

ẢNH HƯỞNG CỦA MUỐI VÀ CÁC PHỤ GIA ĐẾN SỰ TẠO GEL VÀ ĐẶC TÍNH CẤU TRÚC CỦA CHẢ CÁ LÓC ĐÔNG LẠNH

Trần Thanh Trúc, Võ Hoàng Ngân và Nguyễn Văn Mươi

Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 05/08/2016

Ngày chấp nhận: 24/10/2016

Title:

Influence of NaCl and additives on gel formation and texture characteristics of frozen fish bologna

Từ khóa:

Chả cá lóc, chất chống đông, đặc tính cấu trúc, NaCl, tinh bột biến tính

Keywords:

Cryoprotectant, modified starch, NaCl, snakehead fish bologna, textural characteristic

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of addition of food additives (sodium chloride, cryoprotectants and modified starch) on gel formation of frozen fried fish bologna which was processed from cultured snakehead fish meat. In this research, the influence of NaCl (0.5, 1.0, 1.5 and 2%), cryoprotectants (mixture of sucrose and sorbitol at ratio of 1:1 changes from 0 to 4%) and modified starches (0, 2, 3 and 4%) on texture, color and water holding capacity (WHC) of frozen fried snakehead fish bologna were investigated. The results showed that, snakehead fish meat paste had high WHC, gel strength and whiteness of the product if the paste was added 1.5% NaCl, 3% cryoprotectants (1.5% sorbitol and 1.5% sucrose) and 3% modified starch. It indicated that the positive effect of added NaCl and hydrocolloids on texture properties of gel from snakehead fish meat.

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá ảnh hưởng của việc bổ sung phụ gia thực phẩm (muối NaCl, hợp chất chống đông và tinh bột biến tính) đến sự hình thành gel của chả cá lóc chiên đông lạnh được chế biến từ thịt cá lóc nuôi. Trong nghiên cứu này, tác động của tỷ lệ các phụ gia như NaCl (0,5; 1, 1,5 và 2%), hợp chất chống đông (hỗn hợp của sucrose và sorbitol ở tỷ lệ 1:1 từ 0 đến 4%) và tinh bột biến tính (0, 2%, 3% và 4%) đến cấu trúc, màu sắc và khả năng giữ nước của chả cá chiên đông lạnh đã được khảo sát. Kết quả nghiên cứu cho thấy, sản phẩm chả có độ bền gel cao, khả năng giữ nước và màu sắc tốt khi thịt cá lóc được bổ sung với 1,5% NaCl, 3% tinh bột biến tính và 3% hỗn hợp chất chống đông (1,5% sorbitol và 1,5% đường sucrose). Kết quả đã góp phần khẳng định hiệu quả của NaCl và các chất tạo gel đến đặc tính cấu trúc của chả cá lóc.

Trích dẫn: Trần Thanh Trúc, Võ Hoàng Ngân và Nguyễn Văn Mươi, 2016. Ảnh hưởng của muối và các phụ gia đến sự tạo gel và đặc tính cấu trúc của chả cá lóc đông lạnh. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Nông nghiệp (Tập 1): 122-130.

1 GIỚI THIỆU

Trong những năm qua, ngành thủy sản của nước ta tăng trưởng mạnh và là một trong những ngành đứng đầu về các mặt hàng xuất khẩu của cả nước, đưa Việt Nam trở thành một trong mười nước xuất khẩu thủy sản hàng đầu thế giới. Chiếm

khoảng 70% diện tích và 73% sản lượng (Tổng cục Thủy sản, 2012), thủy sản trở thành thế mạnh kinh tế rất quan trọng của vùng Đồng bằng sông Cửu Long, đóng góp phần lớn cho tiêu thụ nội địa và xuất khẩu của cả nước (Đỗ Minh Chung và Lê Xuân Sinh, 2011). Nghề nuôi cá lóc có tốc độ phát triển rất nhanh, sản lượng nuôi tăng từ 5.300 lên

40.000 tấn giai đoạn 2002 - 2009 (Duong và *ctv.*, 2004; Đỗ Minh Chung và Lê Xuân Sinh, 2011). Sản lượng cá lóc tăng nhanh là do mô hình nuôi đa dạng (nuôi ao, vèo ao, vèo sông, lồng/bè và bể lót bạt) và mức độ thâm canh cao với năng suất nuôi có thể đạt được như cá tra (Le *et al.*, 2014). Với diện tích nuôi cá lóc ngày càng mở rộng và không theo quy hoạch nên lượng cung có xu hướng tăng nhanh hơn lượng cầu. Việc tăng đột biến diện tích cá lóc không những dẫn đến nguy cơ ô nhiễm môi trường mà còn gây áp lực, ảnh hưởng đến thị trường tiêu thụ cũng như đời sống người nuôi cá. Việc sử dụng cá lóc trong chế biến các sản phẩm có giá trị kinh tế cao với mục tiêu phát triển, đa dạng hóa sản phẩm từ cá lóc, góp phần kiểm soát thị trường cá lóc cũng như nâng cao giá trị kinh tế của loài cá này đã trở thành yêu cầu bức thiết trong các ngành nghiên cứu chế biến.

