



DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.013

ẢNH HƯỞNG CỦA PHỤ GIA MUỐI ĐẾN KHẢ NĂNG HÒA TAN, THU HỒI VÀ CHẤT LƯỢNG GEL PROTEIN TỪ THỊT CÁ SÒNG (*Megalaspis cordyla*)

Nguyễn Thị Như Hạ* và Nguyễn Đỗ Quỳnh

Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Thị Như Hạ (email: nhuha@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 29/09/2022

Ngày nhận bài sửa: 18/10/2022

Ngày duyệt đăng: 25/10/2022

Title:

Effects of salt additives on the solubility, percent yield and quality of the recovered protein from torpedo scad (*Megalaspis sp.*)

Từ khóa:

Cá sòng, độ bền gel, hiệu suất thu hồi, K_2CO_3 -E501, Na_2CO_3 -E500(i), Na_3PO_4 -E339(iii)

Keywords:

Gel strength, potassium carbonate-E501, percent yield, sodium carbonate- E500(i), torpedo scad, trisodium phosphate- E339(iii)

ABSTRACT

The aim of the study was to investigate the effect of salt additives (base) including K_2CO_3 -E501, Na_2CO_3 -E500(i), Na_3PO_4 -E339(iii) on the solubility and recovery yield and protein gel quality of Torpedo scad (*Megalaspis cordyla*) meat. Three salt additives were used to raise the alkaline pH of the paste at 4 pH levels (8, 9, 10 and 11) for evaluating the solubility. Then, HCl was used to decrease pH to acidic conditions at 4 levels (3, 4, 5, and 5.5) to acquire precipitates. The recovery yield and quality of the obtained gel protein were assessed. The results showed that the highest solubility was appropriate to pH 11 for all three salts. Particularly, in acidic conditions, protein gel precipitated corresponding to Na_2CO_3 salt at pH 4, K_2CO_3 salt at pH 5.5, and Na_3PO_4 salt at pH 5.5 showed the significantly higher parameters of recovery efficiency, gel strength, hardness, toughness, elasticity, whiteness and protein concentration compared to those of other treatments.

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá ảnh hưởng của phụ gia muối (bazo) K_2CO_3 -E501, Na_2CO_3 -E500(i), Na_3PO_4 -E339(iii) đến khả năng hòa tan và chất lượng protein thu hồi từ thịt cá sòng (*Megalaspis cordyla*). Sử dụng lần lượt 3 loại phụ gia muối để nâng pH kiềm khối paste cá tại 4 mức pH (8, 9, 10 và 11) để đánh giá khả năng hòa tan protein thịt cá; sau đó dùng HCl hạ pH acid ở 4 mức (3, 4, 5 và 5,5) để thu kết tủa. Kết tủa thu được đánh giá hiệu suất thu hồi và chất lượng sản phẩm gel protein. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng hòa tan protein thịt cá cao nhất tại pH 11 với cả ba loại muối. Trong đó, gel protein với pH acid kết tủa tương ứng muối Na_2CO_3 tại pH 4, muối K_2CO_3 tại pH 5,5 và muối Na_3PO_4 tại pH 5,5 cho thấy chỉ số về hiệu suất thu hồi, độ bền gel, độ cứng, độ dai, độ đàn hồi, độ trắng và hàm lượng protein cao hơn có ý nghĩa thống kê so với gel protein thu nhận từ các phương pháp xử lý còn lại.

1. GIỚI THIỆU

Cá sòng (*Megalaspis cordyla*) là cá biển có thịt ngọt, thơm ngon và là nguyên liệu cá phổ biến, dễ tìm tại các chợ đầu mối, thuộc nhóm có kích thước trung bình và cung cấp thị trường trong nước và xuất

khẩu (Huấn và ctv., 2017). Cá sòng béo vừa và được chọn làm thay thế cho cá ít béo trong sản xuất chả cá (Eymard et al., 2010). Ngoài ra, loài này đã được nghiên cứu trong sản xuất surimi nhằm nâng cao khả năng tạo gel (Wu et al., 2011). Surimi là chất nền protein quan trọng để sản xuất các sản phẩm mô

phông và có nguồn gốc là sản phẩm truyền thống từ Nhật Bản (Park, 2013). Các chuyên gia của FAO về thực phẩm đã nhận định rằng surimi là cơ sở thực phẩm trong tương lai (Luyến, 2004). Surimi có hàm lượng protein cao, không cholesterol, hàm lượng lipid thấp, là chất nền protein quan trọng để sản xuất các sản phẩm mô phỏng (Park & Lin, 2005). Các sản phẩm giá trị gia tăng và sản phẩm mô phỏng chế biến từ surimi ngày càng phong phú và đa dạng như giả tôm, giả cua và chao (Luyến và ctv., 2010). Công nghệ sản xuất surimi gồm các công đoạn chính như xử lý tách thịt cá, xay nhỏ, rửa, quết, phối trộn, định hình, gia nhiệt, cấp đông và bảo quản (Park & Lin, 2005). Trong đó, xay, rửa, quết, gia nhiệt là các công đoạn quan trọng quyết định tính chất gel của surimi như độ bền gel, độ cứng, độ dai, độ đàn hồi, độ cô kết (Luyến và ctv., 2010). Nhằm tạo được sản phẩm surimi đạt chất lượng thì rửa là công đoạn quan trọng trong quá trình sản xuất surimi quyết định chất lượng khối gel surimi ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng thu hồi protein (Luyến và ctv., 2010). Nhiều nghiên cứu đã chứng minh việc sử dụng phương pháp thu hồi protein qua thay đổi pH giúp cho màu sắc surimi trắng hơn nhờ loại được nhiều myoglobin (Chaijan et al., 2006).

