



DOI:10.22144/ctujos.2023.212

## ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ BẢO QUẢN ĐẾN SỰ OXY HÓA LIPID VÀ PROTEIN CỦA CÁ LÓC (*Channa striata*) SẤY KHÔ

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

<sup>1</sup>Viện Công nghệ sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup>Khoa Sau đại học, Trường Đại học Cần Thơ

\*Tác giả liên hệ (Corresponding author): [tblong@ctu.edu.vn](mailto:tblong@ctu.edu.vn)

### Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 07/07/2023

Sửa bài (Revised): 25/07/2023

Duyệt đăng (Accepted): 31/07/2023

**Title:** Effect of storage temperature on the oxidation of lipid and protein of dried snack- head (*Channa striata*)

**Author(s):** Nguyen Van Muoi, Tran Thanh Truc and Tran Bach Long\*

**Affiliation(s):** Can Tho University

### TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến sự oxy hóa lipid và protein của cá lóc (*Channa striata*) nuôi sấy khô. Khảo sát cá lóc sấy khô khi bảo quản ở ba mức nhiệt độ là (28÷30°C), (0÷4°C) và (-18÷-20°C). Kết quả nghiên cứu cho thấy cá lóc sấy khô sau 12 tuần bảo quản ở nhiệt độ phòng (28÷30°C), 32 tuần bảo quản ở nhiệt độ lạnh (0÷4°C) và 48 tuần trữ đông (-18÷-20°C) thì chỉ số peroxide, giá trị TBARS, nhóm sulfhydryl tổng, nhóm sulfhydryl tự do, độ màu b\*, và hàm lượng N-NH<sub>3</sub> thấp hơn giá trị chấp nhận được khuyến nghị. Cá lóc sấy khô bảo quản ở nhiệt độ (-18÷-20°C) sau 48 tuần có chỉ số peroxide (0,170 mEq/kg), giá trị TBARS (4,69 mg MDA/Kg), nhóm sulfhydryl tổng (22,44 μmol/g protein), nhóm sulfhydryl tự do (8,48 μmol/g protein), độ màu b\* (4,27) và hàm lượng N-NH<sub>3</sub> (42,86 mg%).

**Từ khóa:** Dried, lipid, oxidation, protein, snakehead, storage temperature

### ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of storage temperatures on lipid and protein oxidation of dried cultured snakehead (*Channa striata*). A survey of dried snakehead fish stored at three temperatures (28÷30°C), (0÷4°C), and (-18÷-20°C). Research results showed that dried snakehead fish stored 12 weeks at room temperature (28÷30°C), 32 weeks at cold storage (0÷4°C) and 48 weeks of frozen (-18÷-20°C) having peroxide index, TBARS value, total sulfhydryl group, free sulfhydryl group, color b\*, and N-NH<sub>3</sub> content were lower than the acceptable values. Dried snakehead fish stored at temperature (-18÷-20°C) in 48 weeks had peroxide index (0.170 mEq/kg), TBARS value (4.69 mg MDA/kg), total sulfhydryl group (22.44 μmol/g protein), free sulfhydryl group (8.48 μmol/g protein), color b\* (4.27), and N-NH<sub>3</sub> content (42.86 mg%).

**Keywords:** Cá lóc, lipid, nhiệt độ bảo quản, oxy hóa, protein, sấy khô

## 1. GIỚI THIỆU

Cá lóc (*Channa striata*) là loài cá nước ngọt có giá trị kinh tế cao và tiềm năng phát triển nuôi (Saputra et al., 2021). Cá lóc tương đối dễ nuôi và được nuôi trong ao đất, vèo, lồng bè..., và có thể nuôi quy mô nhỏ hoặc nuôi thâm canh ở mật độ cao nên đã thu hút nhiều người nuôi ở đồng bằng sông Cửu Long (Sinh & Chung, 2009). Nghề nuôi cá lóc đang phát triển nhanh ở các tỉnh Trà Vinh, Đồng Tháp, Vĩnh Long, Tiền Giang, An Giang, Bạc Liêu và Cà Mau,... nhưng vùng nuôi tập trung là các tỉnh An Giang, Đồng Tháp và Trà Vinh (Nhó, 2017). Diện tích nuôi cá lóc ở các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long năm 2016 chủ yếu tập trung ở các tỉnh Đồng Tháp, Cần Thơ, An Giang, Trà Vinh khoảng 1.000 ha, sản lượng đạt khoảng 65.000 tấn (Mười và ctv., 2016). Cá lóc có thịt thơm ngon và nhu cầu thị trường ngày càng tăng (Bich et al., 2020), năng suất thịt cao, hàm lượng protein và các chất dinh dưỡng khác cũng cao và có nhiều tác dụng chữa bệnh (Zhang et al., 2021). Tuy nhiên, hàm lượng protein và lipid cao là nguyên nhân thúc đẩy nhanh sự hư hỏng, sinh độc chất từ cá ngay sau khi chết, kéo theo các biến đổi hóa lý, enzyme làm giảm chất lượng nguyên liệu (Eyo, 2001). Thịt cá dễ bị oxy hóa do hàm lượng acid béo không bão hòa cao (Sullivan & 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), nếu muốn thời hạn sử dụng được kéo dài thì phải áp dụng các công nghệ chế biến thích hợp (Tsironi & Taoukis, 2018). Một số phương pháp bảo quản thực phẩm truyền thống như ướp muối, sấy khô được sử dụng để kiểm soát sự phát triển của vi sinh vật và trì hoãn sự hư hỏng của sản phẩm cá (Tsironi et al., 2019).

