Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: Nông nghiệp bền vững vì an ninh lương thực và an toàn thực phẩm
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2025.223

ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH CHẦN VÀ NHIỆT ĐỘ TỒN TRỮ ĐÔNG ĐẾN ĐẶC TÍNH CHẤT LƯỢNG CỦA THỊT ĐẦU TÔM THẺ CHÂN TRẮNG (*Litopenaeus vannamei*)

Phan Minh Trọng, Nguyễn Văn Mười và Trần Thanh Trúc*
Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): tttruc@ctu.edu.vn*

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 06/07/2025
Sửa bài (Revised): 02/08/2025
Duyệt đăng (Accepted): 16/10/2025

Title: *Effects of blanching and frozen storage temperature on the quality characteristics of whiteleg shrimp (Litopenaeus vannamei) head meat*

Author: *Phan Minh Trong, Nguyen Van Muoi and Tran Thanh Truc**

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

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của quá trình chần đến sự thay đổi chất lượng hóa lý và vi sinh vật của thịt đầu tôm thẻ chân trắng trong suốt 8 tuần bảo quản đông lạnh ở hai mức nhiệt độ −10±2°C và −18±2°C. Nguyên liệu được xử lý chần ở 90±2°C trong 20 phút trước khi bảo quản. Kết quả cho thấy, việc xử lý chần giúp duy trì hàm lượng protein trên 80% (tính theo căn bản khô), hạn chế suy giảm lipid, giảm tốc độ gia tăng hàm lượng amoniac (NH_3) và pH, so với mẫu không chần. Mức độ biến đổi chất lượng diễn ra rõ rệt hơn ở điều kiện −10±2°C so với −18±2°C. Ngoài ra mật số vi sinh vật hiếu khí sau bảo quản 8 tuần không vượt quá giới hạn vi sinh cho phép theo TCVN 12614:2019 ở cả hai mức nhiệt độ. Nhìn chung, chần là bước xử lý nhiệt đơn giản nhưng hiệu quả, góp phần ức chế enzyme nội sinh, cải thiện ổn định hóa học và vi sinh, đồng thời kéo dài thời gian bảo quản nguyên liệu dễ hư hỏng như thịt đầu tôm thẻ chân trắng.

Từ khoá: *Bảo quản đông lạnh, chần, thịt đầu tôm, tôm thẻ chân trắng*

ABSTRACT

The effect of blanching on the physicochemical quality and microbiological safety of frozen-stored whiteleg shrimp head meat was evaluated. Samples were blanched in water at 90 ± 2°C for 20 minutes and subsequently stored at two temperatures (−10 ± 2°C and −18 ± 2°C) for 8 weeks. Blanching effectively maintained protein content above 80% on a dry-matter basis under both storage conditions, mitigated lipid degradation, and reduced the accumulation rate of ammonia (NH_3) and pH increase compared to non-blanched samples. Quality deterioration was more pronounced at −10 ± 2°C than at −18 ± 2°C. Total aerobic plate counts after 8 weeks remained within the permissible limits defined by TCVN 12614:2019 for both storage temperatures. Overall, blanching proved to be a simple yet effective thermal pre-treatment that inactivates endogenous enzymes, enhances physicochemical and microbial stability, and extends the shelf life of this highly perishable seafood by-product. The findings highlight the practical potential of blanching in improving postharvest preservation of shrimp-processing co-products.

Keywords: *Blanching, frozen-stored, head meat, whiteleg shrimp*

1. GIỚI THIỆU

Tôm thẻ chân trắng (*Litopenaeus vannamei*) đã được đưa vào nuôi thử nghiệm tại Việt Nam từ đầu thập niên 2000. Tuy nhiên đến năm 2008 tiềm năng kinh tế của loài này mới được nhận thấy rõ rệt, từ đó việc nuôi thương phẩm bắt đầu được mở rộng tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long (Faculty of Fisheries - Vietnam National University of Agriculture, 2025), nhờ vào điều kiện tự nhiên thuận lợi, khu vực này nhanh chóng trở thành vùng nuôi lớn nhất cả nước. Đặc biệt, các tỉnh như Cà Mau, Sóc Trăng, Bạc Liêu, Kiên Giang và Bến Tre ghi nhận được sản lượng nuôi tôm nổi bật. Việc xuất khẩu tôm năm 2024 ghi nhận được sự tăng trưởng vượt bậc với kim ngạch tăng 14% so với năm 2023; năm thị trường xuất khẩu đáng chú ý bao gồm Trung Quốc và Hồng Kong, Mỹ, Nhật Bản, Liên minh Châu Âu (EU) (Vietnam Association of Seafood Exporters and Producers, 2025).

Mỗi năm từ ngành chế biến thủy sản loại ra khoảng 1,3 triệu tấn phụ phẩm bao gồm đầu, xương, da và nội tạng nhưng chỉ mới 30% trong số đó là được tận dụng cho phát triển sản phẩm cho lĩnh vực chăn nuôi; khoảng 70% lượng phụ phẩm còn lại không chỉ gây lãng phí mà nếu không được xử lý đúng cách sẽ ảnh hưởng đến môi trường xung quanh (Agriculture and Environment newspaper, 2025). Phụ phẩm chính trong quá trình chế biến tôm đông lạnh là đầu và vỏ tôm chiếm 33 đến 46% tôm nguyên liệu (Research Institute for Aquaculture No.2, 2022). Phần thịt đầu tôm đã được báo cáo trong một công bố trước đây của chính nhóm tác giả, chiếm từ 9,35 đến 11,45% (Phan et al., 2024) và có giá trị cao về mặt dinh dưỡng. Theo nhóm tác giả Liu et al. (2021), phần đầu tôm có giá trị dinh dưỡng cao với 6,56±0,01% protein; 6,56±0,01% lipid; 4,11±0,14% tro; 2,93±0,03% chất xơ thô. Nguồn phụ phẩm vỏ tôm, thường được sử dụng trong việc thu hồi chitin là chủ yếu, trong khi đó phần đầu thường sử dụng với mục đích thức ăn chăn nuôi (Rahman & Koh, 2016; Nirmal et al., 2020). Trong công nghệ thực phẩm, nguồn nguyên liệu phụ phẩm từ tôm đã được nghiên cứu trong chế biến các sản phẩm dạng tái cấu trúc như surimi, xúc xích, paste tôm,... (Nguyen et al., 2013; Phan et al., 2024). Nhìn chung, các nghiên cứu được thực hiện xoay quanh phát triển sản phẩm mà chưa chú trọng đến quá trình tồn trữ bảo quản đối với nguồn nguyên liệu dễ hư hỏng như thịt đầu tôm. Những biến đổi gây hư hỏng của thịt đầu tôm chủ yếu là do hoạt động của protease nội sinh có trong hệ tiêu hóa bởi cấu tạo đặc biệt của tôm khi hệ tiêu hóa nằm ở phần đầu, tiếp xúc với thịt đầu do đó quá trình hư hỏng xảy ra nhanh chóng hơn (Nguyen et al., 2013; Bui et al., 2022).