Quy trình sản xuất surimi thường sử dụng phương pháp truyền thống là rửa bằng muối NaCl (Shabanpour, 2016; Abreu, 2019). Tuy nhiên, phương pháp thu hồi protein theo sự thay đổi pH cũng như đánh giá khả năng tạo gel, chất lượng sản phẩm surimi so với phương pháp sản xuất truyền thống chưa được thực hiện. Các nghiên cứu chỉ dừng lại với việc sử dụng NaOH và HCl để hòa tan và kết tủa protein (Chaijan, 2006; Shabanpour, 2016). Bên cạnh đó, sử dụng NaOH và HCl làm cho protein bị biến tính ảnh hưởng đến độ bền gel, khả năng giữ nước cũng như cấu trúc sản phẩm (Chaijan, 2006). Vì vậy, nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của phụ gia muối đến khả năng hòa tan, thu hồi và chất lượng protein từ thịt cá sòng được thực hiện. Nghiên cứu này góp phần xây dựng tiền đề cho phương pháp mới về ứng dụng phụ gia muối khi thu hồi protein trong sản xuất surimi.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Cá sòng được thu mua tại vùng biển Tây Nam Bộ (tỉnh Kiên Giang) để có được nguồn nguyên liệu tươi, chất lượng tốt sau đánh bắt từ biển. Cá sẽ được giữ tươi bằng bảo quản lạnh ($4\pm 1^{\circ}\text{C}$), sau đó vận chuyển về phòng thí nghiệm ở Trường Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ. Nguyên liệu được rửa sạch, fillet, lạng da, chỉnh hình loại thịt đỏ, xay sau

đó trộn với 7,5% đường sucrose, đóng gói trong bao PE và được bảo quản trong tủ đông $-40\pm 2^{\circ}\text{C}$ cho đến khi tiến hành thí nghiệm. Cỡ cá được dùng trong nghiên cứu là 159 – 190 g/con và thân cá có chiều dài 23 – 26 cm. Tỷ lệ thu hồi cơ thịt cá sau khi fillet là 47,5%.

2.2. Hóa chất sử dụng

Hóa chất sử dụng thí nghiệm bao gồm: potassium carbonate (K_2CO_3), sodium carbonate (Na_2CO_3), trisodium phosphate (TSP), natri photphat (Na_3PO_4), acid hydrochloric HCl 37% của Merck (Đức) và một số hóa chất khác dùng trong phân tích. Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu được nhập khẩu và phân phối bởi công ty TNHH thương mại dịch vụ xuất nhập khẩu Thành Mỹ, thành phố Cần Thơ.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Nội dung 1: Khảo sát ảnh hưởng phụ gia điều chỉnh độ kiềm tương ứng với các mức pH bazơ đến khả năng hòa tan protein cá sòng.

Thịt cá sòng được chuẩn bị như mục 2.1. Thịt cá được rửa đông 4 giờ ở nhiệt độ $2-4^{\circ}\text{C}$. Thịt cá được pha loãng với nước cất tỷ lệ (1:7) sau đó nghiền mịn. Thịt cá được điều chỉnh pH khối paste ở 8; 9; 10; và 11 bằng các phụ gia điều chỉnh độ kiềm là K_2CO_3 , Na_2CO_3 và Na_3PO_4 . Quá trình khuấy là 1 giờ ở nhiệt độ $2-4^{\circ}\text{C}$. Khi protein hòa tan hết hỗn hợp được đưa đi ly tâm ($10.000 \times \text{g}$, 20 phút, 4°C) để thu dịch protein. Đánh giá khả năng hòa tan của protein bằng phương pháp Lowry (Lowry et al., 1951). Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với nhân tố khảo sát là 3 loại muối (K_2CO_3 , Na_2CO_3 và Na_3PO_4) tương ứng với từng mức nâng pH (8, 9, 10 và 11). Số nghiệm thức là 12 và số đơn vị thí nghiệm là 36.

2.3.2. Nội dung 2: Khảo sát ảnh hưởng các mức pH acid tương ứng với các loại muối hòa tan protein đến hiệu suất thu hồi và chất lượng protein thu nhận.

Tiến hành điều chỉnh pH khối paste cá ở 4 mức pH (3; 4; 5; và 5,5) bằng HCl. Tiếp tục ly tâm dung dịch protein ($10.000 \times \text{g}$, 20 phút, 4°C). Tiến hành lọc để giữ lại phần protein kết tủa cuối cùng. Kết tủa sau khi lọc được cân để xác định tỷ lệ thu hồi protein. Sau đó khối gel được quết (10 phút) trong điều kiện lạnh (4°C), định hình protein thu nhận trong khối hình trụ (đường kính 23 mm, chiều cao 25 mm), hấp (20 phút) ở 90°C . Thu được thành phẩm surimi cá sòng, tiến hành đo màu và đo cấu

trúc. Xác định hàm lượng protein bằng phương pháp Kjehdal. Do kết quả thu nhận là không kết tủa được protein với ba loại muối tại $pH_{kiềm} - pH_{acid}$ là 8-3; 8-4; 9-3 và 10-3. Ngoài ra, muối Na_2CO_3 tại pH 11-5; 11-5,5 và Na_3PO_4 tại pH 9-4; 9-5 và 9-5,5 protein cũng không kết tủa. Bên cạnh đó, $pH_{kiềm} - pH_{acid}$ là 8-5 và 8-5,5 thì ba loại muối nâng pH kiềm thu được có hiệu suất thu hồi rất thấp (5,03 - 15,87%). Vì vậy, quá trình xử lý thông kê loại bỏ kết quả thực hiện tại các loại muối tương ứng vừa trình bày.

Thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên một nhân tố, 3 lần lặp lại, với nhân tố khảo sát là 3 loại phụ gia muối (bazơ) K_2CO_3 -E501, Na_2CO_3 -E500(i), Na_3PO_4 -E339(iii) nâng pH tương ứng với các mức pH acid (3; 4; 5 và 5,5) được thực hiện bằng HCl để thu hồi kết tủa. Số nghiệm thức là 25 và số đơn vị thí nghiệm là 75.

2.4. Phương pháp phân tích

Giá trị pH của mẫu được xác định theo Hultmann et al. (2012) với máy đo pH (Mettler Toledo, USA).