Cá sấy khô thường được coi là ổn định và an toàn trong quá trình bảo quản (Cyprian et al., 2016). Bao bì chân không giúp loại bỏ không khí để có thể cải thiện thời hạn sử dụng và chất lượng của thực phẩm (Etemadian et al., 2012). Tuy nhiên, vẫn có suy giảm chất lượng như thủy phân lipid ảnh hưởng đến sự hình thành các sản phẩm oxy hóa trong quá trình bảo quản cá khô (Doe, 2002).

Sự oxy hóa protein có thể làm mất chức năng protein, thay đổi cấu trúc protein dẫn đến làm giảm chất lượng sản phẩm cá (Xiong, 2000). Quá trình này làm biến đổi về đặc điểm protein như tính kỵ nước của protein, khả năng hòa tan và sự thay đổi tính nhạy cảm của cơ chất protein đối với các enzyme thủy phân protein (Davies et al., 1987). Các protein bị oxy hóa thường không được hấp thu và tiêu hóa tốt do đó giá trị dinh dưỡng cũng kém đi

(Morzel et al., 2006). Mặc khác, một số nghiên cứu cho thấy rằng quá trình oxy hóa lipid và oxy hóa protein là một hệ thống liên kết (Park et al., 2007; Estévez et al., 2008). Do đó, các sản phẩm trong quá trình oxy hóa lipid như hydroperoxide hay các dẫn xuất aldehyde cũng có thể làm biến đổi protein (Refsgaard et al., 2000). Tuy nhiên, trong các quá trình oxy hóa thì quá trình oxy hóa lipid diễn ra nhanh hơn so với quá trình oxy hóa protein (Vuorela et al., 2005; Estévez et al., 2008). Một số nghiên cứu cho rằng việc bảo quản ở nhiệt độ thấp kết hợp với đóng gói chân không có thể hạn chế quá trình oxy hóa (Rodríguez et al., 2009). Sản phẩm cá lóc (*Channa striata*) nuôi sấy khô ở Việt Nam chưa được quan tâm đến sự oxy hóa lipid và protein trong quá trình bảo quản. Vì vậy, nghiên cứu sự oxy hóa lipid và protein bảo quản ở các nhiệt độ khác nhau được tiến hành với mục tiêu đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến sự oxy hóa lipid và oxy hóa protein của cá lóc.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Phương pháp thu nhận và xử lý mẫu

Cá lóc (*Channa striata*) được thu mua từ vùng nuôi huyện Trà Cú, tỉnh Trà Vinh. Khối lượng dao động trong khoảng từ 500÷800 g/con. Cá khi thu mua còn sống, khỏe mạnh, nguyên vẹn (không trầy xước), không có khuyết tật, nhiễm bệnh hay ký sinh trùng,... đạt các yêu cầu của quá trình chế biến thực phẩm. Cá lóc sau khi mua được giữ sống trong thùng nhựa có chứa nước, thời gian vận chuyển về phòng thí nghiệm tối đa trong 3 giờ. Tại phòng thí nghiệm chế biến thực phẩm (Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ), cá được giữ ổn định trong bể nước ít nhất 1 giờ trước khi xử lý và tiến hành phân tích, khảo sát tiếp theo.

Cá lóc được cân khối lượng trước khi làm lạnh, 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 và đầu (Long và ctv., 2017). Cá sau khi xử lý được ngâm trong dung dịch muối NaCl ở nồng độ 12%, thời gian ngâm là 3 giờ (Long và ctv., 2019). Cá sau khi ngâm muối được vớt ra, để ráo, ngâm phụ gia (glycerol 3%, sorbitol 4%, acid ascorbic 0,04%) trong 1 giờ (Long et al., 2020). Sau đó, tiến hành sấy cá lóc ở nhiệt độ 50±3°C với lưu lượng không khí nóng 2 m/s đến khi khô cá lóc đạt độ ẩm 20% (Long và ctv., 2020). Sản phẩm khô cá sau đó tiến hành bao gói trong bao bì PA có độ chân không 80%.

**2.2. Phương pháp phân tích**

Các chỉ tiêu phân tích được xác định trong nghiên cứu là:

- Chỉ số peroxide (mEq/kg lipid): Phân tích theo Michael and Oscar (2003).
- Chỉ số sulfhydryl (-SH) ( $\mu\text{mol/g}$  protein): phân tích theo 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 Duy và Tuấn (2013).
- Hàm lượng  $\text{NH}_3$  (mg %): Xác định theo TCVN 3706 – 90.
- Màu sắc: Máy đo màu Colorimeter 2nh (Trung Quốc) được sử dụng để đo mẫu với các giá trị ghi nhận  $b^*$  (có giá trị từ -b đến +b biểu thị màu từ màu xanh da trời đến màu vàng).

**2.3. Phương pháp thu nhận và xử lý số liệu**

Các số liệu thu thập dựa trên kết quả lặp lại ít nhất 3 lần cho mỗi đơn vị thí nghiệm. Kết quả khảo sát được xử lý thống kê theo chương trình Statgraphics Centurion 16.1 và các phần mềm thống kê thích hợp.

