

THÔNG BÁO KHOA HỌC

TÍNH BỀN NHIỆT CỦA GEL TỪ THỊT CÁ MÓ SCARUS FLAVIPECTORALIS XAY NHUYỄN SAU KHI ĐƯỢC XỬ LÝ Ở CÁC NHIỆT ĐỘ KHÁC NHAU

HEATING-RESISTANCE GELATION PROPERTIES OF PARROT FISH SCARUS FLAVIPECTORALIS AFTER TREATMENT AT VARIOUS TEMPERATURE

Nguyễn Thu Hồng¹

Ngày nhận bài: 29/7/2018; Ngày phản biện thông qua: 28/5/2019; Ngày duyệt đăng: 10/6/2019

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, chúng tôi khảo sát sự bền nhiệt của protein tạo dai myosin trong thịt cá mó *Scarus flavipectoralis* xay nhuyễn dưới ảnh hưởng của các nhiệt độ khác nhau. Các gel được chuẩn bị bằng cách gia nhiệt ở nhiệt độ từ 35 - 70°C trong 30 phút rồi tiếp tục hấp chín ở 85°C trong 20 phút. Độ đàn hồi được đo bằng máy đo độ lưu biến, sự hoạt động của protein myosin được xác định bằng kỹ thuật điện di trên gel polyacrylamide có sodium dodecyl sulfate gel (SDS-PAGE). Suwari đã xảy ra trong quá trình gia nhiệt ở 35 - 45°C và đã góp phần tăng cường độ dai của gel. Bên cạnh đó, hiện tượng phân hủy (modori) đã không xảy ra khi gel được xử lý nhiệt từ 50-65°C ở giai đoạn suwari. Điều này cho thấy đặc tính bền nhiệt của gel được chuẩn bị từ thịt cá mó xay nhuyễn có khoảng nhiệt độ dao động rộng từ 40°C đến 65°C. Ở nhiệt độ trên 70°C, độ đàn hồi của gel lại giảm dần.

Từ khóa: Gel, myosin, SDS-PAGE, suwari, thịt cá xay nhuyễn

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the heating-resistance characteristics of gel making from dehydrated meat of parrot fish (*scarus flavipectoralis*) after treatment at various temperature. The gel was prepared by setting at various temperatures from 35°C to 70°C for 30 minutes and ending by heating at 85°C for 20 minutes. Breaking strength and breaking strain rate of thermal gels were measured by rheometer. Sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) was performed to determine denaturation and polymerization of the myosin heavy chains (MHCs). The effect of setting around 40°C contributed to enhancing the gel strength was examined in association with the activity of MHCs for surimi of parrot fish. On the other hand, there was no modori phenomenon as treating sample at higher temperature from 50°C to 65°C. This result suggested that heat resistance of gel prepared from parrot fish surimi had a wide temperature range from 40°C to 65°C. Gel strength was decreased by heating treatment subsequent at 70°C.

Key words: Gel, myosin, SDS-PAGE, suwari, surimi

I. MỞ ĐẦU

Khả năng tạo gel của thịt cá xay nhuyễn (surimi) là tính năng quan trọng nhất để tạo sản phẩm mô phỏng của nó như chả cá, xúc xích, giã cua... trong công nghiệp chế biến thủy sản (Saeki *et al.*, 1995). Đặc tính này phụ thuộc vào sự hoạt động của các protein cơ, chủ yếu là myosin có mặt trong cơ của cá. Sự hình thành gel của thịt cá xay nhuyễn xảy ra ở nhiệt

độ trung bình gọi là giai đoạn ổn nhiệt hay còn gọi là suwari. Trong quá trình này, dưới tác dụng của nhiệt độ trung bình nhỏ hơn 40°C, các protein cơ hoạt động (biến tính, tháo xoắn, kết hợp) tạo ra các mạng lưới gel liên kết khi thịt cá được xay nhuyễn với muối (Shimizu *et al.*, 1981). Cụ thể, các mạng lưới gel này liên quan đến quá trình mở xoắn của các protein để thiết lập các cầu nối giữa chúng nhờ những liên kết hydro (Lanier, 1992), liên kết giữa các phân