Xác định phần trăm protein hòa tan (%) theo Kristinsson et al. (2005) với nồng độ protein hòa tan xác định bằng phương pháp Lowry (Lowry et al., 1951).

Hòa tan (%) = $\frac{\text{Nồng độ protein hòa tan dung dịch A ở lớp giữa sau khi ly tâm (mg/mL)}}{\text{Nồng độ protein dung dịch B đồng nhất trước khi ly tâm (mg/mL)}} \times 100$

Hiệu suất thu hồi (%): Hiệu suất thu hồi protein được xác định bằng tỷ lệ phần trăm khối lượng thịt cá xay thu hồi sau rửa với khối lượng thịt cá xay ban đầu (Kim et al., 2003).

Màu sắc: Màu sắc (L^* , a^* , b^*) được đo màu bằng thiết bị Colorimeter PCE-CSM 2 (Anh Quốc). Độ trắng của mẫu thử (W) được tính theo công thức:

$$W = 100 - \sqrt{(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}}$$

Trong đó, L^* là từ màu trắng đến đen, a^* từ màu đỏ đến màu xanh lá cây, b^* từ màu vàng đến màu xanh lam.

Cấu trúc (độ cứng, độ đàn hồi và độ dai) của gel protein (surimi) được xác định từ các đường cong TPA (texture profile analysis) của phép đo cấu trúc theo phương pháp của Hosseini-Shekarabi et al. (2015). Mẫu surimi được định hình thành viên với đường kính 23 mm và chiều cao 25 mm, làm lạnh bằng nước đá trong 30 phút. Tiến hành đo cấu trúc bằng máy đo cấu trúc Texture Analyser (TA - XT2i), dựa trên việc tác động lực nén (đầu đo P/75), độ biến dạng 50% so với chiều cao ban đầu của viên.

Mỗi viên nén 2 lần, thời gian giữa 2 lần nén là 5 giây, nén với tốc độ không đổi 60 mm/phút. Kết quả thu được là trung bình cộng của 3 lần đo đặc (3 viên) cho mỗi nghiệm thức. Từ các đường cong TPA của phép đo cấu trúc, các chỉ tiêu độ cứng, độ đàn hồi và độ dai của surimi được xác định như sau: Độ cứng (g) là lực lớn nhất của chu kỳ nén đầu tiên để làm cho mẫu bị biến dạng 50%. Độ đàn hồi (không có đơn vị) thể hiện mức độ mẫu trở về hình dạng ban đầu sau khi biến dạng, là tỷ số khoảng cách nén lần 2 / khoảng cách nén lần 1. Độ cô kết (không có đơn vị) là thuộc tính cơ học của cấu trúc liên quan đến mức độ biến dạng mà sản phẩm có thể chịu được trước khi bị gãy vỡ, là tỷ số giữa diện nén lần 2 / diện tích nén lần 1. Độ dai (g) là mức độ mẫu bị biến dạng, không bị phá vỡ, được tính là tích số của độ cứng, độ cô kết và độ đàn hồi.

Độ bền gel (g.cm): của gel protein (surimi) được đo bằng máy đo cấu trúc Texture Analyser (TA - XT2i) theo phương pháp của Hosseini-Shekarabi et al. (2015) với đầu đo P/5S, tốc độ di chuyển đầu đo là 60 mm/phút, đo xuống 10 mm so với chiều cao mẫu. Mẫu surimi được định hình thành viên hình trụ tròn với đường kính 23 mm và chiều cao 25 mm, làm lạnh bằng nước đá trong 30 phút. Mỗi mẫu được lặp lại ít nhất 3 lần.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thu thập được phân tích bằng phương pháp thống kê mô tả (trung bình, độ lệch chuẩn, sử dụng chương trình Microsoft Excel 2013). Sự khác biệt của các yếu tố giữa các nghiệm thức được phân tích bằng ANOVA một nhân tố với mức nghĩa 95% và phép thử Tukey ($p < 0,05$) bằng chương trình Minitab 20.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng phụ gia điều chỉnh độ kiềm tương ứng với các mức pH bazơ đến khả năng hòa tan protein cá sông

Quá trình rửa thịt cá xay để loại bỏ các chất phi protein, giữ lại protein có tính tạo mạng lưới liên kết và đây cũng là bản chất của surimi. Nghiên cứu thực hiện trên cơ sở thử nghiệm sản xuất surimi từ cá sông giá trị thấp bằng phương pháp thu hồi protein theo sự thay đổi pH dựa vào phụ gia điều chỉnh pH thực phẩm. Sự thu hồi protein bằng dịch chuyển pH giúp hòa tan và kết tủa protein là phương pháp hiệu quả do tiết kiệm được thời gian trong quá trình rửa thịt cá (Martín-Sánchez et al., 2009; Nolsøe & Undeland, 2009; Gehring et al., 2011). Đặc biệt là do tất cả protein cá đều được hòa tan dễ dàng trong điều kiện pH acid và bazơ do làm tăng lực đẩy tĩnh

điện giữa các phân tử protein. Trong khi đó, quá trình kết tụ protein xảy ra khi pH gần điểm đẳng điện.

Do tính tan của protein mà trong dung dịch rửa thịt cá xay sẽ có một lượng protein hòa tan nhất định. Khả năng hòa tan này của protein cá phụ thuộc vào hai yếu tố cơ bản là nguyên liệu và phương pháp rửa chế biến (Luyến và ctv., 2010). Khả năng hòa tan protein theo từng loại phụ gia và ở các mức pH khác nhau được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của phụ gia điều chỉnh độ kiềm và pH phù hợp đến khả năng hòa tan của khối gel protein từ thịt cá sòng

| Muối | Protein hòa tan (%) | | |
|-------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| pH 8 | 62,6±1,16 ^d | 60,8±1,28 ^d | 50,6±1,81 ^f |
| pH 9 | 85,8±0,06 ^b | 86,9±0,39 ^b | 56,6±0,51 ^e |
| pH 10 | 88,9±0,18 ^{ab} | 88,7±0,43 ^{ab} | 73,7±1,32 ^c |
| pH 11 | 91,2±0,43 ^a | 91,5±1,89 ^a | 86,4±1,22 ^b |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05).

