừa phải có thể nâng cao các thuộc tính cấu trúc mà không ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng sản phẩm (Wang et al., 2024).

**Bảng 2. Sự thay đổi cấu trúc của khô cá lóc bởi các tỷ lệ muối NaCl: KCl khác nhau**

Tỷ lệ NaCl:KCl	Độ cứng (N)
100:0%	$53,80^a \pm 1,54$
70:30%	$59,41^b \pm 1,48$
50:50%	$62,35^c \pm 0,78$
30:70%	$69,10^d \pm 1,28$
10:90%	$68,82^d \pm 1,36$
0:100%	$69,85^d \pm 0,51$

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  $\pm$  độ lệch chuẩn.

### 3.4. Ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl đến màu sắc của khô cá lóc

Về các thuộc tính màu sắc (Bảng 3), giá trị  $L^*$  (độ sáng) giảm từ  $39,44 \pm 0,50$  xuống  $36,26 \pm 1,04$  khi mức KCl tăng lên, điều này cho thấy sản phẩm có màu tối hơn. Giá trị  $a^*$  (độ đỏ) tăng từ  $15,00 \pm 0,78$  lên  $17,16 \pm 0,64$ , trong khi giá trị  $b^*$  (độ vàng) giảm từ  $25,88 \pm 0,33$  xuống  $22,05 \pm 1,33$ . Những thay đổi này cho thấy mức KCl cao hơn có thể dẫn đến sản phẩm tối màu và đỏ hơn. Các quan sát tương tự cũng được báo cáo bởi Pi et al. (2022) trong nghiên cứu

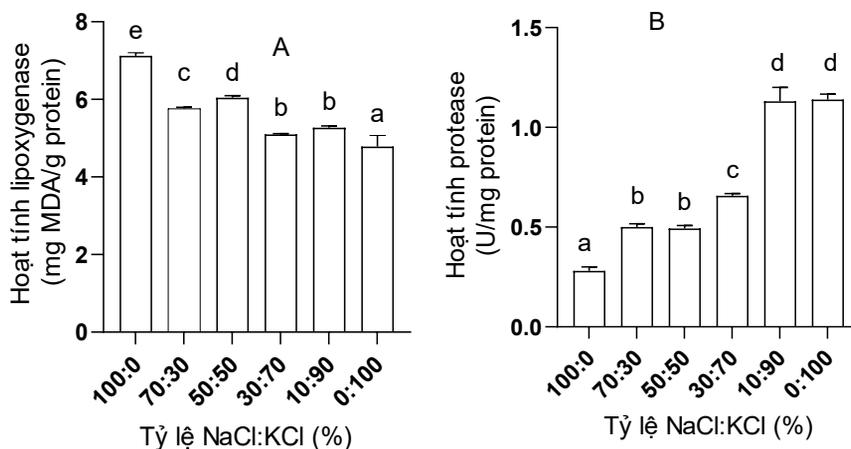
về gel thịt cá xay chưa rửa từ cá trắm cỏ. Hơn nữa, Guo et al. (2019) đã khảo sát ảnh hưởng của việc thay thế một phần NaCl bằng KCl và acid amin trên khô cá trắm cỏ ướp muối. Kết quả chỉ ra rằng những sự thay thế này đã dẫn đến giảm quá trình oxy hóa lipid và cải thiện quá trình thủy phân protein, góp phần tăng cường sự ổn định màu sắc và các thuộc tính cấu trúc trong sản phẩm cuối cùng.

Tóm lại, việc thay thế một phần NaCl bằng KCl trong quá trình chế biến khô cá lóc có thể ảnh hưởng đến các thuộc tính cấu trúc và màu sắc. Mức độ thay thế vừa phải (lên đến 50%) có thể cải thiện được các thuộc tính cấu trúc và màu sắc, trong khi mức độ thay thế cao hơn dẫn đến những thay đổi đáng kể về màu sắc và cấu trúc của sản phẩm. Những phát hiện này nhấn mạnh tầm quan trọng của việc tối ưu hóa mức độ thay thế KCl để đạt được chất lượng sản phẩm mong muốn.

