



DOI:10.22144/ctujos.2025.079

SỰ BIẾN ĐỔI CHẤT LƯỢNG CỦA PHI LÊ CÁC NHÓM MÀU THỊT CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*) TRONG QUÁ TRÌNH BẢO QUẢN LẠNH BẰNG NƯỚC ĐÁ

Nguyễn Lê Anh Đào*, Dương Thị Huỳnh Như, Huỳnh Thị Kim Duyên và Nguyễn Quốc Thịnh
Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ, Việt Nam

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

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 03/10/2024

Sửa bài (Revised): 05/11/2024

Duyệt đăng (Accepted): 31/01/2025

Title: Assessment of quality variations in striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fillets categorized by color during ice storage

Author(s): Nguyen Le Anh Dao*, Duong Thi Huynh Nhu, Huynh Thi Kim Duyen and Nguyen Quoc Thinh

Affiliation(s): College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát sự biến đổi chất lượng của phi lê cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) có màu sắc khác nhau trong quá trình bảo quản lạnh bằng nước đá. Phi lê cá (màu trắng, hồng, vàng) được thu từ nhà máy chế biến thủy sản, vận chuyển về phòng thí nghiệm, bao gói trong túi PE (Polyethylene) và bảo quản lạnh bằng nước đá. Việc đánh giá chất lượng phi lê cá được thực hiện vào các ngày 0, 4, 8 và 12 thông qua phân tích các chỉ tiêu như đo màu, tổng vi sinh vật hiếu khí (TVC), cảm quan, đo cấu trúc, pH, khả năng giữ nước (WHC), peroxide value (PV) và TBARs. Kết quả cho thấy độ sáng L^* , giá trị a^* và b^* đạt giá trị cao nhất lần lượt ở phi lê cá màu trắng, hồng và vàng. Nghiệm thức phi lê nhóm màu thịt trắng cho kết quả của các chỉ tiêu chất lượng tốt hơn so với nghiệm thức nhóm màu thịt hồng và vàng. Tất cả nghiệm thức đều được duy trì chất lượng về mặt cảm quan và vi sinh ($<6 \log_{10} \text{CFU/g}$) trong khoảng thời gian 8 ngày bảo quản lạnh bằng nước đá.

Từ khóa: Bảo quản lạnh, nhóm màu phi lê, *Pangasianodon hypophthalmus*, thời gian bảo quản

ABSTRACT

The study aimed to investigate the quality changes of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) fillets grouped by colors during ice storage. Striped catfish fillets (white, pink, and yellow colors) were obtained from a seafood processing plant, then transported to the laboratory, packaged in PE (Polyethylene) bags, and stored in ice. Sampling was carried out on the day(s) 0, 4, 8, and 12 for analysis of color measurement, total viable counts (TVC), sensory evaluation, texture, pH, water holding capacity (WHC), peroxide value (PV) and TBARs. Results indicated that the brightness L^* , a^* and b^* values were highest in white, pink, and yellow fillets, respectively. Compared to pink and yellow fillet groups, the white color exhibited superior results for analyzed quality parameters. All fillets of three color groups could be maintained their sensory properties and acceptable bacterial load ($<6 \log_{10} \text{CFU/g}$) throughout the 8-day ice-storage period.

Keywords: Fillets grouped by colors, ice storage, *Pangasianodon hypophthalmus*, storage time

1. GIỚI THIỆU

Cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) là loài cá nước ngọt được nuôi thương phẩm chủ yếu ở khu vực đồng bằng sông Cửu Long (Phan et al., 2009) với sản lượng nuôi đạt 1,56 triệu tấn trong năm 2020 (VASEP, 2022). Hiện nay, cá tra được xuất khẩu sang hơn 132 quốc gia trên thế giới và khoảng 10% được bán tại thị trường Việt Nam. Chất lượng thịt cá tra được đánh giá qua các đặc điểm quan trọng như màu sắc, kết cấu, đặc tính chế biến và thành phần hóa học của cơ thịt (Tartila et al., 2021). Thành phần hóa học của thịt cá tra ảnh hưởng đến giá trị dinh dưỡng, mùi vị, giá trị của thực phẩm và có ý nghĩa quyết định đối với quy trình sản xuất (Tran & Nguyen, 2009). Trong đó, màu sắc là đặc điểm quan trọng quyết định về mặt kinh tế dựa trên thị hiếu của người tiêu dùng. Màu sắc cá tra phi lê thường được chia thành 3 màu tiêu biểu là trắng, hồng và vàng. Các thị trường xuất khẩu, bao gồm Châu Âu và Mỹ, chủ yếu yêu cầu phi lê cơ thịt trắng đông lạnh đã loại bỏ da và xương (Guimarães et al., 2016). Các thị trường xuất khẩu chính đều có yêu cầu về phi lê cá tra thịt trắng chất lượng cao (Nguyen et al., 2010), điều này có nguồn gốc từ truyền thống ăn cá thịt trắng. Trong khi đó, phi lê thịt vàng được bán trong nước hoặc khu vực ở Châu Á (Le et al., 2008) hoặc được tiêu thụ ở dạng sản phẩm đã qua chế biến.

Các nghiên cứu khoa học cho thấy, màu thịt cá có thể chịu ảnh hưởng bởi 3 yếu tố chính gồm di truyền, chế độ dinh dưỡng và điều kiện sống. Ngoài ra, còn có thêm 2 yếu tố phụ cũng góp phần ảnh hưởng đến màu sắc của cá tra là bệnh và sử dụng các loại thuốc, hóa chất. Kết quả nghiên cứu từ các tài liệu hiện có cho thấy, ngoài quy trình xử lý tốt từ nhà máy chế biến, miếng cá tra phi lê có màu thịt trắng cũng là biểu hiện của thực hành nuôi tốt và hàm lượng carotenoid trong thức ăn thấp (Amaya & Nickell, 2015) vì màu vàng của thịt cá da trơn thường do sắc tố carotenoid màu vàng da cam và các dẫn xuất oxy hóa xanthophylls của chúng gây ra (Li et al., 2007). Bên cạnh đó, vấn đề liên quan đến tỷ lệ thịt trắng trên cá tra nhận được nhiều sự quan tâm ở khía cạnh khoa học và từ phía người nuôi cá. Điều đó xuất phát từ thực tiễn sản xuất của doanh nghiệp chế biến nhằm đáp ứng thị hiếu của người tiêu dùng trong chọn lựa phi lê cá thịt trắng, vì màu sắc là một thuộc tính quan trọng thể hiện giá trị kinh tế cao của phi lê cá. Theo báo cáo về màu sắc phi lê cá tra thương phẩm ở các khu vực nuôi khác nhau của Tran et al. (2014), tỷ lệ phi lê cá màu trắng dao động từ 53,3% đến 93,3%, phi lê cá màu hồng với tỷ lệ 13,3%, trong khi tỷ lệ phi lê màu vàng chưa được

công bố số liệu. Tuy nhiên, hiện nay vẫn chưa có báo cáo tổng hợp dữ liệu về màu sắc của phi lê cá tra thu thập trong sản xuất. Chính vì thế, việc thực hiện điều tra thu thập thông tin về màu sắc miếng phi lê và khảo sát thay đổi chất lượng trong quá trình bảo quản lạnh của phi lê cá tra thuộc các nhóm màu khác nhau đã được thực hiện nhằm đánh giá sự khác biệt về chất lượng giữa các nhóm màu phi lê trong bảo quản.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Các miếng cá tra phi lê được thu tại Công ty Cổ phần Thủy sản VH Food, tỉnh Hậu Giang. Việc thu mẫu được thực hiện 3 lần khác nhau. Số lượng mẫu cá ở một lần thu mẫu bao gồm 144 miếng phi lê cá (250 – 300 g/miếng). Phi lê cá tra được chế biến theo quy trình sản xuất của nhà máy chế biến thủy sản theo trình tự các bước từ tiếp nhận nguyên liệu, cắt tiết cá, rửa 1, phi lê cá, rửa 2, lạng da, rửa 3, chỉnh hình miếng cá phi lê, soi ký sinh trùng và phân loại theo màu ở công đoạn phân màu sơ bộ mà không qua công đoạn ngâm quay tăng trọng. Phi lê cá tra đã phân màu được cho vào các túi PE đặt trong thùng xốp cách nhiệt có chứa sẵn nước đá để giữ lạnh (0 – 2°C) và vận chuyển nguyên liệu về phòng thí nghiệm Khoa Khoa học và Công nghệ Chế biến Thủy sản, Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Bố trí thí nghiệm

Nội dung 1: Xác định thành phần hóa học của phi lê từ các nhóm màu cá tra

Mẫu phi lê cá tra được thu tại nhà máy là mẫu cá được phân loại theo các nhóm màu khác nhau tại công đoạn phân màu (trắng, hồng, vàng) của nhà máy chế biến thủy sản. Các thành phần cơ bản của phi lê từ các nhóm màu thịt cá tra được tiến hành phân tích gồm độ ẩm, tro, protein tổng số và lipid.