Quá trình rửa nhằm gia tăng khả năng thu hồi protein hòa tan có trong dung dịch. Kết quả ở Bảng 1 cho thấy ở pH càng cao thì khả năng hòa tan càng tốt. Hòa tan tốt nhất ở pH 11 bằng K₂CO₃ và Na₂CO₃ là 91,5% và 91,2%, khác biệt không có ý nghĩa thống kê (p<0,05) và tiếp đến bằng Na₃PO₄ là 86,4%. Khả năng hòa tan thấp nhất tại pH 8 (Na₃PO₄) chỉ đạt 50,6%, khả năng hòa tan thấp dẫn đến mức hao phí sẽ tăng lên nên không được đánh cao, hiệu suất công nghệ giảm. Trong quá trình rửa, lượng lớn nước được sử dụng để loại bỏ các sacroplasmic protein, máu, lipid, các mảnh nội tạng, các hợp chất màu và mùi ra khỏi thịt cá xay. Kết cấu sản phẩm cũng được cải thiện đáng kể sau công đoạn rửa. Một yếu tố nữa ảnh hưởng đến độ chắc gel surimi đó là pH dịch protein. Khi pH dần đến điểm đẳng điện thì liên kết protein-nước sẽ được thay thế bởi liên kết protein-protein, khi đó độ hòa tan của myofibrillar protein giảm, vì vậy độ chắc gel surimi tăng lên. Khi pH ở trên hay dưới điểm đẳng điện đều làm giảm độ chắc của gel surimi (Park, 2013).

3.2. Ảnh hưởng các mức pH acid tương ứng với các loại muối hòa tan protein đến hiệu suất thu hồi và chất lượng protein thu nhận

Công đoạn rửa gây tác động lớn đến chất lượng và hiệu suất thu hồi surimi, với mỗi loại cá khác nhau thì cần có chế độ rửa khác nhau để thu được chất lượng surimi là tốt nhất. Kết quả thu nhận

protein hòa tan cao có khả năng giúp thu hồi lượng protein kết tủa cao. Ảnh hưởng ba phụ gia muối với các mức pH hòa tan và thu hồi kết tủa (bằng HCl) khác nhau đến hiệu suất thu hồi protein từ thịt cá sòng được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2 cho thấy sau khi hòa tan thịt cá bằng nâng pH kiềm (bằng ba muối) thì quá trình hạ pH (bằng HCl) rất quan trọng quyết định khả năng kết tủa protein. Hiện tượng không kết tủa được protein xảy ra với ba loại muối tại pH_{kiềm}-pH_{acid} là 8-3; 8-4; 9-3 và 10-3. Ngoài ra, muối Na₂CO₃ tại pH 11-5; 11-5,5 và Na₃PO₄ tại pH 9-4; 9-5 và 9-5,5 protein cũng không kết tủa. Với pH_{kiềm} - pH_{acid} là 8-5 và 8-5,5 thì ba loại muối nâng pH kiềm thu được hiệu suất thu hồi rất thấp (5,03%-15,87%) không được trình bày trong Bảng 2.

Khi rửa thịt cá xay thì protein được hòa tan ra nước rửa, trong đó chủ yếu là protein của chất cơ hòa tan. Protein có tính chất điện ly lưỡng tính bởi các nhóm hóa học trên phân tử mang bản chất acid và bazơ (-COOH và NH₂). Đầu tiên, thịt cá được xử lý trong môi trường kiềm sự phân ly của cá nhóm bazơ bị kìm hãm, protein có tác dụng như một acid tích điện âm. Khi pH dung dịch protein trong nước rửa được đưa về giá trị điểm đẳng điện của protein (pI), lúc này phân tử protein trung hòa điện, các phân tử protein dễ tiếp cận, kết tụ và xảy ra hiện tượng tủa protein.

Bảng 2. Ảnh hưởng của ba loại muối và HCl với các giá trị pH kiềm-pH acid của dịch protein đến hiệu suất thu hồi kết tủa khối gel protein từ thịt cá sòng

| pH kiềm - pH acid dịch protein | Hiệu suất thu hồi kết tủa tương ứng phụ gia muối hòa tan (%) | | |
|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| 9-4 | 30,5±0,41 ^p | 77,6±0,27 ^{fg} | - |
| 9-5 | 53,3±0,16 ⁿ | 71,5±0,78 ⁱ | - |
| 9-5,5 | 51,1±0,36 ^o | 71,0±0,84 ⁱ | - |
| 10-4 | 63,3±0,43 ^l | 78,4±0,08 ^{ef} | 68,9±0,39 ^j |
| 10-5 | 65,8±0,23 ^k | 76,7±0,32 ^{gh} | 68,8±0,39 ^j |
| 10-5,5 | 71,7±0,32 ⁱ | 65,9±0,70 ^k | 79,4±0,31 ^{de} |
| 11-3 | 83,9±0,10 ^b | 76,9±0,23 ^{gh} | 75,5±0,23 ^h |
| 11-4 | 85,1±0,54 ^{ab} | 80,9±0,54 ^{cd} | 76,7±0,33 ^{gh} |
| 11-5 | - | 66,8±0,34 ^k | 61,4±0,31 ^m |
| 11-5,5 | - | 81,7±0,45 ^c | 85,7±0,40 ^a |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). "-" là không thu hồi được kết tủa

Bảng 2 cho thấy hiệu suất thu hồi protein phụ thuộc rất lớn vào phụ gia điều chỉnh độ kiềm và pH

phù hợp. Hiệu suất thu hồi cao nhất tại pH=11 bằng muối Na₂CO₃ và Na₃PO₄ có giá trị lần lượt là 85,7% và 85,1%, có sự khác biệt về mặt thống kê (p<0,05). Theo Hultin et al. (2002), hiệu suất thu hồi cũng phụ thuộc vào pH, đạt cực đại là 82% tại pH = 12,5 đối với protein từ cá trích tách chiết bằng phương pháp điều chỉnh pH. Bên cạnh đó, Yongsawatdigul (2014) nghiên cứu tách chiết protein từ cá rockfish cho hiệu suất thu hồi protein là 80% tại pH = 13. Nguyên nhân có sự thay đổi như vậy là do quá trình tách chiết protein bằng phương pháp điều chỉnh pH phụ thuộc vào loài và các phương pháp xử lý nguyên liệu khác nhau (Hiền và ctv., 2014).