Trong các sản phẩm chế biến từ thịt cá thì chả là sản phẩm có từ lâu đời và rất phổ biến ở các nước Đông Nam Á. Ở mỗi quốc gia, chả cá có tên gọi khác nhau như Bebola (Malaysia và Brunei), Bakso (Indonesia), Bola-bolax (Philippine), là một sản phẩm mang tính tiện dụng và có giá trị dinh dưỡng cao với hàm lượng protein cao, lipid thấp, không chứa cholesterol nên cơ thể dễ hấp thu. Chả cá còn là nguồn thực phẩm giàu đạm thích hợp cho những người bị bệnh tiểu đường, béo phì, những người dễ bị dị ứng với mùi tanh của cá. Cấu trúc gel của chả cá được hình thành từ protein cơ thịt cá, mà chủ yếu các protein sợi cơ là yếu tố quan trọng quyết định chất lượng của sản phẩm. Quá trình lạnh đông hoặc trữ đông làm biến tính các protein này và có ảnh hưởng lớn đến đặc tính gel của sản phẩm (Dey and Dora, 2010; MacDonald and Lanier, 1991). Do đó, trong quá trình chế biến các sản phẩm dạng gel nói chung cũng như sản phẩm chả từ cá thì việc cải thiện đặc tính gel của sản phẩm là yếu tố được quan tâm hàng đầu. Muối ăn, hợp chất chống đông (cryoprotectant) và tinh bột biến tính được xem là các phụ gia có vai trò tích cực trong việc hình thành cũng như duy trì đặc tính cấu trúc của sản phẩm dạng gel sau quá trình lạnh đông và trữ đông. Việc bổ sung muối ăn trong giai đoạn tạo nhũ tương, một mặt giúp duy trì nhiệt độ thấp trong quá trình xay thịt tạo nhũ tương và một mặt có tác dụng hòa tan và giải phóng myosin từ cơ thịt, tăng khả năng kết dính các sợi actin và myosin trong thịt (Nguyễn Văn Mười, 2006). Cryoprotectant là hợp chất polyols, sử dụng phổ biến là sorbitol và đường sucrose bổ sung với tỷ lệ 1:1, có vai trò tích cực trong việc bảo vệ protein chống lại sự đông tụ trong suốt quá trình lạnh đông và trữ đông sản phẩm (Park and Lin, 2005). Khi bổ sung các polyols vào sản phẩm, chúng sẽ tham gia vào sự hình thành liên kết của các polypeptide với

nhau bởi các liên kết hydro. Các liên kết trong mạch polypeptide của protein cá tạo thành mạng lưới không gian giúp bao bọc nước và các thành phần có trong thực phẩm, do đó làm tăng khả năng giữ nước cho sản phẩm (Nguyễn Văn Mười và Trần Thanh Trúc, 2014). Ngoài ra, tinh bột biến tính với những tính chất cơ lý đặc trưng có khả năng tương tác với protein nhờ liên kết hydro và lực Van der Waals giúp cho sản phẩm dạng gel tăng cường tính đàn hồi, độ cứng cũng như khả năng giữ nước. Nhờ đó gel protein có sự hiện diện của tinh bột đã có được những tính chất lưu biến đặc trưng mang lại giá trị cảm quan cho sản phẩm (Lê Ngọc Tú và *ctv.*, 2003).

Từ thực trạng trên, việc nghiên cứu vai trò của một số phụ gia thực phẩm trong duy trì đặc tính gel chả cá lóc sau khi chiên và tồn trữ đông đã được triển khai với mong muốn khai thác lợi thế từ nguồn nguyên liệu này trong việc tạo ra một dòng sản phẩm chả cá lóc có chất lượng cao và khả năng bảo quản lâu dài.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Phương tiện nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành tại phòng thí nghiệm Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Khoa Nông nghiệp và Sinh học Ứng dụng, Trường Đại học Cần Thơ.

Nguyên liệu: Cá lóc nuôi có khối lượng từ 400÷700g được thu mua trực tiếp tại vùng nuôi cá lóc ở huyện Tam Bình, tỉnh Vĩnh Long. Cá sau khi thu mua được vận chuyển dạng sống (chứa trong thùng nước) về phòng thí nghiệm, thời gian vận chuyển khoảng 1 giờ. Tại phòng thí nghiệm, cá sống được để ổn định trong bể nước ít nhất một giờ trước khi tiến hành các công đoạn xử lý tiếp theo.

Phụ gia, gia vị sử dụng

- Tinh bột biến tính (Acetylated di-starchadipate, E.1.4.2.2, Pháp).
- Sorbitol (Neo sorbitol, Pháp).
- Muối ăn (Sodium Clorua, Thái Lan).
- STPP (Sodium tripolyphosphate, Pháp).
- Nước đá sử dụng được lạnh đông từ nước sinh hoạt đủ tiêu chuẩn cho thực phẩm có pH = 7.
- Tiêu, tỏi, đường, bột ngọt và dầu chiên được mua từ các siêu thị tại thành phố Cần Thơ, theo các Tiêu chuẩn Việt Nam dùng cho chế biến thực phẩm và còn thời hạn sử dụng.

Dựa trên thí nghiệm thăm dò và các nghiên cứu tương tự (Nguyen and Dang, 2003; Trần Thanh Trúc và *ctv.*, 2013), thành phần các gia vị bổ sung gồm tiêu xay, tỏi sấy và bột ngọt tương ứng với tỷ

lệ 0,5, 0,5 và 0,3%; phụ gia tripolyphosphate bổ sung vào khối paste trong công đoạn phối trộn ở tỷ lệ 0,4%.

2.2 Phương pháp bố trí thí nghiệm

2.2.1 Chuẩn bị nguyên liệu

Trước khi xử lý, cá được xác định khối lượng, sau đó tiến hành gây mê, cắt tiết xả máu trong nước (thời gian

xả máu vào khoảng 5 phút để đảm bảo việc xả máu tốt nhất, giúp thân thịt cá trắng). Tiến hành vây, lột da, cắt đầu, loại ruột, fillet lấy phần thịt cá và loại bỏ phần xương. Phần thịt cá sau khi fillet sẽ được rửa sạch lại bằng nước lạnh (nhiệt độ từ 4÷10°C) để làm chậm vi sinh phát triển và làm chậm các biến đổi sinh hóa cho thịt cá (Hình 1a).



a) Cá lóc sau fillet

b) Mẫu cá sau trữ đông, chuẩn bị xay

Hình 1: Chuẩn bị nguyên liệu cá lóc cho quá trình chế biến chả

Tiếp theo, phần thịt cá sẽ được cắt thành nhiều mảnh nhỏ để xếp thành lớp mỏng vào bao bì PA và cố định khối lượng mỗi mẫu là 500 g (sử dụng 2 bao bì cho một mẻ xay 1 kg), lạnh đông trực tiếp trong tủ đông (sử dụng tủ có nhiệt độ từ -15÷-18 °C) ít nhất 24 giờ trước khi đem xay (Hình 1b). Các thành phần của nguyên liệu sẽ được phân tích cho mỗi đợt lấy mẫu.

