



DOI:10.22144/ctu.jsi.2019.074

## ẢNH HƯỞNG CỦA ƯỚP MUỐI ĐẾN SỰ OXY HÓA LIPID VÀ OXY HÓA PROTEIN TRONG CƠ THỊT CÁ LÓC (*Channa striata*) NUÔI

Trần Bạch Long<sup>1\*</sup>, Trần Thanh Trúc<sup>2</sup> và Nguyễn Văn Mười<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Nghiên cứu sinh ngành Công nghệ Sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

\*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Trần Bạch Long (email: longp0915004@gstudent.ctu.edu.vn)

### Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 13/11/2018

Ngày nhận bài sửa: 18/02/2019

Ngày duyệt đăng: 12/04/2019

### Title:

Effect of salting on lipid oxidation and protein oxidation of snakehead fish (*Channa striata*) meat

### Từ khóa:

Cá lóc, lipoxygenase, NaCl, oxy hóa, pH, protease

### Keywords:

Lipoxygenase, NaCl, oxidation, pH, protease, snakehead fish

### ABSTRACT

The study was carried out to investigate lipid oxidation and protein oxidation of snakehead fish meat by changing the salt concentration (0, 4, 8, 12, 16, 20% NaCl, w/v) and pH adjustment (4, 5, 6, 7, 8 and 9) of soaking solution. The magnitude of oxidative changes was monitored by: (i) lipoxygenase enzyme activity (LOX), peroxide value (PV) and TBRAS (thiobarbituric acid reactive substances) value, (ii) protease activity, sulfhydryl index, and (iii) whiteness index, water holding capacity and drip loss (physicochemical properties). The results showed that salting process has limited the activity of lipoxygenase and protease enzymes, while improving the quality of fish meat. Salted fish in 12% NaCl (w/v) for 3 hours had significantly lower ( $p < 0.05$ ) lipoxygenase and protease activity, PV and TBARS value and a higher sulfhydryl value when compared with control sample (no salt immersion) and salted fishes in lower salt concentration (4, 8% NaCl, w/v). In addition, lipid oxidation and protein oxidation of the snakehead fish meat was delayed at neutral pH of salt solution, which was most effective at pH 8. The quality of snakehead fish meat at this condition was also improved with whiteness index (WI) of 81.17, water holding capacity 72.39%, and drip loss 11.78%.

### TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein của cơ thịt cá lóc nuôi theo nồng độ muối ngâm (0, 4, 8, 12, 16, 20% NaCl, w/v) và pH của dịch ngâm (4, 5, 6, 7, 8 và 9). Các thông số sử dụng để đánh giá sự oxy hóa của cơ thịt cá gồm: (i) hoạt tính enzyme lipoxygenase (LOX), chỉ số peroxide (PV), chỉ số TBARS (thiobarbituric acid reactive substances), (ii) hoạt tính của enzyme protease, chỉ số sulfhydryl, (iii) độ trắng, khả năng giữ nước, độ rỉ dịch (tính chất hóa lý). Kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình ướp muối đã giúp hạn chế hoạt động của enzyme lipoxygenase và enzyme protease, đồng thời giúp cải thiện chất lượng cơ thịt cá. Thịt cá lóc ngâm trong dung dịch NaCl 12% (w/v) sau 3 giờ có sự giảm thấp hơn hoạt tính enzyme (lipoxygenase, protease), chỉ số peroxide và TBARS giảm trong khi chỉ số sulfhydryl tăng cao, khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ) khi so sánh với mẫu đối chứng (không ngâm muối) và cả các mẫu ngâm ở nồng độ muối thấp (4, 8%, w/v). Đồng thời, sự oxy hóa lipid và protein của cơ thịt cá lóc được hạn chế khi pH của dung dịch muối ở khoảng trung tính, đạt hiệu quả nhất ở pH 8. Chất lượng của thịt cá lóc ở điều kiện ngâm muối này cũng được cải thiện với độ trắng (WI) là 81,17, khả năng giữ nước (WHC) là 72,39% và độ rỉ dịch 11,78%.

Trích dẫn: Trần Bạch Long, Trần Thanh Trúc và Nguyễn Văn Mười, 2019. Ảnh hưởng của ướp muối đến sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein trong cơ thịt cá lóc (*Channa striata*) nuôi. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. 55(Số chuyên đề: Công nghệ Sinh học)(2): 301-310.

## 1 GIỚI THIỆU

Cá là nguồn cung cấp các chất dinh dưỡng cần thiết và có ích đối với sức khỏe con người, nhờ vào sự hiện diện của hàm lượng protein cao, nhiều acid béo không no trong thành phần lipid (Hu *et al.*, 2002). Tuy nhiên, hàm lượng protein và lipid cao là nguyên nhân thúc đẩy nhanh sự ươn hỏng, sinh độc chất từ cá ngay sau khi chết, kéo theo các biến đổi hóa lý là nguyên nhân chính làm giảm chất lượng nguyên liệu (Eyo, 2001). Thịt cá dễ bị oxy hóa do hàm lượng acid béo không bão hòa cao (Sullivan and Budge, 2012) và dễ bị hư hỏng do quá trình thủy phân của enzyme và sự phát triển của vi sinh vật (Uçak *et al.*, 2011). Sau khi chết, chất béo trong cá biến đổi, phân giải lipid và quá trình tự oxy hóa (Hardy, 1980). Mỡ cá có chứa một tỷ lệ cao các acid béo không bão hòa luôn phản ứng với oxy trong khí quyển. Các sản phẩm cuối cùng là aldehyde và ceton, dẫn đến cá bị ôi mạnh (Huss, 1994). Quá trình oxy hóa lipid và protein trong chế biến cá cần được đặc biệt quan tâm, do quá trình này làm mất chất dinh dưỡng và tạo mùi khó chịu. Nhiều yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm như: nguyên liệu, loài, chất lượng, phương pháp tiền xử lý (Beraquet *et al.*, 1983). Trong đó, ướp muối là phương pháp phổ biến giúp bảo quản sản phẩm cá, tránh sự ươn hỏng và các biến đổi không mong muốn xảy ra sau khi cá chết (Barat *et al.*, 2002). Vì vậy, việc nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình ướp muối đến sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein trong cơ thịt cá lóc (*Channa striata*) nuôi sau khi giết mổ là vấn đề cấp thiết, tạo một bước tiến quan trọng trong việc nghiên cứu các biện pháp hạn chế sự oxy hóa lipid và protein trên sản phẩm cá lóc.

## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Nguyên liệu

Cá lóc (*Channa striata*) được thu mua từ vùng nuôi thuộc huyện Trà Cú, tỉnh Trà Vinh. Khối lượng dao động trong khoảng từ 500÷800 g. Yêu cầu cá lóc phải còn sống, khỏe mạnh, không có khuyết tật, không nhiễm bệnh hay ký sinh trùng. Cá lóc sau khi mua được giữ sống trong thùng nhựa có chứa nước, thời gian vận chuyển về phòng thí nghiệm (Bộ môn Công nghệ Thực phẩm, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ) tối đa trong 3 giờ. Đến phòng thí nghiệm, cá được giữ ổn định trong bể nước ít nhất 1 giờ trước khi làm ngát, cắt tiết và xả máu trong nước (thời gian xả máu 10 phút để đảm bảo tách loại máu hoàn toàn). Cá sau khi cắt tiết được chuyển sang đánh vảy, bỏ mang, nắp mang và nội tạng.

