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 VẰN (O*reochromis niloticus)* CUỐI CHUỖI CUNG ỨNG SẢN PHẨM LẠNH/ĐÔNG

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 VẰN (*Oreochromis niloticus)* CUỐI CHUỖI CUNG ỨNG SẢN PHẨM LẠNH/ĐÔNG

Chuyên ngành đào tạo: CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN THUỶ SẢN

Mã số: 9540105

LUẬN ÁN TIẾN SĨ

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

KHÁNH HÒA - 2022

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình do tôi thực hiện. Các số liệu, kết quả trong luận án là trung thực và chưa được công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tôi xin chịu hoàn toàn trách nhiệm về những lời cam đoan của mình.

Tác giả luận án

Nguyễn Thị Kiều Diễm

LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành luận án này tôi xin gửi lời tri ân đến Ban giám hiệu Trường Đại học Nha Trang, Ban lãnh đạo khoa Công nghệ thực phẩm, Phòng đào tạo sau đại học đã tạo điều kiện cho tôi trong quá trình thực hiện luận án.

Tôi xin gửi lời tri ân đến Ban giám hiệu Trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Cần Thơ, Ban lãnh đạo khoa Công nghệ - Thuỷ sản đã giúp đỡ và tạo điều kiện cho tôi học tập và thực hiện thí nghiệm để hoàn thành luận án.

Tôi xin cảm ơn dự án Vlir Network đã tạo điều kiện cho tôi tham gia các lớp tập huấn và một phần kinh phí hoá chất cho việc thực hiện thí nghiệm.

Tôi xin gửi lời cảm ơn chân thành đến TS. Mai Thị Tuyết Nga và PGS.TS. Lý Nguyễn Bình đã tận tình hướng dẫn, giúp đỡ, truyền đạt kiến thức, kinh nghiệm cho tôi trong suốt quá trình học tập và nghiên cứu.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến các em học viên cao học khóa 2015-2017, 2016-2018, các em sinh viên khóa K54, K55, K56 của khoa Công nghệ Thực phẩm đã đồng hành giúp đỡ, động viên, khích lệ và chia sẻ cho tôi nhiều kinh nghiệm trong quá trình học tập, nghiên cứu.

Tôi xin gửi lời cảm ơn đến gia đình, bạn bè, đồng nghiệp đã luôn động viên, giúp đỡ, chia sẻ mọi khó khăn để luận án được hoàn thành.

Khánh Hoà, ngày..... tháng….. năm 2022

Tác giả luận án

Nguyễn Thị Kiều Diễm

MỤC LỤC

MỤC LỤC i
DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT vi
DANH SÁCH BẢNG vii
DANH SÁCH HÌNH ix
TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN xiv
PHẦN MỞ ĐẦU 1
CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU 4
1.1. Tổng quan về nguyên liệu 4
1.1.1. Phân loại cá rô phi 4
1.1.2. Đặc tính sinh học của cá rô phi vằn 5
1.1.3. Thành phần dinh dưỡng của cá rô phi vằn 5
1.1.4. Hình thức nuôi và khai thác 6
1.2. Tổng quan về chuỗi cung ứng (Supply chain) 7
1.3. Tổng quan về lạnh đông và bảo quản lạnh/đông thuỷ sản 9
1.3.1. Lạnh đông thủy sản 9
1.3.2. Rã đông 10
1.3.3. Bảo quản lạnh thủy sản 12
1.3.3.1. Bảo quản bằng nước đá 12
1.3.3.2. Bảo quản bằng không khí lạnh 13
1.4. Biến đổi chất lượng thuỷ sản trong quá trình bảo quản lạnh/ đông 14
1.4.1. Biến đổi hoá học của thủy sản trong quá trình bảo quản lạnh/ đông 14
1.4.1.1. Biến đổi tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) 14
1.4.1.2. Biến đổi của lipid 16
1.4.2. Biến đổi chất lượng thủy sản do vi sinh vật trong quá trình bảo quản lạnh/đông 17
1.4.2.1. Biến đổi chất lượng thuỷ sản do vi sinh vật 17
1.4.2.2. Một số vi sinh vật thường gặp trên thuỷ sản và sản phẩm thuỷ sản 19
1.4.3. Biến đổi chất lượng cảm quan của thuỷ sản và các phương pháp phân tích cảm quan thường sử dụng 29