Mặt khác, lạnh đông là một kỹ thuật bảo quản phổ biến trong ngành công nghiệp thực phẩm, thường được áp dụng cho nhiều loại sản phẩm như rau quả và thủy sản. Tuy vậy, các phương pháp như đông lạnh bằng không khí hay siêu âm có thể ảnh hưởng đến chất lượng thành phẩm do quá trình lạnh đông diễn ra chậm, dẫn đến hình thành các tinh thể đá lớn, không đồng đều. Từ đó thể gây hư hại mô cơ, làm biến tính protein và làm thay đổi các đặc tính như kết cấu, màu sắc cũng như khả năng giữ nước của sản phẩm (Cheng et al., 2017; Zhan et al., 2018). Mặt khác, chất lượng của nguyên liệu cũng trở nên xấu đi khi kéo dài thời gian bảo quản lạnh đông được xác định bằng cách đánh giá sự thay đổi các thành phần chất lượng (Malik et al., 2021; Obemeata et al., 2011; Liu et al., 2009). Theo Liu et al. (2025), quá trình xử lý nhiệt (nấu chín) trước khi bảo quản lạnh đông đối với tôm *Fenneropenaeus chinensis* giúp ức chế sự phát triển của vi sinh vật, ổn định chất lượng, vô hoạt enzyme và kéo dài thời gian sử dụng. Bên cạnh nhiệt độ tồn trữ đông phổ biến là -18°C, việc tồn trữ ở -10°C hay ở nhiệt độ cao hơn cũng được áp dụng cho các nguyên liệu thủy sản đã được xử lý nhiệt nhằm cân bằng giữa hiệu quả kiểm soát vi sinh vật và phần enzyme chưa bị bất hoạt với việc duy trì chất lượng cấu trúc của nguyên liệu, đồng thời giúp tiết kiệm năng lượng (Le Bail et al., 2011; Siddiqui et al., 2024).

Bên cạnh đó, nghiên cứu trước đây của Bui et al. (2022) đã bước đầu đánh giá về quá trình chần thịt đầu tôm với mục tiêu vô hoạt protease nội sinh, kết quả nghiên cứu này cho thấy quá trình xử lý chần ở 90±2°C trong thời gian 20 phút giúp vô hoạt hoàn toàn protease góp phần cải thiện tính ổn định cho nguyên liệu. Tuy nhiên nghiên cứu này khi được thực hiện chỉ tập trung vào protease nội sinh trong thịt đầu tôm mà chưa đánh giá đến các đặc tính chất lượng nguyên liệu sau chần và quá trình bảo quản tiếp theo. Trên cơ sở đó, nghiên cứu hiện tại được tiến hành nhằm mục tiêu đánh giá tác động của quá trình xử lý chần ở điều kiện nhiệt độ 90±2°C trong thời gian 20 phút đến hiệu quả ổn định chất lượng thịt đầu tôm thẻ chân trắng đồng thời đánh giá hiệu quả bảo quản lạnh đông ở hai nhiệt độ -10±2°C và -18±2°C từ đó làm tiền đề cho các nghiên cứu tiếp theo trong việc phát triển các sản phẩm thực phẩm từ nguồn phụ phẩm tiềm năng này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Nguồn nguyên liệu thịt đầu tôm trong nghiên cứu được thu thập từ phụ phẩm phát sinh trong quá trình chế biến tôm đông lạnh tại Công ty TNHH Hải Sản Việt Hải, tọa lạc tại Quốc lộ 1A, xã Long Thạnh, thành phố Cần Thơ, Việt Nam. Sau mỗi ca, phần thịt đầu tôm được thu nhận khoảng 1 kg/túi PE (polyethylen), xếp vào thùng xốp giữ nhiệt đã được chuẩn bị đá làm lạnh (0 - 4°C). Thời gian từ khi thu nhận đến khi vận chuyển về phòng thí nghiệm không vượt quá 2 giờ nhằm đảm bảo độ tươi và hạn chế biến đổi chất lượng nguyên liệu. Tổng lượng mẫu thu trong mỗi đợt khoảng 10 kg, với tần suất thu mẫu 02 lần/tuần và kéo dài liên tục trong 04 tuần.

Phần thịt đầu tôm sau khi được đưa về phòng thí nghiệm được tiến hành xử lý sơ bộ, loại bỏ phần vỏ đầu, chân hàm, chân ngực, gan tụy (hepatopancreas),... còn sót lại, chỉ thu nhận phần thịt đầu tôm. Phần thịt sau khi thu nhận được rửa lại bằng nước sạch (< 10°C), để ráo. Một phần thịt đầu tôm được tiến hành phân tích chất lượng nguyên liệu ban đầu.

Hình 1. Đầu tôm nguyên vỏ ban đầu và thịt đầu tôm thẻ chân trắng sau sơ chế

2.2. Tiền xử lý chần thịt đầu tôm

Quá trình tiền xử lý chần thịt đầu tôm thẻ chân trắng được tiến hành dựa trên nghiên cứu trước đây của Bui et al. (2022). Thịt đầu tôm được chần trong nước (tỷ lệ thịt đầu tôm và nước chần là 1:6, w/v) ở nhiệt độ 90±2°C trong thời gian 20 phút bằng bể điều nhiệt (Water bath Cole-Parmer WB-400, Trung Quốc). Sau khi xử lý, mẫu được làm lạnh nhanh bằng hỗn hợp nước đá để kết thúc quá trình. Mẫu sau chần sẽ được phân tích ngay để so sánh với mẫu tươi. Các mẫu còn lại được chuyển sang cấp đông với định lượng 500 g/túi PE (polyethylen).

2.3. Nội dung nghiên cứu

Thịt đầu tôm thẻ chân trắng sau khi được tiến hành tiền xử lý chần theo như mô tả ở mục 2.2, tiếp đến được chuyển sang đông lạnh trong điều kiện tủ đông Sanaky, VH-5699HY4K, Việt Nam ở hai điều kiện nhiệt độ -10±2 (kí hiệu C-10) và -18±2°C (kí hiệu C-18), đầu dò nhiệt độ loại Type-K được sử dụng để theo dõi nhiệt độ. Mẫu đối chứng không tiền xử lý chần cũng được chuẩn bị tương tự như mục 2.1 sau đó định lượng 500 g/túi PE và cấp đông trong điều kiện -10±2°C và -18±2°C (kí hiệu lần lượt là ĐC-10 và ĐC-18). Định kì 2 tuần/lần mẫu được rã đông dưới vòi nước chảy đến khi đạt nhiệt độ môi trường. Các phân tích về đặc tính chất lượng được tiến hành và so sánh đối chiếu với mẫu tươi chưa thực hiện xử lý để kết luận về sự thay đổi chất lượng thịt đầu tôm trong quá trình bảo quản.

2.4. Phương pháp phân tích

– Độ ẩm (%) xác định bằng cách sấy đến khối lượng không đổi ở 105°C theo AOAC 950.46.

– Protein (%) xác định bằng phương pháp Kjeldahl theo NMKL No.6:2003.

– Lipid (%) xác định bằng phương pháp Soxhlet theo NMKL No.31.1989.

– Tro (%) xác định theo NMKL No.173.2005.

– NH_3 (mg NH_3/100 g) xác định theo TCVN 3706-90.

– Giá trị pH: Xác định bằng pH kế TOA DKK (model HM-41X; pH 0÷14; chính xác 0,01; Nhật Bản).

– Định tính H_2S bằng cách quan sát sự thay đổi màu sắc của phản ứng giữa H_2S và chì acetate trong môi trường kiềm tạo PbS (màu đen) theo TCVN 3699-90.

– Hoạt tính protease (UI/g cbk): Thông qua xác định hàm lượng tyrosine (thành phần chính của phản ứng giữa protease và casein) bằng phản ứng màu với Folin ở bước sóng 660 nm. Chất chuẩn tyrosine được sử dụng để xây dựng đường chuẩn (Anson, 1938).

– Tổng số vi khuẩn hiếu khí (Total plate count – TPC (30°C), CFU/g): Xác định theo TCVN 5165:1990.

– *Escherichia coli* (CFU/g) xác định theo ISO 16649-2:2001.

– *Staphylococcus aureus* (CFU/g) xác định theo TCVN 7927:2008.

– *Clostridium perfringens* (CFU/g) xác định theo TCVN 4991:2005.

– *Vibrio parahaemolyticus* (CFU/g) xác định theo TCVN 8988:2012.

– Định lượng *Salmonella* spp./25g xác định theo TCVN 10780-1:2017.