¹ Phòng Hóa sinh biển, Viện Hải Dương học, Nha Trang

từ có nhóm kị nước (Sano *et al.*, 1988), cầu nối disulphide (Hossain *et al.*, 2001, Sano *et al.*, 1988, Itoh *et al.*, 1980) hay cầu nối cộng hóa trị (Wan *et al.*, 1994). Theo nhiều nghiên cứu sự tập hợp lại của của các chuỗi nặng myosin tạo mạng lưới gel vững chắc và đồng nhất có thể xảy ra ở nhiệt độ mát (4°C) trong thời gian từ 1 - 10 tiếng định hình hoặc ở 20 - 40°C hay 60°C trong 30 phút trước khi hấp chín ở 85 - 90°C (Matsuoka *et al.*, 2014, Soottawat *et al.*, 2003). Thêm vào đó, enzyme transglutaminase (Tgase) được xem là enzyme xúc tác cho quá trình polyme hóa của myosin (Hirakawa *et al.*, 2007, Seki *et al.*, 1990). Sự đáp ứng với quá trình định hình này khác nhau ở các loài khác nhau (Shimizu *et al.*, 1981), liên quan đến môi trường sống của chúng (Morales *et al.*, 2001).

Thông thường, giai đoạn gia nhiệt định hình từ 45 - 70°C làm giảm độ bền của gel gọi là modori. Quá trình phá hủy gel trong khoảng nhiệt độ này xảy ra do sự hoạt động phân hủy của chính các enzyme protease có mặt trong hầu hết các loài cá. Các loài cá khác nhau thì hiện tượng modori cũng được ghi nhận là khác nhau. Bên cạnh đó các enzyme nội sinh đóng vai trò quan trọng trong sự phân hủy của chuỗi nặng myosin (MHC) trong quá trình chế biến các sản phẩm của thịt cá xay nhuyễn (Makinodan *et al.*, 1987, Yanagihara *et al.*, 1991).

Người Nhật Bản đã chế biến và sử dụng chả cá cách đây gần 1000 năm. Trong những thập kỷ gần đây, cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, họ đã nghiên cứu đặc tính protein tạo dai trong từng loài cá để nâng cao giá trị sản phẩm. Đó là những loài cá có giá trị kinh tế thấp chỉ được dùng làm thức ăn hằng ngày hoặc bỏ đi sau khi đánh bắt vì chi phí vận chuyển cao hơn cả giá bán (Matsuoka *et al.*, 2014, Shimizu *et al.*, 1981). Vì vậy, nếu những loài cá này được nghiên cứu để chế biến thành nhiều sản phẩm có giá trị dinh dưỡng và kinh tế cao như các sản phẩm mô phỏng của thịt cá xay nhuyễn (chả cá, giả cua, xúc xích cá...) thì sẽ góp phần cho việc sử dụng hiệu quả và bền vững nguồn lợi biển và nâng cao thu nhập cho ngư dân. Ở nước ta, hiện chưa có công trình công bố về nghiên cứu protein tạo độ kết dính trong thịt

cá xay nhuyễn. Một số nghiên cứu về qui trình sản xuất chả cá đã được tiến hành nhưng chỉ tập trung về cách phối trộn các thành phần bột, gia vị với thịt cá để tạo sản phẩm (Đào Trọng Hiếu và *cs.*, 2010), hoặc ảnh hưởng của nhiệt độ trong quá trình ổn định độ dai của sản phẩm từ cá nước ngọt bằng cách đo độ đàn hồi của sản phẩm (Nguyen Van Muoi và Dang Thi Thu Thao, 2012). Hiện tại, các sản phẩm từ thịt cá xay nhuyễn, phổ biến nhất là chả cá lại đang ở trong tình trạng không an toàn cho sức khỏe cộng đồng do người sản xuất đã sử dụng hóa chất độc như hàn the, urea và chloramphenicol để tạo độ dai, dòn và khử mùi hôi. Gần đây, cảnh sát môi trường Đồng Tháp (2013), Sở Y tế Phú Yên (2013) đã cho biết tất cả 27 cơ sở sản xuất chả cá được kiểm tra tại Phú Yên, Đồng Tháp đều bị nhiễm các hóa chất trên khi bị kiểm tra. Chính vì vậy từ năm 2014, chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu về ảnh hưởng của thời gian lên protein tạo dai của thịt xay nhuyễn của cá đò củ, loài thường được sử dụng để làm chả cá tại Nha Trang đã được tiến hành theo (Nguyễn Thu Hồng và *cs.*, 2015). Ngoài cá đò củ, cá mó được xem là nguồn nguyên liệu dồi dào và có giá rẻ, ngoài làm chả cá thì nó không được dùng làm thức ăn hằng ngày. Do đó, chúng tôi tiến hành nghiên cứu các đặc tính protein tạo dai dưới ảnh hưởng của nhiệt độ ở thịt cá xay nhuyễn của cá mó, làm cơ sở để sản xuất sản phẩm chả cá sạch, không phụ gia và hàn the nhằm nâng cao giá trị dinh dưỡng, giá trị kinh tế cũng như đảm bảo chất lượng an toàn thực phẩm.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