Nội dung 2: Đánh giá sự biến đổi về mặt hóa học, chất lượng cảm quan và vi sinh của phi lê các nhóm màu thịt cá tra trong điều kiện bảo quản lạnh

Bố trí thí nghiệm: 144 miếng phi lê cá được thu hoàn toàn ngẫu nhiên từ nhà máy chế biến cá tra (mỗi nhóm màu thu 48 miếng phi lê cá). Thí nghiệm được thiết kế gồm phi lê 3 nhóm màu (nhóm màu cá thịt trắng, nhóm màu cá thịt hồng, nhóm màu cá thịt vàng) kết hợp với 4 mức thời gian thu mẫu (ngày 0, 4, 8 và 12). Các miếng phi lê được cho vào 12 túi PE, mỗi túi 4 miếng và được bảo quản lạnh bằng nước đá với tỷ lệ nước đá : cá là 1:1. Các túi cá được

đặt trong thùng xốp không có lỗ thoát nước (80 cm x 50 cm x 50 cm), xếp theo nguyên tắc 1 lớp cá và 1 lớp đá (độ dày 3 cm), lớp cuối cùng và lớp trên cùng là lớp đá dày (độ dày 5 cm). Thùng xốp được đặt trong phòng thí nghiệm ở nơi thoáng mát và tránh ánh nắng trực tiếp. Sau mỗi 24 giờ, tiến hành thay nước đá một lần.

Mẫu được thu vào các ngày 0, 4, 8 và 12 ngày. Trong mỗi lần thu mẫu, tiến hành đo nhiệt độ tâm các miếng phi lê ở mỗi nghiệm thức, lấy 3 túi PE, mỗi túi 4 miếng cá phi lê, tương ứng với 3 lần lặp lại. Ở mỗi túi, 2 miếng phi lê được thu mẫu phân tích vi sinh sau đó đánh giá cảm quan, đo màu, 2 miếng còn lại đo cấu trúc. Sau đó, mẫu được xay nhuyễn để kiểm tra lần lượt các chỉ tiêu pH, chỉ số PV và TBARS.

2.2.2. Phân tích mẫu

Phân tích thành phần hóa học của nguyên liệu: Hàm lượng ẩm được xác định bằng phương pháp sấy (AOAC 934.01, 2000), hàm lượng tro bằng phương pháp nung (AOAC 942.05, 2000), hàm lượng béo thô bằng phương pháp Soxhlet (920.39, 2000), hàm lượng đạm thô bằng phương pháp Kjeldahl (984.13, 2000).

Nhiệt độ: Vào các ngày thu mẫu, nhiệt độ tâm sản phẩm được đo bằng nhiệt kế (Ebro, Đức), miếng cá được đo trên cùng một vị trí ở mỗi nghiệm thức tương ứng với 3 lần lặp lại.

Đo màu: Máy đo màu Colorimeter được sử dụng dựa theo nguyên lý hệ thống CIE Lab (L^* , a^* , b^*). Trong đó, L^* là cường độ tối – sáng, a^* là sắc độ xanh lá – đỏ, b^* là sắc độ của màu xanh dương – vàng. Sự thay đổi màu sắc ΔE^* của các nhóm màu được tính bằng công thức: $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$. Trong đó ΔL^* , Δa^* và Δb^* là sự khác biệt giữa tham số màu tương ứng của mẫu ngày 4, 8, 12 và của mẫu ngày 0.

Tổng số vi sinh vật hiếu khí được xác định theo phương pháp đổ đĩa trong môi trường PCA (Ministry of Health, 2012). Đầu tiên, 10 g mẫu vừa lấy được cho vào bình tam giác chứa 90 mL nước muối sinh lý, đồng nhất mẫu và nước muối sinh lý trong 5 phút (10^{-1}) bằng máy vortex. Sau đó, 1 mL dung dịch trong bình tam giác được hút ra và cho vào ống nghiệm có chứa 9 mL nước muối sinh lý và vortex (10^{-2}), tiếp tục pha loãng ở các nồng độ tiếp theo. Pipette được dùng để hút 1 mL mẫu và cho vào đĩa Petri vô trùng, sau đó cho tiếp khoảng 15 mL môi trường Plate Count Agar (PCA, Merck, Đức) và trộn đều dịch mẫu và môi trường. Khi môi trường đã khô, úp ngược đĩa lại và cho vào tủ ủ ở nhiệt độ 30°C

trong 48 giờ. Sau đó, tổng số khuẩn lạc trên đĩa được đếm và tính toán kết quả.

Đánh giá cảm quan: Cảm quan về độ tươi của phi lê cá tra theo thời gian bảo quản được đánh giá bằng phương pháp chỉ số chất lượng QIM (Quality Index Method) do các thành viên đã được đào tạo thực hiện (Sveinsdottir et al., 2003) (Bảng 1). Đánh giá cảm quan của cá tra phi lê nấu chín theo vị được thực hiện theo phương pháp của Simeonidou (1997) (Bảng 2). Quá trình đánh giá cảm quan được tiến hành ở nơi đầy đủ ánh sáng và đảm bảo sự độc lập của mỗi thành viên trong quá trình đánh giá.

Bảng 1. Các thông số chất lượng đánh giá cảm quan mẫu tươi cá tra phi lê theo phương pháp chỉ số chất lượng QIM

Chỉ tiêu	Mô tả	Điểm
Cấu trúc	Chắc và đàn hồi nhanh	0
	Hơi mềm và đàn hồi ít	1
	Mềm, không đàn hồi	2
	Rất mềm, không đàn hồi	3
Bề mặt	Bóng đẹp	0
	Hơi khô	1
	Khô	2
Mùi	Mùi tươi, tanh tự nhiên của cá	0
	Mùi hơi tanh	1
	Mùi tanh rõ rệt	2
	Mùi chua và mùi khai	3
	Trắng trong, sáng	0
Màu sắc	Hồng nhạt	1
	Vàng nhạt	2
	Hồng hoặc vàng rõ rệt	3

Bảng 2. Bảng mô tả chỉ tiêu cảm quan vị sản phẩm cá tra phi lê hấp

	Điểm	Vị
Mức độ chấp nhận	9	Ngọt đặc trưng của thịt cá
	8	Vị ít ngọt
	7	Mất vị ngọt đặc trưng của thịt cá
	6	Vị rất nhạt, thoảng vị thịt cá rất nhẹ
	5	Vị hơi đắng
Mức độ không chấp nhận	4	Vị đắng, chua
	3	Rất đắng, có vị tanh nhẹ
	2	Vị rất đắng, rất chua
	1	Vị lạ không ăn được

Đặc tính cấu trúc: Miếng phi lê cá được xác định cấu trúc bằng máy đo cấu trúc (TA. XTplus

Texture Analyzer, Stable Micro Systems, Godalming, UK), đầu dò P/25 được dùng với thời gian giữ là 5 giây, độ xuyên thấu 5 mm. Các mẫu được đo vào các ngày thu mẫu ở cùng vị trí, tại phần cơ thịt dày nhất ở phần thịt lưng, cách phần đầu miếng phi lê khoảng 3 cm, kích cỡ miếng cá là 3x7 cm. Độ đàn hồi của cơ thịt cá (g.cm) được tính bằng tích số của lực phá vỡ và độ biến dạng.

pH: trong cơ thịt cá được đo theo phương pháp mô tả bởi Hultmann et al. (2012). Mẫu cá xay nhuyễn (15 g) được trộn đều với 15 mL KCl 0,15 M. Hỗn hợp được đo bằng máy đo pH (Mettler Toledo, USA).

Khả năng giữ nước (WHC) được xác định bằng phương pháp ly tâm (Ofstad et al., 1993). Mẫu cá xay nhuyễn được cân 1,5 g và cho vào ống ly tâm 15 mL có chứa bộ phận lọc, sau đó ly tâm ở 5°C trong thời gian 10 phút, 1700 vòng. Khối lượng nước mất đi trong quá trình ly tâm phản ánh khả năng giữ nước của sản phẩm.

Peroxide value: Chỉ số peroxide (PV) được xác định theo phương pháp so màu quang phổ (International IDF Standard, 1991). Đồng nhất 5 g mẫu trong 20 mL dung dịch chloroform: methanol (2:1) và lắc đều 2 giờ bằng máy lắc. Mẫu được tiến hành ly tâm, dịch chiết mẫu được cho phản ứng với dung dịch Fe^{2+} và dung dịch NH_4SCN . Sau đó, mẫu được thực hiện so màu trên máy quang phổ ở bước sóng 480 nm.

