

## ẢNH HƯỞNG CỦA DỊCH CHIẾT LÁ CHANH (*Citrus aurantiifolia*) VÀ MÀNG BAO ALGINATE ĐẾN CHẤT LƯỢNG CỦA CÁ LÓC (*Channa striata*) PHI LÊ TRONG ĐIỀU KIỆN BẢO QUẢN LẠNH

Trần Minh Phú, Trần Các Toàn

Khoa Thủy Sản, Trường Đại Học Cần Thơ

\*Tác giả liên hệ: tmphu@ctu.edu.vn

Nhận bài: 24/05/2021 Hoàn thành phản biện: 10/08/2021 Chấp nhận bài: 25/08/2021

### TÓM TẮT

Đề tài được thực hiện nhằm mục đích khảo sát (i) khảo sát hoạt tính chống oxy hóa của dịch chiết lá chanh bằng hai phương pháp chiết khác nhau và (ii) ảnh hưởng của dịch chiết lá chanh (133  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) và màng bao alginate (0,5%) đến chất lượng cá lóc phi lê trong điều kiện bảo quản lạnh thông qua các chỉ tiêu tổng số vi sinh vật hiếu khí, giá trị cảm quan, và các chỉ tiêu hóa lý. Kết quả nghiên cứu cho thấy dịch chiết lá chanh được chiết bằng nước ở 100°C có hoạt tính chống oxy hóa tốt hơn so với chiết bằng dung môi ethanol 96% ở nhiệt độ thường. Khả năng khử gốc tự do 2,2 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) của dịch chiết lá chanh được chiết bằng nước ở 100°C ( $\text{IC}_{50} = 133 \mu\text{g}/\text{mL}$ ) cao hơn so với dịch chiết bằng dung môi ethanol 96% ( $\text{IC}_{50} = 360 \mu\text{g}/\text{mL}$ ). Xử lý phi lê cá lóc với dịch chiết lá chanh kết hợp với màng alginate trước khi bảo quản lạnh đã làm chậm đi quá trình oxy hóa sơ cấp của phi lê cá, cải thiện được giá trị cảm quan của sản phẩm và ức chế tổng số vi sinh vật hiếu khí trong điều kiện bảo quản lạnh. Sản phẩm có thể bảo quản lạnh đến 12 ngày khi xử lý dịch chiết lá chanh và màng bao alginate trước khi bảo quản mà không ảnh hưởng đến an toàn vệ sinh thực phẩm.

**Từ khóa:** Alginate, Bảo quản lạnh, Cá lóc, Dịch chiết, Lá chanh

## THE EFFECT OF LIME LEAVES EXTRACTS COMBINED WITH ALGINATE FILM ON THE QUALITY OF SNAKEHEAD FILLET UNDER COLD STORAGE

Tran Minh Phu, Tran Cac Toan

College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University

### ABSTRACT

The aim of this study was to investigate the antioxidant activity of lime leaf crude extract through two different extraction methods and (ii) the effect of lime leaf crude extract (133  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ) and alginate film (soaking in 0.5% solution) on the quality of snakehead fillets under cold storage conditions storage through the change of total aerobic bacteria, sensory properties and physical and chemical parameters. The results showed that the extract obtained from water at 100°C had higher 2,2 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging ( $\text{IC}_{50} = 133 \mu\text{g}/\text{mL}$ ), compared to that extracted by ethanol 96% ( $\text{IC}_{50} = 360 \mu\text{g}/\text{mL}$ ). Treatment of snakehead fish fillets with lime leaves extract combined with alginate membranes before refrigeration slowed the primary oxidation of the fish fillets, improved the sensory value of the product and inhibited total number of total aerobic bacteria in cold storage conditions. Products can be refrigerated up to 12 days when handling lime leaves extracts and alginate membranes before storage without affecting food safety and hygiene.

**Keywords:** Alginate, Cold storage, Lime leaf crude extract, Snakehead

## 1. MỞ ĐẦU

Nuôi trồng thủy sản Việt Nam đang trên đà phát triển, sản lượng nuôi và giá trị xuất khẩu chủ yếu đóng góp chính bởi cá tra và tôm. Năm 2020, sản lượng nuôi cá tra đạt 1,56 triệu tấn (Tổng cục Thủy sản, 2021). Bên cạnh đó, các loài cá khác như cá lóc (*Channa striata*) chủ yếu được nuôi để cung cấp cho thị trường nội địa với sản lượng ước tính khoảng 40.000 tấn. Sản lượng nuôi cá lóc ở nước ta đang ngày càng tăng với nhiều hình thức nuôi: nuôi lồng bè, nuôi trong ao đất, nuôi trong bể lót bạt... ở nhiều tỉnh Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) như Đồng Tháp, Vĩnh Long, Trà Vinh, An Giang... (Huỳnh Văn Hiền và cs., 2011).

Thị hiếu của người tiêu dùng Việt Nam chủ yếu là sử dụng các sản phẩm tươi sống, tuy nhiên do nhu cầu của cuộc sống ngày càng hiện đại, việc sử dụng các sản phẩm bảo quản lạnh đồng thời bổ sung các chất có hoạt tính chống oxy hóa tự nhiên vào thực phẩm ngày càng được quan tâm. Các nghiên cứu sử dụng các hợp chất có nguồn gốc từ thực vật để bảo quản thực phẩm đã và đang được quan tâm. Nguyễn Xuân Duy và Nguyễn Anh Tuấn (2003) đã sử dụng dịch chiết của hơn 15 thực vật có chứa hàm lượng tinh dầu cao có khả năng chống oxy hóa như: ôi, tràu không, tía tô, rau răm, diếp cá, sả, hoa sữa,... để ngăn chặn sự biến đen ở tôm và oxy hóa chất béo trong cơ thịt cá thu. Fan và cs. (2008) đã sử dụng dịch chiết trà xanh để kéo dài thời gian bảo quản lạnh cho cá chép. Nghiên cứu kết hợp màng bao chitosan và dịch chiết lá chanh (*Citrus aurantiifolia*) để bảo quản lạnh chả cá thác lác cũng đã được thực hiện (Lê Thị Minh Thủy và Trương Thị Mộng Thu, 2019). Mặt khác, alginate đang ngày càng được quan tâm nghiên cứu và ứng dụng trong bảo quản do có đặc tính tạo keo độc đáo và có khả năng tạo gel hoặc polyme không hòa tan khi phản ứng với các cation kim loại đa hóa trị