1.4.3.1. Biến đổi chất lượng cảm quan của thủy sản trong quá trình bảo quản lạnh/đông 29
1.4.3.2. Các phương pháp phân tích cảm quan trong thuỷ sản 31
1.5. Tổng quan về mô hình vi sinh vật trong thực phẩm.....33
1.5.1. Mô hình sơ cấp cho vi sinh vật trên thực phẩm 34
1.5.1.1. Mô hình sơ cấp Baranyi & Roberts.....34
1.5.1.2. Mô hình sơ cấp Gompertz 36
1.5.2. Mô hình thứ cấp cho vi sinh vật trên thực phẩm.....37
Chương 2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....42
2.1. Nguyên vật liệu nghiên cứu.....42
2.1.1. Phi lê cá rô phi vằn 42
2.1.2. Hóa chất dùng trong nghiên cứu.....42
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....43
2.2.1. Phương pháp tiếp cận nghiên cứu.....43
2.2.2. Nội dung 1: Nghiên cứu thành phần hoá học và sự hiện diện của vi sinh vật ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn 45
2.2.3. Nội dung 2: Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng phi lê cá rô phi vằn.....46
2.2.4. Nội dung 3: 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 48
2.2.4.1. Sự biến đổi một số thành phần hoá học trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định 48
2.2.4.2. Sự biến đổi chất lượng cảm quan trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản lạnh ở nhiệt độ dương ổn định 49
2.2.4.3. Sự sinh trưởng của vi sinh vật chỉ thị vệ sinh (coliform và E.coli) và tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ dương thấp, vi sinh vật gây hỏng đặc trưng Pseudomonas spp. trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định 51
2.2.5. Nội dung 4: 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 53

2.2.5.1. Xây dựng mô hình động học sơ cấp và thứ cấp 53
2.2.5.2. Kiểm định mô hình 54
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 56
2.3. Phương pháp phân tích 57
2.3.1. Phương pháp phân tích vi sinh vật 57
2.3.2. Phương pháp phân tích hoá học 58
2.3.3. Phương pháp phân tích cảm quan 58
2.4. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu 59
Chương 3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ BÀN LUẬN 60
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 60
3.1.1. Thành phần hoá học ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông rời IQF 60
3.1.2. Sự hiện diện của các vi sinh vật trên cá rô phi vằn sau phi lê và đông rời IQF.63
3.2. Sự ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng phi lê cá rô phi vằn 65
3.2.1. Ảnh hưởng của quá trình rã đông đến hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn 65
3.2.2. Ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn đông lạnh 67
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 70
3.3. Biến đổi chất lượng của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định 73
3.3.1. Biến đổi thành phần hoá học của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định 73
3.3.1.1. Sự biến đổi tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định 73
3.3.1.2. Sự biến đổi chất lượng lipid của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định 76

3.3.2. Biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định.....79
3.3.2.1. 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 bằng phương pháp chỉ số chất lượng (QIM) 79
3.3.2.2. Sự biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C bằng phương pháp phân tích mô tả định lượng (QDA) 87
3.3.2.3. Sự biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C bằng thang điểm Torry 95
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 96
3.3.3.1. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản.....96
3.3.3.2. Mật độ E.coli trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản.....99
3.3.3.3. 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.....102
3.3.3.4. Mật độ Pseudomonas spp. trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản 105
3.4. Mô hình về sự sinh trưởng của vi sinh vật gây hư hỏng trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở nhiệt độ bảo quản ổn định.....114
3.4.1. Mô hình sơ cấp về sự sinh trưởng của vi sinh vật gây hư hỏng trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian ở nhiệt độ bảo quản ổn định 114
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.....114
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.....118
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.....120