Bên cạnh đó, pH acid dùng để kết tủa của ba loại muối tại giá trị 4 với Na₂CO₃ và 5.5 với K₂CO₃ và Na₃PO₄ cho hiệu suất thu hồi cao phù hợp với các nghiên cứu trước đây về giá trị pI của protein cá trong khoảng 4 đến 5,5 (Jaczynski, 2007; Abdollahi et al., 2017; Chen and; Shi et al., 2017; Abreu et al., 2019).

Bảng 3. Ảnh hưởng của ba loại muối và HCl với các giá trị pH kiềm-pH acid của dịch protein đến độ bền gel của khối gel protein từ thịt cá sông

| pH kiềm - pH acid dịch protein | Độ bền gel protein tương ứng phụ gia muối hòa tan (g.cm) | | |
|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| 9-4 | 89,6±0,02 ^q | 115±0,01 ^m | - |
| 9-5 | 82,9±0,09 ^s | 123±0,008 ^k | - |
| 9-5,5 | 91,5±0,01 ^p | 68,6±0,37 ^u | - |
| 10-4 | 115±0,01 ^m | 87,9±0,01 ^f | 65,4±0,01 ^v |
| 10-5 | 153±0,05 ^g | 127±0,01 ^j | 178±0,007 ^c |
| 10-5,5 | 108±0,03 ⁿ | 76,5±0,02 ^t | 101±0,005 ^o |
| 11-3 | 156±0,02 ^e | 133±0,01 ⁱ | 122±0,019 ^l |
| 11-4 | 165±0,01 ^d | 54,2±0,007 ^w | 143±0,007 ^h |
| 11-5 | - | 127±0,05 ^j | 155±0,017 ^f |
| 11-5,5 | - | 205±0,007 ^a | 186±0,009 ^b |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). "-" là không thu hồi được kết tủa

Bảng 4. Ảnh hưởng của ba loại muối và HCl với các giá trị pH kiềm-pH acid của dịch protein đến độ cứng của khối gel protein từ thịt cá sông

| pH kiềm - pH acid dịch protein | Độ cứng của khối gel protein tương ứng phụ gia muối hòa tan (g) | | |
|--------------------------------|---|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| 9-4 | 733±0,004 ^f | 709±0,006 ^u | - |
| 9-5 | 904±0,004 ^q | 408±0,007 ^w | - |
| 9-5,5 | 1.114±0,01 ^m | 722±0,036 ^s | - |
| 10-4 | 1.553±0,002 ^k | 1.774±0,003 ⁱ | 220,36±0,008 ^y |
| 10-5 | 719±0,01 ^t | 1.357±0,005 ^l | 2676,05±0,007 ^e |
| 10-5,5 | 3.187±0,004 ^c | 1.030±0,019 ⁿ | 1022,51±0,003 ^o |
| 11-3 | 3.344±0,003 ^b | 1.004±0,010 ^p | 1945,94±0,008 ^h |
| 11-4 | 4.320±0,01 ^a | 269±0,003 ^x | 2245,96±0,008 ^f |
| 11-5 | - | 502±0,006 ^v | 1568,55±0,004 ^j |
| 11-5,5 | - | 2.106±0,006 ^g | 3050,71±0,007 ^d |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). "-" là không thu hồi được kết tủa

Kết quả độ bền gel, độ đàn hồi, độ dai, độ cứng của gel protein từ cá sông thay đổi theo ba phụ gia muối với các mức pH hòa tan và thu hồi kết tủa (bằng HCl) khác nhau được thể hiện ở Bảng 3, 4, 5, 6. Các Bảng này cho thấy cấu trúc của khối gel surimi bị ảnh hưởng theo từng loại phụ gia muối với các mức pH hòa tan và thu hồi kết tủa khác nhau. Bảng 3 cho thấy rằng khi rửa thịt cá trong môi trường muối ở các nồng độ pH khác nhau sẽ cho surimi có độ bền gel khác nhau, độ bền gel đạt cao nhất ở K₂CO₃ (pH=11-5,5) và Na₃PO₄ (pH=11-5,5) tương ứng là 205 g.cm và 186 g.cm, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). Bên cạnh đó, ở pH=11-4

dùng muối Na₂CO₃ cho hiệu suất thu hồi và khả năng hòa tan tốt cũng cho độ bền gel ở mức cao là 165 g.cm.

Bảng 4 và Bảng 5, độ dai và độ cứng cao nhất ở cùng một mức pH=11-4 dùng muối Na₂CO₃ lần lượt là 1.758 g và 4.320 g, ở hai muối còn lại là K₂CO₃ và Na₃PO₄ có độ dai đạt 1.060 g; 1.364 g và độ cứng đạt lần lượt là 2.160 g; 3.051 g. Độ đàn hồi (Bảng 6) cao nhất ở pH=9-5 (Na₂CO₃-HCl) có kết quả là 1,12. Vì độ đàn hồi của khối gel đạt giá trị gần 1, điều đó chỉ ra rằng mức độ mẫu trở về hình dạng ban đầu sau khi biến dạng cao và mức độ nguyên vẹn của khối gel protein cao, ít bị phá vỡ trong chu kỳ nên

đầu tiên của đường cong TPA của phép đo cấu trúc (Tabilo & Barbosa, 2004). Nguyên nhân dẫn đến sự khác nhau về cấu trúc có thể là do sự khác nhau về pH, cường độ ion và các thông số của quá trình sản xuất surimi (Niwa, 1992).