(Rhim, 2004). Lớp phủ alginate làm giảm sự mất nước, hạn chế sự oxy hóa (Baldwin, 2007). Một số nghiên cứu sử dụng màng alginate bảo quản thực phẩm được thực hiện. Nghiên cứu ảnh hưởng của màng alginate natri kết hợp với polyphenol trà xanh lên chất lượng của cá vượt Nhật Bản phi lê (Nie và cs., 2018) cho thấy cá phi lê có chất lượng cảm quan tốt hơn, hạn chế sự oxy hóa chất béo và thời gian bảo quản lâu hơn khi kết hợp màng bao alginate và polyphenol trà xanh trong bảo quản lạnh. Nghiên cứu sự ảnh hưởng của quế và nisin trong màng bao alginate - calcium duy trì chất lượng tươi của cá lóc phi lê (Lu và cs., 2010). Tuy nhiên vẫn chưa có nhiều nghiên cứu trong sử dụng dịch chiết lá chanh kết hợp màng bao alginate trong bảo quản lạnh cá lóc phi lê nên đề tài được thực hiện nhằm đánh giá khả năng ứng dụng dịch chiết lá chanh kết hợp màng bao alginate lên giá trị cảm quan, yếu tố vi sinh vật và các yếu tố hóa lý của cá lóc phi lê trong điều kiện bảo quản lạnh.

## 2. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Vật liệu nghiên cứu

Cá lóc (400 - 500 g) được mua tại Thành phố Cần Thơ. Cá lóc sau khi được cắt tiết được cho vào thùng nước sạch để xả tiết cho chết hẳn, cá được làm sạch vảy và phi lê còn da. Lá chanh thuộc giống chanh ta (*Citrus aurantiifolia*) được thu mua tại Tp. Cần Thơ. Sau đó, nguyên liệu được chiết tách thu được cao chiết bảo quản ở -20°C. Dịch chiết pha trong 1 lít nước là  $m_{\text{dịch chiết}} = 0,133$  (g/L). Alginate dạng bột được pha với nước nóng và khuấy đều cho tan hết  $m_{\text{alginate}} = 5$  (g/L). Nghiên cứu được thực hiện tại Bộ môn Chế biến Thủy sản, Khoa Thủy sản, Trường Đại học Cần Thơ.

## 2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. *Thí nghiệm 1: Đánh giá hoạt tính chống oxy hóa của dịch chiết lá chanh bằng nấu chiết trong nước nóng và ngâm trong ethanol 96%*

**Bố trí thí nghiệm:** Thí nghiệm được bố trí một nhân tố là phương thức chiết tách.

Đối với mẫu chiết bằng nước nóng ở 100°C, cân 100 g bột lá chanh nấu trong 1.000 mL nước cất đun sôi với thời gian chiết là 3 giờ. Mẫu chiết bằng ethanol 96%, cân 100 g bột lá chanh, ngâm trong 500 mL dung dịch ethanol 96% với thời gian là 48 giờ ở nhiệt độ phòng (Huỳnh Trường Giang và cs., 2012).

Mẫu sau khi được chiết tách được đánh giá hoạt tính chống oxy hóa thông qua khả năng khử gốc tự do DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl-hydrate) (Thiangthum và cs., 2012), đồng thời xác định giá trị IC<sub>50</sub> (khả năng ức chế 50% gốc tự do) và phân tích tổng hàm lượng phenolic đối với cao chiết theo phương pháp của Singleton và Rossi (1965).

2.2.2. *Thí nghiệm 2: Khảo sát khả năng chống oxy hóa của dịch chiết lá chanh ngâm cá lọc phi lê bảo quản lạnh*

**Bố trí thí nghiệm:** 90 miếng cá lọc phi lê (100 - 200 g/miếng) được phân bố hoàn toàn ngẫu nhiên vào 3 nghiệm thức. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần. Tổng số lô thí nghiệm là 9.

**Nghiệm thức 1:** mẫu đối chứng gồm 30 miếng cá phi lê được ngâm qua nước lạnh  $\leq 4^{\circ}\text{C}$  trong 30 phút sau đó để ráo 5 phút, cho từng miếng cá vào túi PE (1 túi chứa 6 miếng cá), hàn miệng túi và bảo quản trong điều kiện nước đá với tỷ lệ nước đá: cá là 1:1. Các túi được đặt trong thùng xốp (80 cm x 50 cm x 50 cm), nước đá được ướp theo nguyên tắc 1 lớp đá và lớp cá, lớp dưới cùng và lớp trên cùng là nước đá và

phải dày hơn các lớp khác. Mỗi ngày xả nước và thêm đá.

**Nghiệm thức 2:** gồm 30 miếng cá phi lê được ngâm trong dịch chiết lá chanh với nồng độ IC<sub>50</sub> trong 30 phút ở điều kiện nhiệt độ  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ . Sau đó vớt ra để ráo 5 phút, tiến hành thực hiện các thao tác bảo quản tương tự như nghiệm thức 1.

**Nghiệm thức 3:** gồm 30 miếng cá phi lê được ngâm trong dịch chiết lá chanh với nồng độ IC<sub>50</sub> trong 30 phút trong điều kiện nhiệt độ  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ , sau đó, cá được nhúng qua màng bao alginate 0,5% trong 5 phút, vớt ra để ráo 5 phút. Thực hiện các thao tác bảo quản tương tự như nghiệm thức 1.

Trong mỗi đợt thu mẫu, thu một túi 6 miếng cá phi lê/nghiệm thức. Lấy 3 miếng cá tiến hành đo nhiệt độ, thu mẫu vi sinh, đánh giá cảm quan tươi và hấp. Ba miếng cá còn lại sau khi đo cấu trúc, đo màu được xay nhuyễn để kiểm tra lần lượt các chỉ tiêu: pH, khả năng giữ nước (WHC), chỉ số Peroxide value (PV), và ẩm độ. Mẫu được thu vào các ngày 1, 3, 6, 9, 12. Thu mẫu và phân tích mẫu được thực hiện như nhau ở các lần thu mẫu.

## 2.3. Phương pháp phân tích

### Nhiệt độ

Vào các ngày thu mẫu, đo nhiệt độ tâm sản phẩm được bằng nhiệt kế (Ebro, Đức), thực hiện đo trên 3 miếng cá ở mỗi nghiệm thức trước khi lấy ra khỏi tủ mát.

### pH

pH của mẫu cá được đo theo phương pháp mô tả bởi Hultmann và cs. (2012).

### Xác định độ đàn hồi

Mẫu đo độ đàn hồi được chuẩn bị cùng một vị trí cho tất cả các miếng cá, đo phần tâm sản phẩm bằng máy đo cấu trúc TA.Xtplus Texture Analyser (Stable Micro Systems, YL, UK).

**Khả năng giữ nước (WHC)**

Khối lượng nước mất đi trong quá trình ly tâm phản ánh khả năng giữ nước của sản phẩm (Ofstad và cs., 1993).