TBARs: chỉ số TBARs được xác định theo phương pháp so màu quang phổ của Raharjo et al. (1992). Đồng nhất 8 g mẫu trong 15 mL Trichloroacetic acid (TCA) 5%, thu lại dung dịch đem ly tâm 6000 vòng/phút ở 5°C trong 10 phút, thu

lấy phần nổi bên trên qua bình định mức 50 mL. Thêm vào phần kết tủa 10 mL TCA 5%, lặp lại bước đồng nhất mẫu và thu lại dung dịch đem ly tâm 6000 vòng/phút ở 5°C trong 10 phút và tiếp tục chuyển phần dung dịch nổi qua bình định mức 50 mL. Ở các mẫu sử dụng để tính toán hiệu suất thu hồi, 1 mL (TEP) được thêm vào, sau đó thực hiện tương tự như trên. Định mức dung dịch bằng TCA 5% lên thể tích 50 mL. Việc phân tích mẫu được thực hiện bằng cách hút 2 mL mẫu được lọc và 2 mL 2-Thiobarbituric acid (TBA) 5%, vortex và nung ở 94°C trong 5 phút. Sau đó, mẫu được làm nguội và so màu quang phổ ở bước sóng 530 nm. Hàm lượng TBARs được tính dựa vào đường chuẩn TEP.

2.3. Xử lý số liệu

Các số liệu được xử lý, tính toán bằng phần mềm Microsoft Excel 2016. Sự khác biệt của các chỉ tiêu giữa các nghiệm thức được so sánh bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) một nhân tố và hai nhân tố, phép thử Duncan ($p < 0,05$) bằng chương trình Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 16.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần hoá học của phi lê các nhóm màu thịt cá tra thu tại nhà máy chế biến thủy sản

Các thành phần hoá học cơ bản như độ ẩm, khoáng, lipid và protein của phi lê cá nhóm màu thịt cá tra được phân tích để làm cơ sở đánh giá chất lượng nguyên liệu phục vụ cho các thí nghiệm. Kết quả phân tích được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Thành phần hóa học của phi lê các nhóm màu cá tra

Thành phần hóa học	Hàm lượng (%)		
	Phi lê cá màu trắng	Phi lê cá màu hồng	Phi lê cá màu vàng
Âm	80,86±0,41	79,94±1,11	80,86±0,37
Protein	16,01±1,56	16,14±0,37	15,54±1,67
Lipid	1,37±0,42	1,36±0,47	1,42±0,45
Khoáng	0,92±0,02	1,05±0,29	0,75±0,27

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn ($n=3$). Trong cùng một chỉ tiêu phân tích, giữa các nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

Kết quả Bảng 3 cho thấy, các chỉ tiêu hóa học ở cả 3 nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$), tức là không có sự khác biệt về thành phần hoá học giữa phi lê cá từ các nhóm màu khác nhau. Trong đó, độ ẩm của phi lê cá dao động từ 79,94% đến 80,86%. Kết quả này thấp hơn độ ẩm xác định được trong phi lê cá tra theo nghiên cứu

của Orban et al. (2008) là 83,6%. Sự khác nhau này là do phi lê trong hai nghiên cứu trên là dạng đông lạnh đã ngâm quay tăng trọng bằng muối phosphat nên hàm lượng nước trong phi lê cá cao. Ngoài ra, hàm lượng đạm trong nghiên cứu này dao động từ 15,54% đến 16,14%, cao hơn so với nghiên cứu của Orban et al. (2008) là 13,6%. Thêm vào đó, hàm

lượng lipid của phi lê cá tra trong nghiên cứu của Orban et al. (2008) là 1,84%, tương đương với kết quả phân tích lipid trong nghiên cứu này là từ 1,36 đến 1,42%. Điều này được giải thích do phi lê cá đã được loại bỏ dẻ, mỡ trong công đoạn chỉnh hình. Hàm lượng tro trong nghiên cứu này cũng thấp hơn so với nghiên cứu của Orban et al. (2008).

3.2. Sự biến đổi chất lượng của phi lê các nhóm màu thịt cá tra trong điều kiện bảo quản lạnh

3.2.1. Nhiệt độ tâm của các miếng cá tra phi lê

Nhiệt độ tâm của miếng cá phi lê được đo vào các ngày thu mẫu dao động từ 0,53 đến 1,8°C, cho thấy quá trình bảo quản lạnh luôn được duy trì. Như vậy, mẫu thí nghiệm luôn được bảo quản trong điều

kiện nhiệt độ từ 0 đến 2°C, đáp ứng được yêu cầu của bảo quản lạnh bằng nước đá. Trong điều kiện nhiệt độ bảo quản thấp có thể làm giảm tỷ lệ vi khuẩn xâm nhập vào sản phẩm, giúp kéo dài thời gian bảo quản của sản phẩm (Nguyen, 2005).

3.2.2. Sự thay đổi giá trị pH của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Giá trị pH là một chỉ số quan trọng để đánh giá chất lượng và độ tươi của thịt cá (Rathod & Pagarkar, 2013). Sự thay đổi giá trị pH của phi lê cá tra trong quá trình bảo quản lạnh được thể hiện trong Bảng 4.

Bảng 4. Sự thay đổi giá trị pH của phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	Giá trị pH
0	Trắng	6,67±0,12
	Hồng	6,66±0,08
	Vàng	6,68±0,11
4	Trắng	6,72±0,10
	Hồng	6,79±0,13
	Vàng	6,73±0,15
8	Trắng	6,84±0,09
	Hồng	6,82±0,12
	Vàng	6,87±0,09
12	Trắng	6,91±0,07
	Hồng	6,92±0,05
	Vàng	6,94±0,09
Thời gian (ngày)	0	6,67±0,09 ^a
	4	6,74±0,12 ^a
	8	6,84±0,06 ^b
	12	6,92±0,06 ^b
Nhóm màu	Trắng	6,78±0,13
	Hồng	6,80±0,13
	Vàng	6,80±0,14
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,909
	Thời gian*Nhóm màu	0,975

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn (n=3), những chữ cái (a, b) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

Kết quả Bảng 4 cho thấy giá trị pH không bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa nhóm màu thịt cá và thời gian bảo quản nhưng bị ảnh hưởng riêng lẻ bởi yếu tố thời gian bảo quản. Xét về tác động thời gian bảo quản, giá trị pH có xu hướng tăng dần qua 12 ngày bảo quản lạnh, kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Pal et al. (2017) khi bảo quản lạnh cá tra phi lê được xử lý bằng chiết xuất trà xanh. Tại các thời

điểm thu mẫu, ở ngày 0 và ngày 4 có giá trị pH khác biệt ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với ngày bảo quản thứ 8 và 12. Trong những thay đổi của cá sau khi chết, việc sản sinh các hợp chất cơ bản dẫn đến độ pH có thể ổn định hoặc tăng nhẹ (Huss, 1988). Nguyên nhân của sự thay đổi giá trị pH trong quá trình bảo quản lạnh có thể được giải thích rằng do sự phân hủy ATP và glycogen giải phóng tạo ra H⁺. Bên cạnh đó, sau một thời gian bảo quản thì có sự

phân hủy của acid amin và các hợp chất hữu cơ tạo thành NH₃ đã làm gia tăng giá trị pH của cơ thịt cá (Hultmann et al., 2012). Tuy nhiên, các kết quả nghiên cứu khác đã mô tả rằng sự gia tăng pH sau khi chết do căng thẳng của cá trong quá trình thu hoạch hoặc do sự tích tụ của các chất chuyển hóa vi sinh vật sau khi chết như các amin sinh học (Abbas et al., 2008). Qua 12 ngày bảo quản, giá trị pH vẫn nhỏ hơn 7, kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Azam et al. (2005) khi bảo quản cá da trơn (*Pangasius hypophthalmus*) có giá trị pH nhỏ hơn 7

trong suốt thời gian bảo quản lạnh trong điều kiện nước đá.

3.2.3. Sự thay đổi tổng số vi sinh vật hiếu khí (TVC) của phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Vi sinh vật là nguyên nhân gây nên sự hư hỏng trong quá trình bảo quản của thực phẩm, sự phát triển của chúng phần lớn phụ thuộc vào môi trường sinh sống và điều kiện bảo quản (Ghaly et al., 2010). Giá trị TVC trong quá trình bảo quản lạnh thịt cá tra phi lê được trình bày ở Bảng 5.

