

NGHIÊN CỨU NÂNG CAO HIỆU SUẤT TRÍCH LY GELATIN TỪ DA CÁ TRA (*PANGASIUS HYPOPHthalmus*) BẰNG KỸ THUẬT SIÊU ÂM

RESEARCH ON INCREASING THE EXTRACTION YIELD OF GELATIN FROM *PANGASIUS HYPOPHthalmus* BY ULTRASONIC

Nguyễn Thị Ngọc Hoi, Huỳnh Thành Đạt

Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm thành phố Hồ Chí Minh;

hoi83bmt@gmail.com, datdd.vn@gmail.com

Tóm tắt - Nghiên cứu xác định điều kiện trích ly có siêu âm nhằm nâng cao hiệu suất trích ly gelatin từ da cá tra (*Pangasius hypophthalmus*). Da cá tra được thu nhận từ Công ty CP Thủy sản Sông Tiền được trích ly gelatin có siêu âm với các điều kiện nhiệt độ, công suất, thời gian khác nhau. Mẫu da cá tra được trích ly có siêu âm tại điều kiện 45°C, công suất siêu âm 150W trong 2h cho hiệu suất thu hồi gelatin tốt nhất và cao hơn 33,58% so với mẫu trích ly không siêu âm ở cùng điều kiện nhiệt độ và thời gian. Kết quả này khẳng định, việc ứng dụng kỹ thuật siêu âm trong trích ly gelatin không những giúp nâng cao hiệu suất tách chiết gelatin, từ đó giảm chi phí sản xuất mà còn thúc đẩy ngành công nghiệp gelatin phát triển theo hướng thân thiện với môi trường. Cần có những nghiên cứu sâu hơn nhằm tối ưu điều kiện trích ly có siêu âm đối với nguyên liệu da cá tra, đồng thời mở rộng nghiên cứu trên các nguyên liệu khác.

Từ khóa - Da cá tra; hiệu suất thu hồi; gelatin; siêu âm; trích ly

1. Đặt vấn đề

Gelatin là hỗn hợp của peptide và protein được hình thành từ sự thủy phân một phần collagen. Đây là một trong những loại biopolymers phổ biến nhất và được ứng dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp như thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm và nhiếp ảnh vì tính chất và chức năng đặc trưng của chúng. Sản lượng gelatin trên toàn thế giới đạt 412,7 nghìn tấn vào năm 2015 và nhu cầu vẫn tiếp tục tăng lên. Những năm trước đây, gelatin chủ yếu được trích ly từ da và xương của các loài gia súc và lợn. Tuy nhiên, vì nguyên nhân dịch bệnh (bò điên, lở mồm long móng) và vấn đề tôn giáo, các nhà khoa học đang tập trung nghiên cứu để tìm ra những nguồn gelatin thay thế. Da, xương, vây, vảy của các loài cá, da gà, da ếch, da mực, đặc biệt là cá da trơn ... có thể được sử dụng như những nguồn thay thế (A.A. Karim và cộng sự, 2009).

Cá tra là một trong những mặt hàng thủy sản xuất khẩu chủ lực của Việt Nam với tổng sản lượng khoảng 1,2 triệu tấn và xuất khẩu đạt 1,8 tỉ USD trong năm 2017 (VASEP, 2019). Tuy nhiên, sản phẩm chính (thịt) trong quy trình chế biến cá chỉ chiếm khoảng 30%, còn lại 70% là các phụ và phế phẩm như da, xương, vây và nội tạng. Lượng phế phẩm này thường bị thải bỏ, dùng sản xuất thức ăn gia súc hoặc sản xuất phân bón. Phụ phẩm da cá tra đã được nhiều nhà khoa học Việt Nam nghiên cứu và đưa ra quy trình khai thác collagen và gelatin (C.X. Thuy và cộng sự, 2014; Quán Lê Hà và cộng sự, 2010; Lê Thanh Hà và cộng sự, 2008). Quy trình trích ly gelatin từ da cá tra cũng đã được Công ty Cổ phần Vĩnh Hoàn Collagen 5 triển khai sản xuất trên quy mô công nghiệp. Các nghiên cứu và ứng dụng tại