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 122
3.4.4. 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 125
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ 128
DANH MỤC CÔNG TRÌNH NGHIÊN CỨU 130
TÀI LIỆU THAM KHẢO 131
PHỤ LỤC 1

DANH MỤC CHỮ VIẾT TẮT

Chữ viết tắt	Tiếng Anh	Tiếng Việt
AOAC	Association of Official Analyical 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 Thuỷ sản Toàn cầu
IQF	Individual Quickly Freezer	
ISO	International Organization for Standardization	Tổ chức Tiêu chuẩn hoá Quốc tế
MUFA	Mono-unsaturated fatty acid	Acid béo không no một nối đôi
NMKL	Nordic Committee on Food Analysis	Uỷ ban Phân tích Thực phẩm Bắc Âu
PCA:	Principal Compoment Analysis	Phân tích thành phần chính
PUFA	Poly-unsaturated fatty acid	Acid béo không no cao
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 Plate Counts	Tổng số vi sinh vật hiếu khí

DANH SÁCH BẢNG

Bảng 1.1. Thành phần dinh dưỡng của cá rô phi vằn tính trên 100 g ăn được 5
Bảng 1.2. Các hợp chất và cơ chất gây biến mùi do vi khuẩn sinh ra trong quá trình ươn hỏng của cá.....14
Bảng 1.3. Vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng trên sản phẩm thủy sản.....18
Bảng 3.1. Thành phần hoá học ban đầu của cá rô phi vằn sau phi lê và đông rời IQF .60
Bảng 3.2. Chỉ tiêu hoá học đánh giá chất lượng cá rô phi vằn sau phi lê và đông rời IQF 61
Bảng 3.3. Hàm lượng acid béo tự do và các chỉ số oxy hoá chất béo ban đầu trên cá rô phi vằn sau phi lê và đông rời IQF.....63
Bảng 3.4. Các nhóm vi sinh vật trên cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông rời IQF 64
Bảng 3.5. Sự biến đổi chất lượng lipid của phi lê cá rô phi theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C 76
Bảng 3.6. Thành phần acid béo ở đầu và cuối thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn tại chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C.....78
Bảng 3.7. Phương trình hồi quy và hệ số tương quan của điểm QI (y) theo thời gian bảo quản (x, giờ) ở các nhiệt độ lạnh ổn định.....86
Bảng 3.8. Sự biến đổi điểm cảm quan về mùi của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C.....88
Bảng 3.9. 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 ± 1°C và 4 ± 1°C.....90
Bảng 3.10. 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± 1°C và 4 ± 1°C 92
Bảng 3.11. Sự biến đổi điểm cảm quan về vị của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1ºC 93
Bảng 3.12. Tỷ lệ mẫu đạt tiêu chuẩn về lượng TPC, hàm lượng TVB-N và chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định.....111
Bảng 3.13. Chất lượng hoá học, cảm quan và lượng vi sinh vật của phi lê cá rô phi vằn khi hết thời hạn sử dụng (theo lượng TPC) ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định.....113
Bảng 3.14. 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.....115

Bảng 3.15. 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.....118
Bảng 3.16. Các thông số của mô hình thứ cấp về sự sinh trưởng của TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn 121

