

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG
-----o0o-----

NGUYỄN THỊ KIỀU DIỄM

NGHIÊN CỨU SỰ BIẾN ĐỔI CHẤT LƯỢNG CỦA
PHI LÊ CÁ RÔ PHI VẦN (*Oreochromis niloticus*)
CUỐI CHUỖI CUNG ỨNG SẢN PHẨM LẠNH/ĐÔNG

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

KHÁNH HÒA - 2022

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG**
-----o00-----

NGUYỄN THỊ KIỀU DIỄM

**NGHIÊN CỨU SỰ BIẾN ĐỔI CHẤT LƯỢNG CỦA PHI LÊ
CÁ RÔ PHI VẦN (*Oreochromis niloticus*)
CUỐI CHUỖI CUNG ỨNG SẢN PHẨM LẠNH/ĐÔNG**

Chuyên ngành đào tạo: CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN THỦY SẢN
Mã số: 9540105

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC

- 1. PGS.TS. MAI THỊ TUYẾT NGÀ**
- 2. PGS. TS. LÝ NGUYỄN BÌNH**

KHÁNH HÒA – 2022

Công trình được hoàn thành tại trường Đại học Nha Trang

Người hướng dẫn khoa học: 1. **PGS.TS. Mai Thị Tuyết Nga**
2. **PGS.TS. Lý Nguyễn Bình**

Phản biện 1: **PGS.TS. Nguyễn Hoàng Dũng**

Phản biện 2: **GS.TS. Nguyễn Văn Mười**

Phản biện 3: **PGS.TS. Nguyễn Thị Thảo**

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá Luận án Trường Đại học Nha Trang vào hồi....giờ,....ngày....tháng....năm 2022

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Quốc Gia
- Thư viện Trường Đại học Nha Trang

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
AOAC	Association of Official Analytical Chemists	Hiệp hội các nhà hóa phân tích
ĐBSCL		Đồng bằng sông Cửu Long
FDA	Food and Drug Administration	Cục Quản lý Dược phẩm và Thực phẩm Hoa Kỳ
FFA	Free Fatty Acid	Acid béo tự do
GAA	Global Aquaculture Alliance	Liên minh Thủy sản Toàn cầu
IQF	Individual Quickly Freezer	
ISO	International Organization for Standardization	Tổ chức Tiêu chuẩn hoá Quốc tế
NMKL	Nordic Committee on Food Analysis	Ủy ban Phân tích Thực phẩm Bắc Âu
PCA:	Principal Component Analysis	Phân tích thành phần chính
PUFA	Poly-unsaturated fatty acid	Acid béo không no cao
MUFA	Mono-unsaturated fatty acid	Acid béo không no một nối đôi
PV	Peroxide Value	Chỉ số peroxide
QDA:	Quantitative Descriptive Analysis	Phân tích mô tả định lượng
QI:	Quality Index	Chỉ số chất lượng
QIM:	Quality Index Method	Phương pháp chỉ số chất lượng
SSO	Specific Spoilage Organism	Vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng
TBARS	Thiobarbituric Acid Reactive Substances	
TCVN		Tiêu chuẩn Việt Nam
TMA	Trimethylamine	
TMAO	Trimethylamine Oxide	
TVB-N	Total Volatile Basic Nitrogen	Tổng nitơ bazơ bay hơi
TPC	Total Viable Counts	Tổng số vi sinh vật hiếu khí

TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Tên luận án: Nghiên cứu sự biến đổi chất lượng của phi lê cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) cuối chuỗi cung ứng sản phẩm lạnh/đông

Ngành: Công nghệ Chế biến Thủy sản. Mã số: 9540105. Khóa: 2014-2018

Nghiên cứu sinh: Nguyễn Thị Kiều Diễm

Người hướng dẫn: 1. PGS.TS. Mai Thị Tuyết Nga

2. PGS.TS. Lý Nguyễn Bình

Cơ sở đào tạo: Trường Đại học Nha Trang

Những đóng góp mới của luận án:

1. Luận án đã xác định được thành phần hoá học cơ bản và sự hiện diện của các nhóm vi sinh vật ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn.

2. Luận án đã phân tích, so sánh các phương pháp rã đông bằng không khí và bằng nước ở nhiệt độ lạnh và nhiệt độ phòng, từ đó đã chọn được phương pháp rã đông phù hợp cho phi lê cá rô phi vằn là rã đông bằng không khí lạnh ($7 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

3. Luận án đã xác định được những biến đổi về chất lượng cảm quan, tổng lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N), tổng lượng vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp (TPC), vi sinh vật gây hỏng đặc trưng *Pseudomonas* spp., vi sinh vật chỉ thị vệ sinh coliform và *E. coli* của phi lê cá rô phi vằn bảo quản tại các nhiệt độ ổn định. Luận án đã thực hiện điều chỉnh bảng tiêu chí để đánh giá cảm quan theo chỉ số chất lượng QIM phù hợp cho phi lê cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam.

4. Luận án đã xây dựng được các mô hình tăng trưởng của tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp (TPC) và *Pseudomonas* spp. với hệ số R^2 tương đối cao. Kết quả kiểm định mô hình bởi các chế độ nhiệt độ biến động mô phỏng điều kiện thực tế cho thấy mô hình có độ tin cậy rất cao. Mô hình cũng được kiểm định trên điều kiện thực tế của cuối chuỗi cung ứng và kết quả thu được đã xác nhận khả năng sử dụng mô hình để dự đoán mật số vi sinh vật dựa trên lịch sử nhiệt độ - thời gian bảo quản và dự đoán thời hạn bảo quản sản phẩm trong chuỗi cung ứng lạnh.

TM Giáo viên hướng dẫn

Nghiên cứu sinh

PGS.TS. Mai Thị Tuyết Nga

Nguyễn Thị Kiều Diễm

PHẦN MỞ ĐẦU

Cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) nuôi được biết đến là một trong những nguồn nguyên liệu thủy sản phổ biến hiện nay và trở thành nguồn cung cấp protein cho nhiều nước trên thế giới. Cá rô phi trở thành đối tượng thủy sản được quan tâm phát triển tại Việt Nam trong những năm qua. Tại nơi tiêu thụ: siêu thị, quầy hàng thủy sản hay chợ truyền thống..., cá thường được bảo quản lạnh bằng nước đá, tủ mát... Tại nơi tiêu thụ sự lây nhiễm vi sinh vật vào sản phẩm có thể xảy ra từ các hoạt động vận chuyển, bày bán, lựa chọn sản phẩm của khách hàng. Sự sinh trưởng của các vi sinh vật ảnh hưởng đến thành phần hóa học, chất lượng cảm quan của thủy sản và ảnh hưởng đến sức khỏe của người tiêu dùng. Có thể nói vi sinh vật là nguyên nhân chủ yếu dẫn đến những biến đổi về chất lượng của thủy sản. Trong đó nhiệt độ đóng vai trò quan trọng đối với sự phát triển của vi sinh vật, nhiệt độ tăng thúc đẩy mật số vi sinh vật tăng, thủy sản dễ hư hỏng. Nếu chất lượng của phi lê cá rô phi vằn trong chuỗi cung ứng được kiểm soát dựa trên việc quản lý lịch sử nhiệt độ của từng lô hàng, từ đó dự đoán được mật số vi sinh vật tương ứng, đây là cơ sở để xác định thời hạn bảo quản còn lại của phi lê cá nhanh chóng hơn. Xuất phát từ tình hình thực tế đó, chúng tôi đề xuất đề tài “**Nghiên cứu sự biến đổi chất lượng của phi lê cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) cuối chuỗi cung ứng sản phẩm lạnh/đông**” kết quả của nghiên cứu nhằm xây dựng mô hình động học về sự sinh trưởng của một số vi sinh vật theo nhiệt độ và thời gian bảo quản, từ đó giúp cho việc giám sát và quản lý chất lượng phi lê cá rô phi vằn tốt hơn ở cuối chuỗi cung ứng.

Mục tiêu nghiên cứu

1. Theo dõi sự biến đổi chất lượng của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh thông qua sự thay đổi về: mật số vi sinh vật, thành phần hoá học và chất lượng cảm quan của sản phẩm.
2. Xây dựng mô hình động học về sự biến đổi của tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp và vi khuẩn gây hỏng đặc trưng *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian và nhiệt độ bảo quản lạnh.

Nội dung nghiên cứu

1. Nghiên cứu sự biến đổi thành phần hoá học cơ bản và sự hiện diện của một số nhóm vi sinh vật ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn.

2. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian bảo quản đông và của một số phương pháp rã đông đến chất lượng của phi lê cá rô phi vằn sau rã đông, từ đó tìm ra phương pháp rã đông thích hợp.

3. Nghiên cứu về sự biến đổi một số thành phần hóa học và chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh.

4. Nghiên cứu sự sinh trưởng của vi sinh vật chỉ thị vệ sinh (coliform, *E. coli*), tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) sinh trưởng ở nhiệt độ thấp và vi khuẩn gây hỏng đặc trưng (*Pseudomonas* spp.) hiện diện trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh.

5. Xây dựng mô hình động học về sự biến đổi mật số của tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) sinh trưởng ở nhiệt độ thấp, vi khuẩn gây hỏng đặc trưng (*Pseudomonas* spp.) trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian và nhiệt độ bảo quản lạnh.

6. Thử nghiệm ứng dụng mô hình vào quản lý chất lượng sản phẩm phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản và bày bán tại quầy ở cuối chuỗi cung ứng.