1. Thu mẫu và chuẩn bị thịt cá xay nhuyễn:

Cá mó tươi được thu tại cảng Cửa Bé, Thành phố Nha Trang, Khánh Hòa (n=30) có khối lượng ($601,5 \pm 46,42$ g) và kích thước ($24,75 \pm 0,5$ cm). Cá được bảo quản lạnh và vận chuyển về phòng thí nghiệm. Cá được rửa sạch, bỏ đầu đuôi sau đó phi lê lấy thịt cá. Thịt cá được rửa sạch và xay nhuyễn tạo thành thịt cá xay nhuyễn và được giữ trong tủ đông (-20 °C) đến khi tiến hành thí nghiệm.

2. Chuẩn bị gel cho thí nghiệm: Thịt cá mó xay nhuyễn trộn với 0,5 M NaCl rồi tiếp tục

xay nhuyễn, sau đó được quét trong các hộp nhựa (25 mm, bán kính 40 mm) để cố định gel ở nhiệt độ khác nhau. Mẫu thí nghiệm sẽ được ủ ở các nhiệt độ từ 35 - 70°C trong 20 phút trước khi hấp chín ở 85°C trong phút. Mẫu đối chứng sẽ không có giai đoạn ủ nhiệt mà đun chín ở 85°C.

3. Phương pháp xác định độ đàn hồi của gel:

Độ đàn hồi của gel được thể hiện qua hai thông số độ bền (N) và độ biến dạng (%) của gel. Các thông số này được đo bằng máy đo độ lưu biến (Model CR – 200D, Sun Scientific Co.Ltd, Tokyo, Japan) bằng chế độ PEAK với đường kính trụ nén 5 mm, độ dài trụ 10 cm, tốc độ di chuyển đầu trụ là 60 mm/phút theo phương pháp của Shimizu *et al.* (1981). Mỗi mẫu đo được lặp lại ít nhất 3 lần. Số liệu được xử lý bằng phần mềm Excel.

4. Xác định sự hoạt động của protein tạo dai được xác định bằng SDS-PAGE:

Sự phân hủy và polyme hóa của chuỗi nặng myosin (MHC) được quan sát trên gel polyacrylamide có Sodium dodecyl sulfate dựa vào biểu hiện của vạch myosin xuất hiện trên gel sau khi điện di các mẫu thí nghiệm. Vạch càng mờ chứng tỏ MHC càng bị phân hủy và polyme hóa càng mạnh, tương ứng với độ dai càng nhiều.

Gel sau khi hấp chín được cắt thành miếng nhỏ để tách chiết protein bằng 20 mM Tris-HCl (pH 8,0) gồm 8 M urea, 2% sodium dodecyl sulfate (SDS) và 2% 2-mercaptethanol và sau đó đun sôi trong 2 phút. Hàm lượng protein

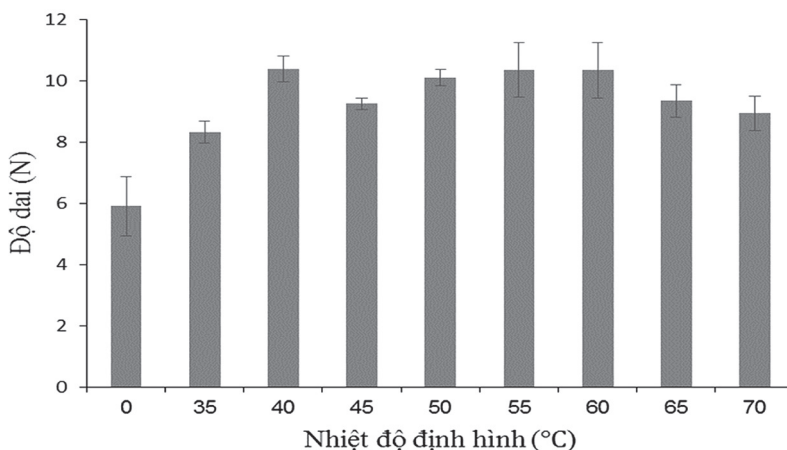
được xác định bằng phương pháp biuret của Gornal *et al.* (1948).

