SỬ DỤNG DUNG DỊCH KOMBUCHA – CHITOSAN (Kb - CS) TRONG BẢO QUẢN LẠNH CÁ BỚP *RACHYCENTRON CANADUM* FILLET

REFRIGERATED PRESERVATION OF COBIA (RACHYCENTRON CANADUM) FILLETS USING KOMBUCHA-CHITOSAN SOLUTION

Nguyễn Thị Thanh Hải , Lê Nhã Uyên

Trường Thủy sản và Khoa học sự sống, Trường Đại học Nha Trang

Tác giả liên hệ: Lê Nhã Uyên, Email: Uyenln@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 26/11/2025; Ngày phản biện thông qua: 31/12/2025 ; Ngày duyệt đăng: 25/03/2026

TÓM TẮT

Cá bớp Rachycentron canadum là loại cá giàu chất béo, dễ hư hỏng trong quá trình bảo quản lạnh. Để kéo dài thời gian bảo quản cá fillet mà không ảnh hưởng đến chất lượng cá, việc dùng chất bảo quản tự nhiên có khả năng chống oxy hóa và có tính kháng khuẩn được chú ý. Kombucha (Kb) là sản phẩm lên men từ trà và Chitosan (CS) là sản phẩm thu nhận từ vỏ chitin của tôm đều là các hợp chất tự nhiên có khả năng chống oxy hóa và kháng khuẩn đã được chứng minh. Thí nghiệm so sánh kiểm tra đặc tính các dung dịch CS, Kb, Kb - CS cho thấy dung dịch Kb - CS có khả năng vượt trội về hoạt tính chống oxy hóa và khả năng ức chế E. coli, S. aureus so với các dung dịch đơn Kb hoặc CS. Nghiên cứu nhúng phủ cá bớp fillet trong các dung dịch Kb - CS 1,0%, CS 1,0%, Kb và cùng mẫu đối chứng ĐC đem bảo quản lạnh trong 10 ngày. Kết quả thu được mẫu phủ Kb - CS 1,0% có khả năng giữ nước và khả năng đàn hồi cao nhất, chỉ số peroxit thấp nhất trong các mẫu thí nghiệm. Mật độ vi khuẩn tổng số trên cá bảo quản nhúng phủ Kb - CS cũng thấp hơn hơn 3,0log(CFU/mL) so với mẫu đối chứng ĐC. Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của nồng độ CS 0,5%, CS 1,0%, CS 1,5%, CS 2,0% trong dung dịch Kb - CS đến chất lượng cá sau 0, 3, 6, 9, 12, 15 ngày bảo quản. Các thông số thu nhận gồm khả năng đàn hồi, khả năng giữ nước của cá fillet, mật độ vi khuẩn tổng số và Coliforms, và cảm quan độ tươi của cá đã được xác định. Kết quả cho thấy, cá bớp fillet được nhúng phủ dung dịch Kb - CS 1,5% giữ nguyên được độ đàn hồi, khả năng giữ nước của cơ thịt cá, đồng thời chỉ số PV hầu như không thay đổi trong 12 ngày bảo quản. Mật độ tổng số vi khuẩn tăng 1,0log(CFU/g) so với mật độ ban đầu sau 15 ngày bảo quản. Kết quả đánh giá cảm quan QIM cũng cho thấy mẫu cá nhúng phủ Kb - CS 1,5% có độ tươi giảm chậm nhất so với các mẫu nghiên cứu còn lại.

Từ khóa*: bảo quản lạnh, cá bớp, Kombucha – Chitosan*

ABSTRACT

Cobia (Rachycentron canadum) is an oily fish species that is highly perishable during cold storage. To extend the shelf life of fish fillets without compromising quality, the use of natural preservatives with antioxidant and antimicrobial properties has received considerable attention. Kombucha (Kb), a fermented tea product, and Chitosan (CS), derived from the chitinous shells of shrimp, are both natural substances with demonstrated antioxidant and antimicrobial capabilities.A comparative experiment was conducted to examine the characteristics of CS, Kb, and Kb - CS solutions. The results showed that the Kb - CS solution exhibited superior antioxidant activity and enhanced capability against E. coli and S. aureus compared to the individual Kb or CS solutions.Cobia fillets were subjected to dipping in Kb - CS 1.0%, CS 1.0%, Kb solutions, and a control sample (C), and subsequently stored under refrigeration for 10 days. The results indicated that the fillets coated with Kb - CS 1.0% demonstrated the highest water-holding capacity and elasticity, and the lowest peroxide value (PV) among the tested samples. Furthermore, the total viable count (TVC) was reduced by more than 3.0log(CFU/mL) compared to the control.An investigation was then conducted to assess the effect of varying CS concentrations (CS 0.5%, CS 1.0%, CS 1.5%, CS 2.0%) within the Kb - CS coating solution on fish quality after 0, 3, 6, 9, 12, and 15 days of storage. The parameters measured included the elasticity and water-holding capacity of the fish fillets, the total viable count and Coliforms

density, and the sensory evaluation of fish freshness.The findings revealed that cobia fillets dipped in the Kb - CS 1.5% solution maintained muscle elasticity and water-holding capa4444city, while the PV remained virtually unchanged during 12 days of storage. The total viable count increased by only 1.0log(CFU/g) compared to the initial count after 15 days of storage. Quality Index Method (QIM) sensory evaluation also confirmed that the Kb-CS 1.5% -coated fish exhibited the slowest rate of freshness deterioration compared to the other tested samples.

Keywords: *Cobia (Rachycentron canadum), cold storage, Kombucha – Chitosan solution*

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cá bớp (*Rachycentron canadum)* là loài cá được nuôi và khai thác nhiều ở vùng biển miền Nam Trung bộ, Việt Nam. Đây là loại cá giàu protein và chứa hàm lượng lớn acid béo không bão hòa (Liu, S.C, 2009). Do hàm lượng lipid tương đối cao (3 - 8%) nên cá dễ bị oxy hóa nếu bảo quản không đúng cách (Liu, S.C., 2008,Tran, M. P., 2021). Trong quá trình bảo quản, cá bớp fillet nhanh chóng giảm độ tươi và lipid bị oxy hóa dẫn đến giảm giá trị thực phẩm. Quá trình oxy hóa làm thay đổi màu sắc, mùi vị mong muốn của cá, từ đó làm giảm chất lượng và giảm thời gian bảo quản thực phẩm. Đồng thời sự phát triển của vi sinh vật trong quá trình bảo quản lạnh cá cũng làm biến đổi chất lượng và an toàn của thực phẩm. Vì thế cần có phương pháp bảo quản phù hợp để chống oxy hóa, giảm mất nước cơ thịt cá, kiểm soát được mật độ vi sinh vật gây hư hỏng và gây mất an toàn thực phẩm, nhằm kéo dài thời hạn sử dụng của cá.

Kombucha (Kb) là sản phẩm lên men trà do tác nhân vi khuẩn và nấm men cộng sinh (Symbiotic Colony of Bacteria and Yeast - SCOBY). Dung dịch này chứa nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học như phenolic, acid hữu cơ, vitamin, enzyme. Vì có lượng phenol cao nên Kb là chất chống oxy hóa tốt. Đồng thời, Kb thể hiện đặc tính kháng khuẩn, ức chế sự phát triển của nhiều chủng vi sinh vật khác nhau như *Pseudomonas aeruginosa, Serratia marcescens, Staphylococcus aureus* và *E. coli* (Ashrafi, A., 2018; Antolak, H., 2021). Những thống kê này cho thấy Kombucha có vai trò như là một chất bảo quản sinh học thay thế an toàn, có khả năng bảo vệ thực phẩm chống lại sự phát triển của vi khuẩn gây bệnh và nấm (Antolak và cộng sự, 2021).