### 2.2 Phương pháp nghiên cứu

#### 2.2.1 Phương pháp phân tích

– Hoạt tính enzyme lipoxygenase (nmol MDA/mg protein): Xác định theo phương pháp của

Harris and Tall (1994) sử dụng cơ chất là acid linolenic, bao gồm 2 bước:

+ Chuẩn bị (trích ly) enzyme lipoxygenase: Cho 8 g cơ thịt cá lóc đã được nghiền mịn vào bình tam giác, bổ sung 200 mL đệm phosphate (10 mM, pH 6,6), ủ ở nhiệt độ phòng ( $30\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) trong thời gian 20 phút, sử dụng thiết bị khuấy từ (Sibata Magnestir MG-10, Nhật) để tăng hiệu quả trích ly enzyme. Tiếp theo, hỗn hợp được ly tâm (Ronata 46 R, Herlme Z323K, Đức) với tốc độ 9.000 vòng/phút trong thời gian 15 phút ở nhiệt độ  $4^{\circ}\text{C}$ . Phần dịch chiết phía trên (loại bỏ kết tủa) được chuyển sang lọc chân không, sử dụng màng lọc Cellulose Acetate, lỗ lọc 0,2  $\mu\text{m}$ , đường kính 47 mm (Satorius, Đức) để loại bỏ chất béo, thu dịch chiết có chứa lipoxygenase thô, sử dụng để xác định hoạt tính enzyme (không tiến hành tinh sạch tiếp theo).

Xác định hoạt tính: Chuẩn bị hỗn hợp phản ứng bao gồm 2 mL dịch chiết chứa enzyme và 3 mL hỗn hợp cơ chất phản ứng (gồm 25 mg acid linolenic và  $\text{FeCl}_3$  0,015 M hòa tan trong 3 mL dung dịch đệm phosphate 10 mM, pH 7). Mẫu trắng là 2 mL dịch chiết và 3 mL đệm phosphate 10 mM (pH 7). Hoạt tính enzyme lipoxygenase được xác định dựa trên hàm lượng malondialdehyde (MDA) sinh ra sau 24 giờ sau ủ. Hỗn hợp sau 24 giờ phản ứng được lọc (sử dụng giấy lọc Whatman và được trộn với dung dịch (acid 2-thiobarbituric) TBA 0,02 M theo tỷ lệ thể tích bằng nhau để đạt thể tích tổng cộng là 6 ml trong một ống nghiệm 10 ml và giữ ở nhiệt độ sôi trong 40 phút. Sau đó làm nguội dưới vòi nước chảy đến nhiệt độ phòng trước khi đi xác định độ hấp thụ quang học ở bước sóng 532 nm.

– Hoạt tính enzyme protease (U/mg protein): Hỗn hợp 10 g cơ thịt cá lóc trích ly 40 mL đệm phosphate (pH 7,8) được trích ly trong thời gian 40 phút sau đó ly tâm trong 15 phút tại 9.000 vòng/phút ở  $4^{\circ}\text{C}$  (Trần Thanh Trúc và *ctv.*, 2014). Hoạt tính của enzyme protease được xác định theo phương pháp Anson (1938) cải tiến, thông qua lượng tyrosine tạo thành từ phản ứng thủy phân casein 1% trong thời gian 30 phút ở nhiệt độ phòng ( $28\pm 2^{\circ}\text{C}$ ). Ngừng phản ứng sử dụng 5 mL trichloroacetic acid (TCA). Xác định lượng tyrosine tạo thành dựa trên phản ứng tạo màu với folin, sử dụng 1 ml dịch lọc, 2 mL NaOH 0,5 N, 0,6 mL folin, thời gian phản ứng 10 phút và đo mức độ hấp thụ ở bước sóng 660 nm (Đặng Thị Thu và *ctv.*, 2004).

– Chỉ số peroxide (mEq/kg lipid): cân 10 g mẫu cho vào bình tam giác 250 mL. Cho thêm vào mỗi bình 30 mL hỗn hợp dung dịch acid acetic-cloroform (tỷ lệ 2: 1) và 1 mL dung dịch potassium iodide (KI). Đậy nút, lắc đều hỗn hợp trong 1 phút. Tiếp theo cho thêm 30 mL nước cất vào mỗi bình và chuẩn độ bằng dung dịch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01 N cho đến

khí dung dịch mất màu vàng. Sau đó cho 5 mL chỉ thị hồ tinh bột vào mỗi bình và chuẩn độ iod tạo thành bằng dung dịch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01 N cho đến khi mất màu xanh. Chỉ số peroxide được tính dựa trên tổng thể tích  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , đơn vị mEq/kg lipid (Michael và Oscar, 2003).

– Chỉ số sulfhydryl (-SH) ( $\mu\text{mol/g}$  protein): Đồng hoá 0,5 g cá trong 10 mL đệm Tris-HCl 0,05 M (pH 8) sử dụng máy đồng hoá. Hoà tan 1 mL dịch đồng hoá với 9 mL dung dịch đệm Ellman (pH 8) (chứa 0,6 M NaCl, 6 mM ethylenediaminetetraacetic acid 8 M Ure, 2% sodium dodecyl sulfate). Hỗn hợp vortex kỹ và ly tâm (1.400 g, 15 phút, 5°C) để loại bỏ phần cặn. Chuẩn bị mẫu, cho vào ống nghiệm thủy tinh 3 mL dung dịch sau ly tâm và 40  $\mu\text{L}$  5,5'-Dithiobis (2-nitrobenzoic acid) (DTNB) 0,01 M đã được pha trong natri acetate 0,05 M. Chuẩn bị mẫu trắng bằng cách cho vào ống nghiệm thủy tinh 3 mL hỗn hợp dung dịch đệm ellman và tris-HCl (9:1) và 40  $\mu\text{L}$  dung dịch DTNB 0,01 M. Tất cả các mẫu được vortex kỹ và ủ ở 40°C trong 15 phút. Đo độ hấp thụ ở 412 nm để xác định hàm lượng nhóm sulfhydryl tự do. Sử dụng hệ số hấp thụ phân tử 13.600 M-1cm-1 để xác định hàm lượng nhóm sulfhydryl tự do (Ellman, 1959).

– Chỉ số thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) (mg MDA/Kg): Các chất phản ứng với TBA được xác định theo phương pháp của Lemon (1975) với một sự hiệu chỉnh nhỏ Nguyễn Xuân Duy và Nguyễn Anh Tuấn (2013). Cân khoảng 5 g thịt cá đã được xay nhuyễn trộn với 10 ml dung dịch chiết TCA 7,5% và tiến hành chiết trong thời gian 15 phút, sau đó lọc qua giấy lọc số 1. Phần dịch lọc thu được trộn với dung dịch TBA 0,02 M theo tỷ lệ thể tích bằng nhau để đạt thể tích tổng cộng là 6 ml trong một ống nghiệm 10 ml và giữ ở nhiệt độ sôi trong 40 phút. Sau đó làm nguội dưới vòi nước chảy đến nhiệt độ phòng trước khi đi xác định độ hấp thụ quang học ở bước sóng 532 nm.

– Khả năng giữ nước (%): Sử dụng phương pháp xác định của Grau and Hamm (1957) (trích dẫn của Honikel and Hamm, 1994). Cân khoảng 0,3÷0,4 g mẫu, đặt giữa giấy parafilm và giấy lọc đã được xác định khả năng hấp thụ nước. Sau đó, mẫu được đặt giữa 2 tấm kính có kích thước 200 x 200 x 7 mm và được nén bằng quả cân có trọng lượng 1 kg trong thời gian 10 phút. Sử dụng bút chì đánh dấu đường biên của mẫu và vết nước loang ra trên bề mặt giấy lọc. Diện tích của mẫu bị ép (a,  $\text{cm}^2$ ) và vết nước loang ra trên giấy lọc (b,  $\text{cm}^2$ ) được xác định bằng thước planimeter. Khả năng giữ nước của mẫu được xác định theo công thức:

$\text{WHC} (\%) = \frac{\text{Lượng nước tự do có trong mẫu} - \text{lượng nước bị tách ra khỏi mẫu}}{\text{Lượng nước tự do có trong mẫu}} \times 100(\%)$

$$\text{Với: Lượng nước bị tách ra} = \frac{(b - a) \times 0,0064}{m} \times 100(\%)$$

Trong đó: 0,0064: Lượng nước có trong 1  $\text{cm}^2$  của giấy lọc = 0,0064 g nước ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )

Lượng nước tự do trong mẫu (độ ẩm, %) được xác định theo phương pháp MNKL (Nordic Committee on Food Analysis) No.23.3<sup>rd</sup> Ed.,1991 (AOAC 934.06).