Ý nghĩa khoa học và thực tiễn

Đây là nghiên cứu một cách hệ thống lần đầu tiên tại Việt Nam về sự biến đổi chất lượng sản phẩm phi lê cá rô phi vằn về mật số vi sinh vật, thành phần hoá học và cảm quan trong các điều kiện nhiệt độ mô phỏng cuối chuỗi cung ứng lạnh/đông. Mật số vi sinh vật gây hư hỏng cụ thể là tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) sinh trưởng ở nhiệt độ thấp và vi khuẩn gây hỏng đặc trưng *Pseudomonas* spp., được xác định ở nhiệt độ cố định và nhiệt độ biến động mô phỏng điều kiện bảo quản lạnh thực tế trong chuỗi cung ứng, đây chính là cơ sở dữ liệu để luận án xây dựng mô hình toán học cho sự sinh trưởng của một số nhóm vi sinh vật trong quá trình bảo quản và bày bán. Kết quả mô hình của luận án có thể xác định được mật số vi sinh vật dựa trên lịch sử nhiệt độ và thời gian bảo quản trong chuỗi cung ứng, từ đó dự đoán được thời hạn bảo quản còn lại của phi lê cá, góp phần kiểm soát tốt chất lượng của sản phẩm đến cuối chuỗi cung ứng.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU

1.1. Tổng quan về nguyên liệu

Cá rô phi vằn

Tên tiếng Anh: Nile Tilapia

Tên khoa học: *Oreochromis niloticus*

Tên khác: Cá rô phi vằn, cá phi, cá rô phi sông Nin.

Cá rô phi vằn là loài cá đặc trưng của vùng nhiệt đới, môi trường sống thích hợp cho cá là nhiệt độ $24\div 32^{\circ}\text{C}$, pH $6,5\div 8,5$. Cá sống được trong nước ngọt, lợ, mặn. Cá sinh trưởng khá nhanh nên sau 8 tháng nuôi có thể đạt khối lượng $300\div 500\text{ g/con}$.

1.2 Tổng quan về chuỗi cung ứng

Chuỗi cung ứng là thuật ngữ được sử dụng phổ biến hiện nay, đó là quá trình đưa nguyên liệu (yếu tố đầu vào) từ nhà cung ứng thông qua quá trình bảo quản và vận chuyển đi đến nơi sản xuất, tại nơi sản xuất nguyên liệu được biến đổi thành sản phẩm (yếu tố đầu ra) sau đó sản phẩm được nhà phân phối mang đến người tiêu dùng.

1.3. Tổng quan về lạnh đông và bảo quản lạnh/đông thủy sản

1.3.1. Lạnh đông thủy sản

Lạnh đông được biết đến là phương pháp được sử dụng phổ biến để bảo quản thực phẩm trong thời gian dài. Trong quá trình này, nhiệt độ của thực phẩm được giảm dưới điểm băng, khi đó nước (dạng lỏng) trong thực phẩm được chuyển thành tinh thể đá, đây là nguyên nhân kìm hãm các biến đổi lý học, hoá học, sinh học, hoạt động của enzyme và vi sinh vật. Ở nhiệt độ -8°C phần lớn vi sinh vật bị ức chế, còn ở nhiệt độ -12°C các vi sinh vật ưa lạnh hầu như không thể hoạt động gây hư hỏng thực phẩm.

1.3.2. Rã đông

Rã đông hay còn gọi là tan giá, đây là quá trình chuyển đổi nước ở trạng thái rắn (tinh thể đá) bên trong thực phẩm đông sang trạng thái lỏng.

Phương pháp rã đông chia làm 2 nhóm:

Một là dùng nhiệt phát ra từ trong phần thịt. Các phương pháp này bao gồm nhiệt từ các nguồn điện trường, điện trở và vi sóng.

Hai là dùng nhiệt dẫn từ ngoài vào tâm sản phẩm. Phương pháp rã đông này có thể chia làm các nhóm nhỏ: rã đông bằng nước, rã đông bằng hơi nước bão hoà và rã đông bằng không khí lạnh.

1.3.3. Bảo quản lạnh thủy sản

1.3.3.1. Bảo quản bằng nước đá

Dễ dàng bắt gặp tình trạng cá và các mặt hàng thủy sản được ướp đá và bày bán ở các quầy hàng của siêu thị, cơ sở bán hàng thủy sản. Nước đá có hệ số trao đổi nhiệt lớn, tốc độ làm lạnh nhanh hơn các phương pháp làm lạnh khác như làm lạnh bằng và không khí. Ngoài ra, khi nước đá tan chảy sẽ tạo màng nước tránh sự bay hơi nước từ nguyên liệu ra ngoài không khí, nên tránh được hiện tượng giảm trọng lượng của thủy sản.

1.3.3.2. Bảo quản bằng không khí lạnh

Bảo quản bằng không khí lạnh làm chậm các quá trình biến đổi cũng như sự sinh trưởng của vi sinh vật trên thủy sản và sản phẩm thủy sản trong thời gian bảo quản. Thông thường các thiết bị được làm lạnh do sự tuần hoàn của không khí lạnh tạo ra từ dàn lạnh vì vậy trong các thiết bị lạnh như: kho lạnh, tủ lạnh cần quan tâm duy trì sự đối lưu của không khí, kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm... để duy trì nhiệt độ bảo quản.

1.4. Biến đổi chất lượng thủy sản trong quá trình bảo quản lạnh/đông

1.4.1. Biến đổi hoá học của thủy sản trong quá trình bảo quản lạnh/đông

1.4.1.1. Biến đổi hàm lượng tổng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N)

Sự phân giải và phân huỷ các hợp chất chứa nitơ trong thủy sản khi bảo quản dưới tác động của enzyme và vi sinh vật sinh ra các sản phẩm cấp thấp, trong đó có nhóm nitơ bazơ bay hơi như amoniac, amine, dimethylamine, trimethylamine (TMA), creatine, các acid amin tự do, nucleotide, urê..., làm hàm lượng của chúng tăng lên. Do đó, thông số hoá học tổng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N-total volatile basic nitrogen) thường được sử dụng để đánh giá chất lượng/độ tươi và sự phù hợp của thủy sản tươi và lạnh/đông lạnh. Các hợp chất nitơ phi protein dễ biến đổi và tạo thành những hợp chất mùi khó chịu bởi sự sinh trưởng của các vi sinh vật.

1.4.1.2. Biến đổi của lipid

Sau khi cá chết, chất béo trong cá thường bị biến đổi do quá trình thủy phân và oxy hóa, những loài cá chứa nhiều acid béo không bão hoà dễ xảy ra sự oxy hóa hơn những loài khác. Quá trình oxy hóa các acid béo không bão hòa chịu tác động bởi nhiệt độ, ánh sáng và enzyme hình thành các hợp chất: peroxide, aldehyde, cetone và các gốc tự do. Để xác định sự oxy hoá chất béo trong thực phẩm, người ta thường xác định các sản phẩm của quá trình oxy hóa, phổ biến nhất là giá trị peroxide (PV)-chỉ số dùng để đo số lượng, xác định sản phẩm oxy hóa thứ cấp- acid thiobarbituric (TBARs).

1.4.2. Biến đổi chất lượng thủy sản bởi vi sinh vật trong quá trình bảo quản lạnh/đông

Khi cá còn sống hoặc cá vừa thu hoạch ít có sự hiện diện của vi sinh vật vì hệ thống miễn dịch của cá đã ngăn chặn sự sinh trưởng của vi sinh vật trong thịt cá. Khi cá chết, hệ thống miễn dịch bị suy yếu, khi đó vi sinh vật tự do sinh trưởng và xâm nhập vào cá. Hệ vi sinh vật là nguyên nhân chính gây hư hỏng hầu hết sản phẩm thủy sản nói chung và trên cá nói riêng

1.4.3. Biến đổi chất lượng cảm quan của thủy sản và phương pháp phân tích cảm quan thường sử dụng

1.4.3.1. Biến đổi chất lượng cảm quan của thủy sản trong quá trình bảo quản lạnh/đông

Biến đổi về cảm quan là những biến đổi được nhận biết nhờ các giác quan như bề ngoài, mùi, kết cấu và vị, còn đánh giá cảm quan được định nghĩa là một phương pháp khoa học dùng để gợi lên, đo đạc, phân tích và giải thích các cảm nhận của con người đối với sản phẩm thông qua các giác quan: thị giác, khứu giác, xúc giác và vị giác. Cảm quan là công cụ giúp xác định nhanh độ tươi và thời hạn còn lại của quá trình bảo quản.

1.4.3.2. Các phương pháp phân tích cảm quan trong thủy sản

- a. Phương pháp chỉ số chất lượng (QIM)
- b. Phương pháp phân tích mô tả định lượng (QDA)
- c. Phương pháp Torry

1.5. Tổng quan về mô hình vi sinh vật trong thực phẩm

1.5.1. Mô hình sơ cấp Baranyi-Roberts cho vi sinh vật trên thực phẩm

Mô hình Baranyi & Roberts giả định rằng một môi trường nhất định xác định tốc độ tăng trưởng tiềm năng của vi sinh vật và tốc độ này sẽ là cao hơn so với tốc độ tăng trưởng thực tế nếu thời gian gần với thời điểm nuôi cấy. Theo thời gian, tăng trưởng thực tế sẽ đạt tốc độ tăng trưởng tiềm năng. Tỷ lệ giữa tăng trưởng thực tế và tiềm năng được định nghĩa là hàm điều chỉnh.

Sự tăng trưởng tiềm năng có thể được trình bày bằng phương trình logistic như sau:

$$\frac{dN(t)}{dt} = \mu(N) \cdot N(t); N_0 \leq N \leq N_{\max}; N(0) = N_0 \quad (1)$$

Trong đó:

N (cfu/ml hoặc cfu/g) là mật độ tế bào vi sinh vật;

N_0 là mật độ vi sinh vật ban đầu;

$N_{\max}$ là mật độ vi sinh vật tối đa;

μ (1/giờ) là tốc độ sinh trưởng riêng.