**Bảng 3.** Ảnh hưởng của tỷ lệ NaCl:KCl khác nhau đến sự thay đổi các giá trị màu sắc của khô cá lóc

Tỷ lệ NaCl:KCl	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *
100:0%	39,44±0,50 <sup>b*</sup>	15,00±0,78 <sup>a</sup>	25,88±0,33 <sup>b</sup>
70:30%	38,11±1,78 <sup>ab</sup>	15,53±1,68 <sup>ab</sup>	24,24±1,21 <sup>b</sup>
50:50%	37,83±0,63 <sup>ab</sup>	16,32±1,54 <sup>ab</sup>	21,65±2,01 <sup>a</sup>
30:70%	36,74±1,63 <sup>a</sup>	16,12±0,92 <sup>ab</sup>	21,90±0,92 <sup>a</sup>
10:90%	36,86±1,11 <sup>a</sup>	16,62±0,48 <sup>ab</sup>	21,94±0,66 <sup>a</sup>
0:100%	36,26±1,04 <sup>a</sup>	17,16±0,64 <sup>b</sup>	22,05±1,33 <sup>a</sup>

\*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.



**Hình 3.** Hoạt tính enzyme lipoxigenase (A) và enzyme protease (B) của khô cá lóc ở các tỷ lệ NaCl:KCl khác nhau

Ghi chú: 100:0 - 100% NaCl; 70:30 - 70% NaCl:30% KCl; 50:50 - 50% NaCl:50% KCl; 30:70 - 30% NaCl: 70% KCl; 10:90 - 10% NaCl: 90% KCl; 0:100 - 100% KCl

**3.5. Môi trường quan giữa các đặc tính lý hóa và hoạt tính enzyme của khô cá lóc**

Biểu đồ Pearson (Hình 4) trình bày mối quan hệ giữa các đặc tính cấu trúc (độ cứng), màu sắc (*L*\*, *a*\*, *b*\*) và hoạt tính enzyme (lipoxigenase, protease) của khô cá lóc. Các giá trị trong biểu đồ cho biết hệ số tương quan Pearson (*r*) giữa các cặp biến. Kết quả cho thấy tồn tại mối tương quan nghịch mạnh giữa độ cứng và hoạt tính lipoxigenase (*r* = -0,76), nghĩa là khi độ cứng tăng,

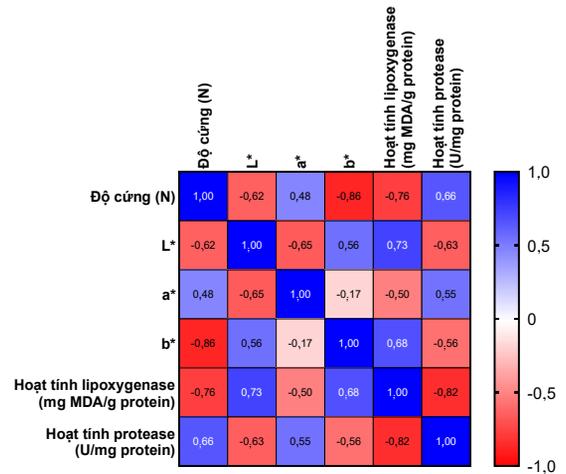
hoạt tính lipoxigenase có xu hướng giảm. Hiện tượng này có thể được lý giải bởi hoạt tính lipoxigenase thấp làm hạn chế quá trình oxy hóa lipid, từ đó góp phần duy trì cấu trúc protein và nâng cao độ cứng của sản phẩm. Kết quả này cũng phù hợp với nhận định của Guo et al. (2019), khi nhóm tác giả báo cáo rằng việc giảm oxy hóa lipid có thể cải thiện chất lượng cấu trúc của cá trắm cỏ muối.