– Độ ri dịch (%): Cân khoảng 10 g mẫu (a, g) cho vào bao bì PA, đóng gói chân không trước khi cho vào nồi hấp ở nhiệt độ 95÷100°C trong thời gian 30 phút, làm nguội nhanh. Mở bao bì, tách lấy mẫu thịt cá sau khi hấp và cân lại khối lượng tịnh (b, g). Tỷ lệ dịch ri (%) của thịt cá sau khi làm chín = (a - b) x 100/a

– Màu sắc: Sử dụng máy đo màu Colorimeter 2nh (Trung Quốc). Tiến hành đo mẫu với các giá trị ghi nhận  $L^*$  (biểu thị màu từ đen đến trắng),  $a^*$  (có giá trị từ -a đến +a biểu thị màu từ màu xanh lá cây đến màu đỏ) và  $b^*$  (có giá trị từ -b đến +b biểu thị màu từ màu xanh da trời đến màu vàng) từ đó tính ra độ lệch màu  $\Delta E$  (độ lệch màu) và độ trắng cơ thịt cá (Whiteness index):  $\text{WI} = L^* - 3b^*$ .

– Xác định hàm lượng muối NaCl trong cơ thịt cá (%): Cân 10 g cơ thịt cá lóc, xay nhỏ, cho thêm 60 mL nước nóng lãc khoảng 1 giờ. Sau khi đã chuẩn bị mẫu thử, cho vào bình định mức với nước cất gần đủ 100 mL. Kiểm tra lại xem dung dịch có trung tính hay không, nếu không thì phải trung hòa. Kiểm tra lại xem dung dịch có trung tính hay không, nếu không thì phải trung hòa và cho nước cất vào vừa đủ 100 mL. Thêm 10 mL cho vào bình tam giác với 3 giọt  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ , chuẩn độ từ từ bằng dung dịch  $\text{AgNO}_3$  0,1 N cho đến khi xuất hiện màu đỏ gạch bền vững (phương pháp Mohr, TCVN 4330:1986).

Hàm lượng protein hòa tan ( $\text{mg}/\text{mL}$ ): Hàm lượng protein được xác định với thuốc thử Coomassie Brilliant Blue (CBB) G 250 theo Bradford (1976). CBB G 250 kết hợp với protein trong điều kiện acid tạo nên một phức màu tím hấp thụ ánh sáng ở bước sóng 595 nm. Độ hấp thụ tỷ lệ thuận với hàm lượng protein trong dung dịch. Chuẩn bị mẫu phân tích gồm 1 mL dịch chiết enzyme và 5 mL thuốc thử Bradford. Lắc đều và để yên 20 phút, đem đo mật độ quang ở bước sóng 595 nm. Xác định hàm lượng protein hòa tan dựa trên đường chuẩn sử dụng protein huyết thanh bò (bovine serum protein).

### 2.2.2 Phương pháp thu nhận và xử lý số liệu

Các thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với ba lần lặp lại. Số liệu được thu thập và xử lý bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion

16.1 và phần mềm Microsoft Excel 2016. Phân tích phương sai ANOVA và kiểm định LSD, Duncan để kết luận về sự sai khác giữa trung bình các nghiệm thức.

2.2.3 Bố trí thí nghiệm

**Thí nghiệm 1: Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch muối NaCl đến sự oxy hóa lipid và protein của cơ thịt cá lóc nuôi sau khi giết mổ**

Nguyên liệu cá lóc sau khi làm sạch, được xác định khối lượng và cho vào dung dịch nước muối NaCl ở các nồng độ đã pha sẵn, tỷ lệ cá và dịch ngâm là 1:1 (w/v), đảm bảo cá ngập trong nước muối. Thời gian ngâm muối được xác định cho đến giai đoạn cân bằng (khi không có sự thay đổi nồng độ muối trong cơ thịt cá). Cá sau khi ngâm muối được vớt ráo, rửa nhanh bằng nước sạch để loại bỏ phần muối trên bề mặt cá. Tiến hành phân tích và đo đạc các chỉ tiêu thể hiện sự oxy hóa của cơ thịt cá và sự biến đổi chất lượng.

**Thí nghiệm 2: Tác động pH của dung dịch muối NaCl đến sự oxy hóa cơ thịt cá lóc nuôi**

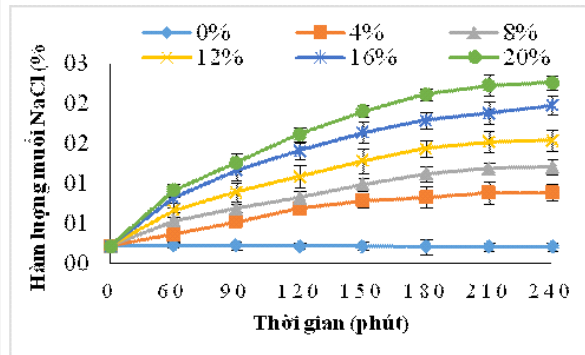
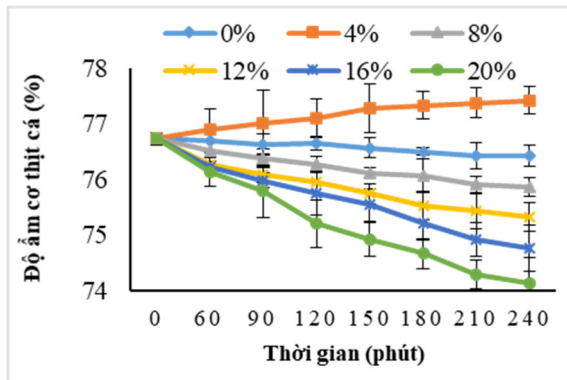
Nguyên liệu cá lóc sau khi làm sạch, xác định khối lượng được tiến hành ngâm muối, với chế độ ngâm được cố định như thí nghiệm 1. Tuy nhiên, pH dung dịch muối ngâm được điều chỉnh bằng dung dịch acid acetic và sodium tripolyphosphate (Capaccioni *et al.*, 2011) đến các giá trị 4, 5, 6, 7, 8, 9. Cá sau ngâm được vớt ráo, rửa nhanh bằng nước sạch để loại bỏ phần muối bề mặt cá sau đó phân tích đánh giá kết quả.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch muối NaCl ngâm đến sự oxy hóa lipid và protein của cơ thịt cá lóc sau khi giết mổ

3.1.1 Xác định thời gian ngâm muối NaCl thích hợp

Quá trình ướp muối là sự thẩm thấu muối NaCl từ dịch ngâm có nồng độ muối cao hơn vào nguyên liệu và kèm theo sự khuếch tán ẩm ra ngoài môi trường. Do đó, quá trình ướp muối được dừng lại khi nồng độ chất tan trong nguyên liệu và môi trường bằng nhau (Pórarinsdóttir, 2010) và có thể được đánh giá dựa trên độ ẩm của cơ thịt cá và hàm lượng muối ngâm vào (Hình 1).