SDS-PAGE được tiến hành theo phương pháp của Weber & Obsorn (1969) và sử dụng 3% gel polyacrylamide. Sau khi gel được tạo bản xong, 50 µg protein mẫu sẽ được cho vào các giếng trên bản gel để tiến hành điện di. Gel sẽ được nhuộm màu với Comasive Brilliant Blue R -250 và rửa giải với 7% acid acetic chứa 25% methanol khi quá trình chạy mẫu kết thúc.

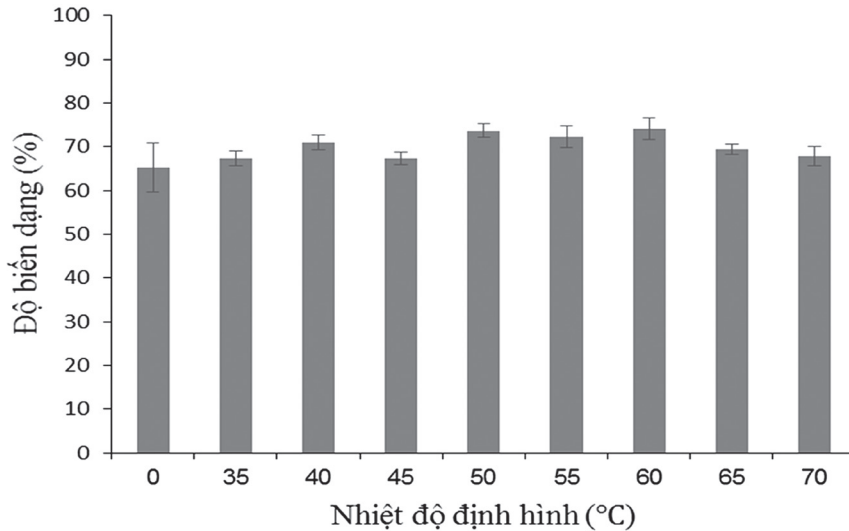
III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

1. Đặc tính gel của thịt cá mó xay nhuyễn được xử lý ở các nhiệt độ khác nhau

Độ đàn hồi của gel làm từ thịt cá mó xay nhuyễn ở các nhiệt độ khác nhau từ 35 - 70°C thể hiện ở Hình 1. Kết quả cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của nhiệt độ đến độ dai của gel khi thịt cá mó được gia nhiệt trong khoảng thời gian 0-40°C, độ bền tăng từ 5,91 N đến 10,95 N. So với các nghiên cứu khác của Matsuoka *et al.* (2013) đối với các loài cá khác, thì kết quả này tương tự nghĩa là giai đoạn suwari độ bền tăng khi nhiệt độ tăng. Tuy nhiên khi tiếp tục gia tăng nhiệt độ định hình từ 45-55°C độ bền gel có xu hướng giảm ở 9,08N và tiếp tục tăng đến 10,33N và khi tiếp tục tăng nhiệt độ đến 70°C thì độ bền có xu hướng giảm đến 8,06N. Thông thường, giai đoạn sau suwari (sau 40°C) khi tiếp tục tăng nhiệt độ thì độ bền sẽ giảm rõ rệt gọi là hiện tượng modori. Tuy nhiên, trong trường hợp của cá mó thì kết quả ghi nhận khác biệt.



Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ đối với độ dai của gel đã xử lý nhiệt của thịt cá mó xay nhuyễn. Mẫu đối chứng không được xử lý nhiệt trước khi hấp ở 85°C trong 20 phút (0°C).



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đối với độ biến dạng của gel đã xử lý nhiệt của thịt cá mó xay nhuyễn. Mẫu gel đối chứng không được xử lý nhiệt trước khi nấu ở 85°C trong 20 phút (0°C).