2.2.2 Chuẩn bị mẫu chả cá lóc

Thịt cá lóc sau khi lạnh đông sẽ được xay thô để phá vỡ cấu trúc và phối trộn phụ gia theo theo nghiên cứu. Sau đó, chúng ta tiến hành xay mịn khối thịt cá nhưng chú ý giữ lạnh khối paste ở nhiệt độ thấp hơn 14°C trong suốt quá trình xay. Phần paste sau khi xay mịn (chả cá dạng thô hay giò sống) sẽ được định hình ở dạng miếng tròn (chiều dày trung bình 14÷15 mm, đường kính 68÷70 mm, khối lượng mỗi mẫu khoảng 50 g). Sau khi định hình, chả cá miếng được giữ trong tủ mát nhiệt độ từ 2÷4°C để ổn định lại cấu trúc gel và chờ để được hấp sơ bộ ở nhiệt độ 60±2°C trong thời gian 30 phút. Sau khi chiên ngập trong dầu ở nhiệt độ 180°C trong thời gian 3 phút, sản phẩm chả cá được để nguội và đóng gói chân không trước khi lạnh đông, bảo quản.

2.2.3 Phân tích các chỉ tiêu hóa lý của nguyên liệu

Để đánh giá được sự ổn định về chất lượng cũng như tính chất nguyên liệu sử dụng trong nghiên cứu thì việc phân tích các chỉ tiêu hóa lý của cơ thịt cá cần thiết được tiến hành. Nguyên liệu cá lóc sau khi chuẩn bị như ở mục 2.2.1 được lấy ngẫu nhiên 200 g để tiến hành phân tích độ ẩm, protein tổng số, lipid tổng số, pH, khả năng giữ nước. Các chỉ tiêu được phân tích với ít nhất 3 lần lặp lại.

2.2.4 Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của tỷ lệ muối NaCl bổ sung đến đặc tính gel của chả cá lóc chiên sau quá trình lạnh đông

Thí nghiệm được thực hiện với mục tiêu xác định được tỷ lệ muối NaCl bổ sung thích hợp trong việc duy trì đặc tính gel của chả cá lóc chiên sau quá trình lạnh đông. Chuẩn bị mẫu chả cá như ở mục 2.2.2, các phụ gia và gia vị bổ sung như ở Bảng 2.1, đồng thời bổ sung muối NaCl với tỷ lệ tăng dần từ 0,5%, 1%, 1,5% và 2% (w/w). Chả cá sau khi chiên được làm nguội bằng không khí, giữ ổn định 1 giờ và chuẩn bị mẫu để tiến hành phân tích các chỉ tiêu của chả cá ngay sau khi chiên. Một phần mẫu thực hiện cấp đông ở nhiệt độ -40 đến -45°C trong 1 giờ, sau đó chuyển sang trữ đông ở

hiệt độ -18 ± 2 °C. Sau 1 tuần trữ đông, mẫu được tan giá bằng nước chảy tràn đến nhiệt độ phòng trước khi phân tích các chỉ tiêu. Tiến hành đo đặc tính cấu trúc (lực nén, gr) và khả năng giữ nước (%) để biết được tỷ lệ muối thích hợp trong việc duy trì các đặc tính gel của sản phẩm sau quá trình lạnh đông.

2.2.5 Thí nghiệm 2: Tác động của các tỷ lệ hợp chất chống đông bổ sung đến việc duy trì đặc tính gel của chả cá lóc chiên đông lạnh

Mục tiêu của thí nghiệm 2 nhằm tìm ra tỷ lệ của hợp chất chống đông có hiệu quả cao nhất trong việc ổn định đặc tính cấu trúc sản phẩm chả cá lóc chiên sau quá trình lạnh đông. Thí nghiệm được tiến hành như ở thí nghiệm 1 với tỷ lệ muối bổ sung đã được xác định là nghiệm thức tốt nhất. Ở thí nghiệm 2, tiến hành bổ sung hợp chất chống đông (sorbitol và đường ở tỷ lệ 1:1, Park, 2005) với tỷ lệ thay đổi 0, 2, 3 và 4% (w/w). Việc phân tích các chỉ tiêu theo dõi cũng được thực hiện ở 2 công đoạn như thí nghiệm 1 (sau chiên để nguội; sau khi trữ đông 1 tuần và tan giá bằng nước chảy tràn). Kết quả phân tích các chỉ tiêu cấu trúc (lực nén, gr)

và khả năng giữ nước (%) sẽ cho thấy hiệu quả của hợp chất chống đông trong việc ổn định cấu trúc sản phẩm chả cá lóc chiên, từ đó xác định được tỷ lệ hợp chất chống đông có hiệu quả cao nhất.

2.2.6 Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng của tỷ lệ tinh bột biến tính bổ sung đến sự ổn định cấu trúc của chả cá lóc đông lạnh

Thí nghiệm được tiến hành với mục tiêu xác định tỷ lệ tinh bột biến tính bổ sung thích hợp trong việc ổn định cấu trúc của sản phẩm chả cá lóc chiên sau quá trình lạnh đông. Thí nghiệm 3 được thực hiện tương tự như ở thí nghiệm 2 với tỷ lệ hợp chất chống đông là kết quả thích hợp được chọn, tỷ lệ muối bổ sung được lựa chọn từ thí nghiệm 1. Ngoài các thành phần phụ gia trên, tinh bột biến tính được bổ sung với tỷ lệ thay đổi từ 0, 2, 3, 4% (w/w). Tiến hành phân tích chỉ tiêu cấu trúc (lực nén, gr) và khả năng giữ nước (%) ở các thời điểm như ở thí nghiệm 2.

2.3 Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Phương pháp phân tích các chỉ tiêu trong nghiên cứu, thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1: Phương pháp phân tích các chỉ tiêu hóa lý

Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
Đậm tổng số (%)	Phương pháp Kjeldahl, TCVN 8125:2009
Lipid tổng số (%)	Phương pháp Soxhlet, TCVN 8125:2009
Chỉ số độ trắng (WI) (WI = L* - 3b*)	Đo bằng thiết bị đo màu NH300 (Trung Quốc) với hệ màu CIE bằng đèn D65
Khả năng giữ nước, WHC (%)	Phương pháp nén áp lực trên giấy lọc (Grau and Hamm, 1957; trích dẫn bởi Honikel and Hamm, 1994)
Độ ẩm (%)	Xác định bằng phương pháp NMKL số 57-1994
Cấu trúc (Lực nén, gr)	Sử dụng máy đo Rheotex, dùng đầu bi tròn đường kính 5 mm, cố định đường đi 4 mm. Mẫu hình trụ có đường kính 22 mm, chiều cao 15 mm

Các thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên, lặp lại 3 lần. Khối lượng mỗi mẫu là 1 kg thịt cá sau khi đông lạnh. Thông số thích hợp được lựa chọn từ kết quả của thí nghiệm trước được sử dụng làm nhân tố cố định cho thí nghiệm kế tiếp. Kết quả của các thí nghiệm được thống kê và phân tích theo phần mềm thống kê Statgraphics Centurion XVI, phân tích phương sai ANOVA và kiểm định LSD để kết luận sự sai khác giữa trung bình các nghiệm thức.