**Ấm độ**

Cân 2 g mẫu đem đi sấy ở tủ sấy 60°C trong 2 ngày, sau đó chuyển qua tủ sấy 105°C trong 2 ngày rồi đem cân lại. Tính khối lượng ẩm (AOAC, 2016).

**Peroxide value**

Phân tích chỉ số peroxide value (PV) được thực hiện bằng phương pháp của International IDF Standards (1991).

**Tổng vi sinh vật hiếu khí**

Tổng số vi sinh vật hiếu khí được xác định theo phương pháp đồ đĩa (Bộ Y Tế, 2012).

**Màu sắc**

Mẫu cá được đo các thông số màu tại một vị trí cố định ở giữa miếng cá, cách 10 cm tính từ vị trí đầu cá, sử dụng máy đo màu Spectrophotometer (C160) theo hướng dẫn của Huynh và cs. (2022).

**Đánh giá cảm quan**

Thực hiện đánh giá cảm quan qua hai phương pháp: phương pháp chỉ số chất lượng - QIM (Quality Index Method) áp dụng cho đánh giá mẫu tươi và phương

pháp Meilgaard và cs. (1999) được dùng để đánh giá cảm quan mẫu hấp.

**Hoạt tính khử gốc tự do 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)**

Phương pháp xác định gốc tự do với khả năng khử gốc tự do DPPH (Thiangthum và cs., 2012).

**Tổng hàm lượng hợp chất phenolic**

Xác định tổng hàm lượng hợp chất phenolics theo phương pháp của Singleton và Rossi (1965).

**2.4. Xử lý số liệu**

Các số liệu của thí nghiệm được tính giá trị trung bình (TB) và độ lệch chuẩn (ĐLC) bằng phần mềm Microsoft Excel 2013. Sự khác biệt trung bình của các chỉ tiêu phân tích ở các lần thu mẫu được xử lý bằng oneway ANOVA ở mức ý nghĩa 95% (p < 0,05) và phép thử Duncan, sử dụng chương trình SPSS 16.0.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Hoạt tính chống oxy hóa và tổng hàm lượng hợp chất phenolic của dịch chiết lá chanh bằng các phương pháp chiết khác nhau**

Hoạt tính khử gốc tự do DPPH và tổng hàm lượng phenolic của dịch chiết lá chanh chiết bằng nước ở 100°C và ethanol 96% ở nhiệt độ phòng được trình bày ở Bảng 1.

**Bảng 1.** Hoạt tính khử gốc tự do DPPH và tổng hàm lượng phenolic của dịch chiết lá chanh bằng nước ở 100°C và ethanol 96% ở nhiệt độ thường

Dung môi	IC50 (µg/mL)	Nồng độ gallic acid tương đương (GAE)(mg/100mg cao chiết)	Hiệu suất thu hồi
Nước nóng	133 ± 12,02 <sup>a</sup>	3,70 ± 0,08 <sup>b</sup>	30,2 ± 0,25 <sup>b</sup>
Ethanol 96%	360 ± 36,77 <sup>b</sup>	1,83 ± 0,16 <sup>a</sup>	17,8 ± 0,21 <sup>a</sup>

<sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình theo cột có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê (p > 0,05) Trung bình ± Độ lệch chuẩn, n=3.

Kết quả Bảng 1 cho thấy khi chiết tách lá chanh bằng nước ở 100°C thì dịch chiết thu được cho hoạt tính khử gốc tự do DPPH (giá trị IC<sub>50</sub> là 133 ± 12,02 µg/mL) là cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với chiết bằng dung môi ethanol 96% (giá trị IC<sub>50</sub> là 360 ± 36,77 µg/mL) (p < 0,05). Sự khác biệt này có thể là do sự phân cực của dung môi chiết tách và nhiệt độ chiết tách. Ghasemzadeh và cs. (2015) đã ly trích cám gạo Hashemi bằng ethanol, giá trị IC<sub>50</sub> = 169.86 µg/mL cho thấy ethanol là dung môi tối ưu nhưng so với kết quả của nghiên cứu này trên lá chanh thì chiết tách bằng nước nóng lại tốt hơn. Điều đó chứng tỏ dung môi ethanol 96% không hòa tan được một số hợp chất chống oxy hóa có trong lá chanh. So sánh với một số loài thực vật đã được nghiên cứu thì cao chiết lá chanh từ nước nóng có khả năng ức chế 50% gốc tự do tốt hơn so với nghiên cứu cây rau mùi của Wangenstein và cs. (2004) với giá trị IC<sub>50</sub> là 147 µg/mL và lá dâu đen Ba Lan với giá trị IC<sub>50</sub> là 186 µg/mL (Gawron-Gzella, 2012). Trong khi đó, giá trị IC<sub>50</sub> của cao chiết lá chanh trong nghiên cứu này thấp hơn so với nghiên cứu cây tía tô đất (IC<sub>50</sub> = 48,76 µg/mL) (Kamdem và cs., 2013).

Hàm lượng phenolic trong cao chiết lá chanh bằng nước nóng (3,70 ± 0,08 mg GAE/g dịch chiết cao) và hiệu suất thu hồi cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với chiết bằng ethanol 96% ở nhiệt độ thường (1,83 ± 0,16 mg GAE/g dịch chiết) (p > 0,05). Tuy nhiên hàm lượng phenolic của cao chiết lá chanh chiết bằng nước nóng trong nghiên cứu này lại thấp hơn so

với nghiên cứu của Do và cs. (2014) trên cây ngò om (6,25 ± 0,24 mg GAE/g dịch chiết). Hàm lượng phenolic của cao chiết lá và thân rễ cây cỏ tranh đạt 86,9 mg galic acid/g cao chiết (Võ Thị Kiều Ngân và cs., 2017). Từ đó, cho thấy hàm lượng tổng phenolic trong cao chiết phụ thuộc vào loại dung môi chiết tách, cụ thể là độ phân cực của dung môi dùng để chiết. Độ hòa tan của phenolic trong dung môi phân cực cung cấp nồng độ cao các chất này trong các cao chiết được chiết xuất, thường sử dụng dung môi phân cực để tách (Mohsen và Ammar, 2008). Tóm lại, dịch chiết lá chanh được chiết từ nước ở 100°C có khả năng chống oxy hóa, tổng hàm lượng phenolic và hiệu suất thu hồi cao.

### 3.2. Ảnh hưởng của dịch chiết lá chanh lên chất lượng của cá lóc phi lê trong quá trình bảo quản lạnh

Thành phần hoá học của phi lê cá lóc sử dụng trong thí nghiệm có độ ẩm cao (78,9%), hàm lượng protein khá cao (18,2%), hàm lượng lipid và khoáng tương đối thấp (1,79 và 0,96%)

#### 3.2.1. Sự thay đổi nhiệt độ

Kết quả đo nhiệt độ tâm miếng cá trong quá trình bảo quản cho thấy nhiệt độ của phi lê cá lóc trong thời gian bảo quản được duy trì dưới 4°C (từ 1,3 đến 3,2°C).