Trong tương quan trên giả định rằng tốc độ sinh trưởng riêng giảm dần đến 0 khi mật độ vi sinh vật đạt giá trị cực đại $N_{\max}$, nghĩa là $\mu(N_{\max})$.

1.5.2. Mô hình thứ cấp cho vi sinh vật trên thực phẩm

Mô hình thứ cấp có khả năng dự đoán sự sinh trưởng của vi sinh vật dưới các điều kiện môi trường không ổn định (biến đổi) và có tính đến những điều kiện nuôi cấy và điều kiện tiền nuôi cấy. Mật độ quần thể ban đầu sẽ được xem là giá trị ban đầu và nó sẽ là hằng số trong quá trình mô phỏng điều kiện biến đổi.

Nếu nhiệt độ là biến số môi trường biến động duy nhất trong khi các biến số môi trường khác có thể xem như các thông số hằng số/ổn định, tốc độ sinh trưởng tối đa có thể được mô hình hóa bằng mô hình căn bậc hai của Ratkowsky theo phương trình sau:

$$\sqrt{\mu_{\max}} = b(T - T_{\min})$$

Trong đó: $T_{\min}$ là nhiệt độ tối thiểu cho sự sinh trưởng của vi sinh vật và b là thông số mô hình thực nghiệm. Những mô hình này không tính đến sự bất hoạt nhiệt và mô hình Ratkowsky mở rộng có dạng sau:

$$\sqrt{\mu_{\max}} = b_2(T - T_{\min})(1 - \exp(c_2(T - T_{\max})))$$

Trong đó: $T_{\max}$ là nhiệt độ tối đa cho sự sinh trưởng của vi sinh vật và là thông số mô hình thực nghiệm.

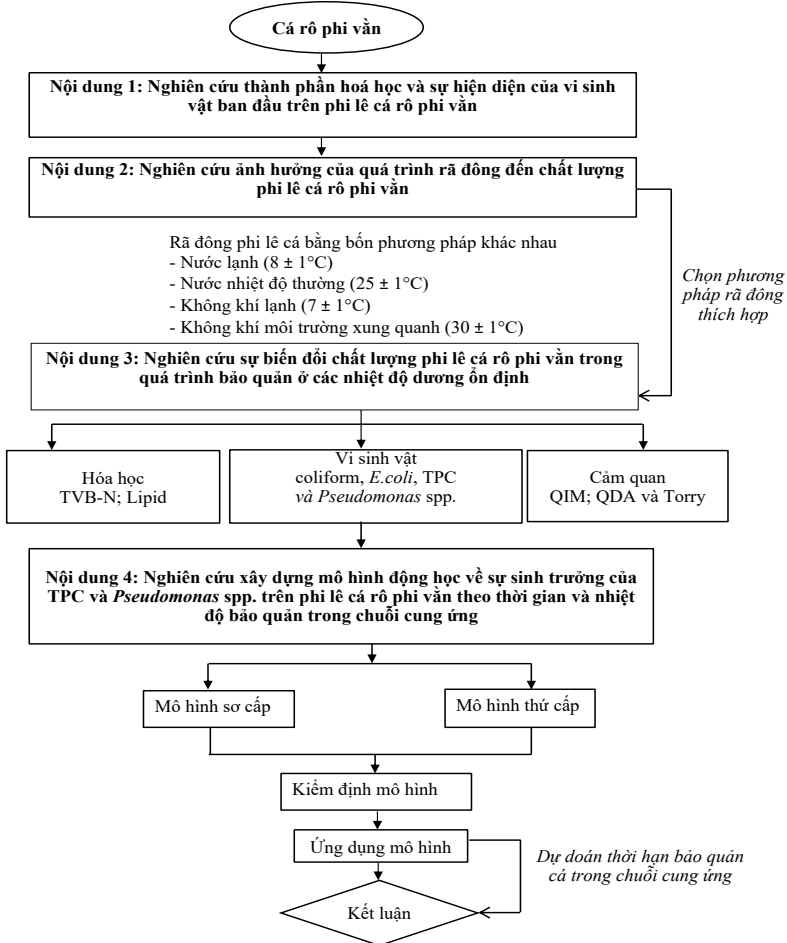
Chương 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu nghiên cứu

Phi lê cá rô phi vằn: cá rô phi vằn được phi lê và thực hiện đông ròi (IQF) tại một công ty chế biến thủy sản ở ĐBSCL, trọng lượng cá 120-170 g/phi lê.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp tiếp cận nghiên cứu



Hình 2.2. Sơ đồ tiếp cận nội dung nghiên cứu

2.2.2. Nghiên cứu thành phần hoá học và sự hiện diện của vi sinh vật ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn

2.2.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng phi lê cá rô phi vằn

2.2.4. Nghiên cứu sự biến đổi chất lượng phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định

Theo dõi sự biến đổi chất lượng hoá học, chất lượng cảm quan và sự sinh trưởng của vi sinh vật chỉ thị vệ sinh (coliform và *E.coli*) và tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) sinh trưởng ở nhiệt độ dương thấp, vi sinh vật hiếu hư hỏng đặc trưng *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở nhiệt độ dương ổn định.

2.2.5. Nghiên cứu xây dựng mô hình động học về sự sinh trưởng của TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian và nhiệt độ bảo quản trong chuỗi cung ứng

Xây dựng mô hình cấp sơ cấp: dựa trên mô hình của Baranyi & Roberts.

Xây dựng mô hình cấp thứ cấp: dựa trên mô hình của Ratkowski.

2.2.5.2. Kiểm định mô hình

Mô hình nhiệt độ lạnh biến động 1: đây là những nhiệt độ có thể gặp trong quá trình bảo quản phi lê cá tại siêu thị như tại các tủ lạnh ($1 \pm 1^{\circ}\text{C}$) và quầy trưng bày mở ở siêu thị ($19 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

Mô hình nhiệt độ lạnh biến động 2: mô phỏng quá trình vận chuyển hàng từ nhà máy đến nơi phân phối ($4 \pm 1^{\circ}\text{C}$), bày bán tại nơi bán lẻ ($9 \pm 1^{\circ}\text{C}$), nhiệt độ thay đổi khi người mua lấy sản phẩm ra khỏi tủ và chọn lựa ($15 \pm 1^{\circ}\text{C}$).

2.2.5.3. Thử nghiệm ứng dụng mô hình động học về sự sinh trưởng của TPC vào quản lý chất lượng sản phẩm phi lê cá rô phi vằn trong chuỗi cung ứng lạnh

Mẫu phi lê cá rô phi vằn được bố trí giám sát sự biến động nhiệt độ tại các quầy bán hàng nhỏ lẻ, sử dụng các cảm biến nhiệt kế tự ghi để giám sát liên tục nhiệt độ bảo quản và dữ liệu được truyền tự động về máy chủ bằng hệ thống mạng cảm biến không dây.

Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN

3.1. Thành phần hoá học và sự hiện diện của các nhóm vi sinh vật ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn

3.1.1. Thành phần hoá học ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông ròi IQF

Bảng 3.1. Thành phần hoá học của phi lê cá rô phi vằn sau phi lê và đông ròi IQF

Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Sau phi lê	Sau làm đông
Lipid	%	$1,19 \pm 0,03$	$0,68 \pm 0,04$
Protein	%	$17,7 \pm 0,6$	$19,6 \pm 0,2$
Hàm lượng nước	%	$79,7 \pm 1,1$	$78,0 \pm 0,9$
Tro	%	$0,81 \pm 0,04$	$0,78 \pm 0,02$

Kết quả phân tích ở bảng 3.1 cho thấy phi lê cá rô phi vằn sau đông thuộc nhóm có giá trị dinh dưỡng cao

Bảng 3.2. Chỉ tiêu hoá học đánh giá chất lượng cá rô phi vằn sau phi lê và đông ròi IQF

Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Sau phi lê	Sau Đông
TVB-N	mgN/100g	$11,13 \pm 0,74$	$12,82 \pm 1,22$
FFA	(g/100g béo)	$2,86 \pm 0,05$	$4,87 \pm 0,12$
PV	(meq/kg béo)	0	0
TBARs	(mg MDA/kg)	$0,06 \pm 0,004$	$0,11 \pm 0,012$

Hàm lượng acid béo tự do sau phi lê là 2,86 g/100g chất béo tăng lên 4,87g/100g chất béo sau đông ròi (bảng 3.2), chưa ghi nhận lượng PV của phi lê cá rô phi vằn sau quá trình chế biến. Trong khi đó chỉ số TBARs của cá sau phi lê là 0,06 MDA/kg và sau đông là 0,11mg MDA/kg. Cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông của luận án đạt yêu cầu về lượng TVB-N.

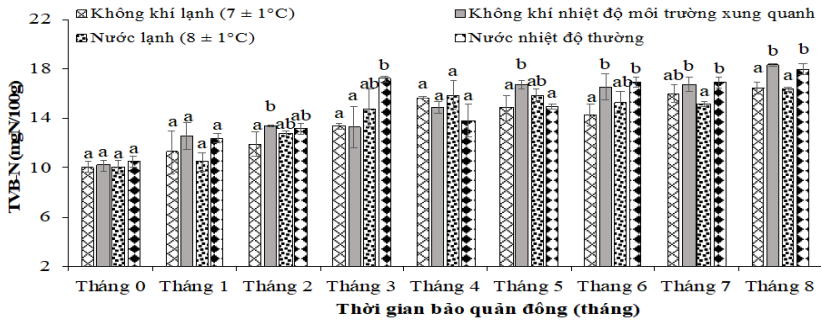
3.1.2. Sự hiện diện của các nhóm vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn sau phi lê và đông ròi IQF

Kết quả khảo sát cho thấy chỉ phát hiện sự hiện diện của TPC dao động từ $3,4.10^3$ đến $3,9.10^3$ CFU/g, nhóm vi sinh vật chỉ thị vệ sinh: coliform và *E.coli* nằm trong giới hạn cho phép (10^2 CFU/g).