3 KẾT QUẢ THẢO LUẬN

3.1 Các chỉ tiêu hóa lý của nguyên liệu thịt cá lóc

Cá lóc sau khi xử lý được tiến hành phân tích để xác định các chỉ tiêu hóa lý, làm cơ sở cho việc chuẩn bị nguồn nguyên liệu đồng đều đối với các khảo sát tiếp theo. Kết quả phân tích và thống kê thành phần hóa lý được tổng hợp trong Bảng 2.

Bảng 2: Chỉ tiêu hóa lý trong thịt cá lóc

Chỉ tiêu khảo sát	Giá trị
Độ ẩm (%)	77,68±1,41
Protein (%)	19,23±0,64
Lipid (%)	2,55±0,04
pH	6,71±0,21
Khả năng giữ nước (%)	67,11±1,49
Hiệu suất thu hồi thịt cá (%)	47,60±1,40

Kết quả ở Bảng 2 cho thấy hiệu suất thu hồi của quá trình fillet thịt cá lóc đạt 47,60±1,4%. Hiệu suất fillet của cá phụ thuộc vào rất nhiều yếu tố như kích thước cá, độ tuổi cá, đặc điểm của loài và giai đoạn sinh trưởng và cả tay nghề của người thực hiện. So sánh với kết quả đánh giá hiệu suất thu hồi thịt cá sau công đoạn fillet ở các loài cá khác, điển hình như giống cá da trơn (*Ictalurus punctatus*) được nuôi ở vùng Mississippi, tỷ lệ thịt cá thu được từ 35,8÷36,3% (hay định mức fillet là

2,75÷2,79) tùy theo khối lượng cá nguyên con ban đầu (Li *et al.*, 2001).

Xét về thành phần dinh dưỡng, kết quả khảo sát cho thấy, thịt cá lóc có giá trị dinh dưỡng cao với tỷ lệ protein đạt 19,23%, điều này cho thấy triển vọng của việc sử dụng thịt cá trong chế biến các sản phẩm cần đặc tính của protein, điển hình là đặc tính tạo gel trong sản phẩm chả. Ưu điểm của nguồn nguyên liệu này là tỷ lệ lipid tương đối thấp (2,55 %), nhờ đó hạn chế sự oxy hóa hay thủy phân chất béo trong quá trình chế biến và bảo quản. Mặc dù vậy, tỷ lệ lipid của thịt cá lóc khảo sát vẫn cao hơn so với kết quả của Bykov (1983) ghi nhận lipid rất thấp 0,57% trong thịt cá lóc phát triển tự nhiên. Xét về độ ẩm, nguyên liệu đạt giá trị 77,68±1,41% cao hơn mức trung bình độ ẩm của cá lóc đã được công bố bởi Wimalasena and Jayasuriya (1996) là 75,3±4,2%. Kết quả phân tích cũng cho thấy khả

năng giữ nước của cơ thịt cá khá cao (67,11 ± 1,49%). Tuy nhiên, giá trị WHC này lại rất thấp khi so sánh với khả năng giữ nước của một số loài cá khác, điển hình như cá tuyết đến 80% (Gao, 2007). Trong khi đó, các quá trình xử lý và chế biến tiếp theo (đặc biệt là tác động của nhiệt độ cao khi chiên) có khả năng dẫn đến sự đông tụ protein và làm giảm khả năng giữ nước của cơ thịt cá (Zhang *et al.*, 1995). Chính vì vậy, việc bổ sung các thành phần phụ gia duy trì khả năng giữ nước của protein là vấn đề cần được quan tâm trong quá trình nghiên cứu chế biến.

3.2 Ảnh hưởng của tỷ lệ muối NaCl bổ sung đến đặc tính cấu trúc của chả cá lóc chiên sau lạnh đông

Tác động của tỷ lệ muối bổ sung đến việc cải thiện khả năng giữ nước và cấu trúc sản phẩm chả cá lóc chiên được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3: Ảnh hưởng của tỷ lệ muối bổ sung đến khả năng giữ nước (WHC) và cấu trúc (lực nén) của sản phẩm trước lạnh đông và sau khi trữ đông 1 tuần

Tỷ lệ NaCl (%)	Khả năng giữ nước (WHC, %)		Lực nén (g)	
	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần
0,5	57,09±0,69 ^a	54,63±0,58 ^a	492,67±10,21 ^{ab}	446,67±07,51 ^{ab}
1,0	60,85±0,55 ^c	59,13±0,68 ^d	520,00±11,53 ^c	483,33±08,14 ^c
1,5	60,46±0,47 ^c	58,06±0,37 ^c	505,67±08,62 ^{bc}	461,67±09,29 ^b
2,0	59,07±0,62 ^b	56,80±0,33 ^b	479,00±11,00 ^a	433,67±07,02 ^a

(Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở độ tin cậy 95%)