Abstract - This study is conducted to determine the appropriate extract conditions using ultrasonic technique to improve gelatin extraction efficiency from *Pangasius hypophthalmus*. Catfish skin was collected from Song Tien fishery joint stock company - Chau Thanh district - Tien Giang province, followed by pre-treatment, demineralization and gelatin extraction using ultrasonic technique under conditions of different temperature, ultrasonic capacity and time. The results show that catfish skin extracted with ultrasonic at temperature of 45°C, capacity of 150W in 2 hours get the best hydroxyproline recovery and 33.58% higher compared to the extracted-without-ultrasonic sample. This finding confirms the application of ultrasonic technique in gelatin extraction which not only significantly enhances gelatin extraction efficiency and reduces the production cost, but also promotes gelatin industry to develop in an eco-friendly and sustainable way. More in-depth studies are needed to investigate the effect of ultrasonic on gelatin quality, optimize ultrasonic extract conditions for catfish skin, and expand research on other materials.

Key words - Catfish skin; extraction; gelatin; extraction yield; ultrasonic

Việt Nam chủ yếu sử dụng hóa chất hoặc enzyme để trích ly gelatin từ nguyên liệu thô.

Trong công nghiệp thực phẩm, kỹ thuật siêu âm thường được ứng dụng như một tác nhân hỗ trợ các quá trình như hóa, đông hóa, kết tinh, trích ly, sấy, tiệt trùng ... với ưu điểm hiệu quả khuấy trộn cao, truyền năng lượng và truyền khối nhanh, tiết kiệm năng lượng, thiết bị nhỏ gọn, thời gian sản xuất ngắn, do đó có thể tăng năng suất và giảm chi phí sản xuất (Bermúdez-Aguirre D. và cộng sự, 2011). Trên thế giới, kỹ thuật siêu âm đã được các nhà khoa học nghiên cứu ứng dụng trong trích ly gelatin nhằm thay thế một phần hoặc hoàn toàn hóa chất và enzyme vốn không thân thiện với môi trường và/hoặc có chi phí sản xuất cao (Shekhar U. Kadam và cộng sự, 2015). Tuy nhiên tại Việt Nam, nhóm tác giả chưa tìm thấy nghiên cứu nào được công bố về việc ứng dụng kỹ thuật siêu âm trong trích ly gelatin.

Nghiên cứu này, tiến hành xác định điều kiện trích ly ứng dụng kỹ thuật siêu âm thích hợp nhằm nâng cao hiệu suất thu hồi gelatin từ da cá tra Việt Nam (*Pangasius hypophthalmus*), góp phần giảm chi phí sản xuất, thúc đẩy ngành công nghiệp gelatin Việt Nam phát triển theo hướng thân thiện môi trường và bền vững.

2. Giải quyết vấn đề

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Da cá tra (*Pangasius hypophthalmus*) được thu nhận từ Công ty Cổ phần Thủy sản Sông Tiền – 153 Tỉnh Lộ 864, Ấp Tân Thuận, Xã Bình Đức, huyện Châu Thành, tỉnh Tiền Giang. Da cá nguyên liệu được rửa sạch nhiều lần dưới vòi nước, cắt thành miếng nhỏ có kích thước không quá 0,5cm,

chia vào các túi zip khoảng 50g/túi và lưu trữ ở -20°C trong không quá 2 tháng để sử dụng làm mẫu cho các lần thí nghiệm. Hóa chất chính sử dụng trong nghiên cứu là bộ kit xác định hàm lượng Hydroxyproline K555 của hãng BioVision, các hóa chất khác đều đạt chất lượng cấp phân tích.

Thiết bị tạo sóng siêu âm được sử dụng trong nghiên cứu này là Sonics Ultracell VC750 (20kHz - 750W).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Các phương pháp phân tích được sử dụng trong nghiên cứu gồm: xác định độ ẩm AOAC 950.46, xác định hàm lượng tro AOAC 920.153, xác định hàm lượng protein AOAC 992.15, xác định hàm lượng lipid AOAC 991.36.