3.2. Ảnh hưởng quá trình rã đông đến chất lượng phi lê cá rô phi vằn đông lạnh

3.2.1. Ảnh hưởng của quá trình rã đông đến hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn đông lạnh

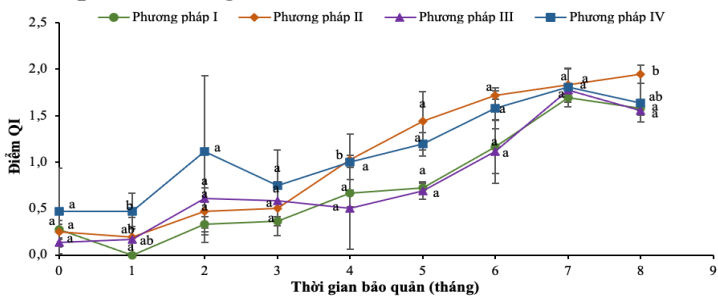
Kết quả phân tích cho thấy, tất cả các mẫu có thời gian bảo quản khác nhau và rã đông bằng bốn phương pháp đều có hàm lượng TVB-N <30 mgN/100g.



Hình 3.1. Hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở nhiệt độ $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ từ tháng 1 đến tháng 8, được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về hàm lượng TVB-N trung bình giữa các phương pháp rã đông trong cùng thời gian bảo quản

3.2.2. Ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn đông lạnh

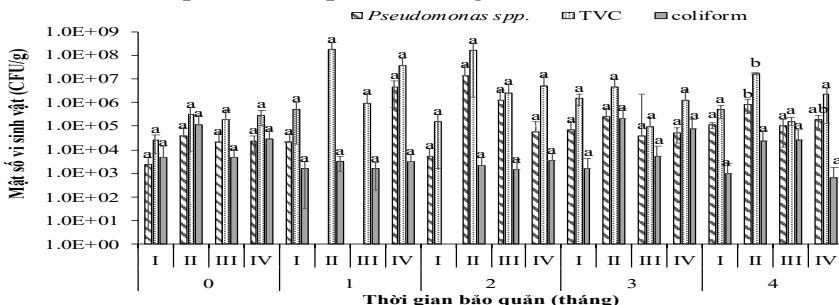


Hình 3.2. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở $-20 \pm 2^\circ\text{C}$, từ tháng 1 đến tháng thứ 4) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh ($7 \pm 1^\circ\text{C}$); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh ($8 \pm 1^\circ\text{C}$); và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường

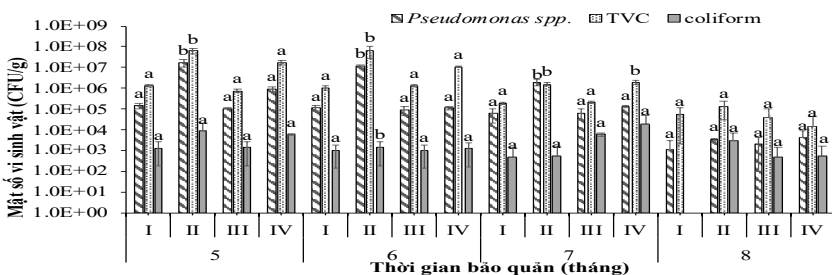
Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về điểm QI trung bình giữa các phương pháp rã đông ở cùng tháng bảo quản

Điểm QI của mẫu rã đông bằng không khí lạnh có điểm QI thấp nhất so với các phương pháp đã nghiên cứu.

3.2.3. Ảnh hưởng quá trình rã đông đến sự sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn đông lạnh



Hình 3.3. Mật số vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở $-20 \pm 2^\circ\text{C}$, từ tháng 0 đến tháng thứ 8) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh ($7 \pm 1^\circ\text{C}$); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh ($8 \pm 1^\circ\text{C}$) và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường



Hình 3.4. Mật số vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở $-20 \pm 2^\circ\text{C}$, từ tháng 0 đến tháng thứ 8) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh ($7 \pm 1^\circ\text{C}$); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh ($8 \pm 1^\circ\text{C}$) và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về mật số vi sinh vật trung bình giữa các phương pháp rã đông ở cùng tháng bảo quản

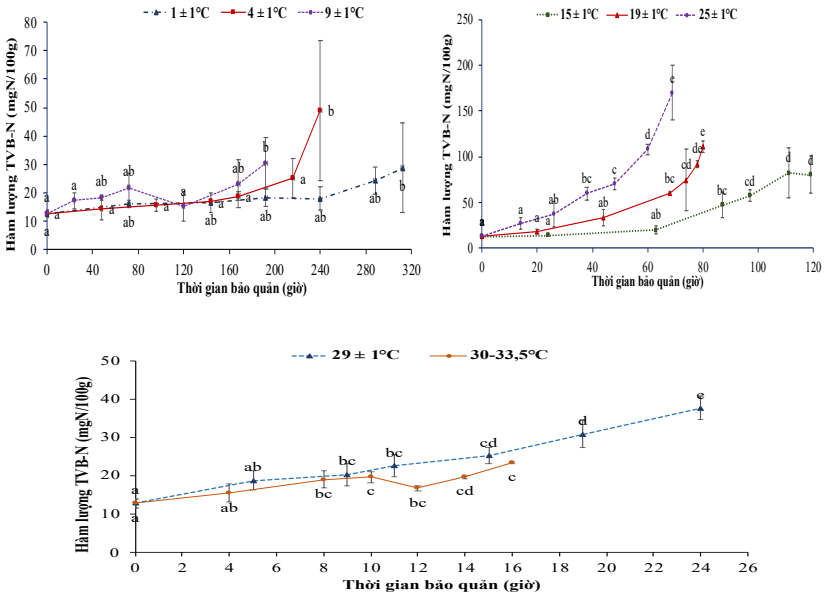
Không phát hiện có sự hiện diện của vi khuẩn *E. coli* trong tất cả các mẫu được rã đông. Mật số coliform, TPC và *Pseudomonas* spp. của phi lê cá rô phi vằn khi rã đông bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh cao hơn so với các phương pháp rã đông khác tại mẫu bảo quản tháng thứ 4, 5, 6 và thứ 7.

Rã đông chậm bằng không khí lạnh ($7 \pm 1^\circ\text{C}$) trong 8 giờ là phương pháp phù hợp nhất cho phi lê cá rô phi vằn. Dựa vào những ưu điểm đã phân tích, đề tài lựa chọn phương pháp này cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.3. Sự biến đổi chất lượng của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định

3.3.1. Sự biến đổi thành phần hoá học của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định

3.3.1.1. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định



Hình 3.5. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian tại các nhiệt độ lạnh ổn định 1, 4, 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) lượng TVB-N trung bình giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Hàm lượng TVB-N vượt ngưỡng 30 mgN/100 g sau 240 giờ ở $4 \pm 1^\circ\text{C}$, 192 giờ ở $9 \pm 1^\circ\text{C}$, 87 giờ ở $15 \pm 1^\circ\text{C}$, 44 giờ ở $19 \pm 1^\circ\text{C}$, 14 giờ ở $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 19 giờ ở $29 \pm 1^\circ\text{C}$. Tuy nhiên, sau 312 giờ ở $1 \pm 1^\circ\text{C}$, sau 16

giờ ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C hàm lượng TVB-N chưa vượt ngưỡng quy định.

3.3.1.2. Sự biến đổi thành phần lipid của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định

Bảng 3.3. Sự biến đổi thành phần lipid của phi lê cá rô phi theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$

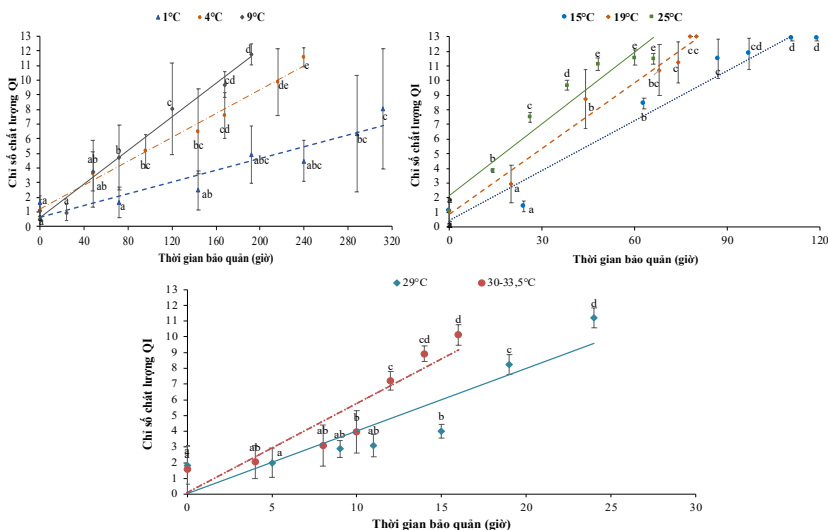
Nhiệt độ	Thời gian bảo quản	Lipid (%)	FFA (%)	PV (meq/kg)	TBARs (mg MDA/kg)
$1 \pm 1^\circ\text{C}$	Ngày 0	$0,68 \pm 0,04$	$4,87 \pm 0,11$	-	$0,11 \pm 0,01$
	Ngày 6	$2,51 \pm 0,09$	$6,89 \pm 0,11$	-	$0,91 \pm 0,05$
	Ngày 9	$1,66 \pm 0,02$	$3,39 \pm 0,05$	-	$0,85 \pm 0,06$
	Ngày 13	$1,81 \pm 0,05$	$1,93 \pm 0,05$	2	$0,75 \pm 0,05$
$4 \pm 1^\circ\text{C}$	Ngày 4	$3,35 \pm 0,06$	$4,67 \pm 0,08$	0	$0,49 \pm 0,27$
	Ngày 7	$2,90 \pm 0,10$	$6,54 \pm 0,24$	0	$1,02 \pm 0,13$
	Ngày 10	$3,36 \pm 0,13$	$6,30 \pm 0,05$	1,82	$1,23 \pm 0,16$

Chỉ số PV ở ngày bảo quản thứ 10 phi lê cá rô phi vằn tại $1 \pm 1^\circ\text{C}$ ở $4 \pm 1^\circ\text{C}$ lần lượt là 2 meq/kg và 1,82 meq/kg. Cuối thời gian bảo quản lạnh phi lê cá rô phi vằn, số TBARs chỉ ở mức 0,75 mgMDA/kg tại $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và 1,23 mgMDA/kg tại $4 \pm 1^\circ\text{C}$.