Kết quả cho thấy, đặc tính gel (khả năng giữ nước, lực nén) của chả cá lóc chiên có sự phụ thuộc rất lớn vào tỷ lệ muối NaCl bổ sung. Khi tỷ lệ NaCl bổ sung tăng từ 0,5% lên 1% thì đặc tính gel của sản phẩm được tăng cường. Điều này do muối bổ sung đã làm tăng nồng độ ion Cl⁻ trong sản phẩm, tạo điều kiện hình thành phức hợp giữa myosin và ion Cl⁻ làm tăng lực ion giữa các tế bào sợi cơ là nguyên nhân giúp cải thiện khả năng giữ nước và cấu trúc của sản phẩm của sản phẩm (Offer and Knight, 1988). Ngoài ra, nghiên cứu của Razavi-Shirazi (2002) đã chứng minh tác động cộng hưởng của NaCl đối với polyphosphate trong việc cải thiện đặc tính gel của sản phẩm. Muối NaCl tác động đến việc giảm độ đẳng điện của protein cơ thịt từ 0,1 đến 0,2 đơn vị do sự thay thế của ion Na⁺ ở bề mặt protein và giải phóng H⁺, tạo điều kiện cho sự hình thành liên kết hydro của polyphosphate, nhờ đó làm gia tăng sự liên kết giữa các nút mạng protein-protein và giữa protein với các thành phần như tinh bột bổ sung vào trong quá trình chế biến được chặt chẽ hơn. Sự tăng đặc tính gel khi tăng tỷ lệ muối trong khoảng 0,5% đến 1% có sự khác biệt về thống kê. Trong khi đó, khi

tỷ lệ muối bổ sung tăng thêm (đến 0,15%) không làm thay đổi đặc tính gel của sản phẩm trước lạnh đông nhưng có sự giảm rõ rệt ở cả mẫu trước và sau 1 tuần trữ đông khi tỷ lệ muối bổ sung tăng lên đến 2%. Ở tỷ lệ muối sử dụng lớn hơn 2%, cấu trúc hệ gel của protein có dấu hiệu bị phá vỡ do sự tăng khả năng hòa tan của các protein sợi cơ mà đặc biệt là myosin cùng với sự kết tụ của protein chất cơ. Tất cả điều này đã làm giảm khả năng giữ nước cũng như cấu trúc hệ gel bị tổn thương (Trần Thanh Trúc và *ctv.*, 2013).

Bên cạnh đó, Bảng 3 còn cho thấy sau một tuần trữ đông thì khả năng giữ nước của chả cá giảm đáng kể. Điều này xảy ra do trong quá trình lạnh đông, protein cơ thịt bị tổn thương và sự biến tính protein xảy ra, kết quả là tính chất chức năng của protein bị ảnh hưởng (Nguyễn Văn Mười và *ctv.*, 2012). Ở 4 tỷ lệ muối khảo sát, đặc tính gel của mẫu có tỷ lệ NaCl bổ sung 1% có khả năng duy trì tốt hơn so với các tỷ lệ muối còn lại. Ngoài ra, cùng với xu hướng giảm tiêu thụ muối như hiện nay thì sản phẩm có hàm lượng NaCl bổ sung thấp hơn dễ dàng được chấp nhận. Do đó, tỷ lệ muối

NaCl bổ sung 1% được lựa chọn để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo, đặc biệt là nghiên cứu giảm thiểu tác động của lạnh đông và trữ đông đến đặc tính gel của chả cá lóc chiên.

3.3 Tác động của việc bổ sung hợp chất chống đông ở các tỷ lệ khác nhau đến chất lượng chả cá lóc chiên đông lạnh

Đặc tính chức năng của gel protein thể hiện ở sự duy trì khung mạng protein – protein cũng như protein – nước có thể bị phá vỡ do tác động của tiến trình xử lý nhiệt – cả ở nhiệt độ cao và nhiệt độ thấp. Trong đó, quá trình trữ đông thời gian dài thường là nguyên nhân dẫn đến sự phá vỡ hoàn toàn hệ gel (Shaviklo *et al.*, 2010). Các hợp chất carbohydrate, đặc biệt là các nhóm polyol thường được bổ sung vào các sản phẩm surimi hay paste cá giúp các tính năng của protein cơ được bảo vệ

trong quá trình đông lạnh (Sarker *et al.*, 2012). Hỗn hợp chất chống đông gồm đường sucrose và sorbitol bổ sung với tỷ lệ 1:1 tỏ ra hiệu quả nhất khi bảo vệ protein chống lại sự đông tụ trong suốt quá trình lạnh đông và trữ đông sản phẩm (Park, 2005). Nghiên cứu tác động của hỗn hợp này (sucrose và sorbitol) ở các tỷ lệ khác nhau đến sự ổn định đặc tính gel của sản phẩm thể hiện ở việc duy trì khả năng giữ nước của sản phẩm sau các quá trình xử lý nhiệt (chiên, trữ đông) được xác định. Sự thay đổi khả năng giữ nước và đặc tính cấu trúc của sản phẩm trước lạnh đông và sau khi trữ đông 1 tuần được thể hiện ở Bảng 4.

Kết quả ở Bảng 4 cho thấy, khi tỷ lệ chất chống đông bổ sung tăng thì có sự gia tăng của khả năng giữ nước và lực nén của sản phẩm chả cá lóc chiên tương ứng.

Bảng 4: Ảnh hưởng của tỷ lệ hợp chất chống đông bổ sung đến khả năng giữ nước (WHC) và đặc tính cấu trúc (lực nén) của sản phẩm

Tỷ lệ chất chống đông (%)	WHC (%)		Lực nén (gr)	
	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần
0	60,55±0,64 ^a	57,78±0,80 ^a	513,33±6,81 ^a	468,33±11,02 ^a
2	67,03±0,55 ^b	65,26±1,15 ^b	528,00±9,00 ^{ab}	504,33±15,50 ^b
3	68,83±0,84 ^c	67,80±0,71 ^c	542,33±16,56 ^{bc}	535,00±17,69 ^c
4	68,93±0,98 ^c	67,90±0,65 ^c	551,00±12,12 ^c	536,00±10,82 ^c

(Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở độ tin cậy 95%)

Việc bổ sung sucrose và sorbitol đã tạo nên sự tương tác của các nhóm –OH qua cầu nối hydro, làm tăng hiệu quả tương tác và liên kết trong mạch polypeptide của protein cá, tạo thành mạng lưới không gian giúp bao bọc nước và các thành phần có trong sản phẩm, do đó làm tăng khả năng giữ nước của sản phẩm. Tuy nhiên, khả năng giữ nước và lực nén chỉ tăng mạnh (có sự khác biệt về thống kê) khi tỷ lệ hợp chất chống đông tăng từ 0% đến 3% ở cả mẫu trước và sau trữ đông 1 tuần. Tỷ lệ hợp chất chống đông tiếp tục tăng đến 4% thì khả năng giữ nước cũng như lực nén của sản phẩm không có sự khác biệt. Điều này phù hợp với

nghiên cứu của Timasheff (1982): việc bổ sung các hợp chất chống đông giúp gia tăng sức căng bề mặt của nước cũng như các năng lượng liên kết, ngăn ngừa tách nước từ protein, nhờ đó tạo sự ổn định protein. Do đó, khi tỷ lệ hợp chất chống đông cao hơn thì các liên kết giữ nước đã hình thành tối đa nên không làm gia tăng đặc tính gel của sản phẩm.