Hình 1: Sự thay đổi độ ẩm cơ thịt (A) và hàm lượng muối NaCl trong cơ thịt (B) theo nồng độ dung dịch muối ngâm và thời gian ngâm

Kết quả Hình 1 cho thấy, khi ngâm cá trong dung dịch muối NaCl 4%, độ ẩm của cơ thịt có xu hướng tăng theo thời gian so với mẫu đối chứng, nguyên nhân này là do ở nồng độ muối ≤ 1M (5,43% w/w) sẽ kích thích các sợi cơ liên kết với nước, bên cạnh đó muối đi vào dịch bào nhiều hơn lượng nước đi ra tạo môi trường áp suất thẩm thấu cao lôi kéo nước trở lại bên trong dịch bào của tế bào (Hamm, 1981). Khi tăng nồng độ muối thì độ ẩm trong nguyên liệu giảm xuống đáng kể, đây là do tác dụng khử nước của muối (Trần Thanh Trúc và *ctv.*, 2014). Nhìn chung ở tất cả các mẫu, sau 3 giờ ngâm (180 phút), mức độ giảm ẩm rất chậm, sự gia tăng nồng độ muối trong sản phẩm không đáng kể. Điều này cho phép sử dụng thời gian ngâm cá trong 3 giờ làm nhân tố cố định cho nghiên cứu.

3.1.2 Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch muối NaCl đến sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein cơ thịt cá

Lipid cá chứa nhiều acid béo chưa bão hòa nên rất dễ bị oxy hóa trong quá trình chế biến và bảo quản (Rao and Bandyopadhyay, 1983). Quá trình oxy hóa lipid sẽ kéo theo sự oxy hóa protein của cơ thịt cá lóc. Sự oxy hóa lipid cơ thịt cá được thể hiện qua hoạt tính enzyme lipoxigenase, chỉ số peroxide và TBARS (Thiobarbituric Acid Reactive Substances), trong khi đó sự oxy hóa protein thể hiện qua hoạt tính enzyme protease và nhóm -SH được trình bày ở Bảng 1. Kết quả cho thấy ướp muối tác động đến hoạt tính của enzyme, hàm lượng muối trong cơ thịt tăng làm giảm hoạt động của enzyme lipoxigenase và protease, khi tăng nồng độ dung

dịch muối ngâm, hoạt tính của enzyme giảm đáng kể. Hoạt tính của lipoxygenase khi ngâm ở nồng độ muối 0% là cao nhất 379,02 (nmol MDA/ mg protein), và giảm dần theo hướng tịnh tiến tỉ lệ nghịch với sự gia tăng nồng độ muối. Hoạt tính của enzyme lipoxygenase ở nồng độ muối 20% là thấp nhất 203,93 (nmol MDA/ mg protein), nhưng không có sự khác biệt với hoạt tính lipoxygenase của mẫu được ngâm muối ở nồng độ 12% là 211,05 (nmol MDA/mg protein), và 16% là 205,61 (nmol MDA/ mg protein). Stodolnik (2001) cũng đã khẳng định vai trò của muối Na<sup>+</sup> và Cl<sup>-</sup>, muối có ảnh hưởng

đến hoạt tính của enzyme lipoxygenase của mô cơ thịt. Kết quả cho thấy NaCl ức chế lipoxygenase trong tất cả các nồng độ, hoạt tính của enzyme giảm khoảng 15÷35% và 35÷65%, tương ứng với nồng độ NaCl là 1÷10% và 11÷20%. Mặt khác, NaCl ở nồng độ 26,4% (dung dịch bão hòa) làm giảm hoạt tính của enzyme trên 70%. Theo Osinchak *et al.* (1992) NaCl dưới nồng độ 43,0 mM kích thích hệ enzyme của mô cơ cá thu. Những thay đổi trong cấu trúc phân tử của lipid có thể tạo điều kiện cho hoạt động của enzyme lipoxygenase (Osinchak *et al.*, 1992).

**Bảng 1: Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch NaCl đến sự oxy hóa lipid và protein trên cơ thịt cá lóc**

Nồng độ dung dịch NaCl (%)	Lipoxygenase (nmol MAD/ mg protein)	Peroxide (mEq/kg lipid)	TBARS (mg MDA/Kg)	Protease (U/mg protein)	Sulfhydryl (μmol/g protein)
0	379,02 <sup>d</sup> ±6,2	0,024 <sup>e</sup> ±0,004	3,30 <sup>e</sup> ±0,21	0,285 <sup>e</sup> ±0,017	10,91 <sup>c</sup> ±0,44
4	328,79 <sup>c</sup> ±4,8	0,019 <sup>bc</sup> ±0,003	3,07 <sup>de</sup> ±0,19	0,247 <sup>b</sup> ±0,014	11,27 <sup>bc</sup> ±0,38
8	285,04 <sup>b</sup> ±4,3	0,016 <sup>ab</sup> ±0,004	2,24 <sup>c</sup> ±0,47	0,221 <sup>a</sup> ±0,011	13,71 <sup>a</sup> ±0,42
12	211,05 <sup>a</sup> ±5,5	0,013 <sup>a</sup> ±0,003	1,52 <sup>b</sup> ±0,11	0,209 <sup>a</sup> ±0,007	13,79 <sup>a</sup> ±0,32
16	205,61 <sup>a</sup> ±4,7	0,017 <sup>ab</sup> ±0,002	1,29 <sup>ab</sup> ±0,15	0,205 <sup>a</sup> ±0,010	13,83 <sup>a</sup> ±0,32
20	203,93 <sup>a</sup> ±5,8	0,018 <sup>ab</sup> ±0,002	2,67 <sup>cd</sup> ±0,12	0,200 <sup>a</sup> ±0,012	11,91 <sup>b</sup> ±0,31
Ban đầu	382,16±4,2	0,005±0,002	1,15±0,04	0,299±0,015	15,05±0,27

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

Mặt khác kết quả từ Bảng 1 cũng cho thấy hoạt tính enzyme protease giảm theo hướng tỉ lệ nghịch với sự gia tăng của nồng độ muối. Hoạt tính enzyme protease của mẫu ban đầu không ngâm muối là 0,299±0,02 (U/mg protein). Hoạt tính của enzyme protease giảm mạnh khi ngâm ở các nồng độ muối cao hơn. Cụ thể khi ngâm cá trong dung dịch muối NaCl ở nồng độ 4%, 8% và 12%, hoạt tính protease lần lượt là 0,247; 0,221 và 0,209 (U/mg protein), và tiếp tục giảm từ nồng độ muối 16% đến 20%, tuy nhiên hoạt tính giảm không đáng kể. Kết quả cũng phù hợp với nghiên cứu của Muyan *et al.* (2006) cho thấy hoạt tính protease trong các phần dạ dày và ruột được tăng cường ở một nồng độ muối NaCl thấp, nhưng bị ức chế nếu nồng độ NaCl cao hơn 1 mol/L. Tuy nhiên, hoạt tính protease bị ức chế bởi NaCl ở các nồng độ muối khác nhau.