Bảng 5. Sự thay đổi tổng số vi sinh vật hiếu khí (TVC) của các miếng cá phi lê trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	TVC (Log ₁₀ CFU/g)
0	Trắng	2,87±0,086
	Hồng	2,97±0,046
	Vàng	2,92±0,052
4	Trắng	3,77±0,041
	Hồng	3,83±0,080
	Vàng	3,75±0,091
8	Trắng	4,15±0,130
	Hồng	4,20±0,091
	Vàng	4,14±0,125
12	Trắng	6,69±0,065
	Hồng	6,71±0,025
	Vàng	6,62±0,024
Thời gian (ngày)	0	2,92±0,076 ^a
	4	3,80±0,074 ^b
	8	4,16±0,106 ^c
	12	6,68±0,106 ^d
Nhóm màu	Trắng	4,36±0,038
	Hồng	4,43±0,031
	Vàng	4,35±0,045
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,061
	Thời gian*Nhóm màu	0,933

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3), những chữ cái (a, b, c, d) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

Số liệu Bảng 5 cho thấy, tổng số vi sinh vật hiếu khí không bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa nhóm màu thịt cá và thời gian bảo quản nhưng bị ảnh hưởng bởi yếu tố thời gian. Do sự tác động của yếu tố thời gian nên giá trị TVC có xu hướng tăng dần qua 12 ngày bảo quản và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) tại mỗi thời điểm thu mẫu. Từ ngày 0 đến ngày 8, tổng số vi sinh vật hiếu khí ở cả 3 nghiệm thức dao động trong khoảng từ 2,92 đến 4,16 log₁₀CFU/g, tuy nhiên lại vượt mức (với giá trị 6,68 log₁₀CFU/g) giới hạn cho phép của Bộ Y tế về giới hạn tối đa của tổng số vi sinh vật hiếu khí đối với mẫu cá tươi là 6 log₁₀CFU/g (Ministry of Health,

2012) sau 12 ngày bảo quản lạnh. Nguyên nhân là do vi sinh vật trong cá thường trải qua giai đoạn tiềm ẩn (pha lag) từ 1 tuần hoặc đến 2 tuần nếu cá được bảo quản bằng nước đá ở giai đoạn này vi sinh vật thường phát triển chậm, sau đó mới bắt đầu giai đoạn sinh trưởng và mật số vi sinh vật sẽ phát triển theo cấp số nhân, do hệ vi sinh vật đã thích nghi dần với nhiệt độ bảo quản lạnh và phát triển các biến đổi tự nhiên tạo ra nhiều sản phẩm đơn giản đây là chất dinh dưỡng cho vi sinh vật (Phan, 2005) nên số lượng vi sinh vật ngày càng tăng lên. Theo Bernardo et al. (2020), việc bảo quản trong điều kiện nhiệt độ lạnh là không đủ để làm giảm quá trình trao đổi chất

của vi sinh vật và enzyme nội sinh. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Ikasari & Suryaningrum (2015) về sự thay đổi chất lượng phi lê cá tra (*Pangasius hypophthalmus*) trong suốt thời gian bảo quản lạnh trong điều kiện nước đá. Do đó, thời hạn sử dụng của sản phẩm về mặt vi sinh là 8 ngày dựa trên chỉ tiêu tổng số vi sinh vật hiếu khí.

3.2.4. Sự thay đổi giá trị peroxide (PV) của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Sự thay đổi chỉ số peroxide value (PV) của cá tra phi lê ở các ngày bảo quản 0, 4, 8 và 12 trong quá trình bảo quản lạnh được trình bày ở Bảng 6.

Bảng 6. Sự thay đổi giá trị PV của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	PV (meq peroxide/kg)
0	Trắng	2,27±0,114 ^a
	Hồng	2,45±0,219 ^a
	Vàng	2,77±0,199 ^b
4	Trắng	2,92±0,177 ^b
	Hồng	3,18±0,142 ^c
	Vàng	3,84±0,549 ^d
8	Trắng	3,70±0,120 ^d
	Hồng	3,97±0,106 ^d
	Vàng	4,74±0,134 ^e
12	Trắng	2,89±0,306 ^b
	Hồng	3,41±0,096 ^c
	Vàng	3,97±0,185 ^d
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,000
	Thời gian*Nhóm màu	0,035

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn (n=3), những chữ cái (a, b, c, d, e) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

Trong nghiên cứu này, chỉ số PV được dùng để xác định sự hình thành các sản phẩm oxy hóa sơ cấp trong quá trình bảo quản lạnh cá tra. Kết quả thể hiện ở Bảng 6 cho thấy giá trị PV bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa nhóm màu thịt cá và thời gian bảo quản. Chỉ số PV của tất cả các nghiệm thức có xu hướng tăng dần ngày 0 đến ngày 8 dao động từ 2,27 meq peroxide/kg đến 4,74 (meq peroxide/kg) và giảm vào ngày 12 với 2,89 – 3,97 (meq peroxide/kg) tương ứng với độ tươi giảm dần theo thời gian bảo quản ở điều kiện lạnh và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) giữa các nghiệm thức. Tuy nhiên, giá trị PV ở các nghiệm thức này thấp hơn nhiều so với giới hạn chấp nhận được về giá trị PV là 8 - 10 meq peroxide/kg chất béo trong thực phẩm động vật (Schormuller, 1968). Nguyên nhân làm cho giá trị PV tăng lên trong quá trình bảo quản là do sự giải phóng các nguyên tử hydrogen từ các acid béo có trong cơ thịt tạo ra các gốc acid béo tự do. Những gốc tự do này phản ứng với oxy tạo ra các hydroperoxide (Benjakul et al., 2005). Tuy nhiên, sau đó có sự suy giảm chỉ số PV ở ngày 12 do các

hợp chất hydroperoxide được tạo thành từ quá trình oxy hóa lipid là các hợp chất không bền và dễ bị phân hủy thành các hydrocacbon mạch ngắn cấp thấp như aldehydes, ketones (Pikul et al., 1989).

Theo báo cáo của Asgharzadeh et al. (2010), sự gia tăng PV và TBARs trong quá trình bảo quản có thể là do sự thủy phân lipid trong các mô có thể làm tổn thương tế bào và gây ra sự giải phóng của các enzyme chống oxy hóa (lipxygenase và peroxidase) và các phân tử hóa học chống oxy hóa (hemoprotein và các ion kim loại) gây ra quá trình oxy hóa lipid.

3.2.5. Sự thay đổi giá trị TBARs của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

TBARs đã được sử dụng rộng rãi để mô tả mức độ oxy hóa chất béo, trong đó peroxide bị oxy hóa thành aldehyde, ketone, alcohol và alkan (Lindsay, 1991). Chỉ số Thiobarbituric Acid Reactive substances (TBARs) của cá tra phi lê trong quá trình bảo quản lạnh được thể hiện trong Bảng 7.

Bảng 7. Sự thay chỉ số TBARs của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	Chỉ số TBARs (mg MDA/kg)
0	Trắng	0,79±0,11 ^a
	Hồng	0,80±0,07 ^a
	Vàng	0,85±0,09 ^{abc}
4	Trắng	0,84±0,09 ^{ab}
	Hồng	0,89±0,10 ^{abc}
	Vàng	0,93±0,08 ^{bc}
8	Trắng	0,89±0,11 ^{abc}
	Hồng	0,91±0,08 ^{abc}
	Vàng	1,07±0,05 ^d
12	Trắng	0,98±0,09 ^{cd}
	Hồng	1,08±0,13 ^d
	Vàng	1,41±0,14 ^c
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,000
	Thời gian*Nhóm màu	0,000

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn (n=3), những chữ cái (a, b, c, d) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