Xét về tác động của chất chống đông đến màu sắc của chả cá sau khi chiên, Kết quả ở Bảng 5 và Bảng 6 cho thấy, việc bổ sung các tỷ lệ chất chống đông khác nhau có ảnh hưởng đáng kể đến sự thay đổi độ sáng L*, độ màu b* và độ trắng L*-3b*.

Bảng 5: Ảnh hưởng của tỷ lệ chất chống đông đến sự thay đổi độ sáng L* và độ trắng của sản phẩm

Tỷ lệ chất chống đông (%)	Giá trị độ sáng L*		Giá trị độ trắng (L*-3b*)	
	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần
0	91,89 ± 0,50 ^d	85,74 ± 0,25 ^c	73,26 ± 0,43 ^a	71,04 ± 0,81 ^a
2	89,93 ± 0,84 ^c	81,94 ± 0,47 ^b	76,70 ± 0,51 ^b	75,62 ± 0,52 ^b
3	87,52 ± 0,46 ^b	79,99 ± 0,78 ^b	78,32 ± 1,11 ^c	77,13 ± 1,09 ^c
4	84,42 ± 1,40 ^a	76,5 ± 1,84 ^a	77,16 ± 0,68 ^{bc}	77,19 ± 0,48 ^c

(Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở mức độ tin cậy 95%)

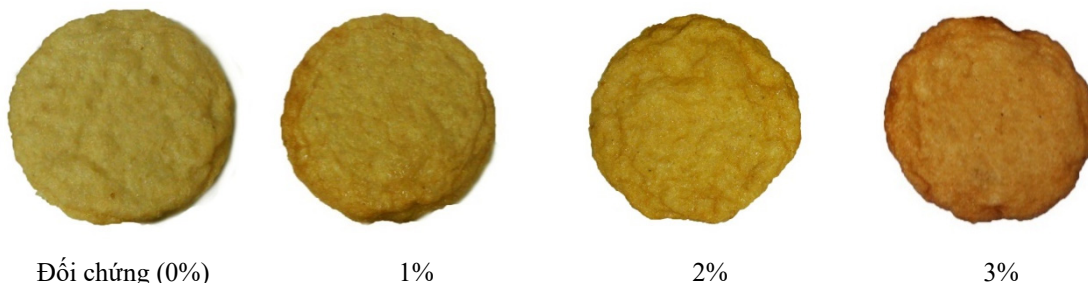
Bảng 6: Ảnh hưởng của tỷ lệ chất chống đông đến sự thay đổi độ màu b* của sản phẩm

Tỷ lệ chất chống đông (%)	Giá trị độ màu b*	
	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần
0	18,21 ± 0,15 ^a	18,25 ± 0,39 ^a
2	23,84 ± 0,73 ^b	23,73 ± 0,38 ^b
3	25,01 ± 0,25 ^c	25,35 ± 0,77 ^c
4	25,33 ± 0,26 ^c	26,65 ± 0,47 ^d

(Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở mức độ tin cậy 95%)

Kết quả thí nghiệm ở Bảng 5 và Bảng 6 một lần nữa đã khẳng định tác động của việc sử dụng chất chống đông đến sản phẩm chả cá thông qua màu sắc của sản phẩm. Độ sáng L* bên ngoài của sản

phẩm giảm dần và màu vàng b* bên ngoài của sản phẩm tăng dần khi tăng tỷ lệ hợp chất sucrose và sorbitol. Điều này xảy ra do hàm lượng sucrose cao sẽ thúc đẩy phản ứng Maillard làm màu sắc sản phẩm sậm dần khi tăng tỷ lệ chất chống đông. Kết quả thí nghiệm ở Bảng 5 cho thấy, độ trắng của sản phẩm thấp nhất ở mẫu không sử dụng chất chống đông và tăng dần khi tăng tỷ lệ hợp chất chống đông bổ sung, độ trắng sản phẩm cao nhất ở mẫu 3% và 4% hỗn hợp sucrose và sorbitol. Ngoài ra, quá trình lạnh đông cũng có tác động đến màu sắc của sản phẩm. Giá trị độ sáng L* bên ngoài của sản phẩm giảm đáng kể trong khi độ trắng ở mặt sản phẩm thay không đáng kể sau quá trình trữ đông. Ở mẫu không bổ sung sorbitol và sucrose, độ trắng sản phẩm đã giảm đáng kể sau quá trình trữ đông 1 tuần. Giá trị độ trắng của sản phẩm trước và sau khi trữ đông 1 tuần đạt cao nhất khi sử dụng tỷ lệ 3% và 4% hợp chất chống đông.



Hình 2: Ảnh hưởng của các tỷ lệ chất chống đông khác nhau đến màu sắc chả cá lóc chiên

Như vậy, trong thực nghiệm, để đạt hiệu quả kinh tế cao thì tỷ lệ 3% chất chống đông cho kết quả khả năng giữ nước cao và vẫn giữ được trắng bên trong của sản phẩm trước và sau trữ đông.

3.4 Ảnh hưởng của tinh bột biến tính bổ sung đến sự ổn định cấu trúc của chả cá lóc đông lạnh

Tinh bột có thể tương tác với protein làm cho sản phẩm có những tính chất cơ lý nhất định như độ đàn hồi, độ cứng cũng như khả năng giữ nước của protein tăng lên. Trong trường hợp này cả protein và tinh bột đều sắp xếp lại phân tử để tạo thành gel và tương tác với nhau. Chính nhờ khả năng này của tinh bột mà các gel protein trong các sản phẩm có được những tính chất lưu biến cũng như những tính chất cảm quan hấp dẫn hơn (Lê Ngọc Tú và ctv., 2003). Ngoài ra, việc bổ sung tinh bột biến tính vào các sản phẩm dạng gel không chỉ

làm thay đổi kết cấu, đặc tính cấu trúc, cải thiện sự ổn định của sản phẩm sau quá trình lạnh đông và tan giá mà còn đóng vai trò như một chất độn giúp giảm giá thành sản phẩm (Lee et al., 1992). Kết quả về sự tác động của tinh bột biến tính đến sự thay đổi khả năng giữ nước và cấu trúc của sản phẩm được trình bày trong Bảng 7.