Quá trình oxy hóa lipid và protein sẽ luôn diễn ra sau khi cá giết mổ, tuy nhiên việc hạn chế sự oxy hóa cũng được cho thấy qua việc ngâm muối. Quá trình oxy hóa lipid dẫn đến hình thành các sản phẩm như peroxide và TBARS, tuy nhiên việc ngâm muối ở nồng độ thích hợp giúp cho quá trình oxy hóa diễn ra chậm hơn. Kết quả cho thấy chỉ số peroxide thấp nhất 0,013 (mEq/kg lipid) khi ngâm cá ở nồng độ muối 12%. Trong khi đó sử dụng nồng độ muối thấp (4% và 8%) hay nồng độ muối cao (16% và 20%), cơ thịt cá lóc có giá trị peroxide cao hơn. Đối với mẫu ngâm ở nồng độ muối cao, nguyên nhân của

quá trình oxy hóa lipid có thể là do ảnh hưởng pro-oxidant (pro-oxidant là chất gây ra stress oxy hóa, có thể là chất chống oxy hóa hoặc chất oxy hóa do tác động của nồng độ) của muối NaCl (Rao and Bandyopadhyay, 1983). Đối với mẫu ngâm ở nồng độ muối thấp, quá trình oxy hóa lipid ít bị ảnh hưởng bởi tác động của NaCl, nhưng có thể do thời gian tiếp xúc với ánh sáng và không khí quá lâu nên giá trị peroxide tăng cao. Ngoài ra, chỉ số TBARS giảm khi nồng độ muối tăng. Cụ thể, cá lóc sau khi giết mổ sau 3 giờ không ngâm muối chỉ số TBARS là 3,30±0,21 (mg MDA/Kg), khi tăng nồng độ muối lên 12%, chỉ số TBARS chỉ có 1,52±0,11 (mg MDA/Kg) tuy nhiên khi ngâm nồng độ NaCl 20%, chỉ số TBARS lại tăng hơn so với ngâm ở trong dung dịch NaCl 16%.

Nhóm sulfhydryl (-SH) được xem là một giá trị đánh giá sự oxy hóa protein, cụ thể là sự oxy hóa cysteine. Sự oxy hóa cysteine gây ra và hình thành cầu nối disulfide, do đó nhóm sulfhydryl cao thể hiện sự oxy hóa thấp và ngược lại (Lara *et al.*, 2011). Sự oxy hóa protein dẫn đến giảm các nhóm sunfydryl và hình thành disulfide (Batifoulier *et al.*, 2002). Kết quả cho thấy, giá trị sulfhydryl của sản phẩm giảm nhiều nhất khi không ngâm muối, và hàm lượng sulfhydryl thu được tăng dần khi nồng độ dung dịch muối ngâm tăng từ 4% đến 12% và sau đó không có sự khác biệt ở nồng độ 16%. Tuy nhiên, khi ngâm ở nồng độ 20% thì hàm lượng protein lại

giảm hơn so với các mẫu được ngâm ở các nồng độ muối khác, chỉ cao hơn so với mẫu không ngâm muối. Ở nồng độ muối NaCl thấp, giá trị nhóm -SH của sản phẩm thu được thấp. Điều này có thể giải thích rằng sự biến đổi các nhóm -SH phù hợp với sự biến đổi độ bền dẻo và nó đặc trưng cho sự chắc lại của cấu trúc mô thịt cá có liên quan đến sự biến tính protein. Do giảm lượng các chất có trong trạng thái lỏng và do làm chắc lại mạng lưới cấu trúc, thịt cá trở nên cứng và chắc hơn. Theo mức độ tăng hàm lượng muối trong cá và độ bền của thịt cũng tăng theo. Trong nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ muối đến sự thay đổi protein của cá tuyết (*Gadus morhua*) Nguyen *et al.* (2011) cũng đã khẳng định nồng độ muối ngâm gia tăng làm thúc đẩy sự biến tính và kết tủa protein, làm giảm hàm lượng nhóm -SH trong sản phẩm.

3.1.3 Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch muối NaCl đến đặc tính chất lượng cơ thịt cá lóc

Chất lượng cơ thịt cá lóc có thể được duy trì bởi việc bổ sung muối. Nhiều nghiên cứu đã ghi nhận những ảnh hưởng tích cực của muối đến chất lượng cơ thịt cá. Việc muối cá có thể cải thiện khả năng giữ nước của thịt cá (Esaïassen *et al.*, 2004, 2005). Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng muối có thể làm

giảm sự hư hỏng và mất khối lượng của sản phẩm trong thời gian tồn trữ và tăng hiệu suất sản phẩm (Barat *et al.*, 2002; Esaïassen *et al.*, 2008; Larsen *et al.*, 2008). Tuy nhiên, muối cá cũng dẫn đến sự mất mát của các thành phần hòa tan trong cơ thịt cá, như các acid amin tự do, vitamin và các protein (Larsen *et al.*, 2007), đặc biệt khi có sự thay đổi pH và ướp với nồng độ muối quá cao (Martínez-Alvarez and Gómez-Guillén, 2005). Nhiều nghiên cứu khác cũng đã chứng minh rằng nồng độ muối tương đối có tác động tích cực hơn trong việc duy trì chất lượng sản phẩm cuối (Larsen *et al.*, 2008). Muối cá với nồng độ muối NaCl thấp có thể phát huy tốt hơn năng suất và khả năng giữ nước của thịt cá so với nồng độ muối bão hòa (Barat *et al.*, 2002). Sự oxy hóa lipid và protein ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan của cơ thịt cá lóc. Việc ngâm muối hạn chế sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein, làm thay đổi chất lượng của cơ thịt cũng được thể hiện qua khả năng giữ nước, độ ri dịch và độ trắng ở Bảng 2. Kết quả cho thấy nồng độ muối NaCl có ảnh hưởng đáng kể đến màu sắc của cơ thịt cá. Độ trắng của cơ thịt gia tăng theo hàm lượng muối trong dung dịch ngâm. Giá trị này đạt cao nhất khi ngâm muối ở nồng độ từ 16 đến 20%, tuy nhiên mẫu ngâm muối 12% và 16% có độ sáng không khác biệt ý nghĩa thống kê.

**Bảng 2: Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch muối NaCl đến tính chất hóa lý cơ thịt cá lóc**

Nồng độ dung dịch NaCl (%)	Độ trắng (WI)	Khả năng giữ nước (%)	pH	Độ ri dịch (%)
0	72,60 <sup>d</sup> ±0,58	69,92 <sup>d</sup> ±0,34	6,37 <sup>a</sup> ±0,11	13,01 <sup>c</sup> ±0,23
4	75,07 <sup>c</sup> ±0,32	70,05 <sup>cd</sup> ±0,36	6,41 <sup>a</sup> ±0,12	12,10 <sup>a</sup> ±0,24
8	76,53 <sup>b</sup> ±0,60	70,72 <sup>cd</sup> ±0,80	6,42 <sup>a</sup> ±0,07	11,94 <sup>a</sup> ±0,22
12	80,24 <sup>a</sup> ±0,77	71,38 <sup>bc</sup> ±0,99	6,45 <sup>a</sup> ±0,05	11,83 <sup>a</sup> ±0,18
16	81,57 <sup>a</sup> ±1,20	72,38 <sup>ab</sup> ±0,84	6,47 <sup>a</sup> ±0,08	11,80 <sup>a</sup> ±0,15
20	81,74 <sup>a</sup> ±0,75	73,05 <sup>a</sup> ±0,36	6,49 <sup>a</sup> ±0,07	11,82 <sup>a</sup> ±0,11
Ban đầu	71,46 <sup>d</sup> ±1,35	71,01 <sup>cd</sup> ±0,74	6,78 <sup>b</sup> ±0,09	12,46 <sup>b</sup> ±0,26

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

Bảng 2 cho thấy nồng độ muối NaCl có ảnh hưởng đáng kể đến màu sắc của cơ thịt cá. Sau quá trình ngâm, độ trắng (WI) của tất cả các mẫu đều tăng so với ban đầu (71,46). Heme protein liên quan đến màu đỏ tươi của cơ thịt cá bao gồm oxymyoglobin và oxyhemoglobin, những thành phần này dễ dàng bị oxy hóa tạo thành metmyoglobin và methemoglobin hình thành màu nâu làm giảm độ sáng của cá (Bremner, 2002). Kết quả ở Bảng 2 nhận thấy, độ trắng (WI) có sự khác biệt đáng kể khi ngâm cá với dung dịch NaCl ở các nồng độ khác nhau. Giá trị độ trắng (WI) tăng dần theo nồng độ muối ngâm và khi ngâm cá ở nồng độ 12% cho giá trị độ sáng là 80,24. Khi ngâm cá ở nồng độ muối 8%, độ trắng 76,53 có giá trị là 75,07

khi ngâm 4%. Nguyên nhân có thể là do nồng độ muối thấp, các heme protein còn lại nhiều.