Kết quả từ Bảng 7 cho thấy chỉ số TBARs chịu ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa các nhóm màu phi lê cá tra và thời gian bảo quản. Ở ngày 0 và 4 của quá trình bảo quản lạnh, phi lê các nhóm màu thịt cá tra khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$). Nhưng đến ngày 8 và 12, chỉ số TBARs của nhóm màu cá thịt vàng cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với nhóm màu cá thịt trắng và nhóm màu cá thịt hồng. Chỉ số TBARs dao động từ 0,785 đến 1,411 mg MDA/kg, thấp hơn so với nghiên cứu của Rawdkuen et al. (2008) về sự thay đổi màu sắc và mức độ hư hỏng của cá tra dầu thấp hơn so với mức độ chấp nhận về giá trị TBARs cho sự oxy hóa của chất béo là 5 - 8 mg MDA/kg (Sallam, 2007). Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Cakli et al. (2007) về chất lượng cá tráp đầu vàng trong quá trình bảo quản bằng nước đá khi kết quả TBARs đạt giá trị cao nhất là 1,415 mg MDA/kg. Bên cạnh đó, chỉ số TBARs ở tất cả các nghiệm thức đều có xu hướng tăng dần trong quá trình bảo quản lạnh, nguyên nhân có thể là sự hình thành của sản phẩm oxy hóa lipid thứ cấp (Kolakowska, 2002). Malondialdehyde, hình thành thông qua hydroperoxide, được tạo ra từ quá trình oxy hóa của các acid béo không hòa (Fernández et al., 1997). Kết quả của nghiên cứu này tương đồng với nghiên cứu của Viji et al. (2015) báo cáo về giá trị TBARs của cá tra đã loại bỏ nội tạng đạt giá trị cao nhất là 1,423 mg MDA/kg trong 18 ngày bảo quản bằng nước đá. Thiansilakul et al. (2010) báo cáo rằng hàm lượng sắt nonheme trong cá chẽm và cá rô phi đỏ có xu hướng tăng lên trong suốt quá trình bảo quản bằng nước đá trong 15 ngày, liên quan đến sự phân giải nhiều hơn của protein trong

cơ khi thời gian bảo quản ngày càng dài. Trong nghiên cứu này, riêng đối với phi lê nhóm cá thịt vàng, sự gia tăng chỉ số TBARs ở các miếng cá phi lê được ghi nhận sau 12 ngày bảo quản lạnh. Điều này cho thấy sự tương quan kết quả đánh giá sự oxy hóa chất béo thứ cấp (TBARs) và màu vàng (b^*) trên miếng cá phi lê trong quá trình bảo quản lạnh.

3.2.6. Sự thay đổi màu sắc của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Kết quả đo màu của phi lê cá tra từ ba nhóm màu (Hình 1) trong suốt thời gian bảo quản lạnh được ghi nhận thông qua 3 cường độ màu gồm cường độ màu sáng L^* , giá trị a^* và giá trị b^* (Bảng 8).



Hình 1. Phi lê cá tra theo các nhóm màu

Kết quả ở Bảng 8 cho thấy giá trị L^* và a^* không bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa nhóm màu thịt và thời gian bảo quản nhưng bị ảnh hưởng riêng lẻ bởi yếu tố nhóm màu và thời gian bảo quản. Ở mỗi thời điểm thu mẫu cho thấy nhóm màu thịt trắng có

cường độ màu sáng L^* cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với nhóm màu thịt hồng và thịt vàng. Theo thời gian bảo quản thì cường độ màu sáng L^* có xu hướng giảm dần, ở ngày 0 có giá trị L^* khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) so với ngày 4 nhưng lại khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với ngày bảo quản thứ 8 và thứ 12. Giá trị a^* ở nhóm màu thịt hồng đạt giá trị cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với nhóm màu thịt trắng và thịt vàng. Theo thời gian bảo quản thì giá trị a^* có xu hướng tăng dần và ở ngày 0 có giá trị a^* khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) so với ngày 4, nhưng lại khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) so với ngày bảo quản thứ 8 và thứ 12. Giá trị b^* bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa nhóm màu thịt và thời gian bảo quản. Xét về tác động của thời gian bảo quản thì giá trị b^* có xu

hướng tăng dần ở các nghiệm thức. Sự gia tăng chỉ số b^* ở các miếng cá phi lê được ghi nhận sau 12 ngày bảo quản lạnh. Điều này cho thấy sự tương quan giữa kết quả đánh giá sự oxy hóa chất béo thứ cấp (TBARs) và màu vàng (b^*) trên miếng cá phi lê trong quá trình bảo quản lạnh. Kết quả của nghiên cứu này tương đồng với nghiên cứu của Sriket & Laongnual (2018) báo cáo về sự thay đổi chất lượng và màu sắc của phi lê cá basa trong quá trình bảo quản. Các sản phẩm của quá trình oxy hóa chất béo có thể được tạo ra từ quá trình oxy hóa acid béo không bão hòa bao gồm các hợp chất aldehyde, ketone và các hợp chất cacbonyl, có thể phản ứng với các nhóm amino tự do trong protein (Pokorny, 1981). Những phản ứng này dẫn đến sự biến đổi màu sắc và mùi của mẫu cá.

Bảng 8. Sự thay đổi màu sắc của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	L^*	a^*	b^*
0	Trắng	53,9±1,02	1,85±0,37	1,04±0,32 ^a
	Hồng	47,8±1,00	4,65±0,55	1,18±0,43 ^{ab}
	Vàng	50,5±1,07	2,06±0,20	3,42±0,51 ^c
4	Trắng	52,7±0,84	2,30±0,56	1,41±0,35 ^{abc}
	Hồng	47,6±0,84	5,94±0,57	1,76±0,41 ^{bcd}
	Vàng	49,4±0,87	2,62±0,60	4,35±0,81 ^f
8	Trắng	50,7±0,93	2,85±0,53	1,72±0,40 ^{bcd}
	Hồng	46,1±0,38	7,18±0,81	2,05±0,43 ^d
	Vàng	48,2±0,43	3,16±0,96	5,29±0,43 ^g
12	Trắng	49,7±1,80	3,42±0,69	1,87±0,42 ^{cd}
	Hồng	44,4±1,07	7,97±1,16	2,28±0,30 ^d
	Vàng	47,7±0,88	3,81±1,00	6,08±0,59 ^h
Thời gian (ngày)	0	50,7±2,8 ^C	2,85±1,36 ^A	1,88±1,19
	4	49,9±2,3 ^{BC}	3,62±1,78 ^{AB}	2,51±1,45
	8	48,3±2,0 ^A	4,39±2,16 ^{BC}	3,02±1,71
	12	47,3±2,6 ^{AB}	5,07±2,31 ^C	3,41±1,99
Nhóm màu	Trắng	51,7±2,02 ^c	2,60±0,79 ^a	1,51±0,48
	Hồng	46,5±1,60 ^a	6,43±1,49 ^b	1,82±0,56
	Vàng	49,0±1,37 ^b	2,91±0,97 ^a	4,79±1,16
P value	Thời gian	0,000	0,000	0,000
	Nhóm màu	0,000	0,000	0,000
	Thời gian*Nhóm màu	0,283	0,050	0,000

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn ($n=3$), những chữ cái (a, b, c, d, e, f, g, h) (A, B, C) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

Kết quả ở Bảng 9 cho thấy độ chênh lệch màu sắc ΔE khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) giữa các nghiệm thức trong cùng 1 ngày thu mẫu. Giá trị ΔE tính được ở ngày bảo quản thứ 4 nằm trong khoảng $1 < \Delta E < 2$ cho thấy các miếng cá phi lê ở các nhóm màu có sự thay đổi màu nhẹ so với ngày bảo quản đầu tiên và người quan sát phải quan sát kỹ mới có thể cảm nhận được sự khác biệt này (Mokrzycki & Tatol, 2011). Các tác giả này cũng đề

cập khoảng giá trị $2 < \Delta E < 3,5$ (ở ngày bảo quản thứ 8) cho thấy việc có thể cảm nhận được sự thay đổi màu sắc khi nhìn thoáng qua ở các nhóm màu và mức $3,5 < \Delta E < 5$ (ở ngày 12) thể hiện sự thay đổi rõ rệt về màu sắc, so với ngày bảo quản đầu tiên ở các nhóm màu.

Bảng 9. Sự chênh lệch màu sắc ΔE của các nhóm màu thịt cá vào ngày 4, 8, 12 so với ngày 0 trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu thịt cá	ΔE
4	Trắng	$1,48 \pm 0,98^a$
	Hồng	$1,65 \pm 1,02^a$
	Vàng	$1,75 \pm 0,63^a$
8	Trắng	$3,48 \pm 0,27^a$
	Hồng	$3,41 \pm 0,37^a$
	Vàng	$3,39 \pm 0,72^a$
12	Trắng	$4,88 \pm 1,38^a$
	Hồng	$4,89 \pm 0,94^a$
	Vàng	$4,43 \pm 1,12^a$

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n=3$), chữ cái a trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$).

3.2.7. Sự thay đổi khả năng giữ nước của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Khả năng giữ nước của cơ thịt được coi là một thông số chất lượng quan trọng và khả năng giữ

Bảng 10. Sự thay đổi giá trị WHC của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	Giá trị WHC (%)
0	Trắng	$78,3 \pm 0,18^a$
	Hồng	$78,0 \pm 0,14^a$
	Vàng	$78,8 \pm 0,19^b$
4	Trắng	$79,7 \pm 0,16^c$
	Hồng	$79,6 \pm 0,17^c$
	Vàng	$79,7 \pm 0,21^c$
8	Trắng	$80,9 \pm 0,27^d$
	Hồng	$81,1 \pm 0,19^d$
	Vàng	$81,1 \pm 0,22^d$
12	Trắng	$82,4 \pm 0,11^f$
	Hồng	$82,7 \pm 0,26^f$
	Vàng	$82,0 \pm 0,27^e$
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,000
	Thời gian*Nhóm màu	0,000

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($n=3$), những chữ cái (a, b, c, d, e và f) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

3.2.8. Sự thay đổi giá trị cảm quan của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Phương pháp đánh giá cảm quan của cá tra phi lê thông qua các thuộc tính được cảm nhận bằng

nước của sản phẩm cao có ý nghĩa lớn đối với cả về công nghiệp và người tiêu dùng (Schafer et al., 2002). Bảng cách xác định giá trị WHC trong cơ thịt cá để mô tả sự thay đổi chất lượng của cá sau khi chết, đồng thời WHC còn thể hiện độ chắc của cơ thịt cá (Olsson et al., 2003).