Chitosan (CS) là một polysaccharide tự nhiên có nguồn gốc từ chitin (vỏ tôm, cua, nấm), có đặc tính kháng khuẩn, tạo màng sinh học và có độ an toàn cao khi dùng trong thực phẩm (Maricarmen J. D, 2025). Các đặc tính này phụ thuộc độ phân giải, khối lượng phân tử, và nhóm amin tự do của CS. CS có đặc tính kháng khuẩn là do khả năng làm thay đổi tính thấm màng tế bào vi khuẩn (đặc biệt là vi khuẩn Gram âm) thông qua tương tác tĩnh điện, gây thất thoát nội bào và ức chế sinh trưởng. Nhiều nghiên cứu cho thấy màng CS làm giảm mật độ vi khuẩn gây hư hỏng trên miếng fillet cá, tôm và các thủy sản khác (Chen, M., 2022; Zhu, X., 2022; Kurek, M., 2024). Đặc tính chống oxy hóa, tăng tính ổn định lipid của CS thể hiện ở việc làm giảm sự hình thành gốc tự do, làm chậm quá trình oxy hóa lipid; khi CS kết hợp với hợp chất phenolic hoặc tinh dầu, hiệu quả chống oxy hóa càng tăng. Chức năng của CS có thể được tăng cường hơn nữa bằng cách kết hợp các vật liệu nano và các hợp chất hoạt tính sinh học, giúp cải thiện độ bền cơ học, hiệu quả kháng khuẩn và hoạt tính chống oxy hóa, đồng thời bảo toàn chất lượng lý hóa và cảm quan của thực phẩm (Maricarmen I. M. và cộng sự, 2025).

Việc bảo quản thực phẩm không chỉ hỗ trợ cải thiện chất lượng và độ an toàn, kéo dài thời hạn sử dụng của sản phẩm mà còn phải là phương pháp bảo quản an toàn với môi trường và sức khỏe người sử dụng, phù hợp với các mục tiêu phát triển bền vững hiện nay của ngành

thực phẩm. Kết quả nghiên cứu của Karolina S. và cộng sự (2025) cũng khẳng định sử dụng kombucha làm dung môi hoà tan chitosan tốt hơn so với acid acetic. Khi kết hợp Kb và CS, hỗn hợp này vừa có khả năng chống oxy hoá lipid vừa có tác dụng kháng khuẩn, giúp gia tăng thời gian bảo quản sản phẩm và mức độ an toàn của sản phẩm (Ashrafia A., 2018; Karolina S. và cộng sự, 2025). Vì vậy, Kb - CS có thể là vật liệu thay thế khả thi dùng làm màng bảo quản thực phẩm. Việc ứng dụng Kb - CS làm màng bao thực phẩm là xu hướng mới trong bảo quản thực phẩm giàu protein, không chỉ giúp cải thiện khả năng giữ nước mà còn nâng cao độ đàn hồi cơ thịt, tính ổn định của lipid và giữ được giá trị cảm quan của sản phẩm, kéo dài thời gian sử dụng của thực phẩm.

Trong nghiên cứu này, dung dịch Kombucha được sử dụng làm dung môi tự nhiên để hòa tan Chitosan thay thế cho acid vô cơ thường dùng. Nghiên cứu khảo sát chất lượng của cá bớp cắt lát nhúng phủ dung dịch Kb - CS trong thời gian bảo quản lạnh thông qua mật độ vi khuẩn tổng số, hàm lượng peroxide PV, và tổng điểm cảm quan của cá bớp.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Cá bớp (*Rachycentron canadum)* mua nguyên con từ trại nuôi Cam Ranh, Khánh Hòa có trọng lượng 3 - 5 kg/con và vận chuyển trong thùng đá lạnh về Phòng thí nghiệm chế biến, Trường Đại học Nha Trang xử lý để dùng trong nghiên cứu.

Con giống khởi động Scoby được cung cấp bởi công ty TNHH FoodPlus với mật độ nấm men ($1,1 \times 10^5$ CFU/mL), mật độ vi khuẩn (3×10^2 CFU/mL).

Trà xanh Thái nguyên đạt tiêu chuẩn ISO22000 - 2018.

Chitosan có khối lượng phân tử 300-450 kDa, 85 - 87% deacetylated (sản xuất tại PTN Trường ĐH Nha Trang).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị dung dịch bảo quản

Chuẩn bị Kombucha trà xanh (Kb): Dùng 4g trà khô cho vào bình chứa 1000ml nước 100°C, thêm 70g đường trắng và ủ trong 1 giờ. Tiếp theo, nước trà được lọc bỏ bã, để nguội xuống khoảng 45°C và chuyển 10% giống Scoby vào để thực hiện quá trình lên men ở nhiệt độ phòng trong 7 -10 ngày tạo dịch Kb (Karolina S., 2023).

Chuẩn bị các dung dịch bảo quản cá: Kombucha - Chitosan (Kb - CS): Các dung dịch bảo quản được chuẩn bị bao gồm:

1 bình dung dịch CS 1% (CS 1% (w/v) được hòa tan trong 100mL dung dịch acid acetic 1%);

4 bình dung dịch Kb - CS (tương ứng với 4 nồng độ CS 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2% (w/v) được hòa tan trong 100mL dung dịch kombucha (Kb)).

Quá trình thực hiện trên máy khuấy từ 300 rpm ở nhiệt độ 60°C (Karolina S. và cộng sự, 2025) với một số sửa đổi). Sau 60 phút khuấy, dung dịch hòa tan được lọc qua giấy lọc Whatman số 3 để loại bỏ các thành phần không tan (Ashrafi A. và cộng sự, 2018). Sau khi chuẩn bị các dung dịch, thí nghiệm xác định các thông số pH, hoạt tính chống oxy hóa, khả năng kháng *E. coli* và *S. aureus* của các dung dịch bảo quản.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của dung dịch bảo quản đến một số đặc tính của cá bớp fillet

Tại phòng thí nghiệm, cá bớp fillet được cắt thành miếng nặng 50g ± 2g/miếng (không lấy phần đuôi, phần bụng để chất lượng mẫu đồng nhất). Mẫu cá sau đó được rửa trong nước đá lạnh 4°C và để ráo. Các miếng cá được chia ngẫu nhiên thành bảy nhóm xử lý bao gồm:

1) Mẫu đối chứng không qua xử lý (ĐC)
2) Mẫu xử lý bằng dung dịch kombucha (Kb)
3) Mẫu xử lý bằng dung dịch CS 1,0% (CS 1,0%)
4) Mẫu xử lý bằng dung dịch Kb - CS 1% (Kb - CS 1,0%)

Các mẫu xử lý được nhúng trực tiếp vào dung dịch thí nghiệm trong 5 phút, đảm bảo dung dịch bảo quản phủ đều xung quanh miếng cá, sau đó để ráo và cho vào bao bì poly - ethylen PE bảo quản trong tủ mát có nhiệt độ 4 ± 1°C trong 10 ngày và xác định các giá trị hóa lý của cá (bao gồm pH, độ đàn hồi, khả năng giữ nước, chỉ số peroxide (PV)) và mật độ TVC trên cá.