#### 3.2.2. Sự thay đổi pH

Kết quả đo pH được ghi nhận trong suốt thời gian bảo quản cho thấy giá trị pH khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa 3 nghiệm thức, dao động trong khoảng từ 6,39 - 6,61 ở các lần thu mẫu (Bảng 2).

**Bảng 2.** Giá trị pH của cá lóc phi lê trong quá trình bảo quản lạnh (Trung bình ± Độ lệch tiêu chuẩn)

Ngày	1	3	6	9	12
NT1	6,39 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,43 ± 0,10 <sup>a</sup>	6,51 ± 0,14 <sup>a</sup>	6,53 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,54 ± 0,10 <sup>a</sup>
NT2	6,48 ± 0,16 <sup>a</sup>	6,52 ± 0,11 <sup>a</sup>	6,48 ± 0,13 <sup>a</sup>	6,59 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,61 ± 0,12 <sup>a</sup>
NT3	6,44 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,47 ± 0,08 <sup>a</sup>	6,49 ± 0,06 <sup>a</sup>	6,54 ± 0,08 <sup>a</sup>	6,52 ± 0,03 <sup>a</sup>

NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL kết hợp màng bao alginate 0,5%; <sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình theo cột có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê (p > 0,05).

Sự thay đổi pH trong cơ thịt cá trong quá trình bảo quản chủ yếu là do sự phân hủy ATP và glycogen giải phóng tạo ra H<sup>+</sup>. Thêm vào đó, sau một thời gian bảo quản thì có sự phân hủy của axit amin và các hợp chất hữu cơ tạo thành NH<sub>3</sub> làm thay đổi pH của cơ thịt cá (Hultmann và cs., 2012). Kết quả nghiên cứu cũng tương đồng với nghiên cứu của Trần Minh Phú và cs. (2020) khi bảo quản lạnh cá lóc có giá trị pH nhỏ hơn 7 trong suốt thời gian bảo quản.

3.2.3. Khả năng giữ nước

Khả năng giữ nước (WHC) của phi lê cá được trình bày ở Bảng 3. Giá trị WHC có xu hướng tăng trong thời gian bảo quản và dao động trong khoảng 85,5% đến 94,4%.

**Bảng 3.** Sự thay đổi khả năng giữ nước (%) của phi lê cá lóc theo thời gian bảo quản do tác động của dịch chiết lá chanh (Trung bình ± Độ lệch tiêu chuẩn)

Ngày	1	3	6	9	12
NT1	85,5 ± 1,64 <sup>a</sup>	87 ± 1,85 <sup>a</sup>	89,9 ± 1,53 <sup>a</sup>	84,8 ± 1,57 <sup>a</sup>	91,9 ± 2,30 <sup>a</sup>
NT2	87,9 ± 1,12 <sup>a</sup>	90 ± 1,25 <sup>b</sup>	88,3 ± 3,93 <sup>a</sup>	88,5 ± 0,55 <sup>ab</sup>	90,6 ± 0,95 <sup>a</sup>
NT3	90,4 ± 5,26 <sup>a</sup>	94,7 ± 2,09 <sup>b</sup>	88,4 ± 1,37 <sup>a</sup>	91,8 ± 3,05 <sup>b</sup>	94,4 ± 0,81 <sup>a</sup>

NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL kết hợp màng bao alginate 0,5%; <sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình theo cột có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê (p > 0,05)

3.2.4. Ẩm độ

Nguyên nhân khả năng giữ nước tăng dần là do mẫu cá bị mất nước trong thời gian bảo quản, cấu trúc mẫu cá mềm đi. WHC của cơ thịt cá ở nghiệm thức phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL (NT2) và phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL kết hợp màng bao alginate 0,5% (NT3) cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng sau 3 ngày bảo quản (p < 0,05). Sau 9 ngày bảo quản, phi lê cá ở NT3 có khả năng giữ nước cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với NT1 (p < 0,05). Sự thay đổi khả năng giữ nước có thể do hoạt động của enzyme nội tại, liên kết của cơ thịt cá giảm và sự phân giải protein (Olsson và cs., 2003).

Ẩm độ của phi lê cá lóc trong thí nghiệm được thể hiện ở Bảng 4.

**Bảng 4.** Sự thay đổi của ẩm độ (%) của phi lê cá lóc theo thời gian bảo quản do tác động của dịch chiết lá chanh (Trung bình ± Độ lệch tiêu chuẩn)

Ngày	1	3	6	9	12
NT1	77,5 ± 0,29 <sup>a</sup>	78,3 ± 0,34 <sup>a</sup>	78,8 ± 1,54 <sup>a</sup>	79 ± 0,21 <sup>a</sup>	78,9 ± 0,23 <sup>a</sup>
NT2	78,9 ± 1,14 <sup>a</sup>	79,4 ± 0,32 <sup>a</sup>	79,4 ± 0,41 <sup>a</sup>	80,2 ± 0,26 <sup>a</sup>	79,5 ± 0,09 <sup>a</sup>
NT3	77,9 ± 0,97 <sup>a</sup>	78,9 ± 0,94 <sup>a</sup>	78,2 ± 0,25 <sup>a</sup>	78,7 ± 1,27 <sup>a</sup>	78,2 ± 1,44 <sup>a</sup>

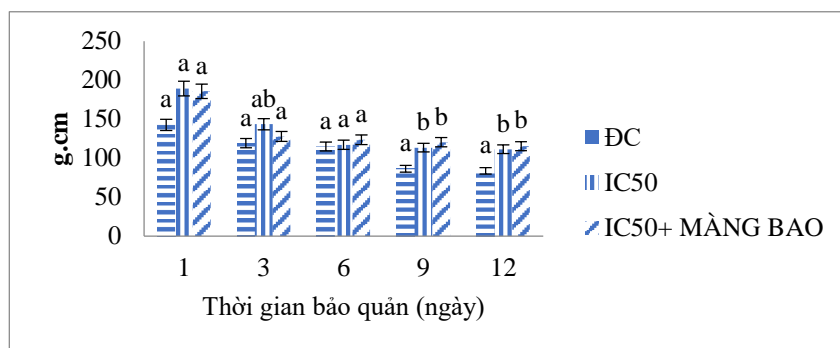
NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133 µg/mL kết hợp màng bao alginate 0,5%; <sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình theo cột có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê (p > 0,05)

Kết quả cho thấy ẩm độ của phi lê cá ở cả 3 nghiệm thức có xu hướng tăng lên sau đó giảm nhẹ trong thời gian bảo quản, giá trị ẩm độ khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở các lần thu mẫu (p > 0,05). Vì vậy, việc sử dụng dịch chiết lá chanh ngâm phi lê cá trước khi bảo

quản đã không làm ảnh hưởng đến ẩm độ trong quá trình bảo quản lạnh.