Bảng 2 cũng trình bày sự thay đổi khả năng giữ nước, pH và độ ri dịch của cơ thịt cá lóc theo nồng độ muối ngâm. Nhìn chung, sự gia tăng nồng độ muối ngâm dẫn đến sự gia tăng giá trị khả năng giữ nước, sự suy giảm giá trị pH và độ ri dịch của cơ thịt. Từ nồng độ muối NaCl 12% của dịch ngâm, sự gia tăng các chỉ tiêu đo đạc không khác biệt ý nghĩa thống kê. Tác động của NaCl ở nồng độ khác nhau gia tăng khả năng giữ nước của protein sợi cơ (ở một nồng độ NaCl tới hạn) đã được rất nhiều nghiên cứu khẳng định (Hamm, 1960). Muối có tác dụng kích thích các nhóm chức của các acid amin trong mạch polypeptit của protein cá liên kết nhau hình thành đặc tính gel bền chắc cho sản phẩm thịt cá (Smith,

1998). Nhìn chung, khi khả năng liên kết của thành phần protein với nước tăng, độ rỉ dịch giảm xuống. Độ rỉ dịch thấp đánh giá chất lượng tươi ngon và đảm bảo hiệu suất thu hồi của sản phẩm. Dựa vào kết quả nghiên cứu cho thấy rằng khi ngâm cá lóc trong dung dịch muối NaCl 12% giúp hạn chế sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein, đồng thời cải thiện đặc tính chất lượng cơ thịt cá lóc. Chính vì vậy nghiên cứu sử dụng dung dịch muối NaCl 12% để muối cá lóc trong các nghiên cứu, thí nghiệm tiếp theo.

**3.2 Ảnh hưởng của việc điều chỉnh pH dung dịch muối NaCl đến hoạt tính enzyme và quá trình oxy hóa cơ thịt cá lóc sau khi giết mổ**

**3.2.1 Tác động pH của dung dịch NaCl đến sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein trong cơ thịt cá lóc**

Giá trị pH là yếu tố ảnh hưởng đến sự oxy hóa lipid mô cơ thịt cá. Giá trị pH dưới trung bình là đặc trưng của hệ thống cơ thịt cá sau khi cá chết. Sự tăng tốc của quá trình oxy hóa lipid bằng cách giảm độ pH có thể là do sự tự oxy hóa hemoglobin được tăng cường (Tsuruga *et al.*, 1998). Sự tự oxy hóa hemoglobin là nguyên nhân gây ra việc sinh ra các gốc tự do và methemoglobin từ sắt oxyhemoglobin (Fridovich and Mirsa, 1972). Chính vì vậy, nghiên

cứ ngâm cá trong dung dịch muối NaCl 12% có pH lần lượt là 4, 5, 6, 7, 8 và 9. Sự oxy hóa lipid và protein của cơ thịt cá lóc sau khi ngâm trong pH của dung dịch muối được trình bày ở Bảng 3.

Kết quả Bảng 3 cho thấy khi pH của dung dịch muối thấp dẫn đến hoạt tính enzyme lipoxigenase tăng đáng kể, trong khi đó khi pH tăng lên hoạt tính lại giảm, cụ thể khi pH 4 hoạt tính là 233,7 (nmol MAD/mg protein) giảm xuống còn 200,3 (nmol MAD/mg protein). Trong khi đó hoạt tính enzyme protease tăng lên khi tăng pH của dung dịch muối thấp từ 0,198. Sự thay đổi pH của dung dịch muối dẫn đến thay đổi pH của cơ thịt cá từ đó sự hình thành các sản phẩm của sự oxy hóa lipid và protein cũng có khác biệt. Kết quả cũng cho thấy rằng chỉ số peroxide thay đổi đáng kể do thay đổi pH của dung dịch muối NaCl. Chỉ số peroxide cao nhất khi ngâm ở pH 4 là 0,019 (mEq/kg lipid), và thấp nhất khi ngâm ở pH dung dịch 8 là 0,012 (mEq/kg lipid). Tuy nhiên chỉ số peroxide lại không có sự khác biệt khi ngâm ở các dung dịch có pH trung tính. Điều này có thể giải thích rằng do hệ đệm trong cơ thịt cá điều chỉnh pH của cơ thịt cá, dẫn đến pH của cơ thịt không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê.

**Bảng 3: Ảnh hưởng pH của dung dịch NaCl đến sự oxy hóa lipid và protein của cơ thịt cá lóc**

pH dung dịch NaCl	Lipoxygenase (nmol MAD/mg protein)	Peroxide (mEq/kg lipid)	TBARS (mg MDA/Kg)	Protease (U/mg protein)	Sulphydryl (µmol/g protein)
4	233,7 <sup>dc</sup> ±6,5	0,019 <sup>c</sup> ±0,002	2,23 <sup>c</sup> ±0,15	0,198 <sup>a</sup> ±0,017	10,91 <sup>c</sup> ±0,44
5	237,4 <sup>e</sup> ±4,7	0,018 <sup>bc</sup> ±0,003	1,91 <sup>d</sup> ±0,08	0,203 <sup>a</sup> ±0,013	11,27 <sup>c</sup> ±0,38
6	224,8 <sup>d</sup> ±5,3	0,016 <sup>abc</sup> ±0,004	1,78 <sup>bc</sup> ±0,14	0,204 <sup>a</sup> ±0,015	12,71 <sup>b</sup> ±0,42
7	215,2 <sup>c</sup> ±5,6	0,014 <sup>ab</sup> ±0,002	1,53 <sup>ab</sup> ±0,11	0,207 <sup>a</sup> ±0,014	13,77 <sup>a</sup> ±0,32
8	205,4 <sup>ab</sup> ±4,7	0,012 <sup>a</sup> ±0,002	1,49 <sup>a</sup> ±0,11	0,215 <sup>a</sup> ±0,013	13,83 <sup>a</sup> ±0,27
9	200,3 <sup>a</sup> ±5,8	0,018 <sup>bc</sup> ±0,003	1,85 <sup>c</sup> ±0,27	0,223 <sup>a</sup> ±0,015	13,55 <sup>a</sup> ±0,31
ĐC (7,6)	211,05 <sup>bc</sup> ±5,5	0,013 <sup>a</sup> ±0,003	1,52 <sup>ab</sup> ±0,11	0,209 <sup>a</sup> ±0,007	13,79 <sup>a</sup> ±0,32

Các chữ cái giống nhau trong cùng một cột biểu thị sự không khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở mức độ tin cậy 95%; ĐC: Đối chứng

Ngoài ra, chỉ số TBA của thịt cá cũng có sự thay đổi do tác động của việc điều chỉnh pH dung dịch muối ngâm. Chỉ số TBA thấp nhất ở giá trị pH của dung dịch muối là 7 và 8, hàm lượng MDA chỉ có 1,53±0,11 và 1,49 ±0,11 (mg MDA/Kg), và hàm lượng MDA là 2,23 (mg MDA/Kg) khi ngâm ở pH 4. Trong khi đó chỉ số sulphydryl cũng bị ảnh hưởng bởi pH của dung dịch. Nhóm -SH ở pH dung dịch muối ngâm 7, 8, 9 là cao nhất đạt 13,77; 13,83 và 13,55 (µmol/g protein). Nhìn chung khi ngâm cá trong dung dịch muối NaCl 12% và pH 8 giúp hạn chế sự oxy hóa lipid và protein, thể hiện ở chỉ số peroxide giảm còn 0,012 (mEq/kg lipid), TBARS là

1,49 (mg MDA/Kg), trong khi đó chỉ số nhóm -SH là 13,83 (µmol/g protein).