2.2.3. Khảo sát nồng độ CS trong dung dịch Kb ảnh hưởng đến chất lượng của cá bớp trong thời gian bảo quản lạnh

Các mẫu cá nhúng phủ đều trong dung dịch Kb - CS với các nồng độ 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0% trong 5 -10 phút và bảo quản lạnh ở 4±1°C trong 15 ngày. Tại các thời điểm bảo quản 0, 3, 6, 9, 12, 15 ngày, mẫu được lấy ra để kiểm tra các chỉ tiêu peroxide value, vi sinh vật tổng số và Coliforms, cảm quan để đánh giá chất lượng của cá bớp.

2.3. Phương pháp phân tích

Xác định pH: Độ pH được đo bằng cách đồng nhất mẫu cá trong KCl (1:10 w/v). Sử dụng pH kế để bàn Hanna.

Xác định khả năng đàn hồi: dùng máy đo cấu trúc Texture Analyser. Xác định khả năng đàn hồi theo công thức:

$$\textit{Khả năng đàn hồi (\%)} = \frac{S_2}{S_1} \times 100$$

Trong đó: S_1 độ đàn hồi ban đầu, S_2 là độ đàn hồi sau bảo quản.

Khả năng giữ nước của cơ thịt cá (Water Holding Capacity – WHC): WHC được đánh giá bằng tỷ lệ ẩm bị tách ra. Cân 2 g mẫu cá xay nhuyễn cho vào ống ly tâm 15 mL có chứa bộ phận lọc và ly tâm ở 4°C trong thời gian 10 phút với lực ly tâm là 300rpm. Khối lượng nước mất đi trong quá trình ly tâm phản ánh khả năng giữ nước của sản phẩm (Zhu, D. và cộng sự, 2022). Khả năng giữ nước của cơ thịt cá được tính theo công thức:

$$\textit{WHC (\%)} = 100 - \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100$$

Trong đó: W_1 là khối lượng mẫu ban đầu, W_2 là khối lượng sau bảo quản.

Độ ẩm: Độ ẩm cơ thịt cá được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi theo tiêu chuẩn TCVN 3700-90.

Chỉ số peroxide value (PV - meq/kg lipid): cân 10 g mẫu cá nghiễn nát, thêm vào 30 mL hỗn hợp dung dịch acid acetic-cloroform (tỷ lệ 2:1), 1 mL dung dịch potassium iodide (KI), lắc đều trong vài phút. Tiếp tục thêm 30 mL nước cất. Dùng $Na_2S_2O_3$ 0,01 N chuẩn độ đến khi hỗn hợp dịch lỏng mất màu vàng, thêm chỉ thị hồ tinh bột vào bình và tiếp tục chuẩn độ cho đến khi mất màu xanh. Chỉ số peroxide được tính dựa trên tổng thể tích $Na_2S_2O_3$, đơn vị meq/kg lipid (Kurek và cộng sự, 2024)

Xác định hoạt tính chống oxy hóa của dung dịch: Dung dịch mẫu (3 µl) được thêm vào nước cất (297 µl) và trộn đều. Thêm 300 µl dung dịch DPPH 0,1 mM (pha trong etanol 99,5%), lắc đều và ủ trong 30 phút ở nhiệt độ phòng trong bóng tối. Sau khi ủ, đo độ hấp thụ (A) của các dung dịch ở bước song λ = 517 nm bằng máy quang phổ UV-Visible BioMate™ 160. Kết quả được thể hiện khả năng chống oxy hóa của các dung dịch thử nghiệm được biểu thị bằng % ức chế DPPH, với công thức sau:

$$\textit{Khả năng khử gốc tự do DPPH (\%)} = \frac{(A_o - A_s)}{A_o} \times 100$$

Trong đó: A_o là độ hấp thụ của dung dịch DPPH không có mẫu thử; A_s là độ hấp thụ của dung dịch DPPH có mẫu thử.

Xác định hoạt tính kháng khuẩn của dung dịch mẫu: Phương pháp xác định hoạt tính kháng khuẩn được xác định bằng phương pháp

đục giếng thạch với chủng kiểm định Gram (-) *Escherichia coli* ATCC 8739 và chủng Gram (+) *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Các chủng gốc được bảo quản -80°C trong glycerol 20% tại PTN Trường Đại học Nha Trang. Chủng kiểm định tăng sinh trong TSB ở 35°C/24 giờ, dùng chuẩn McFarland 0,5 để đo mật độ đạt 10^6 cfu/mL và cấy trang 100 µL trên đĩa thạch TSA. 100 µL dung dịch mẫu được cho vào các giếng thạch đường kính 5 mm và ủ ở 35°C/24 giờ. Việc đo kích thước vòng kháng khuẩn (mm) cho biết mức độ nhạy cảm của chủng kiểm định đối với dung dịch mẫu. Kích thước vòng kháng khuẩn được tính bằng trung bình cộng giá trị 3 lần lặp theo công thức:

Kích thước vòng kháng khuẩn (mm) = D - d

Trong đó: D là đường kính vòng kháng lớn (mm), d là đường kính giếng (mm)

Xác định mật độ vi sinh vật trên cá bớp: Mật độ vi khuẩn trong mẫu được kiểm tra theo phương pháp đếm khuẩn lạc. 10 g mẫu cá bớp thêm vào 90mL dung dịch đệm được chuyển vào túi đựng mẫu. Đồng nhất mẫu và pha loãng bậc 10 đến nồng độ thích hợp. Xác định tổng vi sinh vật hiếu khí TVC bằng cách hút 1,0mL mẫu ở độ pha loãng phù hợp vào đĩa và rót môi trường PCA được trộn đều trên các đĩa PCA vô trùng, ủ 30°C trong 24 giờ (ISO 4833-1:2013). Xác định mật độ Coliforms bằng cách cấy trang 0,1mL mẫu trên đĩa thạch VRB-A, ủ 35°C và đếm khuẩn lạc trên đĩa (ISO 4832:2007).

Phương pháp đánh giá cảm quan: sử dụng phương pháp QIM đánh giá cảm quan dựa trên bảng mô tả chi tiết các thuộc tính cảm quan về độ tươi của sản phẩm thủy sản (Nguyễn Văn Minh, 2021). Trong đó, mỗi thuộc tính có thang điểm từ 0 đến 3 (điểm 0 tương ứng cá rất tươi; điểm lớn hơn đánh giá cá giảm chất lượng). Mẫu cá fillet có trọng lượng 50 g (không lấy phần thịt gần đuôi và bụng) được mã hóa ngẫu nhiên. Hội đồng chấm cảm quan gồm 5 thành viên Khoa Công nghệ Thực phẩm và Trung tâm Thí nghiệm Thực hành thuộc Trường Đại học Nha Trang được lựa chọn và huấn luyện trước khi thực hiện quá trình đánh giá.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Các thí nghiệm được tiến hành 3 lần và số liệu được xử lý bằng phần mềm MS Excel 2016, so sánh sự khác biệt dựa vào phân tích phương sai (ANOVA) với sự khác biệt có ý nghĩa $p \leq 0,05$.

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả xác định một số đặc tính của dung dịch bảo quản

Các đặc tính gồm pH, hoạt tính chống oxy hóa và khả năng kháng vi khuẩn *E. coli, S. aureus* của các dịch bảo quản được xác định số liệu trong Bảng 1.