Kết quả cho thấy, tỷ lệ tinh bột biến tính bổ sung có tác động lớn đến đặc tính gel của sản phẩm chả cá lóc chiên. Khả năng giữ nước sản phẩm tăng khi tỷ lệ tinh bột biến tính bổ sung tăng ngay cả đối với sản phẩm trước lạnh đông và sau khi trữ đông 1 tuần. Cierach et al. (2014) đã cho thấy hiệu quả cải thiện khả năng giữ nước của tinh bột biến tính ở các sản phẩm từ cá xay còn do sự nâng cao giá trị pH nhờ vào pH của tinh bột biến tính sử dụng (pH của tinh bột biến tính ở tỷ lệ 3% là 7,52) cao hơn so với pH đẳng điện (pI) của myosin trong thịt cá (thường có giá trị trung bình là 5,4).

Bảng 7: Ảnh hưởng của tỷ lệ tinh bột biến tính bổ sung đến khả năng giữ nước (WHC) và cấu trúc (lực nén) của sản phẩm

% tinh bột	WHC (%)		Lực nén (%)	
	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần
0	70,82±0,99 ^a	69,68±0,96 ^a	535,67±9,71 ^a	526,00±15,52 ^a
2	72,93±1,05 ^b	71,88±0,45 ^b	559,33±9,29 ^b	552,00±10,58 ^b
3	74,73±0,52 ^c	73,94±0,57 ^c	575,33±11,02 ^b	568,33±09,50 ^b
4	73,93±0,44 ^{bc}	72,96±0,40 ^{bc}	609,00±11,00 ^c	617,33±08,39 ^c

(Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở độ tin cậy 95%)

Bên cạnh đó, khả năng giữ nước của chả cá có bổ sung tinh bột biến tính sau quá trình trữ đông vẫn được duy trì đã chứng tỏ hiệu quả của tinh bột biến tính trong trữ đông do thành phần tinh bột này không bị ảnh hưởng của quá trình lạnh đông và trữ đông. Tuankriangkrai và Benjakul (2010) đã báo cáo tinh bột sản biến tính có tác động đến các thuộc tính cấu trúc và cảm quan của gel thịt cá hồng vàng (*Lutjanus lineolatus*) trong chu kỳ lạnh đông - tan giá khác nhau. Kết quả ở Bảng 7 cũng cho thấy mặc dù tinh bột đóng vai trò tích cực trong các sản phẩm dạng gel nhờ đặc tính đồng tạo gel, nhưng việc sử dụng tinh bột trong các sản phẩm nhũ tương có giới hạn. Tỷ lệ tinh bột bổ sung quá nhiều sẽ ảnh hưởng tiêu cực đến sản phẩm, do tinh bột có độ ẩm rất thấp nên việc bổ sung tinh bột với tỷ lệ cao có thể sẽ dẫn đến sản phẩm bị khô và phá vỡ đặc tính đàn hồi của sản phẩm, làm cho sản phẩm có cấu trúc thô cứng (Prabpree and Pongsawatmanit, 2011).

Một vấn đề tích cực của việc bổ sung tinh bột trong chế biến các sản phẩm protein từ thịt cá ở dạng paste là sự cải thiện độ trắng của sản phẩm (tăng giá trị L* và giảm nhẹ giá trị b*). Bên cạnh đó, sự hiện diện của tinh bột ở tỷ lệ phù hợp (trường hợp khảo sát là 3 và 4%) còn giúp ổn định màu của sản phẩm trong quá trình trữ đông. Điều này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Tuankriangkrai and Benjakul (2010): tinh bột biến tính có khả năng cải thiện độ sáng cũng như độ trắng của gel thịt cá dưới tác động của quá trình lạnh đông và tan giá. Tuy nhiên, tinh bột có độ ẩm thấp có thể gây nên hiện tượng khô bề mặt và sậm màu sản phẩm, giảm giá trị cảm quan và chất lượng thành phẩm (Nguyễn Văn Mười, 2006). Kết quả khảo sát cho thấy, việc bổ sung tinh bột biến tính 3% sẽ giúp cải thiện đặc tính gel của sản phẩm chả cá lóc chiên

Bảng 8: Ảnh hưởng của tỷ lệ tinh bột biến tính bổ sung đến giá trị L* và giá trị b* của sản phẩm trước lạnh đông và sau khi trữ đông 1 tuần

Tinh bột (%)	Giá trị độ sáng L*		Giá trị độ màu b*	
	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần	Trước lạnh đông	Trữ đông 1 tuần
0	87,46±0,38 ^a	80,09±0,48 ^a	25,13±0,32 ^c	25,87±0,43 ^c
2	90,44±0,43 ^b	87,51±0,33 ^b	23,87±0,43 ^b	24,76±0,35 ^b
3	91,52±0,34 ^c	91,01±0,55 ^c	22,13±0,45 ^a	22,45±0,37 ^a
4	92,02±0,64 ^c	91,43±0,45 ^c	22,34±0,62 ^a	22,56±0,45 ^a

(Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở độ tin cậy 95%)

4 KẾT LUẬN

Đặc tính gel có vai trò quyết định chất lượng cũng như giá trị của sản phẩm chả. Kết quả các thí nghiệm đã chỉ ra rằng, việc bổ sung 1,5% muối NaCl, 3% hợp chất chống đông (hỗn hợp của sucrose và sorbitol ở tỷ lệ 1:1) và 3% tinh bột biến tính vào quá trình xay giúp cải thiện đáng kể đặc tính gel của chả cá lóc chiên cũng như duy trì được đặc tính gel của sản phẩm dưới tác động của quá trình lạnh đông.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bykov, V.P., 1983. Marine Fishes: Chemical composition and processing properties. New Delhi: Amerind Publishing Co. Pvt. Ltd. 322 p.
 Cierach, M., Idaszewska, N., Niedzwiedz, J., 2014. Quality features of meat products with the addition of modified starches. Journal of International Scientific Publications: Agriculture and Food, 2: 439-447.