2.3. Quy trình trích ly gelatin

Mẫu da cá (10g) được khử nitor phi protein và khử khoáng bằng cách ngâm tỉ lệ 1:8 (w/v) với dung dịch NaOH 0,1N trong 30 phút, tiếp sau là dung dịch acetic acid 0,03N trong 3 giờ tại nhiệt độ 8 ÷ 10°C (Nguyễn Đỗ Quỳnh và cộng sự, 2015). Da cá sau đó được trích ly có siêu âm trong nước với tỉ lệ 1:8 (w/v) với các điều kiện nhiệt độ, thời gian và công suất siêu âm khác nhau, hỗn hợp sau trích ly được lọc chân không để thu dịch chiết. Dịch chiết gelatin được cô đặc bằng thiết bị cô quay chân không, làm khô bằng thiết bị đông khô để thu được gelatin thành phẩm.

Theo kết quả của nhóm nghiên cứu Tao Huang và cộng sự (2017), khi khảo sát trích ly có hỗ trợ siêu âm với công suất 200W tại các mức nhiệt 60, 70 và 80°C, sản phẩm gelatin thu được có tính chất lưu biến tốt nhất tại điều kiện 200W và 60°C. Mặt khác, theo kết quả nghiên cứu của M. Sompie và cộng sự (2015) về sự ảnh hưởng của nhiệt độ trích ly ở các mức 50, 55, 60°C đến tính chất lưu biến của gelatin da lợn thì điều kiện tốt nhất thu được là 55°C. Trong khi đó, gelatin từ cá sống ở vùng nước ấm có tính chất tương tự như gelatin từ động vật có vú (George Ninan và cộng sự, 2014). Do vậy, nhóm tác giả lựa chọn khảo sát điều kiện trích ly có siêu âm ở các mức nhiệt độ 30, 45, 60°C và công suất siêu âm 75, 150, 225 và 300W nhằm thu được gelatin có tính chất lưu biến tốt. Ngoài ra, để đảm bảo việc duy trì nhiệt độ như mong muốn trong suốt quá trình trích ly thì đầu phát siêu âm được đặt ở chế độ 30 giây bật/30 giây tắt và thời gian trích ly có hỗ trợ siêu âm được khảo sát trong 1, 2 và 3 giờ (Kim, H.K. và cộng sự, 2012). Tiêu chí khi khảo sát điều kiện trích ly có hỗ trợ siêu âm là hiệu suất thu hồi gelatin cao nhất. Gelatin chứa một lượng lớn hydroxyproline - một acid amin nonproteinogenic phổ biến, do đó có thể định lượng gelatin thông qua định lượng hydroxyproline (GMIA, 2019).

2.4. Phương pháp xác định hiệu suất thu hồi hydroxyproline

Hydroxyproline được định lượng theo phép thử Hydroxyproline Colometric Assay Kit Catalog #K555-100 của hãng Bio Vision (Bio Vision, 2018), mô tả ngắn gọn như sau: Đồng nhất 10mg da cá nguyên liệu/gelatin thu được trong 100µl nước cất. Thêm 100µl HCl đậm đặc (~ 12N) trong lọ có nắp đậy kín và thủy phân ở 120°C trong 3 giờ. Vortex và ly tâm với tốc độ 10.000g. Chuyển mỗi 10µl mẫu đã thủy phân vào đĩa 96 giếng và bay hơi đến khô trong chân không. Sau đó thêm 100µl thuốc thử Cloramine T vào từng giếng và ủ ở nhiệt độ phòng trong 5 phút. Tiếp theo thêm 100µl thuốc thử DMAB vào từng giếng và ủ trong 90 phút ở 60°C. Đo độ hấp thụ ở 560nm bằng máy