Ngược lại, hoạt tính protease cho thấy mối tương quan thuận mạnh mẽ với độ cứng (*r* = 0,66). Điều

này tương chừng mâu thuẫn với quan điểm phổ biến rằng protease phân hủy protein, làm giảm cấu trúc gel và độ cứng. Tuy nhiên, trong một số điều kiện cụ thể, mức hoạt tính protease vừa phải có thể thúc đẩy quá trình cắt chọn lọc các chuỗi polypeptide, tạo ra các đoạn protein ngắn hơn nhưng có khả năng tái sắp xếp và hình thành liên kết ngang (cross-linking) hiệu quả hơn, từ đó củng cố mạng gel và làm tăng độ cứng (Jing et al., 2023). Kết quả điện di SDS-PAGE trong nghiên cứu này cho thấy ở các mẫu có tỷ lệ KCl cao (10:90% và 0:100%), các dải protein có trọng lượng phân tử cao (myosin heavy chain) giảm cường độ, đồng thời xuất hiện các protein có trọng lượng phân tử trung bình và thấp hơn (Hình 2). Điều này gợi ý rằng protease đã cắt một phần các protein sợi lớn thành các phân đoạn ngắn hơn nhưng vẫn giữ khả năng tương tác. Hoạt tính protease đo được ở các mẫu này cũng cao hơn so với các mẫu còn lại, cho thấy sự phân giải protein ở mức kiểm soát được (Hình 3B). Sự kết hợp giữa sự phân cắt có chọn lọc và tái tổ chức cấu trúc protein có thể giải thích tại sao ở mẫu 10:90% và 0:100%, dù hoạt tính protease cao độ cứng lại tăng. Hiện tượng này phù hợp với nhận định của Jing et al. (2023) rằng sự thay thế KCl có thể thay đổi cấu hình protein, tăng cường tương tác nội phân tử và liên kết ngang, từ đó tăng đặc tính cơ học của sản phẩm.

Về các thuộc tính màu sắc, giá trị  $L^*$  (độ sáng) tương quan thuận mạnh mẽ với hoạt tính lipoxygenase ( $r = 0,73$ ) và tương quan nghịch mạnh với hoạt tính protease ( $r = -0,63$ ). Điều này cho thấy rằng khi hoạt tính lipoxygenase cao hơn, sản phẩm có xu hướng sáng hơn, trong khi hoạt tính protease cao hơn lại liên quan đến sản phẩm tối hơn. Sự tương quan giữa  $L^*$  và lipoxygenase có thể liên quan đến các sản phẩm oxy hóa lipid gây ra sự đổi màu. Đối với hoạt tính protease, sự phân hủy protein có thể dẫn đến hình thành các hợp chất melanoidin hoặc các phản ứng khác làm sản phẩm tối màu hơn, như được đề xuất bởi Ye et al. (2024) trong nghiên cứu về vai trò của thủy phân protein trong chất lượng sản phẩm. Giá trị  $a^*$  (độ đỏ) có tương quan nghịch vừa phải với hoạt tính lipoxygenase ( $r = -0,50$ ) và tương quan thuận vừa phải với hoạt tính protease ( $r = 0,55$ ). Điều này ngụ ý rằng hoạt tính lipoxygenase thấp hơn có thể liên quan đến màu đỏ hơn, trong khi hoạt tính protease cao hơn lại liên quan đến tăng độ đỏ. Sự thay đổi màu sắc này có thể do quá trình oxy hóa heme hoặc hình thành các sản phẩm phản ứng Maillard, như đã được quan sát trong các sản phẩm cá khác khi thay đổi nồng độ muối và enzyme (Pi et al., 2022). Cuối cùng, giá trị  $b^*$  (độ vàng) tương quan thuận mạnh với hoạt tính

lipoxygenase ( $r = 0,68$ ) và tương quan nghịch vừa phải với hoạt tính protease ( $r = -0,56$ ). Hoạt tính lipoxygenase cao hơn dường như liên quan đến màu vàng hơn, có thể do sự hình thành các sản phẩm oxy hóa lipid màu vàng. Ngược lại, hoạt tính protease cao hơn có thể làm giảm độ vàng. Tóm lại, những mối tương quan này cung cấp cái nhìn sâu sắc về sự tương tác phức tạp giữa các đặc tính lý hóa và hoạt tính enzyme trong khô cá lóc khi thay thế NaCl bằng KCl. Mức độ thay thế KCl, thông qua ảnh hưởng đến hoạt tính enzyme, đã tác động đáng kể đến cả độ cứng và màu sắc của sản phẩm cuối cùng.