3.2.5. Độ đàn hồi

Độ đàn hồi của miếng cá phi lê trong suốt thời gian bảo quản lạnh được trình bày ở Hình 1.



**Hình 1.** Sự thay đổi độ đàn hồi phi lê cá lóc theo thời gian bảo quản.

NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$  kết hợp màng bao alginate 0,5%; <sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình trong cùng một ngày thu mẫu có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ )

Kết quả cho thấy độ đàn hồi dao động trong khoảng 88,66 - 189  $\text{g} \cdot \text{cm}$  trong suốt quá trình bảo quản lạnh. Độ đàn hồi tất cả các mẫu có xu hướng giảm theo thời gian bảo quản. Sau 9 và 12 ngày bảo quản, độ đàn hồi của mẫu xử lý dịch chiết ở NT2 và NT3 cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng ( $p < 0,05$ ). Độ đàn hồi của cơ thịt cá giảm dần trong quá trình bảo quản là do sự hoạt động của enzyme protease một phần làm cho cấu trúc protein

bị phá vỡ, lượng nước trong mẫu giảm theo thời gian (Olsson và cs., 2003). Nghiên cứu của Hultman và cs. (2012) cho thấy hoạt tính của enzyme collagenase và cathepsin B, B+L tăng trong thời gian bảo quản lạnh.

### 3.2.6. Chỉ số Peroxide Value (PV)

Sự biến đổi Peroxide Value (PV) của phi lê cá lóc trong quá trình bảo quản lạnh được thể hiện ở Bảng 5.

**Bảng 5.** Chỉ số peroxide của phi lê cá lóc theo thời gian bảo quản lạnh (Trung bình  $\pm$  Độ lệch tiêu chuẩn)

Ngày	1	3	6	9	12
NT1	2,70 $\pm$ 0,62 <sup>a</sup>	3,32 $\pm$ 0,83 <sup>b</sup>	3,43 $\pm$ 0,85 <sup>b</sup>	2,78 $\pm$ 0,56 <sup>a</sup>	2,30 $\pm$ 0,38 <sup>a</sup>
NT2	2,59 $\pm$ 0,15 <sup>a</sup>	2,63 $\pm$ 0,21 <sup>ab</sup>	3,19 $\pm$ 0,03 <sup>ab</sup>	2,19 $\pm$ 0,65 <sup>a</sup>	2,06 $\pm$ 0,39 <sup>a</sup>
NT3	2,22 $\pm$ 0,67 <sup>a</sup>	2,42 $\pm$ 0,08 <sup>a</sup>	2,45 $\pm$ 0,31 <sup>a</sup>	2,14 $\pm$ 0,45 <sup>a</sup>	1,84 $\pm$ 0,99 <sup>a</sup>

NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$  kết hợp màng bao alginate 0,5%; <sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình theo cột có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ )

Trong thời gian bảo quản, lipid trong cá lóc bị oxy hóa dẫn đến sự hình thành hydroperoxides như các sản phẩm oxy hóa sơ cấp. Kết quả phân tích PV của các nghiệm thức ở các lần thu mẫu dao động từ 1,84 - 2,78 meq/kg. Kết phân tích PV ở ngày 3 và ngày 6 của NT3 thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với NT1, nghiệm thức đối chứng ( $p < 0,05$ ). Chỉ số PV giảm sau khi đạt đỉnh cao nhất là do sự phân hủy của hydroperoxide thành aldehyde, xeton và các sản phẩm thứ cấp khác của quá trình

oxy hóa lipid (Huss, 1995). Như vậy, xử lý dịch chiết lá chanh kết hợp với màng bao alginate làm giảm sự hình thành sản phẩm oxy hóa sơ cấp trong cá lóc phi lê trong điều kiện bảo quản lạnh, nguyên nhân là do khả năng màng bao alginate hoạt động như một rào cản chống lại sự tiếp xúc giữa miếng cá với oxy bên ngoài góp phần làm giảm giá trị PV (Song và cs. 2011).

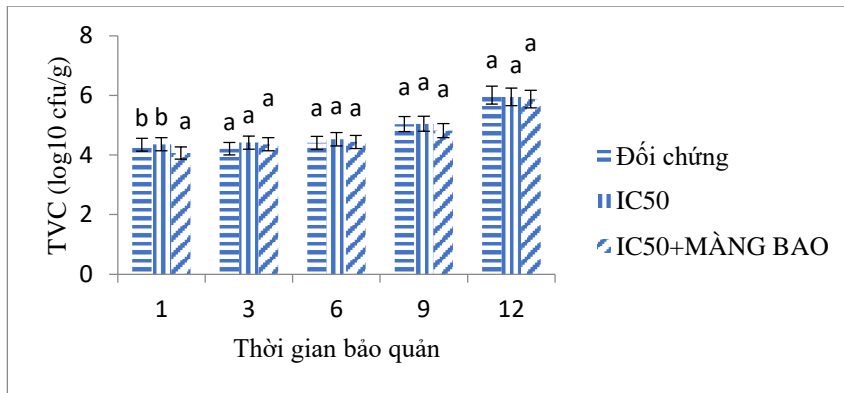
### 3.2.7. Tổng số vi sinh vật hiếu khí

Tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) của phi lê cá lóc trong suốt 12 ngày bảo



quản lạnh được trình bày trong Hình 2. Giá trị TPC của tất cả các nghiệm thức tăng dần trong suốt thời gian bảo quản. Ở ngày bảo quản đầu tiên, giá trị TPC của mẫu NT3 thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với hai mẫu còn lại ( $p < 0,05$ ), nguyên nhân là do màng bao alginate như đã được báo cáo có đặc tính kháng khuẩn chống lại vi khuẩn và nấm (Król và cs., 2017; Kubyshkin và cs., 2016). Ở các ngày bảo quản khác, giá trị TPC khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ( $p > 0,05$ ). Sau 12 ngày bảo quản giá trị TPC của

ng nghiệm thức NT2 và NT3 chưa vượt quá giới hạn cho phép  $10^6$  CFU/g đối với sản phẩm cá tươi theo quyết định của Bộ Y Tế (Bộ Y Tế, 2012), trong khi đó giá trị TPC của mẫu đối chứng đã vượt quá giới hạn cho phép. Nồng độ dịch chiết lá chanh được sử dụng trong nghiên cứu này có khả năng làm chậm sự phát triển của vi khuẩn hiếu khí tốt hơn so với nghiên cứu của Lu và cs. (2009). Như vậy, mẫu cá lóc phi lê sử dụng dịch chiết và mẫu kết hợp màng bao alginate cho thời gian bảo quản được 12 ngày so với 9 ngày của mẫu đối chứng.