Bảng 1: Kết quả xác định một số đặc tính của dung dịch bảo quản

Dung dịch bảo quản	pH	Hoạt tính chống oxy hóa (%)	Vòng kháng khuẩn (mm)	
			E. coli	*S.aureus*
Kb	3.1 ± 0.21^{a}	$57,19 \pm 0.1^{b}$	$9,6 \pm 0.1^{b}$	$12,7 \pm 0.1^{b}$
Cs 1,0%	2.8 ± 0.0^{a}	$26,19 \pm 0.1^{a}$	$4,0 \pm 0.21^{a}$	$6,8 \pm 0,13^{a}$
Kb - CS 0,5%	3.17 ± 0.12^{a}	$64,15 \pm 0.12^{c}$	$11,3 \pm 0.15^{bc}$	$13,20 \pm 0,5^{b}$
Kb - CS 1,0%	3.38 ± 0.21^{a}	$68,56 \pm 0.37^{c}$	$16,17 \pm 0.2^{c}$	$17,9 \pm 0,2^{c}$
Kb - CS 1,5%	3.42 ± 0.34^{a}	$69,20 \pm 1,21^{c}$	$17,1 \pm 0.13^{c}$	$19,6 \pm 0,18^{c}$
Kb - CS 2%	3.47 ± 0.2^{a}	$67,20 \pm 1,21^{c}$	$16,7 \pm 0.2^{c}$	$18,1 \pm 0,12^{c}$

**Các số trung bình trên cùng một cột có ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa (p<0,05)*

Từ các kết quả của nghiên cứu cho thấy, các dung dịch thử nghiệm không có sự khác biệt về pH (p<0,05), đều trong khoảng từ 2,8 -3,5. Tuy nhiên hoạt tính chống oxy hóa, khả năng kháng khuẩn của các dung dịch Kb - CS có khác biệt có ý nghĩa so với các mẫu đơn. Theo kết quả ở Bảng 1, các hoạt tính chống oxy hóa và kích thước vòng kháng khuẩn của các mẫu Kb - CS cao hơn gấp đôi so với mẫu đơn CS 1%.

Dung dịch Kombucha được sử dụng làm dung môi tự nhiên để hòa tan chitosan, đây là một phương pháp mới trong sản xuất màng chitosan. Hợp chất phenolic có trong dung dịch trà đã làm tăng khả năng chống oxy hóa của dung dịch Kb và Kb - CS. Khả năng này tăng lên khi sử dụng Kb làm dung môi so với dùng acid acetic hòa tan chitosan. Chitosan CS là một trong những "vật liệu bao gói" được chú ý do có khả năng tạo màng kháng khuẩn, chống oxy hóa, không độc hại, đồng thời có khả năng phân hủy sinh học tốt (Karolina S, và cộng sự, 2023). Nhiều nghiên cứu cho thấy, CS có khả năng kiềm hãm sự hoạt động nhiều chủng vi sinh vật gây bệnh, cũng như những vi sinh vật gây hư hỏng thực phẩm (Chen, M., Hu, L., và cộng sự, 2022; Zhu, X, và cộng sự, 2022; Maricarmen J. D. H.-V., và cộng sự, 2025) . Tác dụng kháng khuẩn của CS thể hiện ở hoạt động tương tác giữa polycationic tích điện dương với tế bào vi khuẩn tích điện âm. Đặc tính kháng nấm và kháng khuẩn của màng CS rất được ưa chuộng khi sử dụng trong vật liệu bao gói thực phẩm (Moawad, R. K., và cộng sự, 2017). Việc kết hợp CS với 1 số chất phụ gia tự nhiên như tinh dầu, các chất chiết xuất từ thực vật lành tính sẽ làm tăng hoạt tính kháng khuẩn của dung dịch (Maricarmen I. M. và cộng sự, 2025). Các nghiên cứu về vi sinh cho thấy rằng dung dịch Kb - CS có hoạt tính chống lại *Salmonella eneterica, Escherichia coli* cao hơn so với dung dịch Kb đơn, kích thước vòng kháng khuẩn thường dao động từ 9- 18 mm (Karolina S, và cộng sự 2023).

3.2. Kết quả ảnh hưởng của dung dịch nghiên cứu đến một số đặc tính của cá bớp phile

Thí nghiệm nhúng các mẫu cá bớp fillet trong các dung dịch bảo quản và kết quả đánh giá pH, tỷ lệ đàn hồi, khả năng giữ nước và mật độ vi khuẩn hiếu khí bảo quản lạnh trong 10 ngày được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2: Kết quả ảnh hưởng của các dung dịch bảo quản đến một số đặc tính của cá bớp fillet

Mẫu thí nghiệm	pH cá	Khả năng đàn hồi (%)	Khả năng giữ nước (%)	Peroxide value (PV) meq/kg	TVC (log(CFU/ mL)
ĐC	7,0 ± 0,1^{b}	55,2 ± 0,1^{a}	51,7 ± 0,26^{a}	9,19 ± 0,1^{c}	6,79 ± 0,11^{c}
Kb	6,5 ± 0,05^{a}	63,0 ± 0,2^{a}	60,8 ± 0,18^{b}	3,37 ± 0,01^{b}	4,11 ± 0,15 ^{ab}
CS 1,0%	6,1 ± 0,0^{a}	86,7 ± 0,15^{b}	67,1 ± 0,23^{b}	4,09 ± 0,25^{bc}	3,72 ± 0,23^{a}
Kb - CS 1,0%	6,2 ± 0,1^{a}	95,9 ± 0,24^{bc}	73,4 ± 0,18^{bc}	2,89 ± 0,21^{a}	3,13 ± 0,11^{a}

**Các số trung bình trên cùng một cột có ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa (p<0,05)*

Sau 10 ngày bảo quản lạnh cá bớp fillet, pH mẫu đối chứng về giá trị trung tính 7, trong khi đó các mẫu cá nhúng dịch bảo quản vẫn giữ được giá trị pH acid khoảng 6 – 6.5. Khả năng đàn hồi và khả năng giữ nước cao nhất ở mẫu cá bảo quản bằng Kb - CS 1,0% lần lượt là 95,9% và 73,4%. Trong khi đó, khả năng đàn hồi và khả năng giữ nước thấp nhất ở mẫu cá đối chứng là 55,2% và 51,7 %. Các giá trị này càng cao cho thấy chất lượng cá càng tốt. Kết quả kiểm tra chỉ số PV ở mẫu cá bảo quản bằng Kb – CS 1,0% thấp nhất, chứng tỏ lipid cá nhúng trong Kb - CS bị oxy hóa rất ít. Mật độ tổng số vi khuẩn hiếu khí trên mẫu bảo quản này cũng rất thấp, chỉ có 3,13log(CFU/

mL), giảm hơn 3,0log(CFU/mL) so với mẫu đối chứng.

Có nhiều phương pháp kéo dài thời gian bảo quản thực phẩm nhằm ngăn chặn sự oxy hóa lipid và giảm sự phát triển của vi sinh vật trong bảo quản lạnh, màng CS có thể dùng riêng lẻ hoặc kết hợp với chất kháng khuẩn/antioxidant khác (tinh dầu, chiết xuất thực vật, hoặc ở đây là Kb)… Việc sử dụng các hợp chất tự nhiên có tác dụng chống oxy hóa và ức chế hoạt động của vi sinh vật kết hợp bảo quản thực phẩm đang được chú ý nghiên cứu và sử dụng trong thực tế bởi tính an toàn và hiệu quả kéo dài thời hạn sử dụng thực phẩm. Những nghiên cứu về bảo quản cá cho thấy CS có tác dụng giảm mất nước, ức chế vi sinh và kéo dài thời gian bảo quản ở 4°C so với đối chứng (Kurek, M. và cộng sự,2024). Các nghiên cứu đều cho biết khả năng phục hồi và khả năng giữ nước của cơ thịt cá càng cao, chứng tỏ chất lượng cá càng ít bị biến đổi. Khả năng giữ nước WHC giảm do sự biến tính của actomyosin và myosin cơ thịt cá, khả năng giữ nước mao quản giảm, hoạt động phân giải phân hủy của enzyme và vi sinh vật tăng lên, từ đó làm giảm khả năng phục hồi của cơ thịt cá. Chỉ số peroxide (PV) là chỉ tiêu quan trọng đánh giá mức oxy hóa lipid của cá, đặc biệt đối với các loài cá béo giàu acid béo. Trong quá trình bảo quản, việc oxy hoá lipid sẽ tạo thành các sản phẩm có mùi ôi, khét, từ đó làm giảm giá trị cảm quan cũng như chất lượng của sản phẩm. Một số nghiên cứu cho thấy tác động chống oxy hóa và kháng khuẩn của CS tăng lên khi sử dụng Kb làm dung môi hòa tan CS (Karolina S. và cộng sự, 2025).