Từ Hình 2 cho thấy nhiệt độ định hình của mẫu tăng từ 0-40°C thì độ biến dạng tăng từ 65,3% tăng đến 71,87%. Tương tự như kết quả của độ bền, độ biến cao nhất dạng cũng được ghi nhận là ở nhiệt 40°C có độ biến dạng và không có sự khác biệt có ý nghĩa (độ tin cậy 95%). Khi tăng nhiệt độ lên 45°C thì độ biến dạng giảm xuống 68,70% và tăng đến 71,13% khi nhiệt độ đạt đến 55°C. Độ biến dạng cũng đã giảm xuống 65,73% khi tiếp tục tăng nhiệt độ lên đến 70°C.

Gel của thịt cá mó xay nhuyễn định hình ở các nhiệt độ khác nhau dẫn tới đặc tính gel khác nhau (Benjakul *et al.*, 2003a). Từ kết quả cho thấy, gel nếu được ổn nhiệt tại ở 40°C cho độ bền gel cực đại và độ biến dạng cực đại. Độ dai cực đại cao hơn 1,84 lần và 1,04 lần so với mẫu đối chứng không qua giai đoạn ổn nhiệt và mẫu ở nhiệt độ (65°C). So sánh kết quả về đặc tính gel chả cá của cá mó với các cá khác đã được nghiên cứu của Matsuoka *et al.* (2013) như cá minh thái (walley pollack), cá đù (white croaker) và một số loài cá xương cho thấy dai của gel cá mó gấp từ 3 - 5 lần trong trường hợp với mẫu đối chứng và gấp từ 4 - 7 lần trong trường hợp được định hình trong khoảng nhiệt độ 40-45°C trước khi hấp chín. Từ đây có thể có kết luận rằng, sự khác nhau về nhiệt độ trong quá trình định hình gel sẽ tạo chất lượng

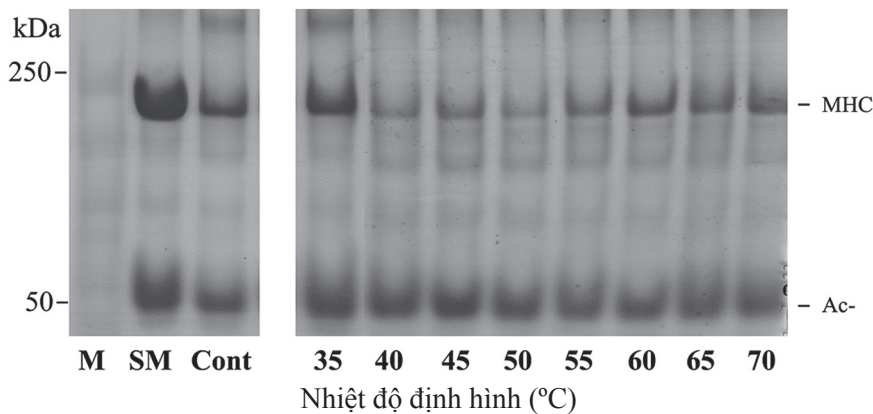
sản phẩm chả cá khác nhau, khoảng nhiệt độ từ 40 - 45°C sẽ tối ưu hóa độ dai của chả cá.

Khi so sánh về đặc tính của gel cá mó với các loài cá khác dưới ảnh hưởng của các enzyme phân hủy protein khi gel định hình ở nhiệt độ cao hơn 45°C thì đặc tính gel của nó không bị phá hủy mà vẫn giữ độ dai hơn mẫu đối chứng. Nghiên cứu của An *et al.* (1996) đã xác định rằng phần lớn gel của thịt cá xay nhuyễn từ các loài cá khác đều bị phá hủy ở nhiệt độ cao hơn 45°C. Kết quả này cho thấy các protein tạo dai trong cơ cá mó không bị ảnh hưởng bởi các enzyme nội bào. Điều này có nghĩa rằng, phổ nhiệt cho phát triển độ dai chả cá mó rất rộng từ 35-65°C nên yêu cầu về nhiệt độ trong giai đoạn suwari của quá trình sản xuất chả cá mó có thể dao động trong một khoảng rộng.

2. Sự hoạt động của protein tạo dai được xác định bằng SDS-PAGE

Các mẫu SDS-PAGE của gel từ thịt cá mó xay nhuyễn đã được xử lý nhiệt trong vòng 30 phút được minh họa ở Hình 3.