Từ kết quả thống kê ở Bảng 10 cho thấy, sự tương tác giữa nhóm màu thịt cá và thời gian bảo quản ảnh hưởng đến khả năng giữ nước của cơ thịt cá phi lê, trong đó các nghiệm thức khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Giá trị WHC của cá tra phi lê tăng đáng kể từ 78,0% đến 82,7%. Khi giá trị WHC tăng nghĩa là khả năng giữ nước của cá tra phi lê giảm. Nguyên nhân khả năng giữ nước giảm dần là do mẫu cá bị mất nước trong thời gian bảo quản. Mặt khác, khả năng giữ nước giảm có thể do hoạt động của enzyme nội tại làm giảm khả năng liên kết của cơ thịt cá và sự phân giải protein (Olsson et al., 2003). Kết quả nghiên cứu này cũng tương tự với kết quả được báo cáo bởi Pal et al. (2017) đã nghiên cứu về cá tra phi lê bảo quản lạnh thì khả năng giữ nước giảm liên tục trong 15 ngày bảo quản.

khứu giác, thị giác, xúc giác và vị giác liên quan đến màu sắc, mùi, cấu trúc, trạng thái (Olafsdottir et al., 1997) nhằm đánh giá độ tươi và chất lượng. Sự thay đổi giá trị cảm quan về chất lượng cá tươi và hấp được trình bày ở Bảng 11 và Bảng 12.

Bảng 11. Đánh giá sự thay đổi cảm quan về độ tươi của cá tra phi lê trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	Điểm QI
0	Trắng	0,067±0,115 ^a
	Hồng	1,27±0,115 ^b
	Vàng	1,87±0,115 ^c
4	Trắng	2,67±0,417 ^d
	Hồng	4,13±0,305 ^e
	Vàng	5,13±0,305 ^f
8	Trắng	5,80±0,200 ^g
	Hồng	6,40±0,200 ^h
	Vàng	6,93±0,115 ⁱ
12	Trắng	8,47±0,503 ^j
	Hồng	9,07±0,231 ^k
	Vàng	9,47±0,305 ^k
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,000
	Thời gian*Nhóm màu	0,002

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn (n=3), những chữ cái (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

Theo Ikasari & Suryaningrum (2015) thời gian bảo quản càng lâu sẽ làm giảm giá trị cảm quan bên ngoài của miếng cá tra phi lê. Kết quả từ Bảng 11 cho thấy, giá trị cảm quan độ tươi bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa nhóm màu thịt cá và thời gian bảo quản. Điểm cảm quan về độ tươi của tất cả các nghiệm thức có xu hướng tăng dần từ 0,067 điểm đến 9,47 điểm, tương ứng với độ tươi giảm dần theo thời gian bảo quản ở điều kiện lạnh và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) giữa các nghiệm thức. Mùi của các miếng cá phi lê ở tất cả các nghiệm thức đều tanh hơn ban đầu. Độ bóng trên bề mặt của cá cũng giảm dần theo thời gian bảo quản. Ở ngày 0, tất cả các miếng cá phi lê ở các nghiệm thức đều bóng đẹp nhưng theo thời gian thì các miếng cá bị khô không còn giữ được độ bóng như ban đầu. Cấu trúc của miếng cá phi lê ở tất cả các nghiệm thức đều giảm dần theo thời gian bảo quản, ở ngày 0 cơ thịt tất cả các miếng phi lê cá tra được đánh giá là săn chắc và có độ đàn hồi cao nhưng đến ngày thứ 12 cơ thịt trở nên mềm, độ đàn hồi giảm, cơ thịt cá trở nên nhão. Điều này phản ánh lên phản ứng sinh hóa xảy ra bên trong cơ thịt cá như sự oxy hóa chất béo, sự phát triển và trao đổi của vi sinh vật, các vi sinh vật tạo ra các acid amin sinh học như putrescine, histamine và cadaverine, các acid hữu cơ, alcohol, andehyde và ketone gây ra mùi hôi (Dalgaard et al., 2006), đây là nguyên nhân gây hư hỏng cá. Bên cạnh đó, trong suốt quá trình bảo quản vi khuẩn phân hủy các acid amin có chứa lưu huỳnh như cysteine,

methionine tạo thành H_2S , CH_3-SH (methyl mercaptane) và $(CH_3)_2S$ dimethylsulphide, các hợp chất bay hơi này tạo mùi xấu cho sản phẩm ngay cả khi ở liều lượng thấp (ppb) làm giảm giá trị cảm quan của sản phẩm (Phan, 2005).

Số liệu Bảng 12 cho thấy, giá trị cảm quan về vị ở các nhóm màu phi lê cá không bị ảnh hưởng bởi sự tương tác giữa các nhóm màu và thời gian, nhưng bị ảnh hưởng bởi yếu tố thời gian và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Trong các lần thu mẫu, xu hướng giảm dần theo thời gian bảo quản lạnh. Từ ngày 0 đến ngày 8, vị của tất cả các miếng cá phi lê sau khi hấp dao động từ 8,89 đến 5,73 điểm và nằm trong giới hạn mức độ chấp nhận, tuy nhiên ở ngày 12 được đánh giá ở mức không chấp nhận do mất hoàn toàn vị với 3,84 điểm. Nguyên nhân là do thời gian bảo quản càng lâu tạo điều kiện cho phản ứng oxy hóa xảy ra càng mạnh và chất lượng cảm quan của sản phẩm bị ảnh hưởng càng nhiều (Medina et al., 2009). Nhìn chung, điểm cảm quan về vị của nhóm phi lê màu trắng và nhóm phi lê màu hồng cao hơn so với nhóm màu vàng. Theo Lovell (1988), điều này do ảnh hưởng từ thị hiếu của người tiêu dùng, tác giả cũng cho rằng các sắc tố màu vàng không làm ảnh hưởng đến hương vị và độ an toàn của thịt cá da trơn. Tuy nhiên, trừ khi người tiêu dùng chấp nhận nhóm thịt vàng của cá da trơn còn không thì hầu hết người tiêu dùng đều từ chối (Islam et al., 2021).

Bảng 12. Đánh giá sự thay đổi cảm quan về vị của cá tra phi lê trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	Điểm trung bình
0	Trắng	8,93±0,115
	Hồng	8,87±0,115
	Vàng	8,87±0,115
4	Trắng	7,80±0,200
	Hồng	7,80±0,200
	Vàng	7,73±0,115
8	Trắng	5,80±0,200
	Hồng	5,80±0,346
	Vàng	5,60±0,346
12	Trắng	4,00±0,400
	Hồng	3,87±0,305
	Vàng	3,67±0,462
Thời gian (ngày)	0	8,89±0,105 ^d
	4	7,78±0,156 ^c
	8	5,73±0,283 ^b
	12	3,84±0,105 ^a
Nhóm màu	Trắng	6,63±0,121
	Hồng	6,58±0,104
	Vàng	6,47±0,173
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,320
	Thời gian*Nhóm màu	0,971

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn (n=3), những chữ cái (a, b, c, d) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$).

3.2.9. Sự thay đổi độ đàn hồi của cá tra phi lê ở các nhóm mẫu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Cấu trúc cơ thịt cá là một trong những yêu cầu chất lượng quan trọng và được thể hiện thông qua chỉ số độ đàn hồi (Cheng et al., 2014). Bên cạnh đó, cấu trúc của cá còn bị ảnh hưởng bởi giống loài, tuổi, kích thước và điều kiện dinh dưỡng. Ngoài ra, các yếu tố sau quá trình giết mổ cũng ảnh hưởng đến cấu trúc bao gồm quá trình đường phân, độ cứng của thịt và sự co rút các sợi cơ có thể dẫn đến sự phân tách các đoạn cơ trong cơ thịt (Dunajski, 1980).