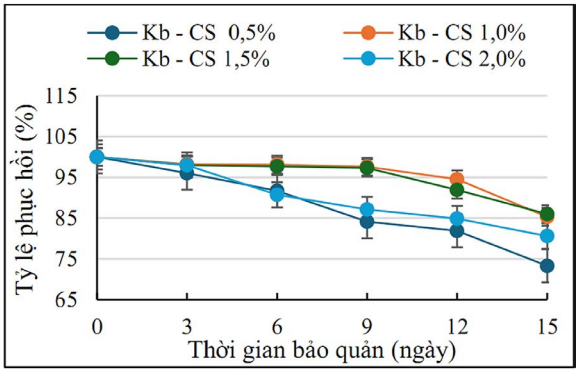
Như vậy, sau 10 ngày bảo quản lạnh cá bớp fillet, mẫu cá fillet phủ Kb – CS 1,0% có khả năng đàn hồi, khả năng giữ nước cho cơ thịt cá fillet tốt nhất, hàm lượng PV và mật độ vi khuẩn thấp nhất so với các mẫu bảo quản khác. Kết quả tương đồng với các nghiên cứu trước khi cho biết khả năng chống oxy hóa lipid và khả năng kháng khuẩn của CS đối với thực phẩm gia tăng khi kết hợp với Kb (Ashrafi, A., 2018; Naveena, B. M., 2021).

3.3. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản và nồng độ CS đến chất lượng cá bớp cắt lát bảo quản

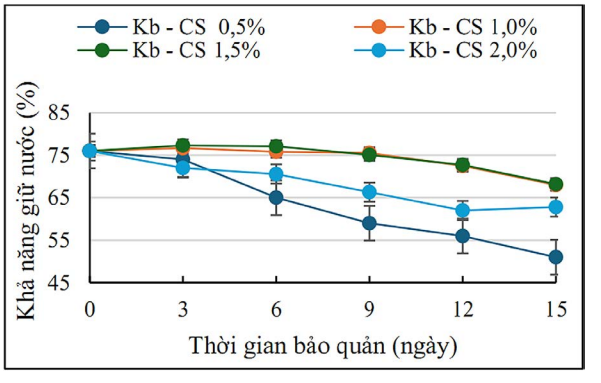
Chitosan CS thường dùng cho màng bao thực phẩm với nồng độ dao động 0.5–2% (w/v); Để đánh giá chính xác ảnh hưởng của nồng độ CS trong dung dịch Kb ảnh hưởng đến chất lượng cá bớp, thí nghiệm đã nghiên cứu các đặc tính lý hóa, mật độ vi sinh vật, sự thay đổi cảm quan của mẫu cá trong quá trình bảo quản lạnh khi được bao bởi các dung dịch Kb - CS với các nồng độ CS là 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%.

3.3.1. Ảnh hưởng thời gian bảo quản đến đặc tính lý hóa của cá bớp fillet bảo quản bằng dung dịch Kb- CS

Các đặc tính bao gồm độ dàn hồi, khả năng giữ nước, mức độ oxy hóa của cá fillet trong quá trình bảo quản lạnh 15 ngày được thể hiện trên Hình 1, 2, 3.



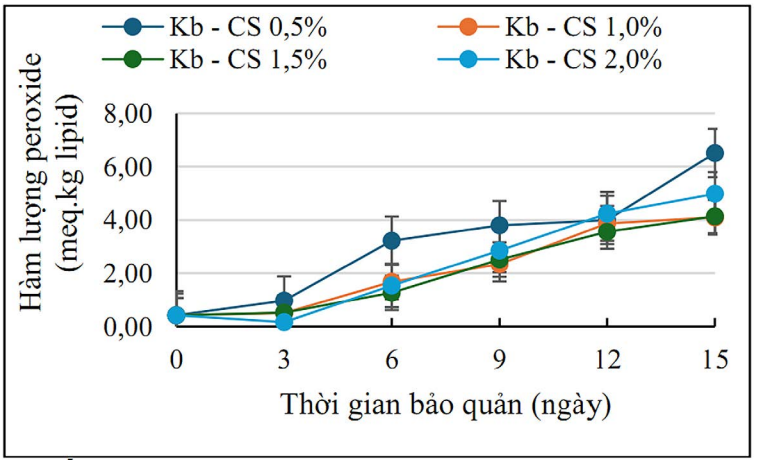
Hình 1: Khả năng phục hồi của cá bớp trong thời gian bảo quản



Hình 2: Khả năng giữ nước của cá bớp trong thời gian bảo quản

Theo kết quả nghiên cứu, khả năng phục hồi và khả năng giữ nước của cơ thịt cá giảm dần tương đồng trong 15 ngày bảo quản lạnh. Tất cả các mẫu thí nghiệm không có sự khác biệt có ý nghĩa ở thông số tỷ lệ phục hồi (từ 90 -98%) trong 6 ngày bảo quản đầu và khả năng giữ nước của cơ thịt (72 - 77%) trong 3 ngày bảo quản đầu. Đến ngày bảo quản 6 - 12, khả năng phục hồi hầu như không thay đổi ở mẫu Kb - CS 1,0% (94,5%) và Kb - CS 1,5% (91.9%); khả năng này giảm mạnh ở 2 mẫu CS có nồng độ 0,5% và 2,0% , đặc biệt giảm nhiều ở mẫu Kb - CS 0,5% sau 15 ngày bảo quản (còn 73,3%). Tương tự như vậy, khả năng giữ nước cơ thịt cá cũng thay đổi rất ít (72%) trong 12 ngày bảo quản ở mẫu nhúng phủ Kb - CS 1,0% (72,5%) và Kb - CS 1,5% (72,7%); và có sự khác biệt có ý nghĩa so với mẫu Kb - CS 0,5% (56%).