2.5. Phương pháp thu nhận và xử lý số liệu

Thí nghiệm được thiết kế theo phương pháp ngẫu nhiên với tối thiểu ba lần lặp lại cho mỗi nghiệm thức. Dữ liệu thu được được tổng hợp bằng phần mềm Excel 2019 và phân tích thống kê bằng Statgraphics Centurion. Việc phân tích phương sai (ANOVA) kết hợp với kiểm định LSD được sử dụng để xác định sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc điểm, tính chất của thịt đầu tôm thẻ dùng cho nghiên cứu

Trong quá trình chế biến và bảo quản, việc đánh giá đặc điểm và tính chất của nguyên liệu là yếu tố cần thiết nhằm làm cơ sở lựa chọn phương pháp xử lý và bảo quản phù hợp cho từng loại nguyên liệu cụ thể. Trong nghiên cứu, việc phân tích thành phần, đặc điểm tính chất của nguồn nguyên liệu thịt đầu tôm ở hai giai đoạn sau khi thu nhận theo mục 2.1 và sau khi tiền xử lý chần theo mục 2.2 đã được tiến hành, kết quả được tổng hợp ở Bảng 1.

Thành phần cơ bản của thịt đầu tôm trước và sau khi chần trong nghiên cứu cho thấy sự biến động tương đối. Các nguyên liệu hải sản tươi thường có độ ẩm dao động trên 80%, kết quả ghi nhận được đối với mẫu thịt đầu tôm tươi độ ẩm lên đến 83,98±0,01% và sau đó giảm còn 73,04±0,03% khi xử lý chần trong nước ở 90±2°C trong thời gian 20 phút. Sự suy giảm độ ẩm sau khi chần chủ yếu là do biến tính nhiệt gây mất cấu trúc không gian bậc ba của protein, làm suy yếu mạng lưới giữ nước và giảm khả năng tương tác mao dẫn trong cấu trúc protein (Damodaran et al., 2008). Một kết quả tương tự được báo cáo bởi Juárez et al. (2010) về sự suy giảm độ ẩm sau khi chần thịt bò. Trong quá trình chế biến và bảo quản, những thay đổi về cấu trúc protein xảy ra ảnh hưởng đến các đặc tính về khả năng giữ nước và các đặc tính cấu trúc khác của nguyên liệu (Gao et al., 2016). Độ ẩm của phần đầu tôm thẻ chân trắng tươi được Liu et al. (2021) báo cáo vào khoảng 72,97±0,25%. Độ ẩm của nguyên liệu thịt đầu tôm sú tươi được Nguyen et al. (2014) báo cáo ở mức 85,42±0,69%, cao hơn so với kết quả về độ ẩm của thịt đầu tôm thẻ chân trắng trong nghiên cứu.

Bảng 1. Thành phần cơ bản của thịt đầu tôm (trước và sau chần) dùng trong nghiên cứu

Thành phần	Thịt đầu tôm trước chần	Thịt đầu tômsau chần
Độ ẩm (%)	83,98±0,01[b]	73,04±0,03[a]
Protein (%cbk – %căn bản khô)	83,96±0,12[a]	85,49±0,13[b]
Lipid (%cbk)	6,58±0,10[a]	7,24±0,18[b]
Tro (%cbk)	2,66±0,10[a]	2,67±0,04[a]
NH_3 (mg NH_3/ 100g)	3,20±0,20[b]	2,55±0,04[a]
Định tính H_2S	KPH*	KPH
Hoạt tính protease (UI/g cbk)	1,474±0,021	KPH
pH	7,28±0,01[a]	7,58±0,01[b]

(Giá trị được thể hiện bằng trung bình±độ lệch chuẩn của phép đo ít nhất 3 lần lặp lại. Các chữ cái theo sau giống nhau cùng một hàng thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức 95%. (*)KPH: Không phát hiện)

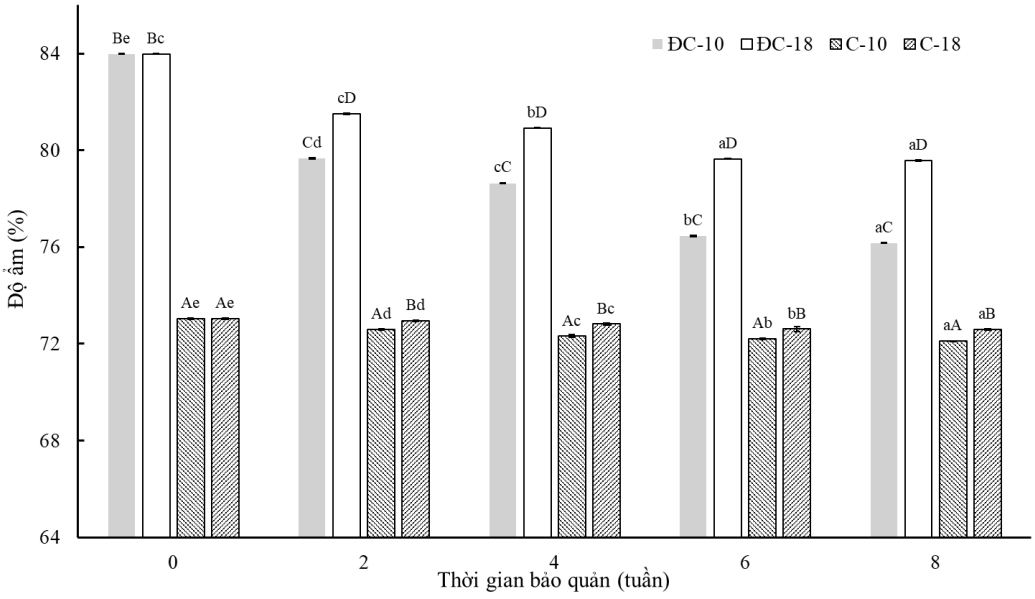
Thịt đầu tôm được dùng trong nghiên cứu có hàm lượng protein cao (83,96±0,12%cbk), tuy nhiên giá trị này thấp hơn so với nghiên cứu trước đây của Nguyen et al. (2014) trên nguồn nguyên liệu thịt đầu tôm sú với hàm lượng protein ghi nhận là 86,56% căn bản khô. Hàm lượng protein có trong nguồn nguyên liệu tôm ở những phần khác nhau là tương đối đồng đều (Liu et al., 2021). Cũng theo nghiên cứu này, đầu tôm là phần có hàm lượng lipid cao nhất trong các phần của tôm (phần đầu, thân và đuôi) do đặc biệt về cấu tạo phần gan và tụy tập trung tại đây. Ngoài ra, phần gan và tụy ở các loài giáp xác là "cơ quan dự trữ lipid" bao gồm triglyceride và phospholipid (Gulzar et al., 2020). Kết quả từ Bảng 1 còn cho thấy, quá trình chần có tác động đến protein và lipid theo xu hướng tăng lên đáng kể của hai thành phần này (khác biệt có ý nghĩa thống kê, $p < 0,05$). Sự gia tăng của các thành phần khác (protein, lipid và tro) sau quá trình chần trong nước đã được báo cáo bởi Juárez et al. (2010), theo đó, sự suy giảm độ ẩm được xem là nguyên nhân chính dẫn đến sự gia tăng hàm lượng của các thành phần này. Mặt khác, tro là thành phần đại diện cho tổng hàm lượng khoáng chất trong thực phẩm, chúng có vai trò quan trọng và cần thiết để duy trì một số chức năng của cơ thể (Akonor et al., 2016). Hàm lượng tro trong thịt đầu tôm thẻ chân trắng dùng cho nghiên cứu ghi nhận ở mức 2,66±0,10% tính trên căn bản khô và không khác biệt ý nghĩa giữa trước và sau khi chần ($p > 0,05$). Nhìn chung, kết quả nghiên cứu cho thấy ba thành phần protein, lipid và tro đều có xu hướng tăng lên sau chần khi tính trên

căn bản khô nguyên liệu, sự gia tăng này mang tính tương đối chủ yếu liên quan đến sự mất ẩm đặc biệt cao trong quá trình chần thịt đầu tôm.