**3.2.2 Tác động pH của dung dịch NaCl đến tính chất hóa lý và đặc tính chất lượng cá lóc sau giết mổ**

Việc thay đổi pH của dung dịch muối ngâm cũng tác động đến tính chất hóa lý cũng như đặc tính chất lượng cơ thịt cá lóc. Kết quả xác định hàm lượng NaCl trong thịt cá, độ ẩm và sự thay đổi pH cơ thịt cá được trình bày ở Bảng 4 cho thấy rằng, việc điều chỉnh pH có tác động đến sự thâm thấu và khuếch tán muối vào nguyên liệu. Khi ngâm cá trong dung dịch NaCl 12% có pH 4, hàm lượng muối ngâm vào nguyên liệu tương đối thấp chỉ 0,89%, khi đó độ ẩm

của cơ thịt cá là 76%. Hàm lượng muối trong cơ thịt tăng dần khi tăng pH của dung dịch muối ngâm, cụ thể ở pH 9 hàm lượng muối của thịt là 1,55%, và độ ẩm chỉ còn 75,21%. Điều này có thể giải thích rằng khi ngâm ở pH thấp sẽ làm biến tính protein trên bề mặt của cơ thịt cá, và cản trở quá trình thẩm thấu của

muối vào thịt cá. Tuy nhiên, sự khác biệt giữa độ ẩm của cơ thịt cá và hàm lượng muối trong sản phẩm là không có ý nghĩa thống kê khi điều chỉnh dung dịch muối ngâm đến pH 8 và pH 9. Điều này cũng được nhận thấy ở kết quả đo đặc độ trắng của cơ thịt cá.

**Bảng 4: Ảnh hưởng pH của dung dịch muối NaCl đến tính chất hóa lý của cơ thịt cá lóc**

pH của dung dịch NaCl	Độ ẩm (%)	Hàm lượng muối trong thịt cá (%)	pH	Khả năng giữ nước (%)	Độ rỉ dịch (%)	Độ trắng (WI)
4	76,00 <sup>c</sup> ±0,20	0,89 <sup>a</sup> ±0,03	6,17 <sup>a</sup> ±0,09	69,88 <sup>d</sup> ±0,35	13,04 <sup>c</sup> ±0,25	73,60 <sup>c</sup> ±0,36
5	75,97 <sup>c</sup> ±0,16	1,14 <sup>b</sup> ±0,13	6,41 <sup>b</sup> ±0,05	70,01 <sup>d</sup> ±0,33	12,44 <sup>b</sup> ±0,39	76,10 <sup>d</sup> ±0,43
6	75,84 <sup>bc</sup> ±0,18	1,18 <sup>b</sup> ±0,07	6,42 <sup>b</sup> ±0,07	70,72 <sup>cd</sup> ±0,80	11,94 <sup>a</sup> ±0,22	78,53 <sup>c</sup> ±0,59
7	75,53 <sup>ab</sup> ±0,26	1,28 <sup>b</sup> ±0,06	6,45 <sup>b</sup> ±0,09	71,34 <sup>bc</sup> ±1,04	11,82 <sup>a</sup> ±0,18	80,20 <sup>b</sup> ±0,77
8	75,45 <sup>ab</sup> ±0,33	1,43 <sup>c</sup> ±0,08	6,54 <sup>bc</sup> ±0,09	72,39 <sup>ab</sup> ±0,82	11,78 <sup>a</sup> ±0,16	81,17 <sup>a</sup> ±0,32
9	75,21 <sup>a</sup> ±0,24	1,55 <sup>c</sup> ±0,07	6,63 <sup>c</sup> ±0,06	73,09 <sup>a</sup> ±0,39	11,65 <sup>a</sup> ±0,08	81,49 <sup>a</sup> ±0,27
ĐC (7,6)	75,32±0,25	1,54±0,0,05	6,45 <sup>a</sup> ±0,05	71,38 <sup>bc</sup> ±0,99	11,83 <sup>a</sup> ±0,18	80,24 <sup>b</sup> ±0,77

(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%; ĐC: Đối chứng)

Kết quả ở Bảng 4 cũng cho thấy sự gia tăng của khả năng giữ nước, tương ứng là sự suy giảm của độ rỉ dịch của thịt cá lóc sau khi hấp theo sự gia tăng pH dung dịch muối ngâm. Sự tăng hay giảm khả năng giữ nước của cơ thịt cá chủ yếu do sự oxy hóa, biến tính, đông tụ của protein và liên kết protein tốt hơn khi ngâm pH thích hợp (Esaiassen *et al.*, 2004). Quá trình thủy phân của phospholipid trong cá khi làm lạnh sẽ gia tăng hàm lượng acid béo tự do dễ bị oxy hóa kéo theo sự giảm khả năng giữ nước của protein. Nhờ sự gia tăng pH của thịt cá lóc do tác động của muối NaCl và pH cao (pH 9) của dịch ngâm, sự liên kết của nước và protein cũng như các thành phần khác trong cơ thịt cá ổn định, kết quả thể hiện ở tỷ lệ rỉ dịch sau khi hấp thấp hơn mẫu cá được ngâm ở điều kiện pH thấp, độ rỉ dịch tăng từ 11,65% lên 13,04% khi giảm pH 9 xuống pH 4. Nhìn chung, pH của dung dịch muối ngâm tác động đến sự oxy hóa lipid và protein trong cơ thịt cá lóc. Việc điều chỉnh dung dịch muối NaCl 12% về pH 8 giúp hạn chế sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein cũng như đảm bảo chất lượng cơ thịt cá lóc sau khi giết mổ.

**4 KẾT LUẬN**

Kết quả nghiên cứu cho thấy, quá trình ướp muối đã giúp hạn chế hoạt động của enzyme lipoxigenase và protease, đồng thời giúp cải thiện chất lượng cơ thịt cá. Thịt cá lóc sau khi ngâm 3 giờ ở nhiệt độ phòng trong dung dịch NaCl 12% (w/v) có sự giảm thấp hơn hoạt tính enzyme (lipoxigenase, protease), chỉ số peroxide và TBARS giảm trong khi chỉ số sulfhydryl tăng cao, khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05) khi so sánh với mẫu đối chứng (không ngâm muối) và cả các mẫu ngâm ở nồng độ muối thấp (4, 8%, w/v). Đồng thời, sự oxy hóa lipid và

protein của cơ thịt cá lóc được hạn chế khi pH của dung dịch muối ở khoảng trung tính, đạt hiệu quả nhất ở pH 8. Chất lượng của thịt cá lóc ở điều kiện ngâm muối này cũng được cải thiện với giá trị độ trắng WI là 81,17, khả năng giữ nước là 72,39% và tỷ lệ rỉ dịch sau khi hấp là 11,78%.

**TÀI LIỆU THAM KHẢO**

Barat, J.M., Barona, R., A. Andres, A. and Fito, P., 2002. Influence of increasing brine concentration in the cod-salting process. *Journal of Food Science*, 67(5): 1922-1925.

Batifoulier, F., Mercier, Y., Gatellier, P and Renerre, M., 2002. Influence of vitamin E on lipid and protein oxydation induced by H2O2-activated MetMb in microsomal membranes from turkey muscle. *Meat Science*, 61(4): 389-395.