Khả năng giữ nước WHC là một trong những chỉ tiêu đánh giá chất lượng quan trọng nhất của cơ thịt cá, phản ánh khả năng giữ nước nội tại của mô cơ chống lại các tác động của quá trình bảo quản lạnh. Moawad R. K., và cộng sự, (2017) ghi nhận WHC của cá rô phi giảm từ 74% xuống còn 40% sau 15 ngày bảo quản ở 4°C, chứng minh sự suy giảm đáng kể khả năng giữ nước khi kéo dài thời gian bảo quản. Việc sử dụng dung dịch CS được chứng minh là giúp hạn chế mất nước trong thực phẩm bằng cách tạo một lớp màng bán thấm, giảm tốc độ khuếch tán hơi nước và oxy, bảo vệ cấu trúc protein và lipid của mô cơ. Trong nghiên cứu trên cá hồi, nồng độ CS 1 - 2% giúp duy trì khả năng giữ nước của cơ thịt cá cao hơn 10 - 20% so với mẫu đối chứng trong quá trình bảo quản lạnh. Tương tự, lớp phủ CS trên cá rô phi và cá thu giúp hạn chế việc giảm khả năng mất nước trong suốt 10 - 15 ngày bảo quản (Moawad R. K., và cộng sự., 2017). Chả cá lóc bảo quản bằng CS 1,5% cho độ bền gel cao, khả năng giữ nước là 91,4% và giảm mật độ vi sinh vật tổng số 2 - 3 log(CFU/g) so với mẫu trắng (Vo H.N. và cộng sự, 2021). Nghiên cứu của Naveena và cộng sự (2021) cho thấy lớp phủ Kb - CS giúp cải thiện độ đàn hồi và WHC của thịt gia cầm, cá hồi và cá ngừ trong suốt quá trình bảo quản lạnh, nhờ duy trì cấu trúc sợi cơ và hạn chế rò rỉ dịch bào. Ứng dụng phủ màng Kb - CS trên cơ thịt cá béo và thịt đỏ đã được chứng minh giúp duy trì WHC tốt hơn so với lớp phủ chitosan đơn lẻ, nhờ khả năng hạn chế biến tính của sợi myofibrillar và giảm tổn thất nước bay hơi trong quá trình bảo quản lạnh. Cơ chế chính là do chitosan làm giảm tốc độ oxy hóa lipid và hạn chế biến tính protein myofibril, từ đó bảo vệ mạng lưới cơ thịt và khả năng phục hồi cấu trúc. Quá trình giảm độ đàn hồi của cơ thịt cá là do trong quá trình bảo quản có sự phân giải các hợp chất như protein, oxy hoá lipid và sự mất nước tự do. Ở cá tươi, khả năng phục hồi thường dao động trong khoảng 85 - 95%, và có xu hướng giảm xuống dưới 70% khi sản phẩm bắt đầu mất độ tươi.



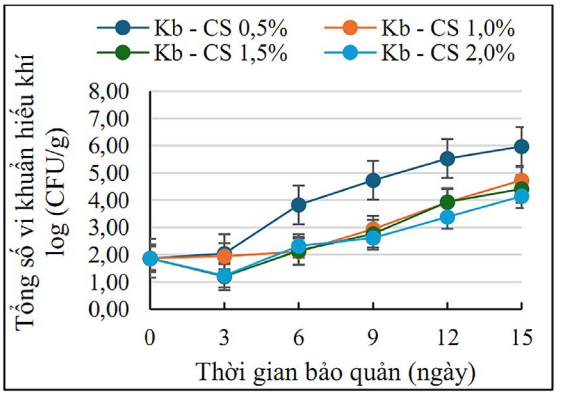
Hình 3: Chỉ số peroxide PV của cá bớp fillet trong quá trình bảo quản

Kết quả nghiên cứu trong Hình 3 cho thấy chỉ số PV có xu hướng tăng dần trong 15 ngày bảo quản. Trong 3 ngày đầu bảo quản, chỉ số PV không có sự thay đổi ở tất cả các mẫu được nhúng Kb - CS. Tuy nhiên, chỉ số PV đã tăng mạnh từ 0,42 lên 5,61 meq O_2/kg lipid ở mẫu cá nhúng phủ Kb - CS 0,5% sau 15 ngày bảo quản; 3 mẫu còn lại có chỉ số PV tăng chậm hơn, từ 0,42 lên 4,1 - 4,9 meq O_2/kg lipid sau ngày 15 bảo quản lạnh.

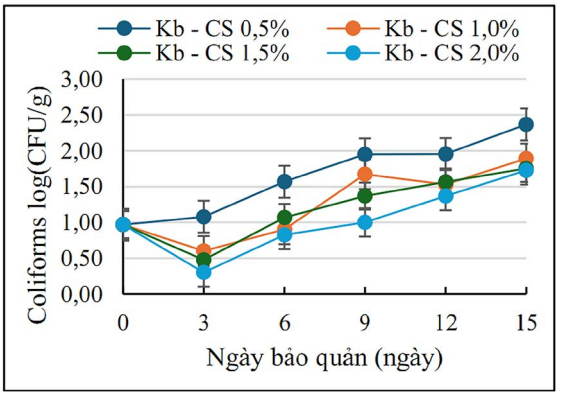
Giá trị PV trên cá tăng dần theo thời gian bảo quản do lipid cá tiếp xúc không khí, enzyme lipoxygenase, ánh sáng, thay đổi nhiệt độ bảo quản. Đây là thông số nhạy cảm, phản ánh sớm sự thay đổi chất lượng cảm quan của cá béo trong quá trình lưu trữ lạnh hoặc đông lạnh. Khi PV vượt quá 10 meq O_2/kg, các phản ứng oxy hóa lipid đã diễn ra mạnh, làm giảm giá trị cảm quan, gây mùi ôi và ảnh hưởng đến độ an toàn của sản phẩm (Hernández M. D. Và cộng sự, 2017). Các biện pháp bảo quản sinh học, đặc biệt là sử dụng chitosan CS, kombucha Kb, và sự kết hợp Kb - CS, đã được chứng minh có khả năng làm chậm quá trình oxy hóa lipid, qua đó duy trì PV ở mức thấp hơn so với mẫu đối chứng trong suốt thời gian bảo quản cá. Các nghiên cứu gần đây ghi nhận rằng màng phủ Kb – CS có thể làm chậm quá trình oxy hóa lipid mạnh hơn so với từng hợp chất riêng lẻ, giúp chỉ số peroxide duy trì ở mức thấp trong suốt thời gian bảo quản (Sogut & Seydim và cộng sự, 2018). Trong nghiên cứu trên cá hồi và cá chẽm, việc xử lý kombucha giúp duy trì PV dưới 8 meq O_2/kg lipid trong 9 ngày bảo quản lạnh, trong khi mẫu đối chứng vượt 12 meq/kg ở cùng thời điểm (Li Y và cộng sự, 2021). Ví dụ, cá hồi được phủ chitosan 1 - 2% có chỉ số PV thấp hơn 30 - 50% so với mẫu không xử lý sau 10 ngày bảo quản ở 4°C (Ojagh S. M. và cộng sự, 2010). Theo hướng dẫn của Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED, 2021), dầu cá dùng cho người tiêu dùng có chỉ số PV không vượt quá 5 meq O_2/kg lipid, trong khi một số tác giả cho rằng mức PV ≤ 8 meq O_2/kg vẫn được xem là chấp nhận được cho lipid trong sản phẩm cá béo (Pak, C. S., 2005). Theo hướng dẫn của GOED (2021), chỉ số peroxide của dầu cá dùng cho người không nên vượt quá 5 meq O_2/kg lipid. Vì vậy các mẫu cá bảo quản bằng Kb – CS sau 15 ngày có chỉ số peroxide ở mức 4,1 - 4,9 meq O_2/kg lipid nằm trong ngưỡng an toàn. Hernández M. D. và cộng sự (2017) cho biết khi PV vượt quá 10 meq O_2/kg, chất lượng cảm quan, độ tươi của thịt cá béo bắt đầu suy giảm đáng kể.

3.3.2. Sự thay đổi mật độ vi sinh vật trên cá bớp fillet trong thời gian bảo quản bằng Kb- CS

Trong 15 ngày bảo quản lạnh, các mẫu cá được lấy để kiểm tra tổng số vi khuẩn hiếu khí và Coliforms ở các ngày 0, 3, 6, 9,12, 15. Kết quả thể hiện trên Hình 4, 5.