Nguyên liệu thịt đầu tôm sử dụng trong nghiên cứu được đánh giá có chất lượng tốt, thể hiện qua kết quả phân tích hàm lượng NH_3 và H_2S đều đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn TCVN 7046:2019 đối với thịt tươi. Ngoài ra, có thể thấy giá trị pH thịt đầu tôm sau khi chần có xu hướng tăng từ 7,28±0,01 lên 7,58±0,01 (Bảng 1). Gia tăng giá trị pH sau khi chần có liên quan đến sự biến tính do nhiệt của protein, từ đó một số chuỗi peptide mở ra và bị phân hủy thành các amin ngắn hơn có ít hoặc không có chứa nhóm acid làm cho pH tăng cao hơn mẫu tươi ban đầu (Ferreira et al., 2024). Kết quả này tương tự như báo cáo gần đây của Xiong et al. (2025) về sự gia tăng pH thịt tôm *Metapenaeus ensis* sau khi chần. Ngoài ra, kết quả phân tích cũng cho thấy hoạt tính protease nội sinh có trong nguyên liệu thịt đầu tôm thẻ tươi là khá cao (1,474±0,021 UI/g tính trên căn bản khô) được vô hoạt hoàn toàn sau quá trình xử lý chần ở 90±2°C trong thời gian 20 phút (KPH sau chần). Protease nội sinh là yếu tố tác động lên thành phần protein làm giảm cấu trúc, kết cấu và chất lượng của nguyên liệu (Zeng et al., 2022). Do đó, việc bất hoạt hoàn toàn enzyme này ngay từ giai đoạn xử lý ban đầu bằng phương pháp chần không chỉ giúp ổn định cấu trúc protein cơ, mà còn góp phần hạn chế sự suy giảm kết cấu và chất lượng cảm quan của nguyên liệu trong suốt quá trình bảo quản lạnh đông (Peng et al., 2019). Điều này khẳng định vai trò quan trọng của bước xử lý nhiệt như một giải pháp công nghệ hiệu quả nhằm nâng cao độ ổn định và kéo dài thời gian lưu trữ nguyên liệu có nguồn gốc từ phụ phẩm tôm.

3.2. Ảnh hưởng của quá trình xử lý chần đến sự thay đổi đặc tính chất lượng của thịt đầu tôm thẻ chân trắng trong bảo quản đông lạnh

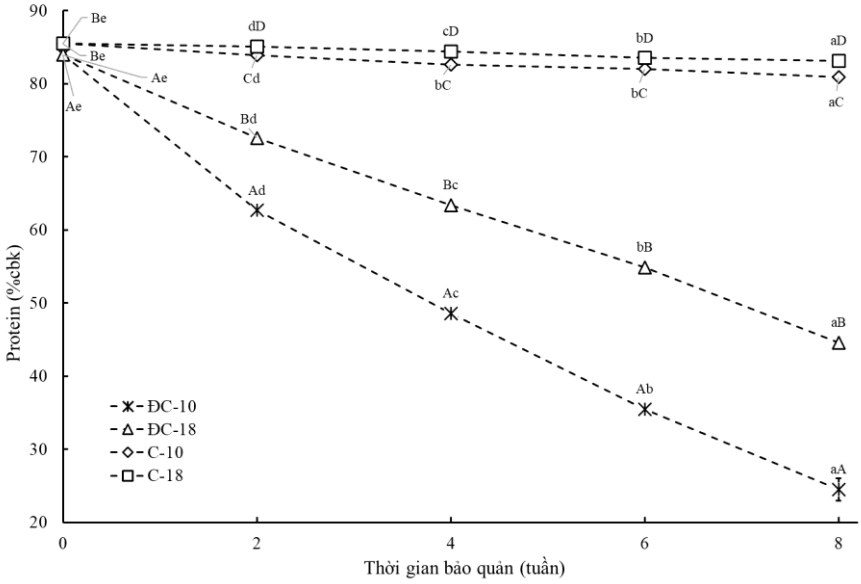
Công đoạn xử lý chần được đánh giá là có tác động đến kết cấu, thuộc tính màu sắc và mật số vi sinh vật có trong nguồn nguyên liệu cho công đoạn bảo quản tiếp theo (Bhat et al., 2017). Theo Shamasunder and Prakash (1994), quá trình đông lạnh các sản phẩm đã qua xử lý nhiệt gây ra một số biến đổi không mong muốn về kết cấu, dinh dưỡng, hương vị và màu sắc. Tuy nhiên, điều này có thể khắc phục được các biến đổi này thông qua việc kiểm soát nhiệt độ trong suốt quá trình bảo quản đông lạnh (Sikorski et al., 1976). Chính vì vậy, việc đánh giá khả năng bảo quản đông lạnh đối với nguyên liệu thịt đầu tôm sau khi xử lý chần cần được tiến hành, từ đó làm rõ hơn triển vọng của quá trình xử lý trước bảo quản đối với nguồn nguyên liệu này.



Hình 2. Biến đổi độ ẩm thịt đầu tôm theo điều kiện bảo quản và xử lý chần

(Ghi chú: ĐC-10: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2 ℃; ĐC-18: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -18±2 ℃; C-10: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -10±2 ℃ và C-18: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -18±2 ℃; Các chữ cái khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản (chữ in hoa) hoặc cùng một mẫu (chữ thường) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%)

Kết quả từ Hình 2 cho thấy quá trình bảo quản đông lạnh ghi nhận sự suy giảm về độ ẩm trong thịt đầu tôm ở các nghiệm thức nghiên cứu (xử lý chần và không chần). Thịt đầu tôm sau khi chần cho thấy sự suy giảm về độ ẩm thấp hơn so với mẫu tươi. Ngoài ra, việc bảo quản thịt đầu tôm tươi ở nhiệt độ -10±2°C làm giảm độ ẩm rõ rệt hơn so với mẫu tươi được bảo quản ở -18±2°C. Mất mát về độ ẩm trong bảo quản đông lạnh là do quá trình thăng hoa hơi nước bề mặt, ngoài ra những biến dạng sợi cơ trong quá trình bảo quản cũng là nguyên nhân cho sự suy giảm này (Gandotra, 2012). Việc giảm ẩm trên nguyên liệu tôm thẻ chân trắng trong 10 ngày bảo quản đông lạnh cũng được báo cáo bởi Suyani et al. (2019). Ở hai mẫu đều được xử lý nhiệt, sự thất thoát độ ẩm ở -10±2°C cao hơn so với -18±2°C; tốc độ lạnh đông nguyên liệu có tác động đến sự suy giảm độ ẩm. Theo Tan and Xie (2021) lạnh đông nhanh gây giảm ẩm ít hơn so với lạnh đông chậm ở nguyên liệu cá *Pseudosciaena crocea*.



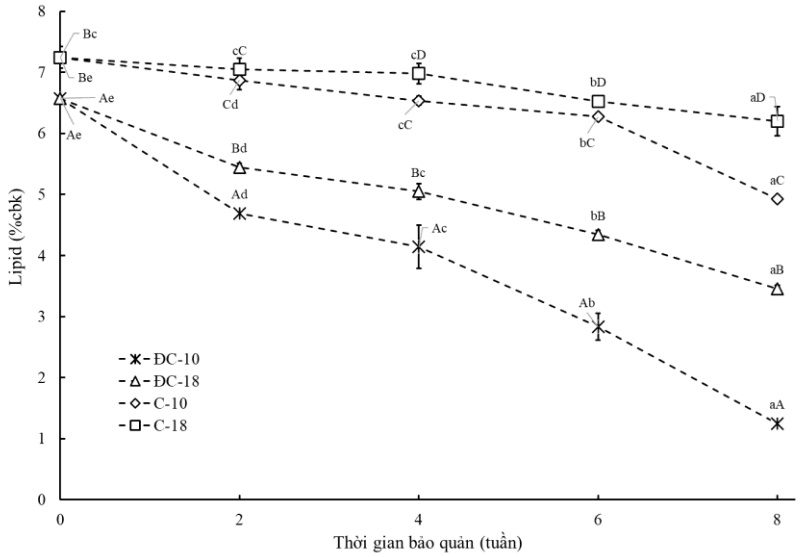
Hình 3. Hàm lượng protein thịt đầu tôm trong bảo quản đông lạnh