- Dey S.S., Dora K.C., 2010. Effect of sodium lactate as cryostabilizer on physic-chemical attributes of croaker (*Johnius gangeticus*) muscle protein. *Journal of Food Science and Technology*. 47(4):432–436.
- Duong, N.L., Nguyen, A.T.L., Nguyen, V.T., Le, S.T, Lam and Jean – Claude, M., 2004. Artificial reproduction, larvae rearing and market production techniques of a new species for fish culture: Snakehead (*Channa striata* Bloch, 1795). *Academic Research Science*. 50 (4): 497-519.
- Đỗ Minh Chung và Lê Xuân Sinh, 2011. Phân tích chuỗi giá trị cá lóc (*Channa sp.*) nuôi ở Đồng bằng sông Cửu Long. *Kỷ yếu Hội nghị khoa học Thủy sản lần 4*: 512-523.
- Gao, H.Y. 2007. Methods of precooling for fresh cod (*Gadus morhua*) and influences on quality during chilled storage at 1.5°C. Final Project. United Nations University - Fisheries Training Program, Iceland.
- Honikel, K.O., and Hamm, R., 1994. Measurement of water-holding capacity and juiciness. In: *Advances in Meat Research*. Vol. 9. Quality Attributes and Their Measurement in Meat, Poultry and Fish Products (ed. A.M. Pearson and T.R. Dutson). Blackie Academic and Professional. London, UK. Pp. 125-161.
- Lê Ngọc Tú, Bùi Đức Hợi, Lưu Duẩn, Ngô Hữu Hợp, Đặng Thị Thu, Nguyễn Trọng Căn, 2003. *Hóa học thực phẩm*. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- Le, X.S., H. N. Robert and S. Pomeroy, 2014. Value Chain of Snakehead Fish in the Lower Mekong Basin of Cambodia and Vietnam. *Aquaculture Economics and Management*. 18: 76-96.
- Lee, C.M., Wu, M.C., Okada, M., 1992. Ingredient and formulation technology for surimi-based products. In *Surimi Technology*. Marcel Dekker Inc.: New York pp. 273–302.
- Li, M. L., Manning, B. B., Robinson, E. H., 2001. Comparison of Growth, Processing Yield, and Body Composition of USDA103 and Mississippi “Normal” Strains of Channel Catfish Fed Diets Containing Three Concentrations of Protein. *Journal of the World Aquaculture Society*. 32 (4): 17-25.
- MacDonald, G. A., and T. C. Lanier, 1991. Carbohydrates as cryoprotectants for meats and surimi. *Food Technology*. 45:150–159.
- Nguyen Van Muoi and Dang Thi Thao Nguyen, 2003. Apply gel properties of protein in processing fish ball from abundant raw material in Mekong delta: pangas catfish (*Pangasius hypophthalmus*). Proceedings in “8th Asean Food conference, October 8-11, 2003, Hanoi, Vietnam”: 96-103.
- Nguyễn Văn Mười, 2006. Công nghệ chế biến thịt. Nhà xuất bản Giáo dục.
- Nguyễn Văn Mười, Lâm Hòa Hưng và Trần Thanh Trúc, 2012. Một số yếu tố ảnh hưởng đến đặc tính cấu trúc và khả năng bảo quản thanh giả của từ surimi thịt dè cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 24a: 233-243.
- Nguyễn Văn Mười và Trần Thanh Trúc, 2014. Xử lý sau thu hoạch và chế biến sản phẩm động vật. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Offer, G. and P. Knight, 1988. Structural basis of water-holding in meat. 2. Drip losses. *Developments in Meat Science*. Springer.
- Park, J.W. and T.M.J. Lin, 2005. Surimi: Manufacturing and evaluation. In: J.W. Park (Editor). *Surimi and Surimi Seafood*, 2nd edn, pp. 33–98. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Park, J.W., 2005. Surimi sea food: products, markets and manufacturing. In: Park J.W., editor. *Surimi and Surimi sea food*, Boca Raton: Taylor and Francis Group: 375-434.
- Prabree, R. and Pongsawatmanit, R., 2011. Effect of Tapioca Starch Concentration on Quality and Freeze-Thaw Stability of Fish Sausage. *Kasetsart Journal: Natural Science*. 45: 314 – 324
- Razavi-Shirazi, F., 2002. U.S. Patent No. 6,337,019. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Sarker Z. I., Elgadir M. A., Ferdosh S., Akanda J. H., Manap M. Y. A. and Noda T., 2012. Effect of some biopolymers on the rheological behavior of surimi gel. *Molecules*. 17: 5733-5744.
- Shaviklo, G.R., Arason, S., Thorkelsson, G., Sveinsdottir, M., 2010. Sensory attributes of haddock balls affected by added fish protein isolate and frozen storage. *Journal of Sensory Studies*. 3: 316-331.
- Timasheff, S.N., 1982. Preferential interaction in protein-water-cosolvent systems in Biophysics of Water, F. Franks and S. Mathias, Eds., Wiley, New York, pp. 70-72.
- Tổng cục Thủy sản, 2012. Báo cáo tóm tắt quy hoạch tổng thể phát triển ngành thủy sản Việt Nam đến năm 2020 và tầm nhìn 2030. Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn.
- Trần Thanh Trúc, Nguyễn Hùng Đức và Nguyễn Văn Mười, 2013. Ảnh hưởng của quá trình rửa và cryoprotectant đến đặc tính cấu trúc của surimi từ thịt dè cá tra. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*. 27(B): 79-87.
- Tuankriangkrai S. and Benjakul S., 2010. Effect of modified tapioca starch on the stability of fish mince gels subjected to multiple freeze-thawing. *Journal of Muscle Foods*. 21: 399-416.
- Wimalasena S. and Jayasuriya M. N. S., 1996. Nutrient analysis of some fresh water fish. *Journal of National Science Council of Sri Lanka*. 24 (1): 21-26.
- Zhang, Y., P. Anninos, and M.L. Norman, 1995. A multispecies model for hydrogen and helium absorbers in Lyman-Alpha forest clouds. *The Astrophysical Journal Letters*. 453(2): L57.