Hình 4: Mật độ TVC trên mẫu cá trong thời gian bảo quản



Hình 5: Mật độ Coliforms trên mẫu cá trong thời gian bảo quản

Quan sát Hình 4, 5 cho thấy, mật độ vi sinh vật hầu như không tăng, thậm chí còn giảm nhẹ ở một số mẫu ở 3 ngày đầu bảo quản. Từ ngày thứ 6 đến ngày 15 của quá trình bảo quản, mật độ tổng số vi khuẩn TVC tăng mạnh. Cụ thể, mật độ TVC ở mẫu cá nhúng Kb - CS 0,5% cứ sau 3 ngày bảo quản tăng lên 1,0 log(CFU/g) và đạt 5,87 log(CFU/g) ở ngày thứ 15. Mật độ TVC ở mẫu Kb - CS 1,5% và Kb - CS 2,0% giảm nhẹ từ 1,87 log(CFU/g) xuống 1,2 log(CFU/g) sau 3 ngày đầu bảo quản; từ ngày thứ 6 mới bắt đầu tăng lên. Sau 15 ngày bảo quản, mật độ TVC ở 3 mẫu Kb - CS 1,0% và Kb - CS 1,5%, Kb - CS 2,0% tương tự nhau nằm trong khoảng từ 4,15 log(CFU/g) đến 4,73 log(CFU/g). Kết quả kiểm tra Coliforms ở mẫu Kb - CS 0,5% tăng đều trong 15 ngày bảo quản đạt 2,37 log(CFU/g). Mật độ Coliforms ở 3 mẫu còn lại có sự khác biệt, số lượng Coliforms giảm ở 3 ngày đầu bảo quản còn từ 0,3 log(CFU/g) đến 0,6 log(CFU/g), đến ngày 15 mật độ Coliforms đếm được trong khoảng từ 1,73 log(CFU/g) đến 1,89 log(CFU/g).

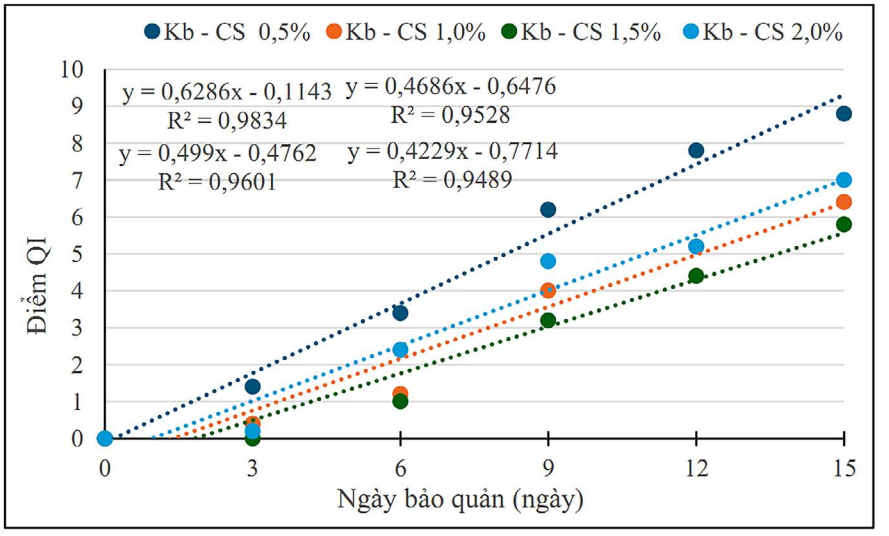
Kurek và cộng sự (2024) cho biết, khi phủ bằng chitosan (CS) có nồng độ 2%, 3% hoặc 4% trên cá trích hun khói, lớp phủ CS đã làm giảm hơn 4 log (CFU/g) ở chỉ tiêu TVC so với mẫu đối chứng không phủ. Sự phát triển của tổng số vi khuẩn chậm hơn cũng được quan sát thấy ở mẫu phủ chitosan kết hợp với hypotaurine ức chế sự suy giảm chất lượng, so với các phương pháp xử lý khác tổng số vi khuẩn TVC giảm 5,25log(CFU/g) (Chen, M. và cộng sự, 2022).

3.3.3. Sự thay đổi điểm cảm quan của cá bớp fillet trong thời gian bảo quản bằng Kb-CS

Bảng mô tả các thuộc tính cảm quan cá bớp fillet theo phương pháp QIM thể hiện trong Bảng 3. Các mẫu thí nghiệm lần lượt được Hội đồng cảm quan cho điểm các thuộc tính cảm quan trong bảo quản. Điểm tổng QI (Quality Index) của các mẫu theo thời gian bảo quản được thể hiện trên Hình 6.

Bảng 3: Bảng mô tả thuộc tính cảm quan của cá bớp fillet bảo quản

Màu sắc cơ thịt	Màu sắc đồng đều, bóng sáng, cơ thịt trắng ngà tự nhiên	0
	Màu sắc đồng đều, hơi sậm hơn, giảm bóng nhẹ	1
	Màu sắc không đồng đều, màu xỉn hơi tối hoặc hơi vàng	2
	Màu sắc không đồng đều, màu nâu/vàng rõ, tối xám, có đốm/sợi tơ đen trên cơ thịt.	3
Trạng thái	Cơ thịt săn chắc, đàn hồi tốt khi ấn tay trên cơ thịt	0
	Cơ thịt hơi mềm, đàn hồi giảm nhẹ	1
	Cơ thịt nhão, mất đàn hồi hoàn toàn	2
Mùi	Mùi tanh biển tươi nhẹ/ không tanh, dễ chịu	0
	Hơi tanh nhẹ, vẫn dễ chịu	1
	Mùi chua nhẹ, tanh rõ, có dấu hiệu hư	2
	Mùi amoniac hoặc hư khó chịu	3
Bề mặt lát cá	Khô ráo nhẹ, bóng, không nhớt	0
	Hơi ẩm, có lớp nhớt mỏng	1
	Ẩm nhiều, nhớt nhẹ, trơn	2
Màu dịch chảy (nếu có)	Trong suốt	0
	Hơi đục	1
	Đục trắng sữa	2
Tổng cộng điểm chất lượng: 12		



Hình 6: Điểm tổng các thuộc tính cảm quan QI của các mẫu cá bớp fillet trong quá trình bảo quản

Mối quan hệ giữa chỉ số QI và thời gian bảo quản cá fillet được mô tả bởi phương trình tuyến tính. So sánh các mô hình hồi quy cho thấy, QI tăng tuyến tính theo thời gian với tốc độ khác nhau giữa các mẫu bảo quản. Mẫu có hệ số góc lớn nhất (0,5771) biểu hiện tốc độ tăng QI nhanh nhất và có thời gian bảo quản ngắn nhất (≈ 17,3 ngày), trong khi mẫu có hệ số góc nhỏ nhất (0,4229) độ tươi giảm chậm nhất với thời gian bảo quản dài nhất (≈ 25,5 ngày). Các hệ số chặn gần 0 cho thấy mẫu ban đầu có độ tươi cao. Giá trị R^2 cao (0,95–0,98) chứng tỏ mô hình tuyến tính mô tả tốt xu hướng thay đổi QI theo thời gian. Hệ số tương quan R^2 cao chứng tỏ thời gian bảo quản có ảnh hưởng rất mạnh đến sự biến đổi cảm quan của sản phẩm, mô tả xu hướng thay đổi cảm quan của mẫu. Theo Hình 6, tổng điểm QI của mẫu cá nhúng phủ Kb – CS 1,5% thấp nhất sau 15 ngày bảo quản, chứng tỏ độ tươi của cá bớp vẫn được giữ nguyên. Ngược lại tổng điểm QI của mẫu cá nhúng phủ Kb – CS 0,5%, chứng tỏ độ tươi đã giảm sau 15 ngày bảo quản.