(Ghi chú: ĐC-10: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2 ℃; ĐC-18: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -18±2 ℃; C-10: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -10±2 ℃ và C-18: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -18±2 ℃; Các chữ cái khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản (chữ in hoa) hoặc cùng một mẫu (chữ thường) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%)

Sự suy giảm đáng kể về hàm lượng protein ghi nhận ở hai mẫu thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2°C và -18±2°C (Hình 3), sau 8 tuần bảo quản hàm lượng protein còn lại dưới 50% cbk. Sự suy giảm hàm lượng protein trong quá trình bảo quản đông lạnh thịt đầu tôm tươi chủ yếu có liên quan đến quá trình hoạt động của các enzyme nội sinh dẫn đến sự phân giải protein và làm mềm kết cấu mô cơ. Theo Zhou et al. (2023), trypsin, calpain và cathepsin là các enzyme nội sinh gây ra mềm và phân huỷ cơ tôm, trong đó trypsin là một loại protease chủ yếu trong nội tạng tôm (gan tuỵ), kết quả nghiên cứu này cho thấy sự suy giảm đáng kể thành phần protein myofibrillar trong cơ tôm do hoạt động của trypsin. Kết quả một nghiên cứu khác của Peng et al. (2019) cũng cho thấy protease nội sinh hoạt động phân giải protein trong thịt tôm chủ yếu là trypsin. Ngoài ra, kết quả nghiên cứu của Zhou et al. (2023) bảo quản đông lạnh ở -18°C vẫn ghi nhận hoạt động của trypsin. Ở điều kiện bảo quản -10±2°C đối với mẫu tươi, mất mát protein ghi nhận rõ rệt hơn sau 8 tuần bảo quản, hàm lượng sau bảo quản dưới 30% căn bản khô.

Bên cạnh đó, kết quả từ Hình 3 cho thấy việc xử lý vô hoạt protease ở điều kiện 90±2°C trong thời gian 20 phút có vai trò quan trọng cho ổn định chất lượng thịt đầu tôm bảo quản đông lạnh tiếp theo khi mức độ suy giảm protein là tương đối thấp. Sau 8 tuần bảo quản đông lạnh, hàm lượng protein của thịt đầu tôm chần vẫn duy trì ở mức trên 80% (tính trên bản khô) ở cả hai điều kiện bảo quản (-10±2°C và -18±2°C). Trên thực tế, quá trình rã đông có thể dẫn đến suy giảm hàm lượng protein trong nguyên liệu,

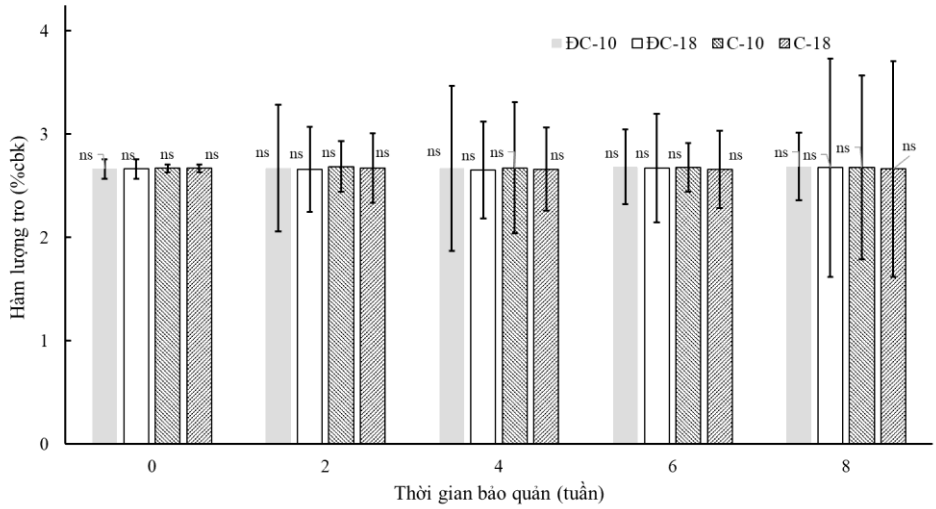
chủ yếu do sự rửa trôi các protein và hợp chất hòa tan từ mô cơ (Ali et al., 2015). Việc bảo quản lạnh đông góp phần làm chậm quá trình tổn thất chất lượng nguyên liệu, tuy nhiên quá trình phân hủy protein và oxy hóa lipid tăng khi nhiệt độ bảo quản ở mức cao hơn (Saeed & Howell, 2002). Khi thời gian bảo quản kéo dài, nhiệt độ cấp đông duy trì ở mức -20°C không làm ảnh hưởng đáng kể đến mức độ biến tính của protein tơ cơ ở cá thu nguyên con và thịt cá thu nghiền (Fukuda et al., 1982).



Hình 4. Biến động lipid trong thịt đầu tôm sau xử lý chần và bảo quản đông

(Ghi chú: ĐC-10: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2 ℃; ĐC-18: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -18±2 ℃; C-10: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -10±2 ℃ và C-18: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -18±2 ℃; Các chữ cái khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản (chữ in hoa) hoặc cùng một mẫu (chữ thường) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%)

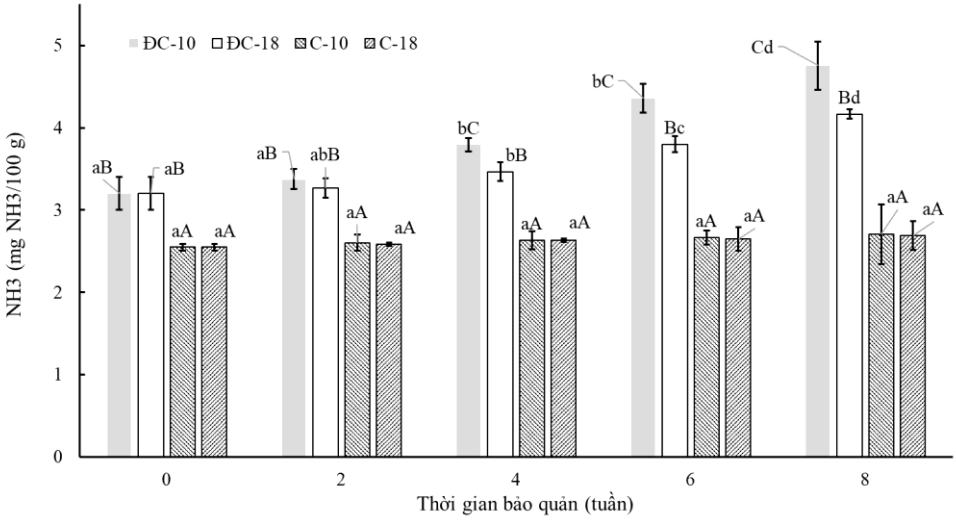
Sự suy giảm hàm lượng lipid trong quá trình bảo quản đông lạnh thuỷ sản có liên quan chặt chẽ đến quá trình oxy hóa lipid, mà nguyên nhân chính được xác định là do hoạt động của các enzyme nội sinh đặc biệt là lipoxygenase (Shi et al., 2017). Ngoài ra, quá trình phân giải có chọn lọc của các phân tử triglyceride và phospholipid cũng góp phần làm thay đổi đáng kể thành phần lipid của cơ thịt tôm trong suốt thời gian bảo quản (Romotowska et al., 2016). Kết quả được trình bày tại Hình 4 cho thấy hàm lượng lipid giảm đáng kể ở cả hai nhóm mẫu thịt đầu tôm tươi trong suốt thời gian bảo quản đông lạnh. Đặc biệt, mức độ suy giảm cao hơn ghi nhận ở mẫu thịt đầu tôm tươi sau 8 tuần ở điều kiện -10±2°C. Điều kiện nhiệt độ bảo quản không ổn định có thể làm gia tăng hoạt tính enzyme và đẩy nhanh quá trình oxy hóa lipid, từ đó dẫn đến sự mất mát lipid nghiêm trọng hơn. Sự suy giảm hàm lượng lipid thấp hơn ghi nhận được ở cả hai mẫu đã xử lý chần, có thể thấy quá trình xử lý ở 90±2°C trong thời gian 20 phút không chỉ vô hoạt hoàn toàn protease có trong thịt đầu tôm mà còn có khả năng bất hoạt lipoxygenase có trong nguyên liệu này (Lopez et al., 1994). Hình 4 còn cho thấy biến động về hàm lượng lipid trong thịt đầu tôm sau chần khi bảo quản ở -18±2°C là tương đối thấp, dao động trong khoảng 1,04 % căn bản khô. Sự suy giảm về lipid ở thịt đầu tôm đông lạnh có xử lý chần được lý giải dựa trên sự rửa trôi phospholipid trong công đoạn rã đông (Benjakul & Bauer, 2000).