**2.4. Bố trí thí nghiệm**

Cá lóc sấy khô tiến hành bảo quản ở 3 mức nhiệt độ: nhiệt độ phòng ( $28 \pm 30^\circ\text{C}$ ), nhiệt độ lạnh ( $0 \pm 4^\circ\text{C}$ ) và trữ đông ( $-18 \pm -20^\circ\text{C}$ ). Định kỳ theo dõi sự thay đổi phẩm chất sản phẩm theo thời gian bảo quản (đối với sản phẩm bảo quản ở nhiệt độ thường định kỳ 1 tuần/lần, nhiệt độ bảo quản lạnh 2 tuần/lần, trữ đông 4 tuần/lần). Kết quả được sơ bộ đánh giá qua mức độ tăng ẩm, sự thay đổi độ hoạt động của nước và mật số nấm mốc trong sản phẩm. Thành phần dinh dưỡng, vi sinh và kim loại nặng

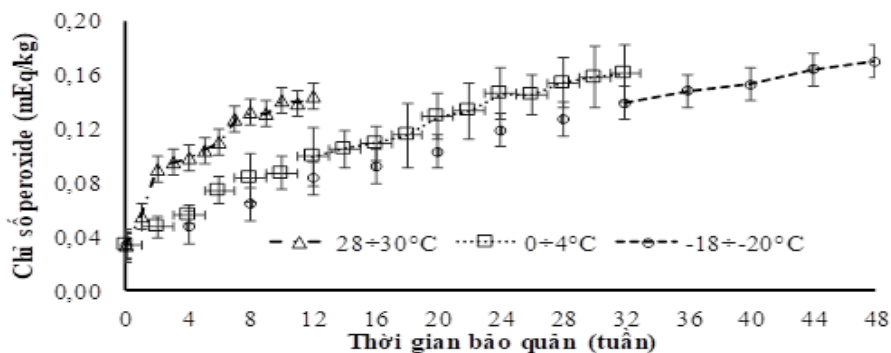
của khô cá sau khi bảo quản được gửi mẫu đến cơ quan kiểm định độc lập để phân tích.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Sự oxy hóa lipid theo thời gian bảo quản**

Kết quả đánh giá sự suy giảm lipid của hai sản phẩm qua quá trình oxy hóa gồm chỉ số peroxide (Hình 1), TBARS (Hình 2), và độ màu  $b^*$  (Hình 3).

Hình 1 cho thấy cá lóc sấy khô bảo quản ở nhiệt độ ( $28 \pm 30^\circ\text{C}$ ) có sự gia tăng đáng kể chỉ số peroxide trong 12 tuần. Chỉ số peroxide trước bảo quản là 0,033 mEq/kg, sau 2 tuần bảo quản tăng lên 0,09 mEq/kg và sự gia tăng này có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với mẫu trước khi bảo quản và tuần 01 ( $p < 0,05$ ), chỉ số peroxide từ tuần 2 đến tuần 6 có sự dao động từ 0,09 đến 0,110 mEq/kg. Tuy nhiên, đến tuần 7 thì có xu hướng tăng lên 0,127 mEq/kg. Trong khi đó, khi bảo quản cá lóc sấy khô ở nhiệt độ thấp thì sự gia tăng chỉ số peroxide có xu hướng chậm hơn. Cụ thể khi bảo quản ở nhiệt độ  $0 \pm 4^\circ\text{C}$  thì chỉ số peroxide trước khi bảo quản và ở tuần 14 (0,105 mEq/kg) có sự khác biệt có ý nghĩa ( $p < 0,05$ ), trong khi ở điều kiện lạnh đông ( $-18 \pm -20^\circ\text{C}$ ) thì sự khác biệt có ý nghĩa ( $p < 0,05$ ) là ở tuần 48 (0,170 mEq/kg). Kết quả này cho thấy rằng khi bảo quản ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau, mức độ suy giảm lipid cũng thay đổi theo. Chỉ số peroxide tăng nhanh khi bảo quản ở nhiệt độ phòng ( $28 \pm 30^\circ\text{C}$ ) và chậm nhất trong quá trình trữ đông ( $-18 \pm -20^\circ\text{C}$ ). Chỉ số peroxide tăng trong quá trình bảo quản là do sự hình thành hydroperoxide là các sản phẩm oxy hóa lipid chính. Hydroperoxide tích lũy trong quá trình oxy hóa ban đầu nhưng giảm sau đó, vì tốc độ phân tách và phản ứng vượt quá sự hình thành (Cyprian et al. 2015). Chỉ số peroxide của cá lóc sấy không ổn định trong quá trình bảo quản, có thể hạn chế quá trình oxy hóa lipid bằng cách hạn chế sản phẩm tiếp xúc với oxy (Etemadian et al., 2012).

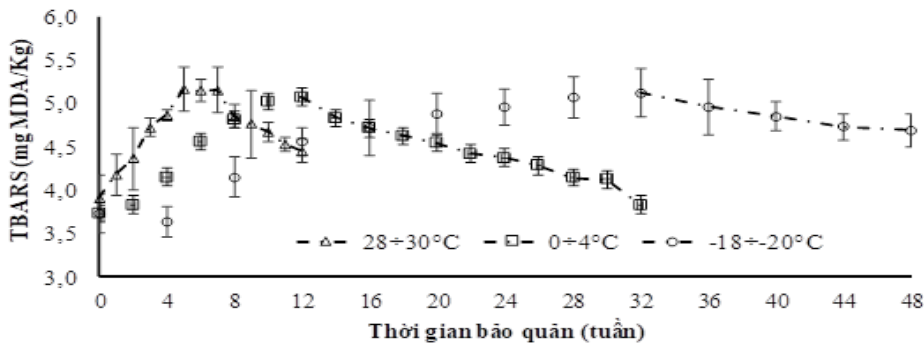


**Hình 1. Sự thay đổi chỉ số peroxide trong sản phẩm khô cá lóc theo thời gian bảo quản ở 3 điều kiện nhiệt độ khác nhau**