**Hình 2.** Sự thay đổi tổng số vi sinh vật hiếu khí trên phi lê cá lóc theo thời gian bảo quản do tác động của dịch chiết lá chanh.

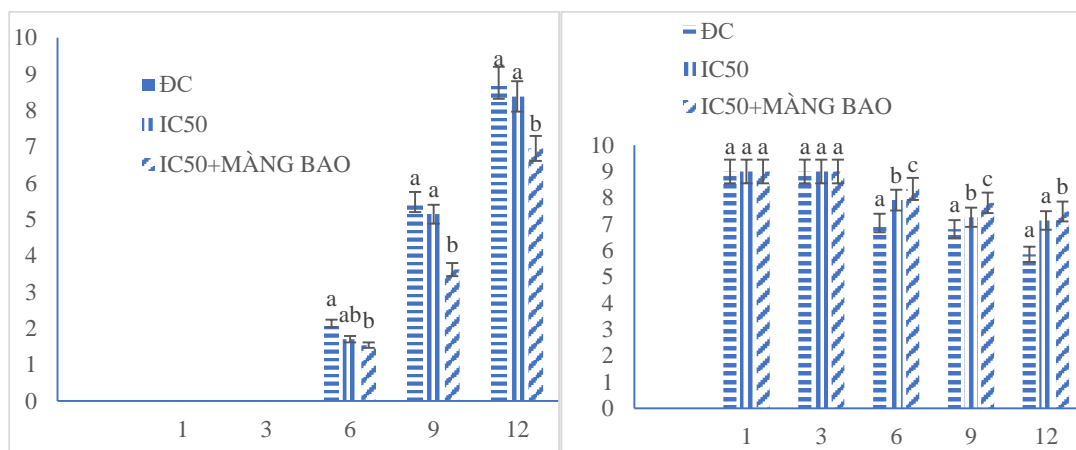
NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g/mL}$ ; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g/mL}$  kết hợp màng bao alginate 0,5%; *a, b*: Các giá trị trung bình trong cùng một ngày thu mẫu có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ )

**3.2.8. Giá trị cảm quan**

Sự thay đổi về giá trị cảm quan của độ tươi và sau khi hấp của cá lóc trong quá trình bảo quản lạnh được trình bày lần lượt ở Hình 3. Điểm cảm quan mẫu cá tươi đánh giá theo tiêu chuẩn QIM của tất cả các mẫu tăng theo thời gian bảo quản và dao động trong khoảng 0 - 8,76. Sau 3 ngày bảo quản, giá trị cảm quan của phi lê cá lóc ở cả 3 nghiệm thức khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ). Sau 6, 9 và 12 ngày bảo quản, giá trị cảm quan của mẫu xử lý dịch chiết lá chanh kết hợp màng bao alginate cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so

với mẫu đối chứng ( $p < 0,05$ ). Màu sắc của miếng cá giảm dần, từ màu trắng chuyển sang đục dần rồi chuyển sang màu hồng nhạt sau đó sang màu vàng nhạt. Mùi của miếng cá trở nên tanh hơn ban đầu. Độ bóng bề mặt cũng giảm dần theo thời gian bảo quản, ban đầu miếng phi lê bóng đẹp nhưng qua thời gian bảo quản, miếng phi lê hơi khô không còn độ bóng như ban đầu. Kết quả đã phản ánh những biến đổi sinh hóa xảy ra bên trong cơ thịt cá như sự oxy hóa lipid và chuyển hóa protein, hoạt động của hệ enzyme và vi sinh vật (Phan Thị Mỹ Lệ, 2015).





**Hình 3.** Sự thay đổi giá trị cảm quan mẫu tươi (bên trái) và mẫu hấp (bên phải) của phi lê cá lóc theo thời gian bảo quản

NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$  kết hợp màng bao alginate;  
<sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình trong cùng một ngày thu mẫu có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ )

Giá trị cảm quan của cá nấu chín được thể hiện trong Hình 3. Kết quả cho thấy ở ngày 1 và ngày 3, giá trị cảm quan của sản phẩm phi lê nấu chín khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ( $p > 0,05$ ). Sau 6 và 9 ngày bảo quản, nghiệm thức có xử lý lá chanh có hay không có màng bao alginate có điểm cảm quan cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng ( $p < 0,05$ ). Sau 12 ngày bảo quản lạnh, giá trị cảm quan của phi lê cá ở

NT3 cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với NT1 và NT2 ( $p < 0,05$ ). Xử lý phi lê cá lóc bằng dịch chiết lá chanh trước khi bảo quản đã cải thiện được giá trị cảm quan của sản phẩm trong quá trình bảo quản lạnh.

### 3.2.9. Chỉ số đo màu

Chỉ số đo màu trong thời gian bảo quản được thể hiện qua 3 cường độ màu: L\*: cường độ tối-sáng, a\*: sắc độ màu đỏ-xanh lá cây, b\*: sắc độ màu xanh dương-vàng, trình bày ở Bảng 6.