**Hình 4. Đồ thị Pearson thể hiện mối tương quan giữa các đặc tính lý hóa và hoạt tính enzyme của khô cá lóc**

### 3.6. Ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl đến chất lượng cảm quan của khô cá lóc

Kết quả đánh giá cảm quan, bao gồm các điểm về màu sắc, mùi, vị, cấu trúc và mức độ ưa thích chung đối với khô cá lóc được thay thế một phần NaCl bằng KCl được trình bày ở Bảng 4. Đối với màu sắc, mẫu có 50% NaCl được thay thế bằng KCl có điểm cao nhất. Tuy nhiên, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các tỷ lệ NaCl: KCl là 70%:30%, 30%:70% và 10%:90% ( $p > 0,05$ ). Về mùi, vị và cấu trúc, không có sự khác biệt đáng kể nào được quan sát giữa các mẫu. Đáng chú ý, đối với điểm mức độ ưa thích chung, mẫu có 50% NaCl được thay thế bằng KCl được đánh giá tốt nhất. Các đánh giá cảm quan tương tự được thực hiện trên khô cá trắm cỏ cho thấy rằng việc thay thế NaCl bằng KCl không ảnh hưởng tiêu cực đến khả năng chấp nhận của người tiêu dùng (Guo et al., 2019). Tỷ lệ NaCl: KCl 50:50% nhận được điểm cao nhất cho tất cả các thuộc tính. Tuy nhiên, khi tỷ lệ thay thế KCl

vượt quá 70%, điểm cảm quan về vị và sự yêu thích chung giảm xuống, có thể là do các hương vị đắng hoặc kim loại đã được ghi nhận rõ ràng liên quan đến nồng độ KCl cao (Kilcast & den Ridder, 2007).

Mặc dù vậy, không có ảnh hưởng đáng kể nào được đánh giá về cấu trúc, điều này cho thấy rằng mức độ thay thế vừa phải là có thể chấp nhận để duy trì chất lượng cảm quan.

**Bảng 4. Ảnh hưởng của việc thay thế NaCl bằng KCl đến chất lượng cảm quan của khô cá lóc**

Tỷ lệ NaCl : KCl	Màu sắc	Mùi	Vị	Cấu trúc	Sự ưa thích chung
100:0%	7,60±0,67 <sup>b*</sup>	7,10±1,32 <sup>a</sup>	7,00±1,02 <sup>a</sup>	7,30±1,12 <sup>a</sup>	7,20±0,89 <sup>ab</sup>
70:30%	7,90±0,71 <sup>bc</sup>	7,20±1,35 <sup>a</sup>	7,10±1,40 <sup>a</sup>	7,20±1,56 <sup>a</sup>	7,30±1,21 <sup>ab</sup>
50:50%	8,10±0,71 <sup>c</sup>	7,20±1,00 <sup>a</sup>	6,70±2,23 <sup>a</sup>	7,20±1,00 <sup>a</sup>	7,50±0,68 <sup>b</sup>
30:70%	7,80±0,61 <sup>bc</sup>	7,40±1,04 <sup>a</sup>	6,60±1,94 <sup>a</sup>	7,60±1,04 <sup>a</sup>	7,20±1,00 <sup>ab</sup>
10:90%	7,80±0,61 <sup>bc</sup>	7,10±0,96 <sup>a</sup>	6,40±1,65 <sup>a</sup>	7,00±1,29 <sup>a</sup>	6,90±0,84 <sup>a</sup>
0:100%	7,00±1,11 <sup>a</sup>	7,10±1,40 <sup>a</sup>	6,30±1,99 <sup>a</sup>	7,30±1,37 <sup>a</sup>	7,20±1,19 <sup>ab</sup>