Kết quả nghiên cứu đạt được ở trên có thể được lý giải là bởi vì rửa là một bước quan trọng thiết yếu trong công nghệ sản xuất surimi, nhằm loại bỏ các protein hòa tan, chủ yếu là sarcoplasmic. Sarcoplasmic là một loại protein chiếm khoảng 23,5% tổng số các protein trong cơ thịt, có tác dụng cản trở quá trình tạo gel protein, làm giảm chất lượng sản phẩm. Tồn tại giữa các sợi cơ, bao gồm nhiều enzyme trao đổi chất, làm giảm sự ổn định protein cơ trong thời gian bảo quản. Myofibrillar protein có khả năng hình thành mạng lưới gel ba chiều, chiếm khoảng 70% tổng số protein trong thịt cá. Do đó, rửa nhằm giảm lượng protein hòa tan sarcoplasmic và tập trung lượng myofibrillar protein, nâng cao chất lượng surimi (Park, 2013).

Chất béo và sarcoplasmic là hai thành phần chủ yếu cản trở quá trình hình thành gel trong công nghệ sản xuất surimi. Tuy nhiên, hai thành phần này được loại trong các bước rửa thịt cá. Sarcoplasmic tồn tại giữa các sợi cơ của cơ thịt cá, nó bao gồm các enzyme và protein heme (myoglobin và hemoglobin). Trái ngược với tác dụng của chất béo và sarcoplasmic, myofibrillar là thành phần chính của protein cơ thịt cá (chiếm 70% protein tổng số) có tác dụng hình thành mạng lưới gel protein. Trong quá trình rửa, sarcoplasmic nếu không được loại bỏ sẽ làm loãng nồng độ của myofibrillar protein và ảnh hưởng xấu đến quá trình hình thành gel protein. Ngoài ra, sarcoplasmic protein là các enzyme, chẳng hạn như proteinases cũng ảnh hưởng đến quá trình hình thành gel surimi do khả năng cắt liên kết protein. Thành phần chất béo nếu không được loại bỏ hết sẽ phân tán vào giữa các phân tử protein, làm liên kết mạng lưới bị đứt, dẫn đến giảm độ đàn hồi gel protein.

Bảng 5. Ảnh hưởng của ba loại muối và HCl với các giá trị pH kiềm-pH acid của dịch protein đến độ dai của khối gel protein từ thịt cá sòng

| pH kiềm - pH acid dịch protein | Độ dai của khối gel protein tương ứng phụ gia muối hòa tan (g) | | |
|--------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| 9-4 | 334±0,010 ^f | 214±0,007 ^t | |
| 9-5 | 209±0,002 ^u | 97,9±0,006 ^w | |
| 9-5,5 | 458±0,009 ^o | 293±0,007 ^s | |
| 10-4 | 647±0,007 ⁱ | 647±0,02 ^j | 77,6±0,001 ^x |
| 10-5 | 479±0,014 ⁿ | 490±0,02 ^m | 1.158±0,005 ^c |
| 10-5,5 | 610±0,015 ^g | 399±0,01 ^q | 447±0,012 ^p |
| 11-3 | 868±0,005 ^e | 601±0,004 ^k | 849±0,003 ^f |
| 11-4 | 1.758±0,005 ^a | 54,0±0,02 ^y | 696±0,019 ^h |
| 11-5 | | 104,69±0,005 ^v | 542,66±0,014 ^l |
| 11-5,5 | | 1060,39±0,006 ^b | 1364,01±0,003 ^d |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). "-" là không thu hồi được kết tủa

Nhiều nghiên cứu đã chứng minh việc sử dụng phương pháp thu hồi protein bằng sự thay đổi pH giúp cho màu sắc surimi trắng hơn nhờ loại được nhiều myoglobin (Chaijan et al., 2006). Bảng 7 cho thấy sự thay đổi màu sắc của khối gel surimi bị ảnh hưởng theo từng loại phụ gia muối với các mức pH hòa tan và thu hồi kết tủa khác nhau. Các protein thu hồi từ quá trình acid thường có màu trắng và tỷ lệ hàm lượng lớn (Luyên và ctv., 2010). Bảng 7 cũng cho thấy màu sắc của khối gel surimi phụ thuộc vào phụ gia điều chỉnh độ kiềm và pH phù hợp. Ở pH=10-5,5 và pH=10-4 sử dụng muối Na₃PO₄ cho

ra khối surimi có màu sắc tốt nhất lần lượt là 76,8 và 74,6, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). Tiếp đến mẫu pH=9-5 bằng muối K₂CO₃ và Na₂CO₃ có độ trắng đạt giá trị lần lượt là 73,6 và 72,2, khác biệt không có ý nghĩa thống kê (p>0,05). Bên cạnh những mẫu trên, ở ba muối Na₂CO₃ (pH=11-4); K₂CO₃ (pH=11-5,5) và Na₃PO₄ (pH=11-5,5) có cấu trúc tốt cũng đạt được độ trắng tương đối cao lần lượt là 71,2; 60,1 và 69,1. Hàm lượng protein (%) theo từng loại phụ gia và ở các mức pH khác nhau được trình bày ở Bảng 8.

Bảng 6. Ảnh hưởng của ba loại muối và HCl với các giá trị pH kiềm-pH acid của dịch protein đến độ đàn hồi của khối gel protein từ thịt cá sòng

| pH kiềm - pH acid dịch protein | Độ đàn hồi của khối gel protein tương ứng phụ gia muối hòa tan | | |
|-----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| 9-4 | 0,77±0,004 ^{ghi} | 1,16±0,007 ^a | - |
| 9-5 | 1,12±0,008 ^a | 0,88±0,009 ^{de} | - |
| 9-5,5 | 0,89±0,010 ^d | 0,78±0,011 ^g | - |
| 10-4 | 0,78±0,017 ^{gh} | 0,87±0,007 ^{de} | 1,00±0,006 ^b |
| 10-5 | 0,87±0,010 ^{de} | 0,94±0,012 ^c | 0,82±0,006 ^f |
| 10-5,5 | 0,87±0,012 ^{de} | 0,77±0,011 ^{ghi} | 0,72±0,003 ^{jk} |
| 11-3 | 0,82±0,010 ^f | 0,85±0,003 ^{ef} | 0,74±0,004 ^{ij} |
| 11-4 | 0,74±0,013 ^{hij} | 0,68±0,007 ^m | 0,71±0,004 ^{kl} |
| 11-5 | - | 0,68±0,002 ^{lm} | 0,69±0,015 ^{klm} |
| 11-5,5 | - | 0,83±0,011 ^f | 0,77±0,017 ^{ghi} |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). "-" là không thu hồi được kết tủa