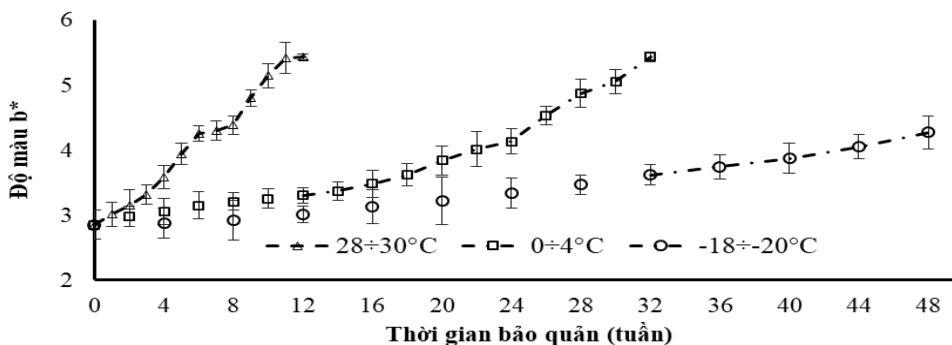
Hình 2 cho thấy chỉ số TBARS cũng có sự thay đổi trong thời gian bảo quản do ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản. Khi bảo quản ở nhiệt độ (28÷30°C) thì TBARS tăng nhanh đến tuần 7 (từ 3,91 lên 5,15 mg MDA/Kg), trong khi đó bảo quản ở nhiệt độ lạnh (0÷4°C) và trữ đông thì TBARS tăng ở tuần thứ 12 và 32, lần lượt là 5,07 và 5,12 mg MDA/Kg. Tuy nhiên, chỉ số TBARS có xu hướng giảm trong thời gian bảo quản sau 12 tuần ở nhiệt độ (28÷30°C) là 4,45 mg MDA/Kg, sau 32 tuần ở nhiệt độ (0÷4°C) là 3,83 mg MDA/Kg và sau 48 tuần trữ đông là 4,69 mg MDA/Kg. Chỉ số TBARS tăng trong thời gian đầu của quá trình bảo quản là do sự hình thành của sản phẩm oxy hóa lipid thứ cấp (Kolakowska, 2002). Malondialdehyde được hình thành thông qua hydroperoxide, đó là phản ứng ban đầu sản phẩm của acid béo không bão hòa với oxy (Fernandez et al., 1997). Tuy nhiên, sau thời gian bảo quản thì chỉ số TBARS giảm do có sự tương tác giữa các thành phần protein (peptide và các acid amin) với malondialdehyde tạo ra sản phẩm bậc ba của oxy hóa lipid (Underland et al., 1999). TBARS có thể liên kết chéo của malondialdehyde với các acid amin

để hình thành liên kết amidine (Karlsdottir et al., 2014; Nguyen et al., 2011).

Màu sắc là một trong những biến đổi dễ quan sát do sự oxy hóa lipid và có chi phối đến đặc tính cảm quan của sản phẩm. Hình 3 cho thấy giá trị độ màu b\* tăng đáng kể dẫn đến cá lóc sấy khô có sự chuyển màu của khô sang vàng và sậm nâu. Szymczak et al. (2011) khẳng định, sự biến đổi này chủ yếu là do sự oxy hóa chất béo và độ màu đánh giá sự chuyển vàng b\* là thông số đánh giá sự ổn định sự oxy hóa lipid của cá lóc sấy khô. Hình 1 và Hình 2 cho thấy sự thay đổi chỉ số peroxide và TBARS khi bảo quản ở các nhiệt độ khác nhau, do đó sự thay đổi độ màu b\* cũng bị ảnh hưởng. Tuy nhiên, mức độ gia tăng khi bảo quản ở nhiệt độ (28÷30°C) nhiều hơn 2 mức nhiệt độ còn lại, sự gia tăng ở điều kiện trữ đông là thấp nhất. Điều này phù hợp với quy luật biến đổi độ ẩm của sản phẩm, khô cá có sự tăng ẩm trong thời gian bảo quản làm tăng cường độ sáng (Szymczak, 2011). Khô bảo quản lạnh đông có mức dao động ẩm rất nhỏ, giá trị độ màu b\* cũng có sự dao động ít hơn. Nghiên cứu của Ariyaratna (2011) trên cá tuyết ướp muối sấy khô ở nhiệt độ 18-20°C cũng cho thấy có các biến động màu sắc với độ màu b\* tăng.