\*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 ở một nghiên cứu của Armenteros et al. (2009) cho thấy không có sự khác biệt đáng kể nào về mùi, vị và cấu trúc được quan sát giữa mẫu đối chứng (100% NaCl) và mẫu có tới 50% KCl thay thế. Hơn nữa, mẫu có KCl được ưa thích hơn về màu sắc và chất lượng tổng thể (Armenteros et al., 2009). Một đánh giá cảm quan tương tự trên giảm bọng muối sử dụng các muối clorua khác nhau đã phát hiện ra rằng mẫu đối chứng (100% NaCl) và nghiệm thức 50% NaCl:50% KCl không có sự khác biệt đáng kể về mùi, cấu trúc và độ mọng nước (Armenteros et al., 2009). Những phát hiện này cho thấy việc thay thế một phần NaCl bằng KCl không ảnh hưởng tiêu cực đến các đặc tính cảm quan của cá khô và trong một số trường hợp, nó có thể cải thiện khả năng chấp nhận sản phẩm tổng thể, đặc biệt là về màu sắc.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu này đã chứng minh rằng việc thay thế một phần NaCl bằng KCl trong cá lóc sấy khô ảnh hưởng đáng kể đến các đặc tính cảm quan, hoạt tính enzyme và thuộc tính lý hóa của sản phẩm. Tỷ lệ NaCl: KCl 50:50% được đánh giá cao về màu sắc và không gây khác biệt đáng kể về mùi, vị hay cấu trúc. Sự thay thế KCl làm giảm hoạt tính lipooxygenase (cải thiện ổn định oxy hóa) nhưng tăng hoạt tính protease (ảnh hưởng đến cấu trúc protein). Điều này dẫn đến tăng độ cứng và thay đổi màu sắc (giảm  $L^*$ , tăng  $a^*$ ) của sản phẩm. Tóm lại, việc thay thế KCl ở tỷ lệ thích hợp giúp cân bằng giữa việc duy trì chất lượng cảm quan và kiểm soát các thay đổi hóa học, đảm bảo chất lượng tổng thể của khô cá lóc.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

Andriani, E., & Septiana, H. (2024). Effect of salt (NaCl) and vacuum packaging on some of the quality attributes of snakehead fish. *International Journal of Food Studies*, 13(1), 36-45. <https://doi.org/10.7455/ijfs/13.1.2024.a3>

Armenteros, M., Aristoy, M. C., Barat, J. M., & Toldrá, F. (2009). Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl. *Food Chemistry*, 117(4), 627-633. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.056>

Cittadini, A., Domínguez, R., Gómez, B., Pateiro, M., Pérez-Santaescolástica, C., López-Fernández, O., Sarriés, M.V., & Lorenzo, J.M. (2020). Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of dry-cured foal “ceccina”. *Journal of Food Science and*

*Technology*, 57(5), 1628-1635.

<https://doi.org/10.1007/s13197-019-04195-6>

ElShehawey, S. M., El-Dengawy, R. A., & Farag, Z. S. (2015). Sensory, chemical and physical characteristics of some traditional salted fish samples from Egyptian market. *International Journal of Food Science and Nutrition Engineering*, 5(6), 219-225. <https://doi.org/10.5923/j.food.20150506.01>

German, J. B., Bruckner, G. G., & Kinsella, J. E. (1986). Lipooxygenase in trout gill tissue acting on arachidonic, eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Lipids and Lipid Metabolism*, 875(1), 12-20. [https://doi.org/10.1016/0005-2760\(86\)90005-6](https://doi.org/10.1016/0005-2760(86)90005-6)