**Bảng 6.** Cường độ màu sắc của phi lê cá lóc theo thời gian bảo quản (Trung bình  $\pm$  Độ lệch tiêu chuẩn)

Thời gian bảo quản	Nghiệm thức	L*	a*	b*
Ngày 1	NT1	46,4 $\pm$ 2,14 <sup>a</sup>	-1,54 $\pm$ 0,93 <sup>a</sup>	1,58 $\pm$ 1,24 <sup>a</sup>
	NT2	46,2 $\pm$ 1,36 <sup>a</sup>	-2,70 $\pm$ 1,45 <sup>a</sup>	2,9 $\pm$ 3,12 <sup>a</sup>
	NT3	45,8 $\pm$ 1,97 <sup>a</sup>	-2,26 $\pm$ 0,76 <sup>a</sup>	0,77 $\pm$ 0,70 <sup>a</sup>
Ngày 3	NT1	44,9 $\pm$ 0,89 <sup>a</sup>	-2,60 $\pm$ 0,69 <sup>a</sup>	3,16 $\pm$ 3,16 <sup>a</sup>
	NT2	49,8 $\pm$ 2,25 <sup>b</sup>	0,05 $\pm$ 3,26 <sup>a</sup>	0,82 $\pm$ 0,82 <sup>b</sup>
	NT3	48,8 $\pm$ 1,28 <sup>b</sup>	-2,52 $\pm$ 0,57 <sup>a</sup>	1,04 $\pm$ 1,04 <sup>b</sup>
Ngày 6	NT1	44,3 $\pm$ 1,29 <sup>a</sup>	0,76 $\pm$ 1,18 <sup>a</sup>	2,01 $\pm$ 0,36 <sup>a</sup>
	NT2	44,6 $\pm$ 1,88 <sup>a</sup>	-1,11 $\pm$ 2,15 <sup>a</sup>	2,41 $\pm$ 1,76 <sup>a</sup>
	NT3	45,6 $\pm$ 2,09 <sup>a</sup>	1,63 $\pm$ 1,37 <sup>a</sup>	1,96 $\pm$ 0,59 <sup>a</sup>
Ngày 9	NT1	45,8 $\pm$ 1,45 <sup>a</sup>	0,60 $\pm$ 0,55 <sup>a</sup>	2,59 $\pm$ 0,54 <sup>a</sup>
	NT2	46,6 $\pm$ 1,51 <sup>a</sup>	0,93 $\pm$ 0,74 <sup>a</sup>	3,61 $\pm$ 1,30 <sup>a</sup>
	NT3	45,2 $\pm$ 1,06 <sup>a</sup>	2,03 $\pm$ 1,57 <sup>a</sup>	5,12 $\pm$ 2,47 <sup>a</sup>
Ngày 12	NT1	44,5 $\pm$ 0,63 <sup>a</sup>	2,26 $\pm$ 1,78 <sup>a</sup>	3,86 $\pm$ 1,35 <sup>a</sup>
	NT2	47,6 $\pm$ 2,80 <sup>a</sup>	1,21 $\pm$ 0,58 <sup>a</sup>	2,59 $\pm$ 0,74 <sup>a</sup>
	NT3	47,1 $\pm$ 2,48 <sup>a</sup>	2,91 $\pm$ 0,99 <sup>a</sup>	3,23 $\pm$ 2,24 <sup>a</sup>

NT1: mẫu đối chứng (ngâm nước lạnh); NT2: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$ ; NT3: phi lê cá lóc được ngâm dịch chiết lá chanh 133  $\mu\text{g}/\text{mL}$  kết hợp màng bao alginate 0,5%; <sup>a, b</sup>: Các giá trị trung bình theo một ngày thu mẫu của từng chỉ tiêu phân tích có cùng chữ cái là không khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ )

Kết quả cho thấy sau 3 ngày bảo quản, giá trị b\* (sắc độ màu xanh dương - vàng) của mẫu đối chứng cao hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với hai nghiệm thức còn lại ( $p < 0,05$ ) trong khi đó giá trị L\* của mẫu đối chứng thấp hơn và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với hai nghiệm thức còn lại ( $p < 0,05$ ). Như vậy, sau 3 ngày bảo quản, miếng cá có xử lý dịch chiết và màng bao alginate có màu sắc sáng hơn so với nghiệm thức đối chứng. Cường độ sáng - tối giảm qua 12 ngày bảo quản cũng được thể hiện qua chỉ tiêu cảm quan. Kết quả này tương đồng với kết quả đánh giá cảm quan mẫu tươi khi ở ngày thứ 3, mẫu cá đối chứng có màu đậm hơn mẫu có xử lý cao chiết. Điều này có thể là do quá trình oxy hóa lipid và phân hủy protein tạo thành các phức màu nâu sẫm làm cho màu sáng của miếng cá giảm dần, màu vàng và màu đỏ tăng lên (Phan Thị Mỹ Lệ, 2015). Như vậy, xử lý phi lê cá bằng dịch chiết lá chanh và màng bao alginate đã không ảnh hưởng đến màu sắc phi lê cá.

#### 4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy dịch chiết lá chanh được chiết bằng nước ở 100°C có hoạt tính chống oxy hóa tốt hơn so với chiết bằng dung môi ethanol 96% ở nhiệt độ thường. Xử lý phi lê cá lóc với dịch chiết lá chanh kết hợp với màng alginate trước khi bảo quản lạnh đã làm chậm đi quá trình oxy hóa sơ cấp của phi lê cá, cải thiện được giá trị cảm quan của sản phẩm và ức chế tổng số vi sinh vật hiếu khí trong điều kiện bảo quản lạnh. Sản phẩm có thể bảo quản lạnh đến 12 ngày khi xử lý dịch chiết lá chanh và màng bao alginate trước khi bảo quản mà không ảnh hưởng đến an toàn vệ sinh thực phẩm.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

##### 1. Tài liệu tiếng Việt

Bộ Y Tế. (2012). Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với ô nhiễm vi sinh vật trong thực phẩm QCVN 8- 3:2012/BYT. Khai thác từ [http://www.fsi.org.vn/pic/files/qcvn-8-3\\_2011-byt-ve-o-nhiem-vi-sinh-vat-trong-tp\\_bia\\_merged.pdf](http://www.fsi.org.vn/pic/files/qcvn-8-3_2011-byt-ve-o-nhiem-vi-sinh-vat-trong-tp_bia_merged.pdf). Ngày truy cập: 25/08/2020.