Hình 2. Sự thay đổi giá trị TBARS trong sản phẩm khô cá lóc theo thời gian bảo quản ở 3 điều kiện nhiệt độ khác nhau

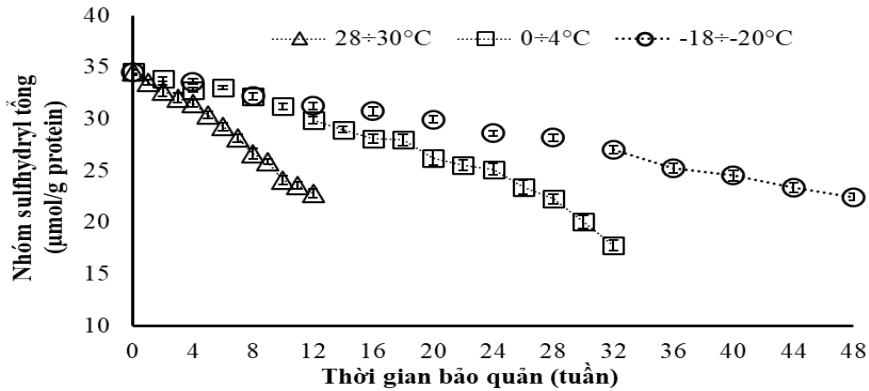


Hình 3. Sự thay đổi độ màu b\* trong sản phẩm khô cá lóc theo thời gian bảo quản ở 3 điều kiện nhiệt độ khác nhau

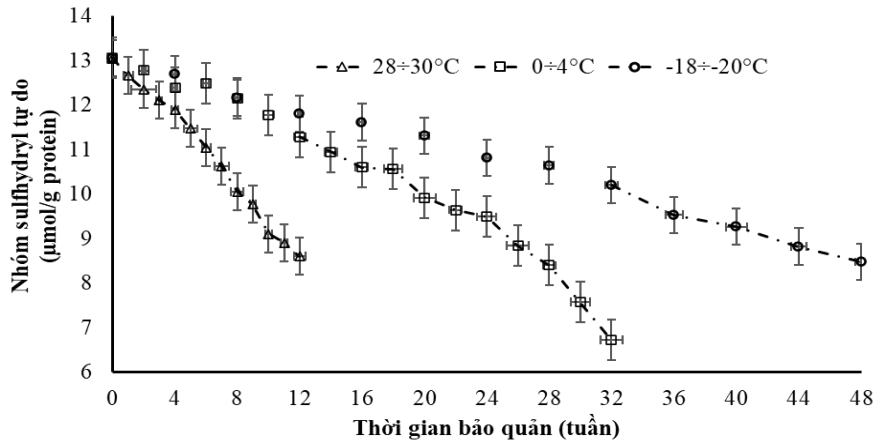
### 3.2. Sự oxy hóa protein theo thời gian bảo quản

Cá sấy khô thường được coi là ổn định và an toàn. Các sản phẩm oxy hóa lipid có nguồn gốc từ lipid, như các gốc hydroperoxide lipid và phản ứng dẫn xuất aldehyde cũng có thể gây ra sự oxy hóa protein (Refsgaard et al., 2000). Quá trình bảo quản

sản phẩm cá lóc sấy khô cho thấy quá trình oxy hóa lipid thay đổi, và sự thay đổi này cũng thay đổi ở các mức nhiệt độ bảo quản khác nhau. Điều đó có thể dự đoán quá trình oxy hóa protein cũng xảy ra theo chiều hướng tương tự. Nghiên cứu tiên hành khảo sát nhóm -SH trong sản phẩm với kết quả được trình bày ở Hình 4 và Hình 5.



Hình 4. Sự biến đổi nhóm sulfhydryl tổng trong khô cá lóc theo thời gian bảo quản



Hình 5. Sự biến đổi nhóm sulfhydryl tự do trong khô cá lóc theo thời gian bảo quản

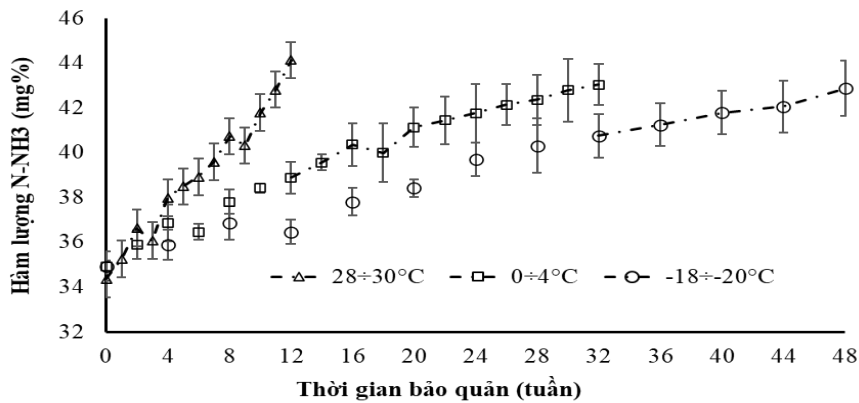
Hình 4 và Hình 5 cho thấy nhóm sulfhydryl tổng và tự do trong sản phẩm giảm theo quá trình bảo quản. Đặc biệt, nhóm sulfhydryl giảm nhanh khi bảo quản ở nhiệt độ phòng (28±30°C) và giảm ít ở nhiệt độ thấp. Cụ thể sau thời gian bảo quản ở nhiệt độ 28±30°C, 0±4°C, -18±-20°C giá trị nhóm sulfhydryl tự do lần lượt là 8,61, 6,73, 8,48 μmol/g protein tương ứng sau 12 tuần, 32 tuần và 48 tuần. Tương tự, nhóm sulfhydryl tổng giảm còn 22,79, 17,81 và 22,44 μmol/g protein lần lượt sau 12 tuần ở nhiệt độ 28±30°C, 32 tuần ở nhiệt độ 0±4°C và 48 tuần khi trữ đông -18±-20°C. Việc giảm sulfhydryl tổng là do sự tiếp xúc của các nhóm sulfhydryl ẩn bên trong protein tự nhiên dễ bị oxy hóa (Nguyen et al., 2011), quá trình trữ đông có thể dẫn đến sự mất nước bề