Ảnh hưởng của bảo quản lạnh đến độ đàn hồi của cá tra phi lê được thể hiện ở Bảng 13 cho thấy không có sự tương tác giữa hai yếu tố nhóm màu và thời gian nhưng bị ảnh hưởng riêng lẻ bởi yếu tố thời gian. Cụ thể, cấu trúc cơ thịt của cá tra phi lê sau 4 ngày bảo quản cao hơn các ngày 8, 12 và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$). Cấu trúc cơ thịt cá tra ở ngày 4 cao là do mẫu đã có sự ổn định về nhiệt độ cũng như cấu trúc. Kết quả này phù hợp với kết quả của Viji et al. (2015) đã công bố trước đó về nghiên cứu bảo quản lạnh cá da trơn. Nó cũng cho thấy độ đàn hồi của cá giảm dần trong suốt quá trình bảo quản lạnh. Điều này có thể giải thích rằng do hoạt

động của enzyme protease một phần làm cho cấu trúc protein bị phá vỡ và lượng nước trong mẫu thay đổi theo thời gian (Olsson et al., 2003). Một số tác giả khác đã báo cáo rằng sự giảm cấu trúc xảy ra theo hai giai đoạn trong quá trình bảo quản lạnh. Giai đoạn đầu tiên chủ yếu liên quan đến quá trình tự phân hủy bằng enzyme, trong khi giai đoạn sau liên quan đến hoạt động của vi sinh vật (Huss, 1988). Nghiên cứu của Hultman et al. (2012) cho thấy hoạt tính của enzyme collagenase tăng ngay sau khi cá chết và sau 5 ngày bảo quản thì hoạt tính các loại enzyme như cathepsin B và L tăng. Như vậy, độ đàn hồi của cơ thịt cá giảm đi trong thời gian bảo quản có thể do hoạt động của các enzyme protease.

Độ đàn hồi có liên quan đến cấu trúc cơ, do đó phụ thuộc chặt chẽ vào thành phần acid amin trong protein của cơ thịt cá tra. Trong một thời gian bảo quản nhất định, cơ thịt cá có thể trải qua một loạt thay đổi như thủy phân protein trong cơ và mất khả năng giữ nước dẫn đến giảm giá trị độ đàn hồi và kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đó của Hassoun and Karoui (2016). Những thay đổi này phụ thuộc vào nhiều yếu tố bao gồm mức độ hoạt động của cá, căng thẳng trong quá trình đánh bắt, sự biến đổi bên trong của cá và thời gian bảo quản.

Bảng 13. Sự thay đổi độ đàn hồi của cá tra phi lê ở các nhóm màu thịt cá trong quá trình bảo quản lạnh

Thời gian (ngày)	Nhóm màu	Độ đàn hồi (g*cm)
0	Trắng	251±22,5
	Hồng	247±17,0
	Vàng	246±33,5
4	Trắng	352±37,1
	Hồng	348±28,7
	Vàng	340±25,1
8	Trắng	296±25,5
	Hồng	293±19,3
	Vàng	290±19,1
12	Trắng	277±30,0
	Hồng	264±23,5
	Vàng	255±28,1
Thời gian (ngày)	0	248±22,0 ^a
	4	347±27,1 ^c
	8	293±18,8 ^b
	12	266±25,5 ^a
Nhóm màu	Trắng	294±46,27
	Hồng	288±44,52
	Vàng	283±44,96
P value	Thời gian	0,000
	Nhóm màu	0,596
	Thời gian*Nhóm màu	0,998

Số liệu thống kê được mô tả dưới dạng trung bình±độ lệch chuẩn (n=3), những chữ cái (a, b, c) khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

4. KẾT LUẬN

Phi lê các nhóm màu thịt cá tại nhà máy chế biến thủy sản có độ sáng L^* , giá trị a^* và giá trị b^* cao nhất lần lượt ở nhóm phi lê cá màu trắng, màu hồng và màu vàng. Trong quá trình bảo quản lạnh, nhân tố màu sắc phi lê (trắng, hồng, vàng) và thời gian bảo quản (ngày 0, 4, 8, 12) ảnh hưởng đến sự thay đổi về chỉ số PV, giá trị TBARs, giá trị b^* , giá trị cảm quan về độ tươi (QI) và khả năng giữ nước (WHC). Bên cạnh đó, yếu tố thời gian bảo quản cũng tác động đến cấu trúc cơ thịt, giá trị pH, TVC, giá trị a^* của phi lê cá tra ở tất cả các nghiệm thức. Ngoài ra, cường độ màu sáng L^* và giá trị a^* còn bị tác động bởi yếu tố màu sắc phi lê cá. Sự gia tăng giá trị b^* với sự oxy hóa chất béo thứ cấp (TBARs)

có mối quan hệ tương quan với nhau. Nhìn chung, các nghiệm thức nhóm màu thịt trắng đều cho kết quả của các chỉ tiêu chất lượng tốt hơn so với nghiệm thức nhóm màu thịt hồng và vàng. Các nghiệm thức đều được duy trì chất lượng về mặt vi sinh và cảm quan trong khoảng thời gian 8 ngày bảo quản bằng nước đá.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu xin chân thành cảm ơn Trường Đại học Cần Thơ đã hỗ trợ kinh phí thực hiện đề tài này. Kết quả nghiên cứu của đề tài này thuộc đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở do viên chức thực hiện của Trường Đại học Cần Thơ với mã số đề tài là T2023-169.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

Abbas, K. A., Mohamed, A., Jamilah, B., & Ebrahimian, M. (2008). A Review on Correlations between Fish Freshness and pH during Cold Storage. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 4(4), 416-421.

Amaya, E., & Nickell, D. (2015). *Using feed to enhance the color quality of fish and crustaceans*. In D.A. Davis (Ed.), *Feed and Feeding Practices in Aquaculture* (pp. 269–298).

Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. Amsterdam: Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100506-4.00011-8>

AOAC (2020). Changes in AOAC® Official Methods of Analysis. *Journal of AOAC International*, 79(1), 363–367. <https://doi.org/10.1093/jaoac/79.1.363>

- Asgharzadeh, A., Shabanpour, B., Aubourg, S. P., & Hosseini, H. (2010). Chemical changes in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) minced muscle during frozen storage: Effect of a previous washing process. *Grasas y aceites*, 61(1), 95-101.
<https://doi.org/10.3989/gya.087109>
- Azam, K., Pervin, S., Naher, S. S., Ali, Y., Alam, M. I., Haque, K. M. B., & Ahmed, B. (2005). Quality changes in Pangus (*Pangasius hypophthalmus*) in relation to size and season during storage in ice. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 8(4), 636-640.
<https://doi.org/10.3923/pjbs.2005.636.640>
- Benjakul, S., Visessanguan, W., Phongkanpai, V., & Tanaka, M. (2005). Antioxidative activity of caramelisation products and their preventive effect on lipid oxidation in fish mince. *Food Chemistry*, 90(1-2), 231-239.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.03.045>
- Bernardo, Y. A., Rosario, D. K., Delgado, I. F., & Conte-Junior, C. A. (2020). Fish Quality Index Method: Principles, weaknesses, validation, and alternatives—A review. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 19(5), 2657-2676. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12600>
- Cakli, S., Kilinc, B. E. R. N. A., Cadun, A., Dincer, T., & Tolasa, S. (2007). Quality differences of whole ungutted sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) while stored in ice. *Food Control*, 18(5), 391-397.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.11.005>
- 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: review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(1), 52-61.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12043>
- Dalgaard, P., Madsen, H. L. N., Samieian & J. Emborg, (2006). Biogenic amine formation and microbial spoilage in chilled garfish (*Belone belone*) effect of modified atmosphere packaging and previous frozen storage. *J. Applied Microbiol*, 101, 80-95.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2006.02905.x>
- Dunajski, E. (1980). Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies*, 10(4), 301-318.
<https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1980.tb00862.x>
- Fernández, J., Pérez-Álvarez, J. A., & Fernández-López, J. A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59(3), 345-353.
[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(96\)00114-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(96)00114-8)
- Ghaly, A. E., Dave, D., Budge, S., & Brooks, M. S. (2010). Fish Spoilage Mechanisms and Preservation Techniques: Review. *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), 859-877.
<https://doi.org/10.3844/ajassp.2010.859.877>
- Guimarães, C. F. M., Mársico, E. T., Monteiro, M. L. G., Lemos, M., Mano, S. B., & Conte Junior, C. A. (2016). The chemical quality of frozen Vietnamese Pangasius hypophthalmus fillets. *Food science & nutrition*, 4(3), 398-408.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.302>
- Hassoun, A., & Karoui, R. (2016). Monitoring changes in whiting (*Merlangius merlangus*) fillets stored under modified atmosphere packaging by front face fluorescence spectroscopy and instrumental techniques. *Food Chemistry*, 200, 343-353.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.028>
- Hultmann, L., Phu, T. M., Tobiassen, T., Aas-Hansen, Ø. & Rustad, T. (2012). Effects of pre-slaughter stress on proteolytic enzyme activities and muscle quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry*, 134(3), 1399-1408.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.03.038>
- Huss, H. H. (1988). Fresh fish—quality and quality changes: a training manual prepared for the FAO/DANIDA training programme on fish technology and quality control. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, pp 132.
- Ikasari, D., Suryaningrum, T. D. (2015). Quality changes of pangasius fillets during ice storage. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 10(3), 109-120.
<https://doi.org/10.15578/squalen.134>
- International IDF Standard. (1991). *Section 74A, International Dairy Federation*, IDF – Square Vergote 41, Brussels.
- Islam, S., Haque, M., Razzak, M., Schlüter, L., Ahsan, E., Podduturi, R., & Jorgensen, N. (2021). Yellow tainting of flesh in pangasius (*Pangasianodon hypophthalmus*): origin of the color and procedures for removal. *Aquatic Sciences and Engineering*, 36(4), 193-201.
<https://doi.org/10.26650/ASE2021862649>
- Kolakowska, A. (2002). Lipid oxidation in food systems. *Chemical and functional properties of food lipids*.
<https://doi.org/10.1201/9781420031997.ch8>
- Le, K. N. D., Wijngaard, J., & Lutz, C. (2008). Farming System Practices of Seafood Production in Vietnam: the Case Study of Pangasius Small-Scale Farming in the Mekong River Delta. *ASEAN Business Case Studies No 27*.
- Li, M. H., Robinson, E. H., Oberle, D. F., & Zimba, P. V. (2007). Effects of various dietary