3.3.2. Sự biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định

3.3.2.1. Biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh ở nhiệt độ dương ổn định bằng phương pháp chỉ số chất lượng (QIM)

Chỉ số QI cuối thời gian ở các chế độ nhiệt độ bảo quản ổn định đều tăng trên 75% so với điểm QI tối đa, vượt quá giới hạn chấp nhận về cảm quan. Được thể hiện ở hình 3.6



Hình 3.6. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian tại các nhiệt độ lạnh ổn định 1, 4, 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về chỉ số QI trung bình giữa các giờ bảo quản trong cùng chế độ nhiệt độ.

Bảng 3.4. Phương trình hồi quy và hệ số tương quan của điểm QI (y) theo thời gian bảo quản (x, giờ) ở các chế độ nhiệt độ ổn định

Nhiệt độ	Phương trình hồi quy	R^2
$1 \pm 1^\circ\text{C}$	$y = 0,02x + 0,6514$	$R^2 = 0,8669$
$4 \pm 1^\circ\text{C}$	$y = 0,0408x + 1,1526$	$R^2 = 0,9858$
$9 \pm 1^\circ\text{C}$	$y = 0,0572x + 0,6065$	$R^2 = 0,9805$
$15 \pm 1^\circ\text{C}$	$y = 0,1139x + 0,434$	$R^2 = 0,9588$
$19 \pm 1^\circ\text{C}$	$y = 0,1503x + 0,8612$	$R^2 = 0,9759$
$25 \pm 1^\circ\text{C}$	$y = 0,159x + 2,2549$	$R^2 = 0,9082$
$29 \pm 1^\circ\text{C}$	$y = 0,3984x + 0,0276$	$R^2 = 0,8360$
30-33,5°C	$y = 0,5673x + 0,0886$	$R^2 = 0,8626$

Chỉ số chất lượng QI tăng tuyến tính với thời gian bảo quản theo phương trình hồi quy với hệ số tương quan cao $R^2 > 0,8$.

3.3.2.2. *Biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$ bằng phương pháp phân tích mô tả định lượng (QDA)*

a) Chỉ tiêu mùi

Bảng 3.5. Sự biến đổi điểm cảm quan về mùi của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$

1°C		0	72	144	192	216	240	264
	Mùi khoai tây luộc	45,73 ^a	44,60 ^a	51,07 ^a	56,40 ^a	54,07 ^a	45,07 ^a	59,67 ^a
	Mùi tanh khi để nguội	20,40 ^a	24,53 ^a	25,33 ^a	17,33 ^a	24,53 ^a	23,40 ^a	17,47 ^a
	Mùi bùn	15,87 ^a	14,20 ^a	10,20 ^a	11,67 ^a	11,67 ^a	11,33 ^a	12,33 ^a
	Mùi khai	7,73 ^a	5,27 ^a	4,87 ^a	9,93 ^a	7,93 ^a	10,73 ^a	14,33 ^a
	Mùi mốc	1,73 ^a	3,60 ^a	3,07 ^a	2,53 ^a	4,07 ^a	3,53 ^a	3,60 ^a
	Mùi ôi khét	0,60 ^a	1,27 ^a	0,73 ^a	1,20 ^a	1,73 ^a	1,33 ^a	2,07 ^a
	Mùi thối, trứng ung	0,93 ^a	1,33 ^a	1,40 ^a	3,93 ^a	3,20 ^a	2,80 ^a	6,13 ^a
4°C		0	48	96	120	144	168	192
	Mùi khoai tây luộc	46,67 ^a	51,53 ^a	49,93 ^a	47,40 ^a	44,53 ^a	49,00 ^a	43,73 ^a
	Mùi tanh khi để nguội	19,53 ^a	18,27 ^a	19,53 ^a	15,87 ^a	15,93 ^a	22,40 ^a	14,53 ^a
	Mùi bùn	7,73 ^a	11,20 ^a	9,67 ^a	8,27 ^a	10,20 ^a	6,13 ^a	12,33 ^a
	Mùi khai	11,67 ^a	14,60 ^a	13,93 ^a	11,40 ^a	15,07 ^a	8,93 ^a	11,73 ^a
	Mùi mốc	3,53 ^a	3,40 ^a	8,00 ^a	5,20 ^a	5,80 ^a	2,93 ^a	4,87 ^a
	Mùi ôi khét	3,27 ^a	2,93 ^a	7,87 ^a	5,73 ^a	4,47 ^a	2,33 ^a	7,33 ^a
	Mùi thối, trứng ung	6,00 ^a	4,73 ^a	5,27 ^a	5,93 ^a	5,27 ^a	6,87 ^a	4,73 ^a

Ghi chú: trên cùng một hàng, các chữ cái khác nhau (nếu có) thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về điểm mùi trung bình giữa các giờ bảo quản.

Kết quả phân tích của đề tài cho thấy, sự biến đổi thuộc tính mùi QDA của phi lê cá rô phi không đáng kể ở $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$.

b) Chỉ tiêu màu sắc bên ngoài

Bảng 3.6. Sự biến đổi điểm cảm quan về màu sắc của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$

	Màu sắc	0	72	144	192	216	240	264
1°C	Màu sáng-sậm	52,67 ^a	47,34 ^{ab}	25,60 ^b	50,47 ^{ab}	44,80 ^{ab}	39,47 ^{ab}	51,73 ^{ab}
	Bề mặt láng mịn-khô/rỗ	37,67 ^{ab}	47,93 ^b	20,93 ^a	43,27 ^{ab}	26,13 ^{ab}	33,47 ^{ab}	33,27 ^{ab}
	Màu sắc	0	48	96	120	144	168	192
4°C	Màu sáng-sậm	53,27 ^a	47,87 ^a	54,40 ^a	39,53 ^a	43,27 ^a	44,53 ^a	47,40 ^a
	Bề mặt láng mịn-khô/rỗ	32,07 ^a	39,73 ^a	42,00 ^a	36,93 ^a	42,40 ^a	35,87 ^a	36,93 ^a

Ghi chú: trên cùng một hàng, các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về điểm màu sắc bên ngoài trung bình giữa các giờ bảo quản.

Ở chế độ nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$. Tại 144 giờ bảo quản, có màu sắc (25,60%) và độ láng mịn của bề mặt (20,93%) là thấp nhất. Ở nhiệt độ $4 \pm 1^\circ\text{C}$: Thuộc tính bề mặt láng mịn-khô của phi lê cá rô phi vằn dao động từ 32,07- 42,4%.

c) Chỉ tiêu cấu trúc cơ thịt

Bảng 3.7. Sự biến đổi điểm cảm quan về cấu trúc của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$

	Cấu trúc	0	72	144	192	216	240	264
1 °C	Độ bở khi xăn thìa/ nĩa	35,40 ^a	38,33 ^a	30,20 ^a	37,20 ^a	37,40 ^a	33,67 ^a	37,33 ^a
	Mềm mại-khô xác	48,00 ^a	51,60 ^a	38,00 ^a	52,13 ^a	44,47 ^a	48,27 ^a	50,13 ^a
	Độ sợi- độ nhám bề mặt của cơ thịt	41,20 ^{ab}	45,33 ^{ab}	28,60 ^a	50,73 ^b	44,27 ^{ab}	42,13 ^{ab}	50,67 ^b
	Cảm giác hồ bột khi nhai	29,07 ^a	32,47 ^a	27,53 ^a	35,27 ^a	38,20 ^a	33,00 ^a	33,93 ^a
	Bở-dai	40,60 ^a	54,80 ^a	55,53 ^a	45,33 ^a	54,47 ^a	46,60 ^a	43,80 ^a
	Khô (hút nước bột khi nhai)-ứa dịch khi dai	31,13 ^a	33,00 ^a	44,67 ^a	36,60 ^a	38,07 ^a	42,20 ^a	34,67 ^a
4 °C	Cấu trúc	0	48	96	120	144	168	192

Độ bở khi xăn thìa/ nĩa	41,20 ^a	44,20 ^a	45,27 ^a	38,53 ^a	50,33 ^a	50,53 ^a	56,13 ^a
Mềm mại-khô xác	32,93 ^a	41,13 ^a	40,80 ^a	41,27 ^a	47,80 ^a	51,67 ^a	46,20 ^a
Độ sơi- độ nhám bề mặt của cơ thịt	37,40 ^a	44,13 ^a	43,67 ^a	48,73 ^a	50,40 ^a	52,07 ^a	43,93 ^a
Cảm giác hồ bột khi nhai	35,53 ^a	38,07 ^a	33,40 ^a	37,60 ^a	44,00 ^a	45,13 ^a	41,33 ^a
Bở-dại	53,33 ^a	43,40 ^a	43,33 ^a	46,73 ^a	39,73 ^a	47,60 ^a	38,07 ^a
Khô (hút nước bột khi nhai)-ứa dịch khi dai	47,20 ^a	39,20 ^a	40,07 ^a	29,67 ^a	35,53 ^a	30,33 ^a	30,47 ^a

Ghi chú: trên cùng một hàng, các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về điểm cấu trúc trung bình giữa các giờ bảo quản.