Căn cứ vào điểm QI và Torry, thời hạn sử dụng của sản phẩm phi lê cá lóc bảo quản lạnh 4°C là 13 ngày, tương ứng với chỉ số chất lượng QI là 11. Sau thời điểm này sản phẩm không còn phù hợp cho người sử dụng (Nguyen, M.V và cộng sự, 2021). Như vậy, việc phủ Kb - CS lên cá bớp fillet trong nghiên cứu kéo dài thời gian bảo quản hơn so với nghiên cứu của Nguyen, M.V và cộng sự (2021).

KẾT LUẬN

Dung dịch Kb - CS có đặc tính chống oxy hóa, kháng khuẩn tốt hơn so với dung dịch đơn Kb hoặc CS. Việc bảo quản cá bớp fillet bằng lớp phủ Kb - CS 1,0 - 1,5% giữ nguyên được độ đàn hồi, khả năng giữ nước của cơ thịt cá, đồng thời chỉ số PV hầu như không thay đổi trong 12 ngày bảo quản. Mật độ tổng số vi khuẩn chỉ tăng 1,0 log(CFU/g) so với mật độ ban đầu sau 15 ngày bảo quản. Kết quả đánh giá cảm quan QIM cũng cho thấy mẫu cá nhúng phủ Kb - CS 1,5% có độ tươi giảm chậm nhất so với các mẫu nghiên cứu còn lại và giá trị cảm quan hầu như không thay đổi sau 15 ngày bảo quản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Khoa học và Công nghệ. (2015). TCVN 4884-1:2015 (ISO 4833-1:2013) – Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm: Phương pháp định lượng vi sinh vật – Phần 1: Đếm khuẩn lạc ở 30°C bằng kỹ thuật đổ đĩa. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
2. Bộ Khoa học và Công nghệ. (2007). TCVN 6848:2007 (ISO 4832:2007) – Vi sinh vật trong thực phẩm và thức ăn chăn nuôi: Phương pháp định lượng Coliform – Kỹ thuật đếm khuẩn lạc. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
3. Nguyễn Văn Minh, Lê Thiên Sa, Trần Thị Giang, Đặng Thị Tố Uyên, Nguyễn Thị Thanh Hải, Sonkarlay Karnue và Lương Đức Vũ (2021). Phát triển các thuộc tính cảm quan trong đánh giá độ tươi sản phẩm phi lê cá lóc (*Channa striata*) bằng phương pháp QIM và Torry. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, 57*(Chuyên đề Công nghệ thực phẩm), 78–84.
4. Ali, M., Imran, M., Nadeem, M., Khan, M. K., Sohaib, M., Suleria, H. A. R., & Bashir, R. (2019). Oxidative stability and sensoric acceptability of functional fish meat product supplemented with plant-based polyphenolic optimal extracts. *Lipids in Health and Disease*, *18*(1), 35.
5. Antolak, H., Piechota, D., & Kucharska, A. (2021). Kombucha tea—A double power of bioactive compounds from tea and symbiotic culture of bacteria and yeasts (SCOBY). *Antioxidants, 10*(9), 1541.
6. Ashrafi, A., Jokar, M., & Mohammadi Nafchi, A. (2018). Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging. *International Journal of Biological Macromolecules, 108,* 444–454.
7. Chen, M., Hu, L., Hu, Z., Li, G., Chin, Y., & Hu, Y. (2022). Effect of chitosan coating combined with hypotaurine on the quality of shrimp (*Litopenaeus vannamei*) during storage. *Fish & Aquatic Sciences, 25*(2), 64–75.
8. Cheng, J. H., Sun, D. W., Han, Z., & Zeng, X. A. (2014). Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13*(1), 52–61. C
9. Cyprian, O., Lauzon, H. L., Jóhannsson, R., Sveinsdóttir, K., Arason, S., & Martinsdottir, E. (2013). Shelf life of air and modified atmosphere-packaged fresh tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored under chilled and superchilled conditions. *Food Science & Nutrition, 1*(2), 130–140.
10. Global Organization for EPA and DHA Omega-3s (GOED). (2021). *GOED* best-practice guidelines on oxidation control (Version 6). Salt Lake City, UT: GOED.
11. Hernández, M. D., López, M. B., Álvarez, A., Ferrandini, E., García García, B., & Garrido, M. D. (2017). Sensory, physical, chemical and microbiological changes in aquacultured meagre (*Argyrosomus regius*) fillets during ice storage. *LWT - Food Science and Technology, 75,* 619–625.
12. Karolina S., M., Woźniak, M., Majka, J., Sip, A., Mrówczyńska, L., Waśkiewicz, A., Kozak, W., Dobrucka, R., & Ratajczak, I. (2023). A new approach to obtain chitosan films – Characteristics of films prepared with tea and coffee kombucha as natural chitosan solvents. *Industrial Crops and Products, 197,* 116634.
13. Karolina S., Woźniak, M., Sip, A., Biegańska-Marecik, R., Dobrucka, R., & Ratajczak, I. (2025). Kombucha as a solvent for chitosan coatings: A new strategy to extend shelf life of red peppers. *Materials (Basel, Switzerland), 18*(7), 1605.
14. Kurek, M., Pišonić, P., Ščetar, M., Janči, T., Čanak, I., Vidaček Filipec, S., Benbettaieb, N., Debeaufort, F., & Galić, K. (2024). Edible coatings for fish preservation: Literature data on storage temperature, product requirements, antioxidant activity, and coating performance—A review. *Antioxidants (Basel, Switzerland), 13*(11), 1417.

15. Li, Y., Xu, Y., Zhang, Y., & Wang, H. (2021). Effect of kombucha tea extract on oxidative stability and shelf life of refrigerated fish fillets. *Food Control, 126,* 108083.
16. Liu, S.C., Li, D.T., Hong, P.Z. et al. (2009). Cholesterol, Lipid Content, and Fatty Acid Composition of Different Tissues of Farmed Cobia (Rachycentron canadum) from China. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 86, 1155–1161
17. Maricarmen J. D. H.-V., Burelo, M., Elizondo-Luevano, J. H., Araújo, R. G., Treviño-Quintanilla, C. D., & Medina, D. I. (2025). Progress in chitosan-based materials: Enhancing edible coatings and films through modifications and functionalization for food preservation. *Process Biochemistry, 156,* 175–190.
18. Moawad, R. K., et al. (2017). Effect of marjoram essential oil and STPP on the quality of refrigerated tilapia fish fillets. *Asian Journal of Scientific Research, 10*(4), 271–280.
19. Naveena, B. M., et al. (2021). Combined effect of kombucha and chitosan coating on physicochemical and microbiological quality of refrigerated chicken meat. *LWT – Food Science and Technology, 146,* 111594.
20. Sogut, E., & Seydim, A. C. (2018). The effects of chitosan-based edible films containing green tea extract on the quality of beef. *Meat Science, 139,* 50–57.
21. Tran, M. P., Huynh, T. K. D., Nguyen, L. A. D., Nguyen, T. N. H., Nguyen, Q. T., & Tomoaki, H. (2021). The effect of guava (Psidium guajava) leaf extract on the quality of cobia (Rachycentron canadum) fillets during ice storage. *CTU Journal of Innovation and Sustainable Development*, *13*(Special issue: Aquaculture and Fisheries), 52-63.
22. Zhu, X., Zhu, M., He, D., Li, X., Shi, L., Wang, L., Xu, J., Zheng, Y., & Yin, T. (2022). Cryoprotective roles of carboxymethyl chitosan during the frozen storage of surimi: Protein structures, gel behaviors and edible qualities. *Foods, 11*(3), 356.