mặt của cá (Cyprian et al., 2017) dẫn đến mất nước protein làm thay đổi tương tác protein – nước. Ngoài ra, quá trình giảm hàm lượng sulfhydryl có thể tự oxy hóa hoặc có sự tương tác của các sản phẩm oxy hóa thứ cấp của lipid (Baylan, 2015). Trong khi đó, sự giảm nhóm sulfhydryl tự do có liên quan đến việc che giấu các nhóm sulfhydryl do ảnh hưởng của sự mất nước dẫn đến mạng lưới protein liên kết chặt chẽ với nhau (Baylan, 2015). Cùng với nhóm sulfhydryl tổng thì các nhóm sulfhydryl tự do dễ dàng bị oxy hóa nhiều hơn hoặc các sản phẩm cuối cùng của quá trình oxy hóa lipid, như malondialdehyde (MAD) và 4-hydroxy-2-nonenal rất dễ phản ứng và có thể gây tổn thương protein. MAD có thể phản ứng với lysine của protein để tạo thành dẫn xuất

carbonyl. Các aldehyde không bão hòa như 4-hydroxy-2-nonenal có thể phản ứng với nhóm amin của lysine, nhóm thiol của cysteine và nhóm imidazole của histidine (Uchida et al., 1992).

Sự gia tăng hàm lượng N-NH<sub>3</sub> trong sản phẩm cá lóc sấy khô khi bảo quản ở các nhiệt độ khác nhau cũng được thể hiện ở Hình 6, có sự gia tăng hàm lượng khi bảo quản ở nhiệt độ thường (28÷30°C) thời gian 12 tuần là 44,12 mg%, nhiệt độ lạnh 43,03 mg% và 42,86 mg% khi bảo quản ở nhiệt độ (-18÷-20°C). Giá trị N-NH<sub>3</sub> được tìm thấy trong nghiên cứu này thấp hơn giá trị khuyến nghị được chấp

nhận (100–200 mg/100 g) đối với nhiều loại sản phẩm muối và khô (Connell, 1990). Majumdar and Basu (2010) tìm thấy hàm lượng N-NH<sub>3</sub> là 48 mg% trong cá chấy (*Tenualosa ilisha*) muối khô. Iyer et al. (1986) đã báo cáo rằng cá được bán ở thị trường bán lẻ chứa N-NH<sub>3</sub> cao tới 98 mg%. Mức độ của hợp chất amoniac và trimethylamine được sản xuất bởi vi khuẩn và các enzym nội sinh được sử dụng như một chất chỉ thị sự hư hỏng đối với cá và các sản phẩm từ cá (Gram et al., 2002). Ở một mức độ nào đó, các hợp chất này được xem là hương vị và mùi thơm đặc trưng của sản phẩm cuối cùng (Majumdar & Basu, 2010).



Hình 6. Hàm lượng N-NH<sub>3</sub> trong sản phẩm khô cá lóc tăng theo thời gian bảo quản ở 3 điều kiện nhiệt độ khác nhau

#### 4. KẾT LUẬN

Sự oxy hóa lipid và protein của cá lóc sấy khô bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ bảo quản. Sự oxy hóa xảy ra nhanh khi bảo quản ở nhiệt độ phòng (28÷30°C) và quá trình oxy hóa bị hạn chế khi bảo quản ở nhiệt độ

thấp. Sau 12 tuần bảo quản ở nhiệt độ phòng (28÷30°C), 32 tuần bảo quản ở nhiệt độ lạnh (0÷4°C) và 48 tuần trữ đông (-18÷-20°C) thì sự thay đổi của chỉ số peroxide, TBARS, nhóm sulfhydryl vẫn giữ được chất lượng lipid và protein.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ariyaratna, S. (2011). *Comparative Study of Salting Procedures for salted dried herring (Clupea harengus)*. Doctoral thesis. UNU-Fisheries Training programme. United Nations University: 1-25. <https://www.researchgate.net/publication/276120546>.
- Baylan, M. (2015). Changes of electrophoretic protein profiles of smoked and marinated rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) during refrigerated storage. *Tarim Bilimleri Dergisi*, 21(2), 262–269. doi: 10.1501/Tarimbil\_0000001328.
- Bich, T. H., Tri, D. Q., Yi-Ching, C., & Khoa, H. D. V. (2020). Productivity and economic viability of snakehead *Channa striata* culture using an aquaponics approach. *Aquacultural Engineering*, 89, 102057. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2020.102057>.
- Connell, J. J. (1990). Methods of Assessing and Selecting for Quality. *Control of Fish Quality*, 3rd Edition, Fishing News Books, Oxford, 240 pp.
- Cyprian, O. O., Minh, N. V., Sveinsdottir, K., Jonsson, A., Thorkelsson, G., & Arason, S. (2016). Influence of lipid content and blanching on capelin (*Mallotus villosus*) drying rate and lipid oxidation under low temperature drying. *Food Process Engineering*, 39(3), 237–246. doi: 10.1111/jfpe.12215.
- Cyprian, O. O., Minh, N. V., Sveinsdottir, K., Jonsson, A., Tomasson, T., Thorkelsson, G., & Arason, S. (2015). Influence of smoking and packaging methods on lipid stability and microbial quality of Capelin (*Mallotus villosus*)