Beraquet, N.J., Iaderoza, M., Jardim, D.C.P. and Lindo, M.K.K., 1983. Salting of mackerel (*Scomber japoonicus*) II. Comparison between brining and mixed salting in relation to quality and salt uptake. *Coletaneado Instituto de Tecnologia de Alimentos*, 13: 175-198.

Bradford, M.M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248-254.

Bremner, H.A., 2002. Safety and quality issues in fish processing. Woodhead Publishing Limited, United Kingdom.

Capaccioni, M. E., Casales, M. R., & M. I. Yeannes, 2011. Acid and salt uptake during the marinatio process of *Engraulis anchoita* fillets influence of the solution: Fish ratio and agitation. *Food Science and Technology*, 31(4): 884-890.

Đặng Thị Thu, Lê Ngọc Tú, Tô Kim Anh, Phạm Thu Thủy, Nguyễn Thị Xuân Sâm, 2004. Công nghệ



- enzyme. NXB Khoa học và kỹ thuật. Hà Nội. 304 trang.
- Ellman, G.D., 1959. Tissue sulfhydryl groups. *Arch Biochem and Biophys*, 82: 70-77.
- Esaiassen, M., Dahla, R., Eilertsen, G., Gundersen, B., Sivertsvik, M., 2008. Pre-rigor filleting and brining of farmed cod: Influence on quality and storage stability. *Food Science and Technology*, 4: 724-729.
- Esaiassen, M., Østli, J., Elvevoll, E.O. and Richardsen, R., 2004. Brining of cod fillets: Influence on sensory properties and consumers liking. *Food Quality and Preference*, 15:421-428.
- Esaiassen, M., Østli, J., Joensen, S., Prytz, K., Olsen, J.V., Carlehog, M., Elvevoll, E.O. and Richardsen, R., 2005. Brining of cod fillets: Effects of phosphate, salt, glucose, ascorbate and starch on yield, sensory quality and consumers liking. *LWT - Food Science and Technology*, 38(6): 641-649.
- Eyo, A.A., 2001. *Fish Processing Technology in The Tropics*. National Institute for Freshwater Fisheries Research. University of Ilorin Press: 66-70.
- Fridovich, I., Misra, H.P., 1972. The role of superoxide anion in the autoxydation of epinephrine and a simple assay for superoxide dismutases. *Journal Biology Chemistry*, 247: 3170-3175.
- Hamm, R., 1960. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, 10: 355 p.
- Hardy, R., 1980. Fish lipids. Part 2. In Connell, J.J. ed. *Advances in Fish science and Technology*. Oxford: Fishing News. 103 pp.
- Harris P., Tall, J., 1994: Substrate specificity of mackerel flesh lipopolygenase. *Journal of Food Science*, 59: 504-506.
- 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: 125-161.
- Hu, F.B., L. Bronner, L., Willett, W.C., 2002. Fish and omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease in women. *Journal of the American Medical Association*, 287(14): 1815-1821.
- Huss, H. H., 1994. Assurance of seafood quality. Rome. Fisheries Technical Paper no: 334 pp.
- Lara, M. S., Gutierrez, J. I., Timón, M., & Andrés, A. I., 2011. Evaluation of two natural extract (*Rosemarinus officinalis* L. and *Melissa officinales* L.) as antioxidants in cooked pork patties packed in MAP. *Meat Science*, 88(3): 481-488.
- Larsen, R., S.H. Olsen, S.H., Kristoffersen, S. and Elvevoll, E.O., 2008. Low salt brining of pre-rigor filleted farmed cod (*Gadus morhua* L.) and the effects on different quality parameters. *Journal of Food Science and Technology*, 41(7): 1167-1172.
- Larsen, R., Stormo, S.K. and Dragnes, B.T., 2007. Losses of taurine, creatine, glycine and alanine from cod (*Gadus morhua* L.) fillet during processing. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(5): 396-402.
- Lemon, D. W., 1975. An improved TBA test for rancidity. *New Series Circular*, 51: 52-55
- Martínez-Alvarez, O. and Gómez-Guillén, M.C., 2005. The effect of brine composition and pH on the yield and nature of water-soluble proteins extractable from brined muscle of cod (*Gadus morhua*). *Food Chemistry*, 92(1): 71-77.
- Michael, C. Q., Oscar A. P., 2003. Fat Characterization. In: S. Suzanne Nielsen (Editor). *Food Analysis Laboratory Manual*. Springer. USA. 103-113
- Mohr, C. F., 1856. Neue Massanalytische Bestimmung des Chlors in Verbindungen. *Justun Liebigs Annalen der Chemie*, 97: 335-338.
- Muyan, C., Zhang, X., Gao, T. and Chen, C., 2006. Effects of Temperature, pH and NaCl on Protease Activity in Digestive Tract of Young Turbot, *Scophthalmus maximus*. *Journal of Oceanology and Limnology*, 24(3): 300-306.
- Nguyễn Xuân Duy và Nguyễn Anh Tuấn, 2013. Sàng lọc thực vật có hoạt tính chống oxi hóa và áp dụng trong chế biến thủy sản. *Tạp chí khoa học Trường Đại học Cần Thơ, phần B: Nông nghiệp, Thủy sản và Công nghệ* (28): 59-68.
- Nguyen, M.V., Thorarinsdottir, K.A., Gudmundsdottir, A., Thorkelsson, G. and Arason, S., 2011. The effects of salt concentration on conformational changes in cod (*Gadus morhua*) proteins during brine salting. *Food Chemistry*, 125(3): 1013-1019.
- Osinchak, J.E., Hultin, H.O., Zajicek, O.T., Kelleher, S.D. and Huang, C.H., 1992. Effect of NaCl on catalysis of lipid oxidation by the soluble fraction of fish muscle. *Free Radical Biology and Medicine*, 12: 35-41.
- Pórarinsdóttir, K.A., 2010. The influence of salting procedures on the characteristics of heavy salted cod. Lund University. Sweden.
- Rao, B.Y.K. and C. Bandyopadhyay, 1983. Lipid composition of salted sun-dried Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*). *Journal of Food Science and Technology*, 20(3-4): 62-64.
- Smith, D.M., 1988. Meat proteins: Functional properties in comminuted meat products. *Food Technology*, 42: 116-121.
- Stodolnik, L., Samson, E., 2001. Effect of freezing and salting on the activity of lipoxigenase of the muscle tissue and roe of baltic herring. *Acta Ichthyologica Et Piscatoria*, 30 (2): 47-58

Sullivan J.C., S. M. Budge, 2012. Fish oil sensory properties can be predicted using key oxidative volatiles. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114: 496-503.

Trần Thanh Trúc, Nguyễn Văn Mười và Nguyễn Hùng Đức, 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 Đại học Cần Thơ*, 27: 79-87.

Trần Thanh Trúc, Trần Bạch Long, Phan Thị Bích Ngọc, Hà Thị Thụy Vy, Nguyễn Văn Mười, 2014. Nghiên cứu trích ly enzyme protease từ thịt đầu tôm sú (*Penaeus monodon*). *Tạp chí*

*Khoa học trường Đại học Cần Thơ. Thủy sản* (1): 8-14

Tsuruga, M., A. Matsuoka, A. Hachimori, Y. Sugawara and K. Shikama, 1998. The molecular mechanism of autoxidation for human oxyhemoglobin: Tilting of the distal histidine causes nonequivalent oxidation in the beta chain. *Journal Biology Chemistry*, 273: 8607-8615.

Uçak I., Özogul, Y., Durmu, M., 2011. The effects of rosemary extract combination with vacuum packing on the quality changes of Atlantic mackerel fish burgers. *International Journal of Food Science & Technology*, 46: 1157-1163.