Hình 5. Hàm lượng tro trong thịt đầu tôm qua các điều kiện bảo quản đông lạnh

(Ghi chú: ĐC-10: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2 ℃; ĐC-18: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -18±2 ℃; C-10: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -10±2 ℃ và C-18: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -18±2 ℃; ns: not significant – không có ý nghĩa thống kê ở mức 95%)

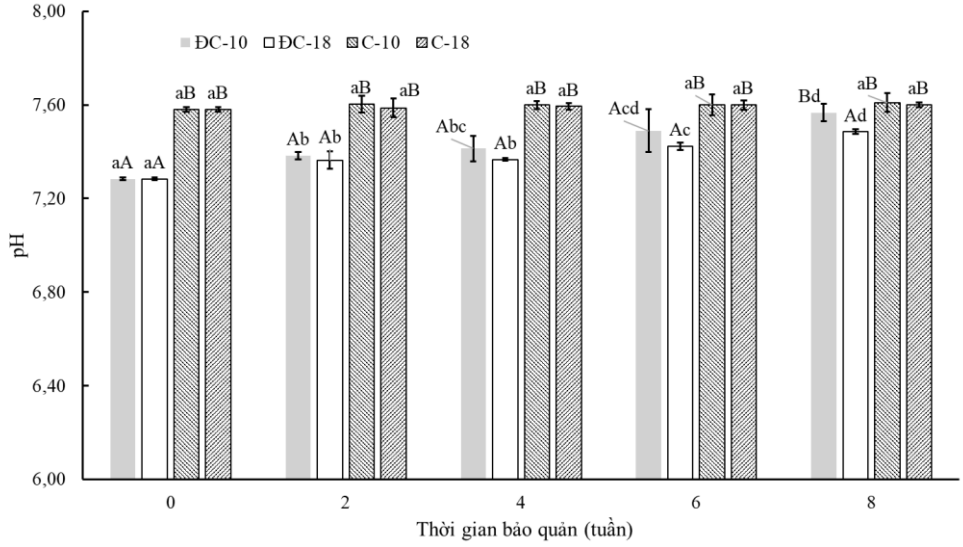
Thành phần tro trong nguyên liệu phản ánh hàm lượng khoáng chất có trong nguyên liệu đó. Kết quả từ Hình 5 cho thấy không có sự khác biệt ý nghĩa về mặt thống kê giữa các mẫu thịt đầu tôm trong quá trình bảo quản đông lạnh kể cả các mẫu tươi, chần và ở cả hai mức nhiệt độ bảo quản ($p > 0,05$). Hàm lượng tro trong thịt đầu tôm dao động ở mức 3% (căn bản khô), có thể thấy tồn trữ đông lạnh trong 8 tuần không gây ảnh hưởng đáng kể đến thành phần khoáng trong thịt đầu tôm thẻ chân trắng. Kết quả nghiên cứu của Malik et al. (2021) về quá trình bảo quản lạnh đông ở -18°C đối với năm loài cá nước ngọt từ sông Nile cho thấy hàm lượng tro có xu hướng gia tăng sau 45 ngày bảo quản, tuy nhiên sự thay đổi này không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).



Hình 6. Hàm lượng NH_3 sinh ra trong quá trình bảo quản thịt đầu tôm

(Ghi chú: ĐC-10: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2 ℃; ĐC-18: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -18±2 ℃; C-10: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -10±2 ℃ và C-18: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -18±2 ℃; Các chữ cái khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản (chữ in hoa) hoặc cùng một mẫu (chữ thường) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%)

Sự hư hỏng của các sản phẩm thịt và hải sản thường đi kèm với giải phóng amoniac (NH_3) hoặc hydrogen sulfide (H_2S) (Barandun et al., 2019). Kết quả từ Hình 6 cho thấy, hàm lượng NH_3 trong mẫu thịt đầu tôm có xu hướng tăng trong suốt quá trình bảo quản đông lạnh thịt đầu tôm tươi ở cả hai mức nhiệt độ (-10±2°C và -18±2°C). Sự phân giải protein do protease nội sinh không chỉ làm suy giảm cấu trúc mô cơ mà còn tạo ra các sản phẩm trung gian như peptide và acid amin, đây là tiền chất cho các phản ứng sinh học tiếp theo, đặc biệt là quá trình khử amin dẫn đến hình thành các hợp chất nitơ dễ bay hơi như amoniac (NH_3) (Peng et al., 2019). Ngoài ra, kết quả ở Hình 6 còn cho thấy quá trình chần nguyên liệu thịt đầu tôm trước bảo quản đông lạnh giúp hạn chế sự hình thành NH_3. Như đã đề cập trước đó, việc chần ở 90±2°C trong thời gian 20 phút đã vô hoạt hoàn toàn enzyme có trong thịt đầu tôm từ đó hạn chế quá trình phân giải protein hình thành NH_3. Kết quả này càng khẳng định cho quá trình chần thịt đầu tôm giúp ổn định chất lượng trong quá trình bảo quản đông lạnh, nhưng biến động về thành phần chủ yếu có liên quan đến quá trình rửa trôi khi rã đông (Ali et al., 2015; Don et al., 2018).



Hình 7. Sự thay đổi giá trị pH của thịt đầu tôm theo thời gian bảo quản

(Ghi chú: ĐC-10: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2 ℃; ĐC-18: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -18±2 ℃; C-10: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -10±2 ℃ và C-18: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -18±2 ℃; Các chữ cái khác nhau trong cùng một thời gian bảo quản (chữ in hoa) hoặc cùng một mẫu (chữ thường) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 95%)

Song song với sự gia tăng hàm lượng NH_3 thì giá trị pH của thịt đầu tôm trong quá trình bảo quản cũng ghi nhận sự biến động theo chiều hướng tăng đáng kể ở hai mẫu thịt đầu tôm tươi, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Quá trình phân giải protein của protease nội sinh hình thành NH_3 là nguyên nhân chủ yếu cho sự gia tăng của pH trong suốt quá trình bảo quản thịt đầu tôm tươi (Peng et al., 2019). Theo Subbaiah et al. (2015), sự gia tăng pH trong quá trình đông lạnh tôm có liên quan đến sự gia tăng của thành phần nitơ dễ bay hơi. Một kết quả về sự gia tăng pH cũng được Jin et al. (2018) báo cáo trên nguồn nguyên liệu tôm (*Solenocera crassicornis*) trong quá trình bảo quản đông lạnh. Mặt khác, kết quả từ Hình 7 cho thấy quá trình xử lý chần thịt đầu tôm trước giúp ổn định pH trong suốt thời gian bảo quản đông lạnh, không khác biệt ý nghĩa về mặt thống kê ở hai mẫu thực hiện chần trước bảo quản. Kết quả này góp phần khẳng định thêm cho hiệu quả của quá trình chần trong việc ổn định chất lượng của thịt đầu tôm thẻ chân trắng trong quá trình bảo quản đông lạnh.