Bảng 7. Ảnh hưởng của ba loại muối và HCl với các giá trị pH kiềm-pH acid của dịch protein đến độ trắng của khối gel protein từ thịt cá sòng

| pH kiềm - pH acid dịch protein | Độ đàn hồi của khối gel protein tương ứng phụ gia muối hòa tan | | |
|-----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| 9-4 | 69,7±0,04 ⁱ | 63,0±0,16 ^o | - |
| 9-5 | 73,2±0,03 ^c | 73,6±0,02 ^c | - |
| 9-5,5 | 72,0±0,06 ^e | 62,1±0,14 ^p | - |
| 10-4 | 70,7±0,05 ^g | 63,9±0,05 ⁿ | 74,6±0,11 ^b |
| 10-5 | 70,5±0,03 ^{gh} | 72,7±0,13 ^d | 72,1±0,29 ^e |
| 10-5,5 | 65,9±0,08 ^l | 67,5±0,08 ^k | 76,8±0,11 ^a |
| 11-3 | 63,7±0,05 ⁿ | 64,9±0,16 ^m | 61,6±0,06 ^q |
| 11-4 | 71,2±0,03 ^f | 70,2±0,09 ^h | 63,7±0,08 ⁿ |
| 11-5 | - | 67,4±0,08 ^k | 70,2±0,16 ^h |
| 11-5,5 | - | 60,1±0,06 ^g | 69,1±0,07 ^j |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). "-" là không thu hồi được kết tủa

Bảng 8. Ảnh hưởng của ba loại muối và HCl với các giá trị pH kiềm-pH acid của dịch protein đến hàm lượng protein (% theo căn bản khô) của khối gel

| pH kiềm - pH acid dịch protein | Độ đàn hồi của khối gel protein tương ứng phụ gia muối hòa tan | | |
|-----------------------------------|--|--------------------------------|---------------------------------|
| | Na ₂ CO ₃ | K ₂ CO ₃ | Na ₃ PO ₄ |
| 9-4 | 70,2±0,06 ^{gh} | 71,1±0,24 ^{efg} | - |
| 9-5 | 70,3±0,21 ^{gh} | 71,4±0,29 ^{efg} | - |
| 9-5,5 | 68,3±0,21 ⁱ | 67,9±0,39 ^{ij} | - |
| 10-4 | 73,7±0,07 ^d | 60,4±0,28 ^{lm} | 59,9±0,68 ^m |
| 10-5 | 69,8±0,16 ^h | 73,8±0,42 ^d | 73,9±0,33 ^d |
| 10-5,5 | 70,6±0,07 ^{fgh} | 61,5±0,07 ^{kl} | 78,8±0,37 ^b |
| 11-3 | 67,5±0,31 ^{ij} | 61,8±0,16 ^k | 72,4±0,10 ^e |
| 11-4 | 81,6±0,13 ^a | 66,8±0,35 ^j | 74,4±0,14 ^d |
| 11-5 | - | 71,8±0,83 ^{ef} | 75,6±0,18 ^c |
| 11-5,5 | - | 70,2±0,20 ^{gh} | 78,5±0,28 ^b |

Ghi chú: 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 bảng biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). "-" là không thu hồi được kết tủa

Bảng 8 cho thấy hàm lượng protein cao nhất tại Na₂CO₃ (pH=11-4) đạt 81,6% và Na₃PO₄ (pH=11-5,5) là 78,5%, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p<0,05). Nhìn chung, khi pH hòa tan thịt cá xay

tăng thì hàm lượng protein khối gel kết tủa thu được tăng, đạt cao nhất ở pH=11. Kết quả thu nhận cho thấy muối Na_2CO_3 có pH kết tủa là 4; muối Na_3PO_4 thì giá trị pH kết tủa là 5,5 và muối K_2CO_3 là pH 5. Thịt cá sông, tại pH 4 đến pH 5,5 đã làm cho các protein trung hòa về điện, hay nói cách khác là đã phá vỡ được lớp vỏ điện tích trên bề mặt các phân tử protein trong dịch rửa một cách triệt để (Luyện và ctv., 2010). Kết quả chứng tỏ rằng ba loại muối phụ gia dùng hòa tan thịt cá xay có ảnh hưởng đến giá trị pI (khoảng pH 4 đến pH 5,5) của protein cá và ảnh hưởng đến hàm lượng protein khối gel kết tủa thu nhận.

4. KẾT LUẬN

Khả năng hòa tan protein cao nhất tại pH=11 đối với cả 3 loại phụ gia muối. Trong đó, muối K_2CO_3 (11-5,5), Na_3PO_4 (11-5,5) và Na_2CO_3 (11-4) phù hợp với quy trình sản xuất surimi do đảm bảo được chất lượng khối gel protein về cấu trúc, màu sắc và