- and Sardine (*Sardinella gibbossa*). *Food Science and Nutrition*, 3(5), 404–414. doi: 10.1002/fsn3.233.
- Cyprian, O. O., Sveinsdottir, K., Minh, N. V., Tomasson, T., Thorkelsson, G., & Arason, S. (2017). Influence of lipid content and packaging methods on the quality of dried capelin (*Mallotus villosus*) during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 54(2), 293–302. doi: 10.1007/s13197-016-2462-y.
- Davies, K. J. A., Lin, S. W., & Pacifici, R. E. (1987). Protein damage degradation by oxygen radicals: IV. Degradation of denatured protein. *Journal of Biological Chemistry*, 262(20), 9914–9920. [https://www.jbc.org/article/S00219258\(18\)48018-0/pdf](https://www.jbc.org/article/S00219258(18)48018-0/pdf).
- Doe, P. E. (2002). Fish drying. Bremner, H. A. (Editor), Safety and quality issues in fish processing. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*: 350-359. doi: 10.1533/9781855736788.2.350.
- Duy, N. X., & Tuấn, N. A. (2013). Sàng lọc thực vật có hoạt tính chống oxy hóa và áp dụng trong chế biến thủy sản. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 28, 59-68.
- Ellman, G. D. (1959). Tissue sulfhydryl groups. *Arch Biochem and Biophys*, 82(1), 70-77. doi: 10.1016/0003-9861(59)90090-6
- Estévez, M., Kylli, P., Puolanne, E., Kivikari, R., & Heinonen, M. (2008). Oxidation of skeletal muscle myofibrillar proteins in oil-in-water emulsions: interaction with lipids and effect of selected phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(22), 10933–10940. doi: 10.1021/jf801784h.
- Emadian, Y., Shabanpour, B., Mahoonak, A. S., & Shabani, A. (2012). Combination effect of phosphate and vacuum packaging on quality parameters of Rutilus frisii kutum fillets in ice. *Food Research International*, 45(1), 9–16. doi: 10.1016/j.foodres.2011.09.026.
- Eyo, A. A. (2001). Fish Processing Technology in The Tropics. National Institute for Freshwater Fisheries Research. University of Ilorin Press, 66-70.
- Fernandez, J., Perez-Alvarez, J. A., & Fernandez-Lopez, J. A. (1997). Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry*, 59(3), 345–353. doi: 10.1016/S0308-8146(96)00114-8.
- Gram, L., Ravn, L., Rasch, M., Bruhn, J. B., Christensen, A. B., & Givskov, M. (2002). Food spoilage - interactions between food spoilage bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 78(1-2), 79-97. doi: 10.1016/S0168-1605(02) 00233-7
- Iyer, T. G., Damle, S. P., Garg, D. K., Narayanan Nambiar, V., & Vasu, N. M. (1986). Quality of fish in retail markets of Bombay. *Fishery Technology*, 23(1), 78-83. <http://hdl.handle.net/1834/33903>.
- Karlsdottir, M. G., Sveinsdottir, K., Kristinsson, H. G., Villot, D., Craft, B. D., & Arason, S. (2014). Effect of thermal treatment and frozen storage on lipid decomposition of light and dark muscles of saithe (*Pollachius virens*). *Food Chemistry*, 164, 476–484. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.05.068.
- Kolakowska, A. (2002). Lipid oxidation in food systems. Sikorski, Z. E., & Kolakowska, A. (Editors). *Chemical and Functional Properties of Food Lipids*, FL, USA, CRC Press, 221-264.
- Lemon, D. W. (1975). An improved TBA test for rancidity. *New Series Circular*, 51, 52-55. <https://waves-vagues.dfo-mpo.gc.ca/Library/15127.pdf>.
- Long, T. B., Nguyen, V. M., & Tran, T. T. (2020). The effect of additives supplementation on the limitation of lipid and protein oxidation in dried snakehead fish (*Channa striata*). *Food research*, 4(6), 2265-2271. doi: 10.26656/fr.2017.4(6).440.
- Long, T. B., Truc, T. T., & Muoi, N. V. (2017). Characteristics and Rigor Mortis Changes of Snakehead Fish (*Channa striata*) Cultivated in the Mekong Delta. *Food Science and Technology: integration for ASEAN Economic Community Sustainable Development. Proceedings of the 15th ASEAN Conference on Food Science and Technology*, 3, 399-404.
- Long, T. B., Trú, T. T., & Mùoi, N. V. (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, 301-310. doi: 10.22144/ctu.jsci.2019.074.
- Majumdar, R. K., & Basu, S. (2010). Characterization of the traditional fermented fish product Lona ilish of Northeast India. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 9(3), 453-458.
- Michael C. Q., & Oscar A. P. (2003). Fat Characterization. In: S. Suzanne Nielsen (Editor). *Food Analysis Laboratory Manual. Springer* (pp.171). USA.
- Michael C. Q., & Oscar, A. P. (2003). Fat Characterization. In: S. Suzanne Nielsen (Editor). *Food Analysis Laboratory Manual. Food Science Texts Series. Springer, Boston, MA*, 171 pp. doi: 10.1007/978-1-4419-1463-7\_13
- Morzel, M., Gatellier, P., Sayd, T., Renerre, M., & Laville, E. (2006). Chemical oxidation decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle myofibrillar proteins. *Meat Science*, 73(3), 536–543. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.02.005.
- Muoi, N. V., Trú, T. T., Hùng, L. M., Long, T. B., & Hòa, Đ. T. (2016). Hoàn thiện quy trình chế biến và bảo quản sản phẩm khô cá lóc và khô cá