Chế độ nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$: các thuộc tính cấu trúc của phi lê cá rô phi vẫn hấp có xu hướng tăng ở các thời gian bảo quản tại nhiệt độ này. Ở nhiệt độ $4 \pm 1^\circ\text{C}$, không thấy sự khác biệt giữa các giờ bảo quản của 6 thuộc tính về cấu trúc của phi lê cá rô phi vẫn hấp.

d) Chỉ tiêu vị

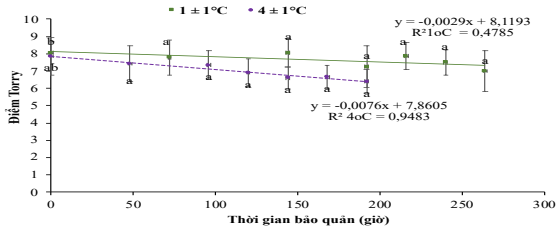
Bảng 3.8. Sự biến đổi điểm cảm quan về vị của phi lê cá rô phi vẫn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$

	Vị	0	72	144	192	216	240	264
1°C	Ngọt đậm	48,67 ^a	43,87 ^a	39,00 ^a	29,07 ^a	32,20 ^a	38,53 ^a	26,00 ^a
	Béo	9,27 ^a	10,27 ^a	13,27 ^a	4,60 ^a	12,87 ^a	9,07 ^a	4,73 ^a
	Chua	3,07 ^a	1,20 ^a	2,53 ^a	7,93 ^a	4,47 ^a	3,80 ^a	4,33 ^a
	Ôi khét	0,53 ^a	1,47 ^a	0,00 ^a	0,47 ^a	0,07 ^a	0,67 ^a	0,53 ^a
	Hồng/ thối	0,07 ^a	0,07 ^a	0,00 ^a	5,47 ^a	0,00 ^a	0,33 ^a	0,40 ^a
4°C	Vị	0	48	96	120	144	168	192
	Ngọt đậm	44,20 ^b	39,60 ^{ab}	37,93 ^{ab}	25,67 ^{ab}	35,87 ^{ab}	27,47 ^{ab}	15,33 ^a
	Béo	8,67 ^a	5,80 ^a	10,33 ^a	5,47 ^a	4,53 ^a	10,53 ^a	2,13 ^a
	Chua	1,13 ^a	3,67 ^a	3,20 ^a	1,87 ^a	4,20 ^a	4,27 ^a	1,53 ^a
	Ôi khét	0,00 ^a	0,33 ^a	3,27 ^a	0,60 ^a	0,53 ^a	2,40 ^a	1,73 ^a
	Hồng/ thối	0,00 ^a	0,13 ^a	2,93 ^a	0,33 ^a	0,27 ^a	0,80 ^a	0,60 ^a

Ghi chú: trên cùng một chế độ nhiệt độ bảo quản, các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về chỉ tiêu vị trung bình giữa các giờ bảo quản.

Vị ngọt đậm có xu hướng càng giảm khi thời gian bảo quản càng tăng. Điểm về vị ôi khét chỉ ở mức thấp 0,53% ($1 \pm 1^\circ\text{C}$) và 1,73% ($4 \pm 1^\circ\text{C}$).

3.3.2.3. Biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$ bằng thang điểm Torry



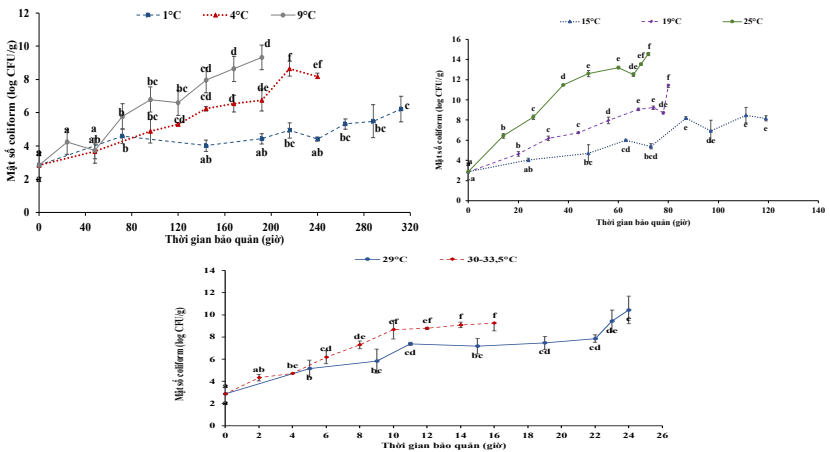
Hình 3.7. Điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ lạnh $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$

Ghi chú: trên cùng một chế độ nhiệt độ bảo quản, các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) điểm Torry trung bình giữa các giờ bảo quản.

Ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ điểm Torry ghi nhận được tại thời gian đầu là 8,05 điểm, đến cuối thời gian bảo quản (264 giờ) là 7 điểm. Ở $4 \pm 1^\circ\text{C}$ điểm Torry tại 0 giờ là 7,85 điểm, đến cuối quá trình bảo quản 192 giờ là 6,4 điểm.

3.3.3. Sự sinh trưởng của lượng vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

3.3.3.1. Sự sinh trưởng của coliform trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

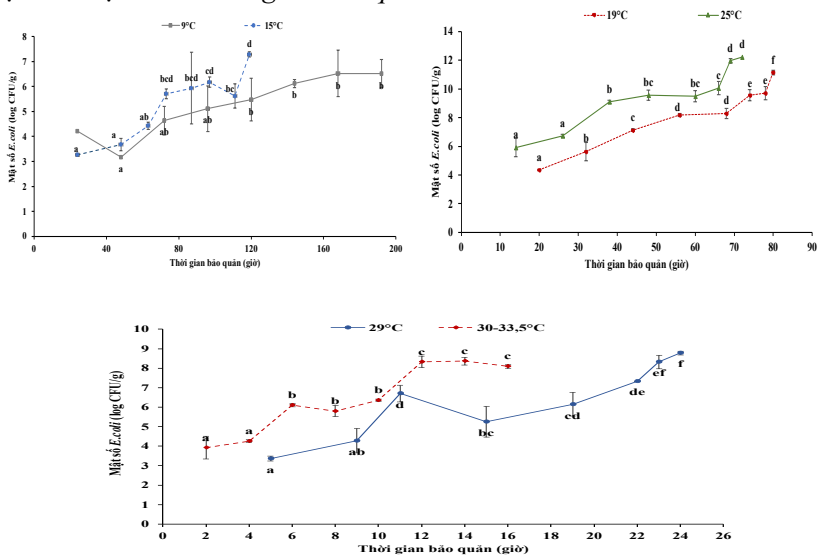


Hình 3.8. Sự biến đổi lượng coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở các nhiệt độ lạnh ổn định $1, 4, 9, 15, 19, 25, 29 \pm 1^\circ\text{C}$ và nhiệt độ môi trường xung quanh $30 - 33,5^\circ\text{C}$

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về mật số coliform trung bình giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Mật số coliform cuối thời gian bảo quản được ghi nhận là: 6,22 log CFU/g ở $1 \pm 1^\circ\text{C}$; 8,16 log CFU/g ở $4 \pm 1^\circ\text{C}$; 9,32 log CFU/g ở $9 \pm 1^\circ\text{C}$, 8,15 log CFU/g ở $15 \pm 1^\circ\text{C}$; 11,39 log CFU/g ở $19 \pm 1^\circ\text{C}$; 14,55 log CFU/g ở $25 \pm 1^\circ\text{C}$; 10,44 log CFU/g ở $29 \pm 1^\circ\text{C}$ và 9,25 log CFU/g ở nhiệt độ môi trường xung quanh $30 - 33,5^\circ\text{C}$.