Dải (band) của chuỗi nặng myosin (MHC) đậm nét và rõ ràng nhất là trong mẫu thịt cá xay nhuyễn (SM). Các vạch MHC mờ dần trong tất cả các gel chưa được xử lý nhiệt (cont) và được xử lý (mẫu) Điều này có thể được giải thích do sự có mặt của TGase trong mạng lưới gel thịt cá xay nhuyễn đã hoạt hóa những liên kết



Hình 3. Kết quả SDS-PAGE của gel xử lý nhiệt trong 30 phút ở giai đoạn suwari. Mẫu đối chứng không có giai đoạn suwari (Cont). Các chữ viết tắt khác: M (marker), SM (thịt cá xay nhuyễn), Ac- (Actin), MHC (myosin heavy chain monomer).

chéo của MHC dẫn đến biến tính, tháo xoắn và sự polyme hóa của các phân tử myosin như Niwa (1992), Seki *et al.* (1990) đã đề cập. Sự polyme hóa đạt mức cực đại ở 40°C. Cụ thể, trong bản gel SDS-PAGE, vạch MHC tại đây mờ nhất so với các vạch nhiệt độ khác, kết quả tương tự với các của các nghiên cứu ở các loài cá khác (Matsuoka *et al.*, 2013).

Khoảng nhiệt độ từ 45 - 65°C trong giai đoạn định hình thường xuất hiện hiện tượng modori (An *et al.*, 1996, Benjakul 1997). Tuy nhiên, vạch MHC từ gel của thịt cá mó xay nhuyễn không có sự khác biệt là mấy so với MHC biểu hiện lúc cực đại, thậm chí vạch này còn mờ hơn của mẫu gel đối chứng và xử lý nhiệt ở 35°C. Kết quả về độ bền và độ dai ở khoảng nhiệt độ cao này cũng trùng với kết quả như với SDS-PAGE. Như vậy gel từ thịt xay nhuyễn của cá mó không có hiện tượng modori

nghĩa không chịu ảnh hưởng của các enzyme phân hủy protein. Đây là điều khác biệt của gel từ thịt cá mó so với các loài cá khác đã nghiên cứu vì phần lớn protein của các loài cá khác sẽ bị phân hủy ở giai đoạn xử lý nhiệt độ cao như Matsuoka *et al.* (2013) đã mô tả.

IV. KẾT LUẬN

Gel từ thịt cá mó xay nhuyễn có độ bền (10,11 N) và độ dai (73,29%) cao nhất ở nhiệt độ 40°C. Các đặc tính này vẫn ổn định trong khoảng nhiệt độ dao động rộng từ 40 - 65°C. Do đó, thịt cá mó có thể sử dụng để sản xuất sản phẩm chả cá truyền thống của Việt Nam.

LỜI CẢM ƠN

Cảm ơn tập thể phòng Hóa Sinh, Viện Hải Dương học Nha Trang đã hỗ trợ rất nhiều để nghiên cứu được hoàn thiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. An H., Peters M.Y., Seymours T.A., 1996. Roles of endogenous enzymes on surimi gelation. Trends Food Sci Technol., 7, 321-327.
2. Benjakul S., Seymour T.S., Morrissey M.T., An H., 1997. Physicochemical changes in Pacific whiting muscle proteins during iced storage. J Food Sci., 62: 729-733.
3. Benjakul S., Visessanguan W., Leelapongwattana K., 2003. Purification and characterization of heat-stable alkaline proteinase from bigeye snapper (*Priacanthus macracanthus*) muscle. Comp Biochem Phys B, 134, 579-591.
4. Đào Trọng Hiếu, 2010. Nghiên cứu qui trình công nghệ sản xuất chả cá Thát Lát. Bản tin Quý Số 18 - Tháng 10/2010. Viện nghiên cứu Thủy sản http://www.rimf.org.vn/bantin/tapchi_newsdetail.

asp?TapChiID=39&muctin_id=2&news_id=2681.