- Guo, X., Chen, S., Cao, J., Zhou, J., Chen, Y., Jamali, M. A., & Zhang, Y. (2019). Hydrolysis and oxidation of protein and lipids in dry-salted grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) as affected by partial substitution of NaCl with KCl and amino acids. *RSC Advances*, 9(68), 39545-39560. <https://doi.org/10.1039/C9RA07019B>
- Harris, P., & Tall, J. (1994). Substrate specificity of mackerel flesh lipopolygenase. *Journal of Food Science*, 59(3), 504-506. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1994.tb05548.x>
- He, F. J., & MacGregor, G. A. (2009). A comprehensive review on salt and health and current experience of worldwide salt reduction programmes. *Journal of Human Hypertension*, 23(6), 363-384. <https://doi.org/10.1038/jhh.2008.144>
- Jiao, X., Li, X., Zhang, N., Yan, B., Huang, J., Zhao, J., Zhang, H., Chen, W., & Fan, D., (2024). Solubilization of fish myofibrillar proteins in NaCl and KCl solutions: A DIA-based proteomics analysis. *Food Chemistry*, 445, 138662. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.138662>
- Jiang, Q., Nakazawa, N., Hu, Y., Osako, K., & Okazaki, E. (2019). Microstructural modification and its effect on the quality attributes of frozen-thawed bigeye tuna (*Thunnus obesus*) meat during salting. *LWT*, 100, 213-219. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.070>
- Jing, L., Xue, J., Jiang, X., Xiao, N., Pan, H., Li, J., Wang, D., Jiang, Q., & Shi, W., (2023). Effects of partial replacement of NaCl with KCl on protein properties and quality attributes of lightly salted tilapias fillets. *Foods*, 12(6), 1184. <https://doi.org/10.3390/foods12061184>
- Kilcast, D., & Den Ridder, C. (2007). *Sensory issues in reducing salt in food products*. In *Reducing salt in foods*. Woodhead publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845693046.2.201>
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680-685. <https://doi.org/10.1038/227680a0>
- Lee, Y. S., Zhekov, Z. G., Owens, C. M., Kim, M., & Meullenet, J. F. (2012). Effects of partial and complete replacement of sodium chloride with potassium chloride on the texture, flavor and water-holding capacity of marinated broiler breast fillets. *Journal of Texture Studies*, 43(2), 124-132. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00322.x>
- Tran, L. B., & Nguyen, M. V. (2021). Quality assessment of dried snakehead fish based on Viet Nam standards. *Can Tho University Journal of Science*, 57, 1-9 (in Vietnamese). <https://doi.org/10.22144/ctu.jsci.2021.001>
- Nguyen, M. V., & Tran, T. T. (2016). Effects of the control of water activity on dried fish made from snakehead fish farmed in Dong Thap province. *Can Tho University Journal of Science*, (Special issue on Agriculture), 92-97 (in Vietnamese). <https://doi.org/10.22144/ctu.jsci.2016.026>
- Oberleithner, H., & de Wardener, H. E. (2011). Sodium: a wolf in sheep's clothing. *Blood Purify*, 31(1-3), 82-85. <https://doi.org/10.1159/000321842>
- Pi, R., Li, G., Zhuang, S., Yu, Q., Luo, Y., Tan, Y., Dai, R., & Hong, H. (2022). Effect of the partial substitution of sodium chloride on the gel properties and flavor quality of unwashed fish mince gels from grass carp. *Foods*, 11(4), 576. <https://doi.org/10.3390/foods11040576>
- Sikorski, Z. E. (2001). Functional properties of proteins in food systems. *Chemical and functional properties of food proteins*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781482279047-11>
- Steel, R. G. D., & Torrie, J. H. (1980). *Principles and procedures of statistics, a biometrical approach*. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd.
- Dang, T. T., Le, T. N., & Tran, A. K. (2004). *Enzyme technology*. Agriculture Publishing House (in Vietnamese).
- Wang, J., Lu, J., Zhang, X., Kong, B., Li, Y., Chen, Q., & Wen, R. (2024). Effect of inoculation with autochthonous lactic acid Bacteria on flavor, texture, and color formation of dry sausages with NaCl partly substituted by KCl. *Foods*, 13(11), 1747. <https://doi.org/10.3390/foods13111747>
- World Health Organization (WHO). (2015). *Guideline: sugars intake for adults and children*. World Health Organization.
- Wu, H., Yan, W., Zhuang, H., Huang, M., Zhao, J., & Zhang, J. (2016). Oxidative stability and antioxidant enzyme activities of dry-cured bacons as affected by the partial substitution of NaCl with KCl. *Food chemistry*, 201, 237-242. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.025>
- Wu, H., Wang, Y., Jiang, Q., Jiang, X., Feng, Q., & Shi, W. (2021). Changes in physicochemical properties and myofibrillar protein properties in grass carp salted by brining and injection. *International Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 5674-5687. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15108>
- Ye, Q., Tan, J., He, X., Wang, C., Liu, X., Li, C., Fang, Z., Chen, H., Liu, Y., Chen, S., & Zeng, Z. (2024). Effect of lipase and lipoxygenase on lipid metabolism and the formation of main volatile flavour compounds in fermented fish products: A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(3), 1248-1259. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16912>