đọc khay vi thể. Đường chuẩn được xây dựng tương tự bằng cách thêm hydroxyproline chuẩn ở các nồng độ từ 0 đến 1,0µg vào các giếng có chứa mẫu với bước nhảy 0,2µg/lần tăng nồng độ. Lượng hydroxyproline trong mỗi giếng (µg/µl) được tính theo công thức (1):

$$Hyp = \frac{OD_{mẫu}}{(OD_{Std\ Hyp+mẫu} - OD_{mẫu}) \times V} \times D \tag{1}$$

Trong đó: Hyp là nồng độ hydroxyproline trong giếng phản ứng, đơn vị µg/µl; OD_{mẫu} là giá trị độ hấp thụ của giếng mẫu; OD_{Std+mẫu} là giá trị độ hấp thụ của giếng chứa mẫu và hydroxyproline chuẩn.

Hiệu suất thu hồi hydroxyproline được tính theo công thức (2):

$$HSTH_{hyp} = \frac{Hyp/gelatin}{Hyp/cada} \times 100\% \tag{2}$$

Trong đó: HSTH_{hyp} là hiệu suất thu hồi hydroxyproline; Hyp/gelatin là nồng độ hydroxyproline trong giếng chứa mẫu gelatin thu được; Hyp/cada là nồng độ hydroxyproline trong giếng chứa mẫu da cá nguyên liệu.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần, kết quả được tính giá trị trung bình ± SD, xử lý thống kê ANOVA với mức ý nghĩa 5%, lập bảng, biểu bằng phần mềm GraphPad Prism 7.

3. Kết quả nghiên cứu và bình luận

3.1. Thành phần hóa học và hàm lượng hydroxyproline của da cá tra

Kết quả phân tích thành phần hóa học và hàm lượng hydroxyproline của da cá tra nguyên liệu được trình bày trong Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần hóa học của da cá tra

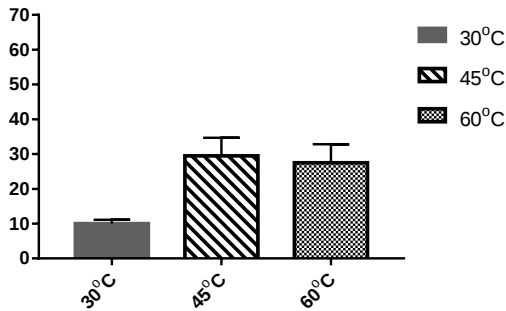
STT	Chỉ tiêu	Hàm lượng tính theo nguyên liệu thô (g/100g)	Hàm lượng tính theo chất khô (%)
1	Ẩm độ	57,05 ± 0,26	0
2	Khoáng	0,45 ± 0,15	1,05 ± 0,35
3	Lipid	8,35 ± 0,46	19,44 ± 1,07
4	Protein	34,15 ± 0,38	79,51 ± 0,88
5	Hydroxyproline	4,49 ± 0,82	10,45 ± 1,91

Thành phần chủ yếu của da cá tra nguyên liệu là ẩm, protein và lipid. So sánh với da cá trê – một loài cá cùng họ thì da cá tra Việt Nam có hàm lượng lipid cao hơn, hàm lượng protein và khoáng thấp hơn (tính theo chất khô), tuy nhiên sự khác biệt là không đáng kể (V. Sanaei Ardekani và cộng sự, 2013). So sánh với xương cá tra thì da cá tra có hàm lượng lipid và protein cao hơn, hàm lượng khoáng thấp hơn (tính theo chất khô), đồng thời sự khác biệt của protein và khoáng rất rõ rệt (F. Mahmoodani và cộng sự, 2012). Kết quả phân tích da cá tra Việt Nam có hàm lượng protein tổng và hydroxyproline tương đối cao, đồng thời hàm lượng khoáng thấp một lần nữa khẳng định da cá tra Việt Nam là nguồn nguyên liệu tốt để khai thác gelatin.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ trích ly có siêu âm đến hiệu suất thu hồi hydroxyproline

Tiến hành trích ly gelatin ở điều kiện công suất siêu âm 75W trong thời gian 2 giờ tại các mức nhiệt độ 30, 45 và

60°C. Hiệu suất thu hồi hydroxyproline tại 3 mức nhiệt độ khảo sát được trình bày trong Hình 1.