- Nguyễn Xuân Duy và Nguyễn Anh Tuấn. (2013). Sàng lọc thực vật có hoạt tính chống oxy hoá và áp dụng trong chế biến thủy sản. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (28), 59-68.
- Huỳnh Trường Giang, Dương Thị Hoàng Oanh, Vũ Ngọc Út và Trương Quốc Phú. (2012). Thành phần hóa học, hoạt tính chống oxy hóa của hỗn hợp polysaccharide ly trích từ rong mơ (*Sargassum microcystum*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ, Phần B: Nông nghiệp, Thủy sản và Công nghệ Sinh học*, (25), 183-191.
- Huỳnh Văn Hiền, Nguyễn Hoàng Huy và Nguyễn Thị Minh Thủy. (2011). *So sánh hiệu quả kinh tế-kỹ thuật giữa sử dụng thức ăn cá tạp và thức ăn viên cho nuôi cá lóc (Channa striata) thương phẩm trong ao tại An Giang và Đồng Tháp*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học Thủy sản toàn quốc, Trường Đại học Nông Lâm Thành phố Hồ Chí Minh, 480-487.
- Phan Thị Mỹ Lệ. (2015). *Nghiên cứu đề xuất quy trình chế biến cá bớp (Rachycentron Canadum) phi lê đông lạnh nhằm hạn chế sự ôxy hóa lipid trong quá trình bảo quản*. Luận văn thạc sĩ, Trường Đại học Nha Trang.
- Võ Thị Kiều Ngân, Nguyễn Thị Ngọc Mai và Nguyễn Thanh Hoàng. (2017). Khảo sát hàm lượng phenolic tổng, flavonoid tổng, hoạt tính chống oxy hóa và hoạt tính kháng khuẩn của cao chiết ethanol và methanol của lá và thân rễ cây Cỏ Tranh (*Imperata cylindrica*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, (52b), 16-22.
- Trần Minh Phú, Huỳnh Thị Kim Duyên và Nguyễn Lê Anh Đào, Nguyễn Thị Như Hạ. (2020). Ảnh hưởng của dịch chiết cây cỏ sữa (*Euphorbia hirta* L.) đến chất lượng phi lê cá lóc (*Channa striata*) trong điều kiện bảo quản lạnh bằng nước đá. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 250-260.
- Tổng cục Thủy sản. (19/07/2021). *Sản xuất thủy sản năm 2020 tiếp tục duy trì được đà tăng trưởng*. Khai thác từ <https://tongcucthuysan.gov.vn/vi-vn/tin-t%E1%BB%A9c/-tin-v%E1%BA%AFn/doc-tin/015515/2020-12-30/san-xuat-thuy-san-nam-2020-tiep-tuc-duy-tri-duoc-da-tang-truong>.
- Lê Thị Minh Thủy và Trương Thị Mộng Thu. (2019). Nghiên cứu kết hợp màng bao chitosan và dịch chiết lá chanh (*Citrus aurantiifolia*) để bảo quản lạnh chả cá thác lác (*Chitala chitala*). *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 105-112.
- 2. Tài liệu tiếng nước ngoài**
- AOA. (2016). Official methods of Analysis of AOAC International, 20th Edition, George W. Latimer, Jr (Eds), I.
- Baldwin, E. A. (2007). Surface treatments and edible coatings in food preservation. In Handbook of food preservation (pp. 495-526). CRC Press.
- Do, Q. D., Angkawijaya, A. E., Tran-Nguyen, P. L., Huynh, L. H., Soetaredjo, F. E., Ismadji, S., & Ju, Y.-H. (2014). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Linnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, 22(3), 296-302.
- Gawron-Gzella, A., Dudek-Makuch, M., & Matławska, I. (2012). DPPH radical scavenging activity and phenolic compound content in different leaf extracts from selected blackberry species. *Acta Biologica Cracoviensia s. Botanica*.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H. Z., Juraimi, A. S., & Tayebi-Meigooni, A. (2015). Comparative evaluation of different extraction techniques and solvents for the assay of phytochemicals and antioxidant activity of hashemi rice bran. *Molecules*, 20(6), 10822-10838.
- Fan, W. J., Chi, Y. L. & Zhang, S. (2008). The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice. *Food Chemistry*, 108(1), 148-153.
- Hultmann, L., Phu, T. M., Tobiassen, T., Aas-Hansen, Ø. & Rustad, T. (2012). Effects of pre-slaughter stress on proteolytic enzyme activities and muscle quality of farmed Atlantic cod (*Gadus morhua*). *Food chemistry*, 134(3), 1399-1408.
- Huss, H. H. (1995). Quality and quality changes in fresh fish, FAO Fisheries Technical Paper. No. 348. Rome.
- Huynh, T. K. D., Nguyen, L. A. D., Nguyen, T. N. H., Nguyen, Q. T., Tomoaki, H., & Tran, M. P. (2022). Effects of green tea (*Camellia sinensis*) and guava (*Psidium guajava*) extracts on the quality of snakehead (*Channa striata*) fillets during ice storage. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(1), e16194.

- International IDF Standards. (1991). International Dairy Federation, IDF-Square Vergote 41, Brussels, Belgium, sec.74A:1991.
- Kamdem, J. P., Adeniran, A., Boligon, A. A., Klimaczewski, C. V., Elekofehinti, O. O., Hassan, W., ... & Athayde, M. L. (2013). Antioxidant activity, genotoxicity and cytotoxicity evaluation of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) ethanolic extract: Its potential role in neuroprotection. *Industrial Crops and Products*, 51, 26-34.
- Król, Z., Marycz, K., Kulig, D., Maredziak, M. & Jarmoluk, A. (2017). Cytotoxicity, bactericidal, and antioxidant activity of sodium alginate hydrosols treated with direct electric current. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(3), 678.
- Kubyshkin, A., Chegodar, D., Katsev, A., Petrosyan, A., Krivorutchenko, Y. & Postnikova, O. (2016). Antimicrobial effects of silver nanoparticles stabilized in solution by sodium alginate. *Biochemistry and Molecular Biology Journal*, 2(2), 13.
- Lu, F., Ding, Y., Ye, X. & Liu, D. (2010). Cinnamon and nisin in the alginate-calcium coating maintains the quality of fresh Northern snakehead fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 43(9), 1331-1335.
- Lu, F., Liu, D., Ye, X., Wei, Y. & Liu, F. (2009). Alginate-calcium coating incorporating nisin and EDTA maintains the quality of fresh northern snakehead (*Channa argus*) fillets stored at 4°C. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(5), 848-854.
- Meilgaard, M., Civille, G. V. & Carr, B. T. (1999). Sensory evaluation techniques (3rd ed), CRC Press, Boca Raton, FL.
- Mohsen, M. S., Ammar, S. M. A. (2008). Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts. *Food Chemistry*, 112(3), 595-598.
- Nie, X., Wang, L., Wang, Q., Lei, J., Hong, W., Huang, B., & Zhang, C. (2018). Effect of a sodium alginate coating infused with tea polyphenols on the quality of fresh Japanese sea bass (*Lateolabrax japonicus*) fillets. *Journal of food science*, 83(6), 1695-1700.
- Ofstad, R., Kidman, S., Myklebust, R. & Hermansson, A. M. (1993). Liquid loss capacity and structural changes during heating of fish muscle: Cod (*Gadus morhua* L.) and salmon (*Salmo salar*). *Food structure*, 12(2), 4.
- Olsson, G. B., Ofstad, R., Lødemel, J. B. & Olsen, R. L. (2003). Changes in waterholding capacity of halibut muscle during cold storage. *LWT-Food Science and Technology*, 36(8), 771-778.
- Rhim, J. W. (2004). Physical and mechanical properties of water resistant sodium alginate films. *LWT-Food Science and Technology*, 37(3), 323-330.
- Song, Y., Liu, L., Sheng, H., You, J. & Luo, Y. (2011). Effect of sodium alginate-based edible coating containing different antioxidants on quality and shelf-life of refrigerated bream (*Megalobrama amblycephala*). *Food Control*, 22(3-4), 608-615.
- Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158.
- Thiangthum, S., Dejaegher, B., Goodarzi, M., Tistaert, C., Gordien, A. Y., Hoai, N. N. & Vander Heyden, Y. (2012). Potentially antioxidant compounds indicated from *Mallotus* and *Phyllanthus* species fingerprints. *Journal of Chromatography B*, 910, 114-121.
- Wangenstein, H., Samuelsen, A. B., & Malterud, K. E. (2004). Antioxidant activity in extracts from coriander. *Food Chemistry*, 88(2), 293-297.