3.3.3.2. Sự sinh trưởng của *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

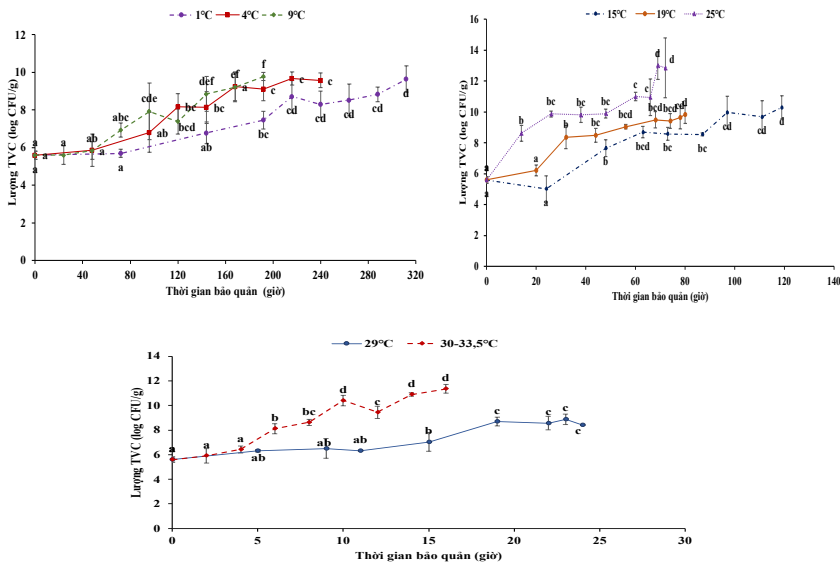


Hình 3.9. Sự biến đổi lượng *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1, 4, 9, 15, 19, 25, $29 \pm 1^\circ\text{C}$ và nhiệt độ môi trường xung quanh $30 - 33,5^\circ\text{C}$

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về mật số *E.coli* trung bình giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Không ghi nhận có sự hiện diện *E.coli* ở nhiệt độ $1 \pm 1^\circ\text{C}$ và $4 \pm 1^\circ\text{C}$. Theo quy định của Bộ Y tế. Phi lê cá rô phi vằn sẽ hết hạn sử dụng ở chế độ bảo quản $9 \pm 1^\circ\text{C}$ sau 24 giờ, ở chế độ bảo quản $15 \pm 1^\circ\text{C}$ sau 24 giờ và ở chế độ bảo quản $19 \pm 1^\circ\text{C}$ sau 20 giờ, $25 \pm 1^\circ\text{C}$ sau 14 giờ, $29 \pm 1^\circ\text{C}$ sau 5 giờ và sau 2 giờ ở nhiệt độ môi trường xung quanh $30 - 33,5^\circ\text{C}$.

3.3.3.3. Sự biến đổi lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

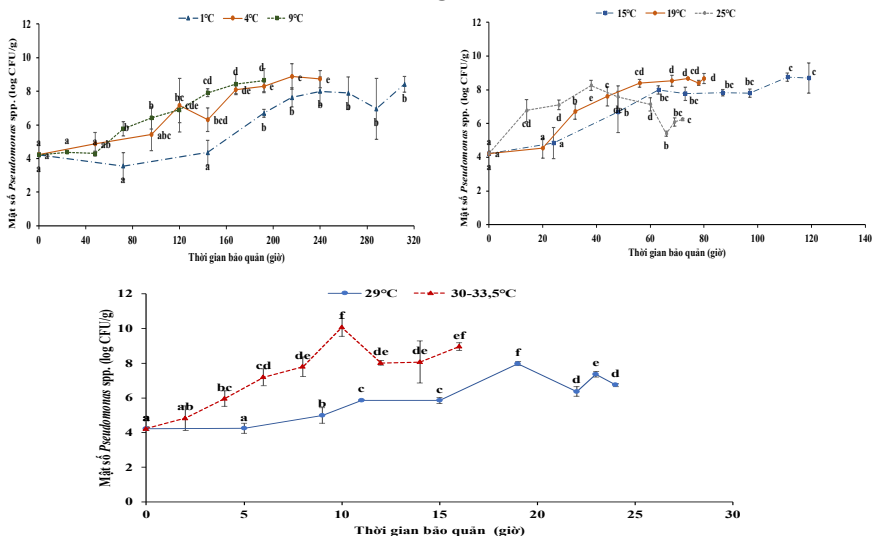


Hình 3.10. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng theo thời gian ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ ổn định $29 \pm 1^\circ\text{C}$ và nhiệt độ môi trường xung quanh $30 - 33,5^\circ\text{C}$

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về lượng TPC trung bình giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Theo quy định về lượng TPC không được phép vượt 10^6CFU/g , phi lê cá rô phi vằn hết thời hạn sử dụng sau 144 giờ ở $1 \pm 1^\circ\text{C}$, 96 giờ ở $4 \pm 1^\circ\text{C}$, 72 giờ ở $9 \pm 1^\circ\text{C}$, 48 giờ ở $15 \pm 1^\circ\text{C}$, 20 giờ ở $19 \pm 1^\circ\text{C}$, 14 giờ ở $25 \pm 1^\circ\text{C}$, 5 giờ ở $29 \pm 1^\circ\text{C}$ và 4 giờ ở $30 - 33,5^\circ\text{C}$.

3.3.3.4. Sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản



Hình 3.11. Sự biến đổi lượng *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1, 4, 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về mật số trung bình của *Pseudomonas* spp. giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Mật số *Pseudomonas* spp. ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn là 4,22 log CFU/g. Mật số *Pseudomonas* spp. ghi nhận ở cuối thời gian bảo quản là 8,42 log CFU/g (1 ± 1°C), 8,72 log CFU/g (4 ± 1°C), 8,64 log CFU/g (9 ± 1°C), 8,69 log CFU/g (15 ± 1°C), 8,67 log CFU/g (19 ± 1°C), 6,25 log CFU/g (25 ± 1°C), 6,74 log CFU/g (29 ± 1°C) và 8,96 log CFU/g ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.

3.4. Mô hình về sự sinh trưởng của vi sinh vật gây hư hỏng trên sản phẩm phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở nhiệt độ bảo quản ổn định

3.4.1. Mô hình sơ cấp về sự sinh trưởng của vi sinh vật gây hư hỏng trên sản phẩm phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở nhiệt độ bảo quản ổn định

3.4.1.1. Mô hình sơ cấp về sự sinh trưởng của tổng số vi sinh vật hiếu khí ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở nhiệt độ bảo quản ổn định

Bảng 3.9. Các thông số của mô hình sơ cấp về sự sinh trưởng của TPC trên phi lê cá rô phi vằn tại các nhiệt độ bảo quản ổn định

Nhiệt độ	R ²	SE of Fit	Y ₀ (log CFU/g)	λ (giờ)	μ _{max} (1/giờ)	Y _{max} (log CFU/g)
1 ± 1°C	0,82	0,62	5,50 ± 0,34	67,05 ± 43,45	0,02 ± 0,003	10,27 ± 3,88
4 ± 1°C	0,83	0,67	5,57 ± 0,35	51,07 ± 24,87	0,03 ± 0,007	9,54 ± 0,26
9 ± 1°C	0,82	0,73	5,09 ± 0,40	9,48 ± 28,58	0,03 ± 0,005	10,54 ± 3,35
15 ± 1°C	0,81	0,83	5,08 ± 0,47	15,51 ± 15,95	0,06 ± 0,015	10,01 ± 0,38
19 ± 1°C	0,86	0,59	5,46 ± 0,34	5,77 ± 8,62	0,08 ± 0,02	9,57 ± 0,18
25 ± 1°C	0,90	0,55	5,69 ± 0,28		0,21 ± 0,03	10,17 ± 0,14
29 ± 1°C	0,83	0,60	5,87 ± 0,24	5,01 ± 1,74	0,32 ± 0,07	9,03 ± 0,17
30-33,5°C	0,91	0,62	5,59 ± 0,34	1,40 ± 1,38	0,46 ± 0,06	11,26 ± 0,42

Từ mô hình Baranyi & Roberts ở bảng 3.9 có thể thấy rằng lượng TPC dự đoán ban đầu (Y₀) dao động từ 5,50-5,59 log CFU/g. Ở tất cả các chế độ nhiệt độ ổn định, lượng TPC tăng tối đa từ 9,03-11,26 log CFU/g (Y_{max}). Tốc độ tăng trưởng (μ_{max}) của TPC là 0,02 (1/giờ) ở 1 ± 1°C tăng lên 0,46 (1/giờ) ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C. Thời gian pha lag (λ) giảm từ 67,05 ± 43,45 giờ ở 1±1°C xuống 1,4 ± 1,38 giờ ở nhiệt độ 30-33,5°C.

3.4.1.2. Mô hình sơ cấp về sự sinh trưởng của *Pseudomonas spp.* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian và nhiệt độ bảo quản

Các thông số của mô hình sơ cấp của vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng *Pseudomonas spp.* dựa trên mô hình Baranyi và Roberts được thể hiện ở bảng 3.10.

Bảng 3.10. Các thông số của mô hình sơ cấp về sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi tại các nhiệt độ bảo quản ổn định

Nhiệt độ	R ²	SE of Fit	Y ₀ (log CFU/g)	λ (giờ)	μ _{max} (1/giờ)	Y _{max} (log CFU/g)
1 ± 1°C	0,80	0,88	3,87 ± 0,36	143,79 ± 20,57	0,06 ± 0,03	7,81 ± 0,25
4 ± 1°C	0,80	0,82	4,18 ± 0,45	41,33 ± 31,85	0,03 ± 0,01	8,91 ± 0,51
9 ± 1°C	0,92	0,49	4,24 ± 0,23	41,83 ± 13,46	0,04 ± 0,01	8,65 ± 0,29
15 ± 1°C	0,83	0,67	4,22 ± 0,38	20,39 ± 10,14	0,09 ± 0,02	8,20 ± 0,18
19 ± 1°C	0,95	0,39	4,14 ± 0,22	16,44 ± 3,22	0,14 ± 0,02	8,53 ± 0,10
25 ± 1°C	0,81	0,59	4,17 ± 0,29	-	0,19 ± 0,03	7,52 ± 0,15
29 ± 1°C	0,81	0,59	4,23 ± 0,27	3,58 ± 1,69	0,38 ± 0,11	7,30 ± 0,14
30-33,5°C	0,82	0,83	4,08 ± 0,46	1,13 ± 1,61	0,63 ± 0,17	8,71 ± 0,25

Tốc độ tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. trong mô hình tăng lên khi nhiệt độ tăng cụ thể là: *Pseudomonas* spp. đạt 0,06 (1/giờ) ở 1 ± 1°C tăng lên 0,63 (1/giờ) ở 30-33,5°C. Thời gian pha lag giảm từ 143,79 ± 20,57 giờ ở 1 ± 1°C xuống 1,13 ± 1,61 giờ ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.