Bảng 2. Tác động của xử lý chần đến mức độ an toàn về mặt vi sinh của thịt đầu tôm thẻ chân trắng ban đầu và sau 8 tuần bảo quản đông lạnh

Chỉ tiêu	Thịt đầu tôm trước chần	Thịt đầu tôm sau chần	Mẫu ĐC-10	Mẫu ĐC-18	Mẫu C-10	Mẫu C-18
TPC (30°C), CFU/g)	$2,6\times10^5$	$1,8\times10^2$	$1,4\times10^6$	$5,2\times10^5$	$8,9\times10^3$	$3,7\times10^2$
Escherichia coli (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Staphylococcus aureus (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Vibrio parahaemolyticus (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Salmonella spp. /25g	KPH*	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
Clostridium perfringens (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10

(Ghi chú: ĐC-10: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -10±2 ℃; ĐC-18: thịt đầu tôm tươi bảo quản ở -18±2 ℃; C-10: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -10±2 ℃ và C-18: thịt đầu tôm chần bảo quản ở -18±2 ℃; (*)KPH: Không phát hiện)

Việc xử lý chần ở 90±2°C trong 20 phút đối với thịt đầu tôm thẻ chân trắng giúp làm giảm đáng kể mật số vi sinh vật có trong nguyên liệu. Kết quả từ Bảng 2 cho thấy, mật số TPC ban đầu của thịt đầu tôm tươi ở mức $2,6\times10^5$ CFU/g sau quá trình xử lý chần mật số giảm còn $1,8\times10^2$ CFU/g. Sự gia tăng mật số vi khuẩn hiếu khí tổng số (TPC) của hai mẫu thịt đầu tôm tươi phản ánh trong hai điều kiện bảo quản -10±2°C và -18±2°C vẫn ghi nhận sự hoạt động tương đối của vi sinh vật. Gram and Huss (1996) cho rằng trong điều kiện bảo quản đông lạnh vẫn có sự phát triển tương đối chậm của các nhóm vi khuẩn chịu lạnh. Tuy nhiên, kết quả còn cho thấy vai trò ổn định chất lượng về mặt vi sinh của quá trình chần trước khi bảo quản đông lạnh thịt đầu tôm khi mật số biến đổi thấp hơn đáng kể so với mẫu tươi cùng thời gian bảo quản (tuần 8), các kết quả mật số vi sinh vật sau bảo quản 8 tuần đều đáp ứng TCVN 12614:2019.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình chần ở 90±2°C trong 20 phút trước khi bảo quản đông lạnh có vai trò quan trọng trong việc ổn định chất lượng thịt đầu tôm thẻ chân trắng. Việc xử lý chần giúp vô hoạt protease nội sinh, hạn chế các biến đổi bất lợi trong suốt 8 tuần trữ đông, duy trì hàm lượng protein trên 80% (tính theo căn bản khô), ổn định hàm lượng lipid, cũng như giảm tốc độ biến đổi các chỉ tiêu hư hỏng như amoniac (NH_3) và pH. Ngoài ra, việc xử lý chần còn giúp ổn định chất lượng vi sinh của thịt đầu tôm sau 8 tuần bảo quản đông lạnh đáp ứng yêu cầu an toàn theo TCVN 12614:2019. Tuy nhiên, điều kiện bảo quản ở -18±2°C vẫn cho hiệu quả bảo quản cao hơn so với -10±2°C thể hiện qua mức độ suy giảm protein và lipid thấp hơn, hàm lượng NH_3 tích lũy ít hơn và pH ổn định hơn. Qua đó, kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng ứng dụng quá trình chần như một bước xử lý đơn giản nhưng hiệu quả để nâng cao giá trị và kéo dài thời gian bảo quản cho các phụ phẩm dễ hư hỏng như thịt đầu tôm, góp phần giảm thất thoát sau thu hoạch và hướng đến phát triển bền vững trong chế biến thủy sản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

Agriculture and Environment newspaper. (2025). *Value-added processing of seafood by-products: Emerging engine for growth* (*in Vietnamese*). https://nongnghiepmoitruong.vn/che-bien-sau-phu-pham-thuy-san-dong-luc-tang-truong-moi-d755258.html

Akonor, P. T., Ofori, H., Dziedzoave, N. T., & Kortei, N. K. (2016). Drying characteristics and physical and nutritional properties of shrimp meat as affected by different traditional drying techniques. *International Journal of Food Science*, 1, 7879097. https://doi.org/10.1155/2016/7879097

Ali, S., Zhang, W., Rajput, N., Khan, M. A., Li, C. B., & Zhou, G. H. (2015). Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of chicken breast meat. *Food Chemistry*, 173, 808–814. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.095

Anson, M. L. (1938). The estimation of pepsin, trypsin, papain, and cathepsin with hemoglobin. *Journal of General Physiology*, *22*(1), 79–89. https://doi.org/10.1085/jgp.22.1.79

Barandun, G., Soprani, M., Naficy, S., Grell, M., Kasimatis, M., Chiu, K. L., Ponzoni, A., & Güder, F. (2019). Cellulose Fibers Enable Near-Zero-Cost Electrical Sensing of Water-Soluble Gases. *ACS Sensors*, *4*(6), 1662–1669. https://doi.org/10.1021/acssensors.9b00555

Benjakul, S., & Bauer, F. (2000). Physicochemical and enzymatic changes of cod muscle proteins

subjected to different freeze–thaw cycles. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *80*(8), 1143-1150. https://doi.org/10.1002/1097-0010(200006)80:8<1143::AID-JSFA610>3.0.CO;2-C

Bhat, T. H., Chouksey, M. K., Balange, A. K., & Nayak, B. B. (2017). Effect of Heat Treatment at Different Stages of Rigor on the Quality of Pacific White Shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Aquatic Food Product Technology*, *26*(7), 770–780. https://doi.org/10.1080/10498850.2017.1288184

Bui, M. D., Phan, M. T., Nguyen, V. M. & Tran, T. T. (2022). Kinetics inactivation of protease from head meat of whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). In Tay Nguyen University (Editor), *Proceedings of Vietnam National Conference on Biotechnology 2022.* Science and Technology Publishing House. 672-677 (*in Vietnamese*).

Cheng, L., Sun, D. W., Zhu, Z., & Zhang, Z. (2017). Effects of high pressure freezing (HPF) on denaturation of natural actomyosin extracted from prawn (*Metapenaeus ensis*). *Food Chemistry*, 229, 252-259. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.02.048

Damodaran, S., Parkin, K. L., & Fennema, O. R. (2008). *Fennema's food chemistry* (4th ed.). CRC Press, Taylor & Francis Group.