- sắc rắn đạt tiêu chuẩn an toàn vệ sinh thực phẩm. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu khoa học cấp tỉnh, Đồng Tháp, 189 trang.
- Mười, N. V., Trúc, T. T., Long, T. B., Hiền, T. T., & Tâm, H. N. (2016). Hoàn thiện công nghệ chế biến sản phẩm từ cá lóc (chà cá, chà bông cá và khô cá và thử nghiệm quy mô sản xuất doanh nghiệp vừa và nhỏ. Báo cáo tổng kết đề tài nghiên cứu cấp tỉnh, Trà Vinh, 386 trang.
- Nguyen, V. M., Thorarindottir, K. A., Gudmundsdottir, A., Thorkelsson, G., & 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. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.09.109.
- Nhó, C. V. (2017). *Đánh giá hiện trạng kỹ thuật và tài chính của các mô hình nuôi cá lóc đen Channa striata ở Đồng bằng sông Cửu Long* (luận văn thạc sĩ ngành Nuôi trồng thủy sản). Trường Đại học Cần Thơ.
- Park, D., Xiong, Y. L., & Alderton, A. L. (2007). Concentration effects of hydroxyl radical oxidizing systems on biochemical properties of porcine muscle myofibrillar protein. *Food chemistry*, 101(3), 1239–1246. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.03.028.
- Refsgaard, H. H., Tsai, L., & Stadtman, E. R. (2000). Modification of proteins by polyunsaturated fatty acid peroxidation products. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(2), 611–616. DOI: 10.1073/pnas.97.2.611.
- Rodríguez, A., Trigo, M., Pérez, R., Cruz, J. M., Paseiro, P., & Aubourg, S. P. (2009). Lipid Oxidation Inhibition in Frozen Farmed Salmon (*Oncorhynchus kisutch*): Effect of Packaging. *Czech Journal Food Science*, 27(1), S182-S184. doi: 10.17221/1084-CJFS.
- Saputra, A., Syamsunarno, M. B., & Sunarno, M. T. D. (2021). Development of seed mass production of snakehead (*Channa striata*) in Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 715(1), 012060. doi: 10.1088/1755-1315/715/1/012060.
- Sinh, L. X., & Chung, Đ. M. (2009). Khảo sát các mô hình nuôi cá lóc (*Chana micropeltes* và *Chana striatus*) ở Đồng bằng sông Cửu Long. Kỷ yếu Hội nghị khoa học Thủy sản toàn quốc. Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh, 436–447.
- Sullivan, J. C., & Budge, S. M. (2012). Fish oil sensory properties can be predicted using key oxidative volatiles. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(5), 496–503. doi: 10.1002/ejlt.201100330
- Szymczak, M. (2011). Comparison of physicochemical and sensory changes in fresh and frozen herring (*Clupea harengus* L.) during marinating. *Journal of Science Food Agriculture*, 91(1), 68–74. doi: 10.1002/jsfa.4149.
- TCVN 3706:1990. Tiêu chuẩn Việt Nam về thủy sản - Phương pháp xác định hàm lượng nito ammoniac. <https://vanbanphapluat.co/tcvn-3706-1990-thuy-san-phuong-phap-xac-dinh-ham-luong-nito-amoniac>.
- Tsironi, T. N., & Taoukis, P. S. (2018). Current practice and innovations in fish packaging. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 27, 1024–1047. doi: 10.1080/10498850.2018.1532479.
- Tsironi, T., Anjos, L., Pinto, P. I. S., Dimopoulos, G., Santos, S., & Santa, C. (2019). High pressure processing of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets and tools for flesh quality and shelf-life monitoring. *Journal of Food Engineering*, 262, 83–91. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2019.05.010.
- Uçak, I., Özogul, Y., & Durmus, 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*, 46(6), 1157–1163. doi: 10.1111/j.1365-2621.2011.02610.x.
- Uchida, K., Ohmori, D., Yamakura, F., & Suzuki, K. (1992). Mosquito (*Culex pipiens pallens*) egg development induced by infusion of amino acids into the hemocoel. *Jounl Insect Physiol*, 38(12), 953–959. doi: 10.1016/0022-1910(92)90003-V.
- Underland, I., Hall, G., & Lingnert, H. (1999). Lipid oxidation in fillets of herring (*Clupea harengus*) during ice storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(2), 524–532. doi: 10.1021/jf9807871.
- Vuorela, S., Salminen, H., Makela, M., Kivikari, R., Karonen, M., & Heinonen, M. (2005). Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53(22), 8492–8497. doi: 10.1021/jf050995a.
- Xiong, H., Zeng, Y. C., Lewis, T., Zheng, J., Persidsky, Y., & Gendelman, H. E. (2000). HIV-1 infected mononuclear phagocyte secretory products affect neuronal physiology leading to cellular demise: relevance for HIV-1-associated dementia. *Journal of Neurovirol*, 6(1), S14–S23. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10871761/>.
- Zhang, J., Li, M., Zhang, G., Tian, Y., Kong, F., Xiong, S., Zhao, S., Jia, D., Manyande, A., & Du, H. (2021). Identification of novel antioxidant peptides from snakehead (*Channa argus*) soup generated during gastrointestinal digestion and insights into the anti-oxidation mechanisms. *Food Chemistry*, 337, 127921. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127921