3.4.2. Mô hình thứ cấp về sự sinh trưởng của vi sinh vật gây hư hỏng trên sản phẩm phi lê cá rô phi vằn theo nhiệt độ bảo quản

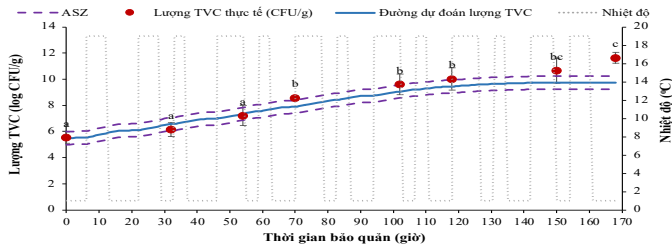
Bảng 3.11. Các thông số của mô hình thứ cấp về sự sinh trưởng của TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn

	b (°C ⁻¹ giờ ^{-1/2})	$T_{\min}$ (°C)	R ²
TPC	0,015 ± 0,002	0,23 ± 0,05	0,91
<i>Pseudomonas</i> spp.	0,016 ± 0,004	6,48 ± 19,92	0,83

Các thông số thu được từ mô hình sinh trưởng của TPC có $T_{\min} = 0,23 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$ và $b = 0,015 \pm 0,002$ (°C-1giờ-1/2) và mô hình sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. có $T_{\min} = 6,48 \pm 19,92^{\circ}\text{C}$ và $b = 0,016 \pm 0,004$ (°C-1giờ-1/2). Hệ số R² tương đối cao cho thấy tính khả thi khi áp dụng mô

hình này việc ước tính mật số TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp và *Pseudomonas* spp. ở điều kiện nhiệt độ biến động.

3.4.3. Kiểm định mô hình dự đoán sự sinh trưởng của tổng số vi sinh vật hiếu khí trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ biến động mô phỏng điều kiện của chuỗi cung ứng

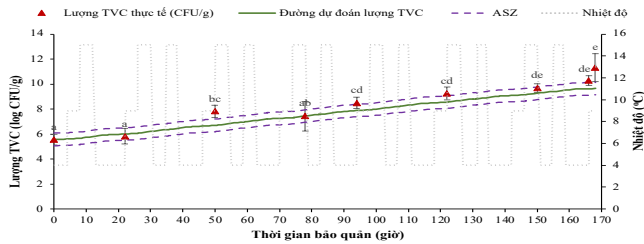


Hình 3.12. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ biến động 1 và 2

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về lượng TPC trung bình giữa các giờ bảo quản.

Thời hạn sử dụng cho phi lê cá rô phi được bảo quản ở chế độ nhiệt độ mô phỏng biến động 1 không nên quá 32 giờ khi TPC vượt ngưỡng cho phép (6 log CFU/g). Ở chế độ nhiệt độ mô phỏng biến động 2, mật số TPC tăng nhanh sau 22 giờ và vượt ngưỡng quy định ở 50 giờ bảo quản với mật số là 7,45 log CFU/g.

3.4.4. Nghiên cứu ứng dụng mô hình về sự sinh trưởng của tổng số vi sinh vật hiếu khí trên sản phẩm phi lê cá rô phi vằn ở cuối chuỗi cung ứng



Hình 3.13. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở điều kiện thực tế của chuỗi cung ứng

Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) về lượng TPC trung bình giữa các giờ bảo quản

Mật số TPC ban đầu là 5,45 log CFU/g, TPC tăng theo thời gian bảo quản và vượt ngưỡng quy định sau 22 giờ (6,39 log CFU/g). có xu hướng tăng trong suốt quá trình bảo quản và nhanh chóng vượt ngưỡng quy định. Sau 7 ngày (168 giờ) bảo quản sản phẩm phi lê cá rô phi vẫn có mật số TPC rất cao là 11,71 log CFU/g.

Việc sử dụng mô hình dự đoán vi sinh vật cho sản phẩm phi lê cá rô phi vẫn trong chuỗi cung ứng mang lại hiệu quả cao. Dựa vào lịch sử nhiệt độ-thời gian bảo quản sản phẩm có thể xác định một cách nhanh chóng lượng TPC trên phi lê cá rô phi vẫn tại thời điểm bất kỳ của chuỗi cung ứng, thông qua mô hình vi sinh vật này có thể dự đoán thời gian sử dụng phi lê cá an toàn cho người tiêu dùng. Điều này cũng giúp cho nhà cung ứng có thể kiểm soát một cách nhanh chóng và chính xác chất lượng của sản phẩm với chi phí thấp, đáp ứng nhu cầu thực tế hiện nay.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Kết luận

1. Kết quả nghiên cứu chất lượng ban đầu cho thấy phi lê cá rô phi có hàm lượng dinh dưỡng tương đối cao.

2. Phi lê cá rô phi vẫn được rã đông bằng không khí lạnh ($7 \pm 1^\circ\text{C}$) có chất lượng tốt nhất so với các phương pháp đã nghiên cứu.

3. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng nhiệt độ và thời gian bảo quản ảnh hưởng lớn đến sự biến đổi thành phần hoá học, chất lượng cảm quan, đặc biệt là sự sinh trưởng của vi sinh vật.

Sự biến đổi một số thành phần hoá học trong quá trình bảo quản phi lê cá rô phi vẫn tại các nhiệt độ biến động cho thấy: khi nhiệt độ bảo quản tăng cao hơn thì hàm lượng TVB-N tăng nhanh nhưng vẫn trong giới hạn 25 mgN/100 g.

Tất cả điểm QI ở các nhiệt độ khác nhau đều có mối tương quan tuyến tính với thời gian lưu trữ. Phương pháp QIM phát hiện rõ sự khác biệt giữa các mẫu bảo quản lâu ngày so với các mẫu mới bảo quản.

Dựa trên chỉ tiêu TPC phi lê cá rô phi sẽ hết hạn sử dụng tại 144 giờ ở $1 \pm 1^\circ\text{C}$; 96 giờ ở $4 \pm 1^\circ\text{C}$; 72 giờ ở $9 \pm 1^\circ\text{C}$, 48 giờ ở $15 \pm 1^\circ\text{C}$, 20 giờ ở $19 \pm 1^\circ\text{C}$, 14 giờ ở $25 \pm 1^\circ\text{C}$; 5 giờ ở $29 \pm 1^\circ\text{C}$ và 4 giờ bảo quản ở $30-33,5^\circ\text{C}$.

4. Dựa trên các dữ liệu về sự thay đổi mật số vi sinh vật tại các chế độ nhiệt độ ổn định luận án xây dựng được các mô hình sinh trưởng của tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp và *Pseudomonas* spp. với hệ số R^2 tương đối cao.

Kiến nghị

Tiếp tục nghiên cứu sâu hơn về sự biến đổi lipid và thành phần lipid trong quá trình bảo quản phi lê cá rô phi vẫn.

Cập nhật dữ liệu vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vẫn và cải tiến khả năng dự đoán của các mô hình động học ngày càng sát với điều kiện thực tế của chuỗi cung ứng.

Xây dựng mô hình dự đoán sự sinh trưởng của các vi sinh vật chỉ thị vệ sinh trong quá trình bảo quản lạnh/lạnh đông sản phẩm phi lê cá rô phi vẫn.

DANH MỤC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU

1. Nguyễn Thị Kiều Diễm, Nguyễn Ngọc Quỳnh Như, Nguyễn Công Bảy, Mai Thị Tuyết Nga (2018). Sự biến đổi lượng Coliform và *E.coli* gây nhiễm trên phi lê cá rô phi khi quá trình bảo quản ở nhiệt độ dương thấp. *Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ*, 54(2), p. 195-201.
2. Mai Thi Tuyet Nga, Nguyen Thi Kieu Diem (2019). Modification of Quality Index Method Scheme for *Nile Tilapia* Fillets and Application in Quality Assessment of the Product Stored at Low Temperatures. *Pertanika Journal Science Technology*. 27 (S1), p. 137-147.
3. Nguyễn Thị Kiều Diễm, Nguyễn Thuý Vân Duyên Mai Thị Tuyết Nga (2019). Mật số *Pseudomonas* spp. và tổng số vi sinh vật hiếu khí trên cá rô phi phi lê khi bảo quản ở nhiệt độ thấp. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*. 9(106), p. 151-157.
4. Mai Thi Tuyet Nga, Nguyen Thi Kieu Diem, Nguyen Ngoc Quynh Nhu (2020). Influence of frozen storage time and thawing methods on the microflora of thawed *Nile tilapia* fillets. in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing.
5. Nguyễn Thị Kiều Diễm, Mai Thị Tuyết Nga, Lý Nguyễn Bình (2020) Nghiên cứu sự phát triển của Coliform và *Escherichia Coli* trên phi lê cá rô phi khi bảo quản ở nhiệt độ thấp. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*. 12, p.67-72
6. Nguyễn Thị Kiều Diễm, Mai Thị Tuyết Nga, Lý Nguyễn Bình (2021). Nghiên cứu sự phát triển của mật số chỉ thị vệ sinh và hàm lượng tổng bazơ bay hơi trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ thấp. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 406 (7), p. 94-100.
7. Nguyễn Thị Kiều Diễm, Mai Thị Tuyết Nga (2021). Khảo sát thành phần hoá học và sự hiện diện của vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) cuối quá trình chế biến. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Thủy sản*, 1/2021 p. 26-135.
8. Nguyễn Thị Kiều Diễm, Mai Thị Tuyết Nga, Châu Văn Đan (2021). Nghiên cứu sự biến đổi chất lượng lipid trên phi lê cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*) trong quá trình bảo quản lạnh/đông cuối chuỗi cung ứng. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 415 (8), p. 76-81.