Don, S., Xavier, K. A. M., Devi, S. T., Nayak, B. B., & Kannuchamy, N. (2018). Identification of potential spoilage bacteria in farmed shrimp (*Litopenaeus vannamei*): Application of Relative Rate of Spoilage models in shelf life-prediction. *Lwt*, 97, 295–301. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.006

Faculty of Fisheries - Vietnam National University of Agriculture. (2025). *Historical Background of Whiteleg Shrimp (Litopenaeus vannamei)* (*in Vietnamese*). https://khoathuysan.vnua.edu.vn/boi-canh-lich-su-tom-the-chan-trang.html

Ferreira, G. A., Barro, A. G., Terto, D. K., Bosso, E. B., Dos Santos, É. R., Ogawa, N. N., & Bridi, A. M. (2024). Sensory quality of beef with different ultimate pH values–A Brazilian perspective. *Meat Science*, 209, 109415. https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2023.109415

Fukuda, Y., Tarakita, Z., Kawamura, M., Kakehata, K. I., & Arai, K. I. (1982). Denaturation of myofibrillar protein in chub mackerel during freezing and storage. *Nippon suisan gakkaishi*, *48*(11), 1627-1632. https://doi.org/10.2331/suisan.48.1627

Gandotra, R. (2012). Effect of Chilling and Freezing on Fish Muscle. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 2(5), 5–9. https://doi.org/10.9790/3008-0250509

Gao, R., Feng, X., Li, W., Yuan, L., Ge, J., Lu, D., Chen, B. & Yu, G. (2016). Changes in properties of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) protein during thermal denaturation. *Food science and biotechnology*, 25, 21-26. https://doi.org/10.1007/s10068-016-0003-0

Gram, L., & Huss, H. H. (1996). Microbiological spoilage of fish and fish products. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), 121-137. https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01134-8

Jin, L., Ding, G., Li, P., Gu, J., & Zhang, X. (2018). Changes in quality attributes of marine-trawling shrimp (*Solenocera crassicornis*) during storage under different deep-frozen temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, *55*(8), 2890-2898. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3207-x

Juárez, M., Failla, S., Ficco, A., Peña, F., Avilés, C., & Polvillo, O. (2010). Buffalo meat composition as affected by different cooking methods. *Food and Bioproducts Processing*, *88*(2-3), 145-148. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2009.05.001

Liu, C., Lu, J., & Su, Y. C. (2009). Effects of flash freezing, followed by frozen storage, on reducing Vibrio parahaemolyticus in pacific raw oysters (*Crassostrea gigas*). *In Journal of Food Protection*, *72*(1), 174–177. https://doi.org/10.4315/0362-028X-72.1.174

Liu, Z., Liu, Q., Zhang, D., Wei, S., Sun, Q., Xia, Q., Shi, W., Ji, H., & Liu, S. (2021). Comparison of the proximate composition and nutritional profile of byproducts and edible parts of five species of shrimp. *Foods*, *10*(11), 1–16. https://doi.org/10.3390/foods10112603

Liu, J., Yan, X., He, B., Wang, F., Liu, Y., Li, S., & Li, X. (2025). Effect of trehalose, precooking and reheating treatment on the textural and flavor qualities of frozen Chinese shrimp (*Fenneropenaeus chinensis*). *Journal of Food Composition and Analysis*, *145,* 107804. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2025.107804

Lopez, P., de la Fuente, J. L., & Burgos, J. (1994). Temperature dependence of lipoxygenase heat inactivation; evaluation with linearly increasing temperature profiles. *Zeitschrift fur Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, *199*(4), 281–284. https://doi.org/10.1007/BF01193312

Malik, I. A., Elgasim, E. A., Adiamo, O. Q., Ali, A. A., & Mohamed Ahmed, I. A. (2021). Effect of frozen storage on the biochemical composition of five commercial freshwater fish species from River Nile, Sudan. *Food Science and Nutrition*, *9*(7), 3758–3767. https://doi.org/10.1002/fsn3.2340

Nirmal, N. P., Santivarangkna, C., Rajput, M. S., & Benjakul, S. (2020). Trends in shrimp processing waste utilization: An industrial prospective. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 20-35. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.001

Nguyen, V. M., Chung, T. T. P., Huynh, V. N. & Tran, T. T. (2013). Using shrimp head meat and shredded shrimp meat in sausage processing. *Can Tho University Journal of Science*, (27), 71-78. https://ctujsvn.ctu.edu.vn/index.php/ctujsvn/article/view/1592 (*in Vietnamese*).

Nguyen, V. M., Nguyen, N. T. D., & Tran, T. T. (2014). Determine of drying condition to production and storage of Tiger shrimp head meat powder. *Can Tho University Journal of Science,* (Fisheries Special Issue), 22-30. https://ctujsvn.ctu.edu.vn/index.php/ctujsvn/article/view/1801

Obemeata, O., Nnenna, F. P., & Christopher, N. (2011). Microbiological assessment of stored Tilapia guineensis. *African Journal of Food Science*, *5*(4), 242-247. http://www.academicjournals.org/ajfs

Peng, Y., Chen, S., Ji, H., & Liu, S. (2019). Localization of trypsin-like protease in postmortem tissue of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) and its effect in muscle softening. *Food Chemistry*, 290, 277-285. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.147

Phan, M. T., Tran, T. T. & Nguyen, V. M. (2024). Using shredded shrimp meat and shrimp head meat in frozen shrimp paste processing. *Journal of Agriculture and Rural Development*, *24* (Special issue: Application of green technologies toward sustainable development), 151-161 (*in Vietnamese*).

Rahman, M., & Koh, K. (2016). Effect of shrimp meal made of heads of black tiger (*Penaeus monodon*) and white leg (*Litopenaeus vannamei*) shrimps on growth performance in broilers. *The Journal of Poultry Science*, *53*(2), 149-152. https://doi.org/10.2141/jpsa.0150008

Research Institute for Aquaculture No.2. (2022). *Current Utilization and Quality of Shrimp By-products from Frozen Shrimp Processing Plants* (*in Vietnamese*). https://vienthuysan2.org.vn/hien-trang-su-dung-va-chat-luong-nguon-phu-pham-tom-tu-nha-may-che-bien-tom-dong-lanh/

Romotowska, P. E., Karlsdóttir, M. G., Gudjónsdóttir, M., Kristinsson, H. G., & Arason, S. (2016). Influence of feeding state and frozen storage temperature on the lipid stability of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *International Journal of Food Science and Technology*, *51*(7), 1711–1720. https://doi.org/10.1111/ijfs.13146

Saeed, S., & Howell, N. K. (2002). Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (*Scomber scombrus*). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *82*(5), 579–586. https://doi.org/10.1002/jsfa.1080

Shi, J., Zhang, L., Lu, H., Shen, H., Yu, X., & Luo, Y. (2017). Protein and lipid changes of mud shrimp (*Solenocera melantho*) during frozen storage: chemical properties and their prediction. *International Journal of Food Properties*, *20*(2), 2043-2056. https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1361973

Siddiqui, H. A., Singh, S., Bahmid, N. A., & Sasidharan, A. (2024). Applying innovative technological interventions in the preservation and packaging of fresh seafood products to minimize spoilage: A systematic review and meta-analysis. *Heliyon, 10*(8), e29066. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29066.

Subbaiah, K., Majumdar, R. K., Choudhury, J., Priyadarshini, B. M., Dhar, B., Roy, D., Saha, A., & Maurya, P. (2015). Protein degradation and instrumental textural changes in fresh Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) during frozen storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, *39*(6), 2206–2214. https://doi.org/10.1111/jfpp.12465

Tan, M., & Xie, J. (2021). Exploring the effect of dehydration on water migrating property and protein changes of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) during frozen storage. *Foods*, *10*(4), 784. https://doi.org/10.3390/foods10040784

Vietnam Association of Seafood Exporters and Producers. (2025). *Infographic: Vietnam's Shrimp Export Performance in 2024* (*in Vietnamese*). https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/infographic/infographic-xuat-khau-tom-viet-nam-nam-2024-32619.html

Zeng, X., Jiao, D., Yu, X., Chen, L., Sun, Y., Guo, A., Zhu, C., Wu, J., Liu, J., & Liu, H. (2022). Effect of ultra-high pressure on the relationship between endogenous proteases and protein degradation of Yesso scallop (*Mizuhopecten yessoensis*) adductor muscle during iced storage. *Food Chemistry*: X, *15*(June), 100438. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100438

Zhan, X., Sun, D. W., Zhu, Z., & Wang, Q. J. (2018). Improving the quality and safety of frozen muscle foods by emerging freezing technologies: A review. *Critical reviews in food science and nutrition*, *58*(17), 2925-2938. https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1345854

Zhou, T., Ding, Y. X., Benjakul, S., Shui, S. S., & Zhang, B. (2023). Characterization of endogenous enzymes in sword prawn (*Parapenaeopsis hardwickii*) and their effects on the quality of muscle proteins during frozen storage. *LWT*, 177, 114563. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114563