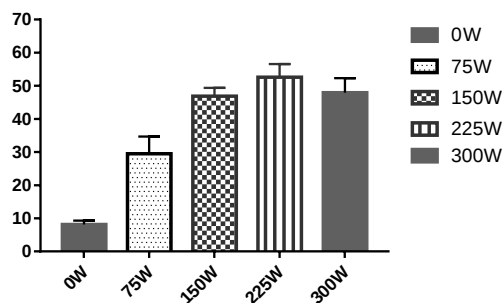


Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ trích ly có siêu âm đến hiệu suất thu hồi hydroxyproline với công suất siêu âm 75W trong 2 giờ

Hiệu suất thu hồi hydroxyproline tăng đáng kể từ 10,00% lên đến 29,46% khi nhiệt độ siêu âm tăng từ 30°C lên 45°C, sau đó giảm nhẹ khi nhiệt độ siêu âm tăng đến 60°C. Nguyên nhân là da cá tra nguyên liệu đã qua công đoạn xử lý bằng NaOH và CH_3COOH nên cấu trúc phân tử collagen trong da trở nên lỏng lẻo và dễ dàng bị cắt đứt tạo thành gelatin. Đồng thời các phân tử gelatin dễ dàng hòa tan vào dịch chiết hơn tại khoảng nhiệt độ 45 ÷ 60°C. Tuy nhiên, không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa 2 mẫu 45 và 60°C ($p < 0,05$)., Chính vì vậy, 45°C là nhiệt độ trích ly có siêu âm thích hợp được lựa chọn để khảo sát các thông số tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hiệu suất thu hồi hydroxyproline

Tiến hành khảo sát sự ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hiệu suất thu hồi hydroxyproline tại điều kiện nhiệt độ 45°C trong 2 giờ với các mức công suất siêu âm khác nhau: không siêu âm, 75W, 150W, 225W và 300W. Kết quả được trình bày trong Hình 2.



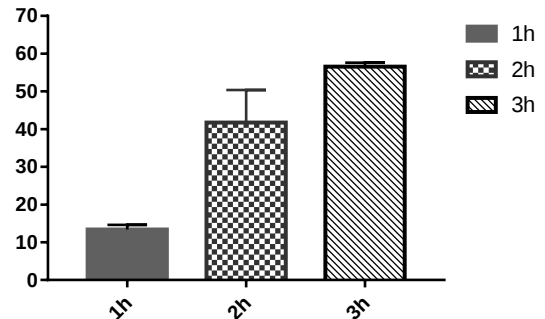
Hình 2. Ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hiệu suất thu hồi hydroxyproline tại nhiệt độ 45°C trong 2 giờ

Có một sự khác biệt rất rõ ràng về hiệu suất thu hồi hydroxyproline giữa các mẫu trích ly có siêu âm với mẫu trích ly không siêu âm. Trong khi hiệu suất thu hồi của mẫu không siêu âm chỉ đạt dưới 10% thì hiệu suất thu hồi của các mẫu có siêu âm đều đạt trên 30%. Nhìn chung, khi công suất siêu âm tăng thì hiệu suất thu hồi tăng, đạt giá trị cao nhất 52,59% tại công suất 225W, giảm nhẹ tại công suất 150W và 300W. Không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các mẫu trích ly có siêu âm với công suất 150, 225 và 300W (độ tin cậy 95%). Đồng thời, dịch gelatin của mẫu 75W và 150W có màu trắng đục, trong khi mẫu 225W có màu xám nhẹ và mẫu 300W có màu xám đậm. Nguyên nhân dịch trích ly có màu xám có thể do, các phân tử sắc tố

trên da cá đã thôi nhiễm vào dịch chiết trong quá trình trích ly, điều này sẽ làm giảm giá trị cảm quan và chất lượng của gelatin thành phẩm. Do đó, điều kiện trích ly với công suất 150W được lựa chọn để tiến hành các khảo sát tiếp theo.