5. Itoh Y., Yoshinaka R., Ikeda S., 1980. Formation of polymeric molecules of protein resulting from intermolecular SS bonds formed during the gel formation of carp actomyosin by heating (in Japanese with English abstract). Nippon Suisan Gakkaishi., 46, 621-624.
6. Hirakawa H., Kamiya N., Tanaka T., Nagamune T., 2007. Intramolecular electron transfer in a cytochrome P450cam system with a site-specific branched structure. Protein Engineering Design and Selection., 20, 453-459.
7. Hossain M.I., Itoh Y., Morioka K., Obatake A., 2001. Inhibiting effect of polymerization and degradation of myosin heavy chain during preheating at 30°C and 50°C on the gel-forming ability of walleye pollack surimi. Fisheries Science., 67, 718-725.
8. Lanier T. C., 1992. Measurement of surimi composition and functional properties. In T. C.Lanier, & C. M. Lee (Eds.). Surimi technology. New York: Marcel Dekker, Inc., p. 652.
9. Gornall A., Bardawill C., David M., 1949. Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. J Biol Chem., 177, 751-766.
10. Makinodan Y., Yokoyama Y., Kinoshita M., Toyohara H., 1987. Characterization of an alkaline proteinase of fish muscle. Comp. Biochem. Phys. Part B., 87, 1041-1046.
11. Matsuoka Y., Wan J., Ushio H., Watabe S., 2014. Thermal gelation properties of white croaker, walleye polack and deepsea bonefish surimi after suwari treatment at variuos temperature. Fish. Sci., 79, 715-724.
12. Morales O.G., Ramirez J.A., Vivanco D.I., Vazquez M., 2001. Surimi of fish species from the gulf of mexico: evaluation of the setting phenomenon. Food Chemistry., 75, 43-48.
13. Niwa E., 1992. Chemistry of surimi gelation. In: Lanier TC, Lee CM (eds) Surimi technology. Marcel Dekker, New York, 652 pages.
14. Nguyen Văn Muoi, Dang Thi Thao Nguyen, 2012. Apply gel properties of protein in processing fish ball from abundant raw material in Mekong data: Pangas catfish (*Pangasius Hypophthalmus*). Journal of Can Tho University, pp.13.
15. Nguyễn Thu Hồng, Ngô Thị Ty Na, Lê Thị Thu Thảo, Phan Bảo Vy, Đoàn Thị Thiết, Nguyễn Phương Anh, Lê Hồ Khánh Hỷ, Phạm Xuân Kỳ, Đào Việt Hà, 2015. Ảnh hưởng của thời gian đến sự hoạt động của protein myosin tạo dai của thịt cá đồ cù *pterocaesio digramma* (bleeker, 1864) xay nhuyễn tại nhiệt độ phòng. TTNCB., 21, 63-70.
16. Sano T., Noguchi F., Tsuchiya T., Matsumoto J., 1988. Dynamic viscoelastic behavior of natural actomyosin and myosin during thermal gelation. Journal of Food Science., 53, 924-928.
17. Saeki H., Iseya Z., Sugiura S., Seki N., 1995. Gel forming characteristics of frozen surimi from chum salmon in the presence of protease inhibitors. J. Food Sci., 60, 917-921.
18. Seki N., Uno H., Lee N.H., Kimura I., Toyoda K., Fujita T., Arai K., 1990. Transglutaminase activity in Alaska pollack muscle and surimi and its reaction with myosin B. Nippon Suisan Gakkaishi, 56, 125-132.
19. Shimizu Y., Machida R., Takenami S., 1981. Species variations in the gel-forming characteristics of fish meat paste (in Japanese with English abstract). Nippon Suisan Gakkaishi., 47, 95-104.
20. Soottawat B., Chakkawat C., Wonnop V., 2003. Effect of medium temperature setting on gelling characteristics of surimi from some tropical fish. Food Chemistry, 82, 567-574.
21. Yanagihara S., Nakaoka H., Hara K., Ishihara T., 1991. Purification and characterization of serine proteinase from white croaker skeletal muscle. Nippon Suisan Gakkaishi., 57, 133-142.
22. Wan J., Kimura I., Satake M., Seki N., 1994. Effect of calcium ion concentration on the gelling properties and transglutaminase activity of walleye pollack surimi paste. Fish. Sci., 60, 107-113.
23. Weber K., Osborn M., 1969. The reliability of molecular weight determination by sodium doodecyl sulphate-polyacrylamide gel electrophoresis. J. Biol. Chem., 244, 4406-441.