hàm lượng protein thu hồi. pH 11 thì Na_2CO_3 đạt hiệu suất thu hồi protein đạt tốt nhất (85,1%), pH=4 thì gel protein có cấu trúc độ bền gel, độ cứng, độ dai, độ đàn hồi và độ cô kết đạt lần lượt là 165 g.cm, 4.320 g, 1.758 g, 0,74, 0,53 và độ trắng đạt 71,2, hàm lượng protein có được là 81, 6%; với K_2CO_3 (kết tủa tại pH=5,5) có cấu trúc độ bền gel, độ cứng, độ dai, độ đàn hồi, độ cô kết, màu sắc và hàm lượng protein đạt lần lượt là 205 g.cm, 2.106 g, 1.060 g, 0,83, 0,60, 60,1, 70,2%; với Na_3PO_4 (kết tủa tại pH=5,5) có các chỉ tiêu trên đạt lần lượt là 186 g.cm, 3.051 g, 1.364 g, 0,77, 0,58, 69,1, 78,5%. Qua đó cho thấy tiềm năng to lớn trong việc ứng dụng phụ gia muối sản xuất chất nền protein.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi “Đề tài khoa học và công nghệ cấp cơ sở”, mã số T2021-122.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Abdollahi, M., Rezaei, M., Jafarpour, A., & Undeland, I. (2017). Dynamic rheological, microstructural and physicochemical properties of blend fish protein recovered from kilka (*Clupeonella cultriventris*) and silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) by the pH-shift process or washing-based technology. *Food Chemistry*, 229, 695–709.
- Abreu, A. D. S., De Souza, M. M., Da Rocha, M., Wasielesky, W. F., & Prentice, C. (2019). Functional properties of white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) by-Products protein recovered by isoelectric solubilization/precipitation. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 28(6), 649-657.
- Chaijan, M., Benjakul, S., Visessanguan, W., & Faustman, C. (2006). Physicochemical properties, gel-forming ability and myoglobin content of sardine (*Sardinella gibbosa*) and mackerel (*Rastrelliger kanagurta*) surimi produced by conventional method and alkaline solubilisation process. *European Food Research and Technology*, 222(1), 58-63.
- Chen, Y. C., & Jaczynski, J. (2007). Protein recovery from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processing byproducts via isoelectric solubilization/precipitation and its gelation properties as affected by functional additives. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(22), 9079-9088.
- Eymard, S., Jacobsen, C., & Baron, C. P. (2010). Assessment of washing with antioxidant on the oxidative stability of fatty fish mince during processing and storage. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(10), 6182-6189.
- Gehring, C. K., Gigliotti, J. C., Moritz, J. S., Tou, J. C., & Jaczynski, J. (2011). Functional and nutritional characteristics of proteins and lipids recovered by isoelectric processing of fish by-products and low-value fish: A review. *Food chemistry*, 124(2), 422-431.
- Hosseini-Shekarabi, S. P., Hosseini, S. E., Soltani, M., Kamali, A., & Valinassab, T. (2015). Effect of heat treatment on the properties of surimi gel from black mouth croaker (*Atrubucca nibe*). *International Food Research Journal*, 22(1), 363.
- Hultin, H. O., & Kelleher, S. D. (2002). *U.S. Patent No. 6,451,975*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- 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.
- Kim, Y. S., Park, J. W., & Choi, Y. J. (2003). New approaches for the effective recovery of fish proteins and their physicochemical characteristics. *Fisheries Science*, 69, 1231–1239
- Kristinsson, H. G., Theodore, A. E., Demir, N., & Ingadottir, B. (2005). A comparative study between acid-and alkali-aided processing and surimi processing for the recovery of proteins from channel catfish muscle. *Journal of food science*, 70(4), C298-C306.

- Lowry, O. H., Rosebrough, N. J., Farr, A. L. & Randall, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of Biological Chemistry*, 193: 265-275
- Martín-Sánchez, A. M., Navarro, C., Pérez-Álvarez, J. A., & Kuri, V. (2009). Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8(4), 359-374.
- Niwa, E. 1992. Chemistry of surimi gelation. In Lanier, T. C. and Lee, C. M. (Eds.). *Surimi technology*, pp.389- 427. Marcel Dekker: New York.
- Nolsøe, H., & Undeland, I. (2009). The acid and alkaline solubilization process for the isolation of muscle proteins: State of the art. *Food and Bioprocess Technology*, 2(1), 1-27.
- Huân, N. X., Nam, N. T., & Hải, N. Đ., (2017). Đa dạng thành phần loài cá ở vùng cửa sông Cỏ Chiên, tỉnh Bến Tre. *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, 33(1S) 246-256.
- Park, J. W. (2013). *Surimi and surimi seafood*. CRC press.
- Park, J. W., & Lin, T. J. (2005). Surimi: Manufacturing and evaluation. *Surimi and surimi seafood*, 33-106.
- Hiền, P. T., & Bảo, H. N. D. (2014). Ảnh hưởng các điều kiện chiết khác nhau đến hiệu suất thu hồi protein từ cơ thịt độ cá ngừ. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 1, 31-35.
- Shabanpour, B., & Etemadian, Y. (2016). Chemical changes and shelf-life of conventional surimi and proteins recovered using pH change method from common carp (*Cyprinus carpio*) muscle during 5 months storage at -18°C. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 15(1), 311-332.
- Shi, L., Beamer, S. K., Yin, T., Matak, K. E., Yang, H., and Jaczynski, J. 2017. Mass balance for isoelectric solubilization/ precipitation of carp, chicken, menhaden, and krill. *LWT - Food Sci. Technol.* 81, 26–34.
- Tabilo-Munizaga, G., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2004). Color and textural parameters of pressurized and heat-treated surimi gels as affected by potato starch and egg white. *Food research international*, 37(8), 767-775.
- Luyến, T. T. (2004). *Công nghệ sản xuất surimi và các sản phẩm có nguồn gốc surimi* (trang 352-360). Hội thảo toàn quốc về khai thác, chế biến và dịch vụ hậu cần nghề cá.
- Luyến, T. T., Cấn, N. T., Ninh, Đ. V., Tuấn, N. A., Trung, T. S., & Bội, V. N. (2010). *Khoa học – Công nghệ surimi và sản phẩm mô phỏng*. Nhà xuất bản Nông nghiệp Tp Hồ Chí Minh.
- Wu, W.P., Zhou, X.M., & An, L.H. (2011). New production technology of *Megalaspis cordyla* surimi applying new additive. *Fishery Modernization*, 3, 11.
- Yongsawatdigul, J., & Park, J. W. (2004). Effects of alkali and acid solubilization on gelation characteristics of rockfish muscle proteins. *Journal of food science*, 69(7), 499-505.