3.4. Ảnh hưởng của thời gian trích ly có siêu âm đến hiệu suất thu hồi hydroxyproline

Da cá tra được trích ly tại nhiệt độ 45°C với công suất 150W trong các khoảng thời gian 1, 2 và 3 giờ. Hiệu suất thu hồi hydroxyproline giữa các mẫu của nghiệm thức được tính toán và trình bày trong Hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng của thời gian trích ly có siêu âm đến hiệu suất thu hồi hydroxyproline tại 45°C và công suất 150W

Thời gian trích ly tỉ lệ thuận với hiệu suất thu hồi và đạt giá trị cao nhất sau 3 giờ trích ly với hiệu suất gần 60%, đồng thời có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa mẫu trích ly có siêu âm trong 1 giờ so với 2 mẫu còn lại ($p < 0,05$). Mặc dù, hiệu suất thu hồi đạt cao nhất sau 3 giờ trích ly, nhưng sự khác nhau giữa mẫu trích ly trong 2 giờ và 3 giờ là không có ý nghĩa thống kê. Hơn nữa, dịch gelatin thu được sau 3 giờ chiết có màu xám đậm, do đó thời gian trích ly thích hợp là 2 giờ.

4. Kết luận

Qua nghiên cứu đã, tìm ra được điều kiện trích ly có siêu âm thích hợp nhất nhằm đạt được hiệu suất thu hồi hydroxyproline cao nhất như sau: nhiệt độ trích ly 45°C, công suất siêu âm 150W, thời gian trích ly có siêu âm (30 giây bật/30 giây tắt) là 2 giờ. Với điều kiện này, hiệu suất thu hồi hydroxyproline đạt 41,71%, tăng 33,58% so với mẫu trích ly ở cùng điều kiện nhiệt độ, thời gian mà không ứng dụng siêu âm.

Kết quả này phù hợp với công bố của các tác giả quốc tế. Trong một nghiên cứu của Kim và cộng sự (2012), việc trích ly gelatin hòa tan trong acid từ da cá vược Nhật Bản (*Lateolabrax 17aponicas*) cho thấy, hiệu suất tăng và thời gian trích ly giảm sau khi xử lý siêu âm ở tần số 20kHz trong acid acetic 0,5M đồng thời trích ly bằng siêu âm không làm thay đổi các thành phần chính của gelatin. Trong một nghiên cứu tiếp theo của nhóm này, việc sử dụng siêu âm trong chiết xuất gelatin đã thu được hiệu suất cao hơn phương pháp trích ly thông thường với acid acetic 0,5 M, ngay cả khi sử dụng nồng độ acid thấp (0,01 M). Ngoài ra, sản lượng gelatin từ da của cá vược Nhật Bản (*Lateolabrax aponicas*) tăng lên đáng kể khi tăng thời gian và biên độ siêu âm (Kim, H.K. và cộng sự, 2013).

Kết quả này khẳng định, việc ứng dụng kỹ thuật siêu âm trong trích ly gelatin không những giúp nâng cao đáng