- carotenoid pigments on fillet appearance and pigment absorption in channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 38, 557–563.
<https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2007.00130.x>
- Lindsay, R. C. (1991). Flavour of fish. Paper presented at 8th World Congress of Food Science and Technology, 29th September 4th October, Toronto, Canada.
- Lovell, T. (1998). *Nutrition and feeling of fish*, 2nd ed. Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Medina, I., Gallardo, J. M., & Aubourg, S. P. (2009). Quality preservation in chilled and frozen fish products by employment of slurry ice and natural antioxidants. *International journal of food science & technology*, 44(8), 1467-1479.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02016.x>
- Ministry of Health (2012). *National technical regulation on microbiological contamination in food QCVN 8–3:2012/BYT* (No. 05/2012/TT–BYT) (in Vietnamese).
- Mokrzycki, W. S., & Tatol, M. (2011). Colour difference ΔE -A survey. *Mach. Graph. Vis*, 20(4), 383-411.
- Nguyen, H. Q. (2005). Guidelines for handling and preservation of fresh fish for further processing in Vietnam. *The United Nations University-Fisheries*, 30(1), 224-231.
- Nguyen, K. N., Bush, S. R., Nguyen, C. M., & Vo, L. T. T. (2010). *Upgrading Small-Holders in the Vietnamese Pangasius Value Chain*. An Giang University, Wageningen University and Can Tho University.
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R., & Hermansson, A. M. (1993). Liquid loss capacity and structural changes during heating of fish muscle: Cod (*Gadus morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*). *Food structure*, 12, 163-174.
- Olafsdottir, G., Martinsdottir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I., Henehan, G., Nielsen, J., & Nilsen, H. (1997). Methods to evaluate fish freshness in research and industry. *Trends in Food Science & Technology*, 8(8), 258–265.
[https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(97\)01049-2](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(97)01049-2)
- Olsson, G. B., Olsen, R. L., Carlehög, M., & Ofstad, R. (2003). Seasonal variation in chemical and sensory characteristics of farmed and wild Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Aquaculture*, 217, 191–205.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00191-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00191-6)
- Orban, E., Nevigato, T., Di Lena, G., Masci, M., Casini, I., Gambelli, L., & Caproni, R. (2008). New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets from Vietnam: Nutritional quality and safety aspects. *Food Chemistry*, 110(2), 383-389.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.02.014>
- Pal, D., Chowdhury, S., Nath, S., Dora, K. C., & Majumder, R. (2017). Assessment of the shelf life of fish fillet treated with Green tea extracts under refrigerated condition. *Biochemical and Cellular Archives*, 17(2), 499-505.
- Phan, L. T., Bui, T. M., Nguyen, T. T. T., Gooley, G. J., Ingram, B. A., Nguyen, H. V., Nguyen, P. T., & De Silva, S. S. (2009). Current status of farming practices of striped catfish, *Pangasianodon hypophthalmus* in the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture*, 296, 227–236.
<https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2009.08.017>
- Phan, Q. T. T. (2005). *Textbook of seafood processing technology*. Faculty of Agriculture and Applied Biology. Can Tho University (in Vietnamese).
- Pikol, J., Leszczynski, D. E., & Kummerow, F. A. (1989). Evaluation of three quality losses of refrigerated striped catfish slices. *Food Chemistry*, 121, 28-38.
- Pokorny, J. (1981). Browning from lipid-protein interactions. *Progress in food and nutrition science*, 5(1).
- Raharjo, S., Sofos, J. N., & Schmidt, G. R. (1992). Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(11), 2182-2185.
<https://doi.org/10.1021/jf00023a027>
- Rathod, N., & Pagarkar, A. (2013). Biochemical and sensory quality changes of fish cutlets, made from pangasius fish (*Pangasianodon hypophthalmus*), during storage in refrigerated display unit at -15 to -18 C. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 3(1), 1-8.
- Rawdkuen, S., Jongjareonrak, A., Benjakul, S., & Chaijan, M. (2008). Discoloration and lipid deterioration of farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*) muscle during refrigerated storage. *Journal of food science*, 73(3), C179-C184.
<https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00683.x>
- Sallam, K. I. (2007). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. *Food control*, 18(5), 566-575.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.02.002>
- Schafer, A., Rosenlund, K., Purslow, P. P., Andersen, H. J., & Henckel, P. (2002). Physiological and structural events post mortem of importance for drip loss in pork. *Meat*

- Science*, 61, 355–366.
[https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(01\)00205-4](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(01)00205-4)
- Schormuller J. (1968). *Handbuch der Lebensmittelchemie* (Band III/2). New York (NY): Springer-Verlag.
- Simeonidou, S., Govaris, A., & Vareltzis, K. (1997). Quality assessment of seven Mediterranean fish species during storage on ice. *Food research international*, 30(7), 479-484.
[https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(98\)00008-8](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(98)00008-8)
- Sriket, P., & La-ongnual, T. (2018). Quality changes and discoloration of Basa (*Pangasius bocourti*) fillet during frozen storage. *Journal of Chemistry*, 2018(1), 5159080.
<https://doi.org/10.1155/2018/5159080>
- Sveinsdottir, K., Hyldig, G., Martinsdottir, E., Jørgensen, B., & Kristbergsson, K. (2003). Quality Index Method (QIM) scheme developed for farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Quality and Preference*, 14(3), 237-245.
[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00081-2](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00081-2)
- Tartila, S. S. Q., Jusadi, D., Setiawati, M., & Fauzi, I. A. (2021). Evaluation of dietary supplementation with cinnamon products on growth, blood composition, liver structure, and meat quality of striped catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Aquaculture International*, 29(5), 2243-2257.
<https://doi.org/10.1007/s10499-021-00746-x>
- Thiansilakul, Y., Benjakul, S., & Richards, M. P. (2010). Changes in heme proteins and lipids associated with off-odour of seabass (*Lates calcarifer*) and red tilapia (*Oreochromis mossambicus*×*O. niloticus*) during iced storage. *Food Chemistry*, 121(4), 1109-1119.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.058>
- Tran, H. T. T., & Nguyen, T. A. (2009). *Aquatic animal nutrition and feed*. Agricultural Publishing House. Ho Chi Minh City (in Vietnamese).
- Tran, P. M., Nguyen, D. L. A., Tran, T. T., & Tran, H. T. T. (2014). Assessment of striped catfish fillet quality at different rearing areas. *CTU Journal of Science*, 15-21.
- VASEP. (2022). *Overview of the Pangasius Industry in the Mekong Delta, Vietnam*. Accessed April 1, 2024. Address: <https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/ca-tra/tong-quan-nganh-ca-tra>.
- Viji, P., Tanuja, S., Ninan, G., Lalitha, K. V., Zynudheen, A. A., Binsi, P. K., & Srinivasagopal, T. K. (2015). Biochemical, textural, microbiological and sensory attributes of gutted and ungutted sutchi catfish (*Pangasianodon hypophthalmus*) stored in ice. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 3312-3321.
<https://doi.org/10.1007/s13197-014-1358-y>