kể hiệu suất tách chiết gelatin, từ đó giảm chi phí sản xuất mà còn thúc đẩy ngành công nghiệp gelatin phát triển theo hướng thân thiện với môi trường và bền vững. Cần có những nghiên cứu sâu hơn nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của điều kiện siêu âm đến chất lượng gelatin, tối ưu hóa điều kiện trích ly có siêu âm đối với nguyên liệu da cá tra, đồng thời mở rộng nghiên cứu trên các đối tượng nguyên liệu khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] A.A. Karim, Rajeev Bhat, “Fish gelatin: properties, challenges, and prospects as an alternative to mammalian gelatins”, *Food Hydrocolloids*, 23(3), 2009, 563-576.
- [2] Bermúdez-Aguirre D., Mobbs T., Barbosa-Cánovas G.V., *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*, Springer New York, 2011.
- [3] Bio Vision, *Hydroxyproline Colometric Assay*, Bio Vision, 2018.
- [4] C. X. Thuy, B. Lam, K. Mc, “Commick, Optimizing of nano-filtration to obtain fish protein isolate (FPI) from *Pangasius Hypophthalmus* by-products with calcium-binding bio-activity”, *Global Journal of Agricultural Research*, 2(1), 2014, 11-21.
- [5] F. Mahmoodani, V. Sanaei Ardekani, S. F. See, S. M. Yusop, A. S. Babji, “Optimization and physical properties of gelatin extracted from pangasius catfish (*Pangasius sutchi*) bone”, *Journal of Food Science Technology*, 51(11), 2012, 3104–3113.
- [6] George Ninan, Jose Joseph và Zynudheen Abubacker Aliyamveetil, “A comparative study on the physical, chemical and functional properties of carp skin and mammalian gelatins”, *Journal of Food Science Technology*, 51(9), 2014, 2085-2091.
- [7] GMIA, *Standard Testing Method for Edible Gelatin*, Gelatin Manufacturers Institute of America, 2019.
- [8] VASEP, *Xuất khẩu cá tra 2018 định hướng thị trường 2019*, Hiệp hội chế biến và xuất khẩu thủy sản Việt Nam, 2019.
- [9] Kim, H.K., Kim, Y.H., Kim, Y.J., Park, H.J. and Lee, N.H., “Effects of ultrasonic treatment on collagen extraction from skins of the sea bass *Lateolabrax japonicas*”, *Fisheries Science*, 78(2), 2012, 485-490.
- [10] Kim, H.K., Kim, Y.H., Park, H.J. and Lee, N.H., “Application of ultrasonic treatment to extraction of collagen from the skins of sea bass *Lateolabrax japonicas*”, *Fisheries Science*, 79(5), 2013, 849-856.
- [11] Lê Thanh Hà, Quán Lê Hà, Nguyễn Thị Hoài Trâm, “Nghiên cứu điều kiện thủy phân casein bằng enzym để thu peptit kim hàm ACE”, *Proceedings Hội nghị khoa học toàn quốc, Hóa sinh và sinh học phân tử phục vụ nông, sinh, y học và công nghiệp thực phẩm*, 2008, 9-13.
- [12] M.Sompie, S. E. Surtijono, J.H.W. Pontoh, N.N. Lontaan, “The Effects of Acetic Acid Concentration and Extraction Temperature on Physical and Chemical Properties of Pigskin Gelatin”, *Procedia Food Science*, 3, 2015, 383-388.
- [13] Nguyễn Đỗ Quỳnh, Nguyễn Lê Anh Đào, “Nghiên cứu sản xuất gelatin từ da cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) theo quy trình mới”, *Tạp chí khoa học trường ĐH Cần Thơ*, 40(1), 2015, 47-52.
- [14] Quán Lê Hà, “Nghiên cứu quy trình công nghệ tách chiết collagen từ da cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) bằng enzyme pepsin”, *Báo cáo đề tài Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn Nghiên cứu ứng dụng công nghệ enzyme trong sản xuất collagen từ da cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*)*, 2010.
- [15] Shekhar U. Kadam, Dr Brijesh K. Tiwari, Carlos Alvarez, Colm P. O'Donnell, “Ultrasound for the extraction, identification and delivery of food proteins and bioactive peptides”, *Trends in Food Science & Technology*, 46(1), 2015, 60-67.
- [16] Tao Huang, Zong-Cai Tu, Xichen-Shangguan, Hui Wang, Lu Zhang, Xiao-Mei Sha, “Rheological and structural properties of fish scales gelatin: Effects of conventional and ultrasound-assisted extraction”, *International Journal of Food Properties*, 20(2), 2017, 1210-1220.
- [17] V. Sanaei Ardekani, Fatemeh Mahmoodani, Siau Fern See, Salma Mohamad Yusop, Abdul Salam Babji, “Processing optimization and characterization of gelatin from catfish (*Clarias gariepinus*) skin”, *Sains Malaysiana*, 42(12), 2013, 1697-1705.

(BBT nhận bài: 14/3/2019, hoàn tất thủ tục phản biện: 15/7/2019)