DANH SÁCH HÌNH

Hình 1.1. Cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*).....4
Hình 1.2. Sơ đồ tổng quát của chuỗi cung ứng 7
Hình 1.3. Đường cong tăng trưởng của vi sinh vật 36
Hình 1.4. Đường cong mô hình Gompertz với các thông số chính.....37
Hình 2.1. Phi lê cá rô phi vằn.....42
Hình 2.2. Sơ đồ tiếp cận nội dung nghiên cứu 43
Hình 2.3. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu thành phần hoá học và sự hiện diện của các vi sinh vật ban đầu trên cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông rời IQF 46
Hình 2.4. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp/điều kiện rã đông đến chất lượng trên phi lê cá rô phi vằn sau rã đông.....47
Hình 2.5. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự biến đổi một số thành phần hoá học trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định.....49
Hình 2.6. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự biến đổi chỉ số chất lượng (QIM) của phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định.....50
Hình 2.7. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự sinh trưởng của vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định.....53
Hình 2.8. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự sinh trưởng của TPC ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản lạnh ở 2 chế độ nhiệt độ biến động 56
Hình 2.9. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự sinh trưởng của TPC trên phi lê cá rô phi vằn ở điều kiện nhiệt độ thực tế trong quá trình bày bán.....57
Hình 3.1. Hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở nhiệt độ -20 ± 2°C từ tháng 1 đến tháng 8, được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau.....66
Hình 3.2. Kết quả phân tích PCA dữ liệu cảm quan sau rã đông của phi lê cá rô phi vằn tại các thời gian bảo quản (tháng) ở nhiệt độ -20 ± 2°C 68
Hình 3.3. Các thuộc tính cảm quan sau rã đông của phi lê cá rô phi vằn tại thời gian bảo quản (tháng) ở nhiệt độ -20 ± 2°C.....68
Hình 3.4. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở -20 ± 2°C, từ tháng 1 đến tháng thứ 8) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh (7 ± 1°C); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh (8 ± 1°C); và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường.....69

Hình 3.5. Mật độ vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở -20 ± 2°C, từ tháng 0 đến tháng thứ 4) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh (7 ± 1°C); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh (8 ± 1°C) và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường 71
Hình 3.6. Mật độ vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở -20 ± 2°C, từ tháng 5 đến tháng thứ 8) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh (7 ± 1°C); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh (8 ± 1°C) và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường 71
Hình 3.7. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C.....73
Hình 3.8. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C và 25 ± 1°C.....74
Hình 3.9. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C 74
Hình 3.10. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 1± 1°C 80
Hình 3.11. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 4 ± 1°C 80
Hình 3.12. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 9 ± 1°C 80
Hình 3.13. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 15 ± 1°C 81
Hình 3.14. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 19 ± 1°C 81
Hình 3.15. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 25 ± 1°C 81
Hình 3.16. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 29 ± 1°C 82
Hình 3.17. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C 82
Hình 3.18. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 25 ± 1°C83

Hình 3.19. Cấu trúc cơ thịt phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ thấp quan sát dưới kính hiển vi điện tử 84
Hình 3.20. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1, 4, 9 ± 1°C 85
Hình 3.21. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15, 19, 25 ± 1°C 85
Hình 3.22. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C 86
Hình 3.23. Điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ 1± 1°C và 4 ± 1°C 95
Hình 3.24. Sự biến đổi mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C 97
Hình 3.25. Sự biến đổi mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C và 25 ± 1°C 97
Hình 3.26. Sự biến đổi mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C 98
Hình 3.27. Khuẩn lạc coliform.....99
Hình 3.28. Sự biến đổi mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 9 ± 1°C và 15 ± 1°C.....100
Hình 3.29. Sự biến đổi mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 19 ± 1°C và 25 ± 1°C.....100
Hình 3.30. Sự biến đổi mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C 101
Hình 3.31. Khuẩn lạc *E.coli* 102
Hình 3.32. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C.....103
Hình 3.33. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C ..103

Hình 3.34. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.....104
Hình 3.35. Khuẩn lạc TPC 105
Hình 3.36. Sự biến đổi mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C.....106
Hình 3.37. Sự biến đổi mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C.....106
Hình 3.38. Sự biến đổi mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.....107
Hình 3.39. Khuẩn lạc *Pseudomonas* spp.....108
Hình 3.40. Biểu đồ bi-plot của kết quả phân tích PCA các chỉ tiêu chất lượng của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định 109
Hình 3.41. Biểu đồ tương quan của một số chỉ số chất lượng (correlation loadings) của phi lê cá rô phi vằn, kết quả phân tích PCA theo thời gian bảo quản ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định.....110
Hình 3.42. Lượng TPC dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 1, 4 và 9 ± 1°C.....116
Hình 3.43. Lượng TPC dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 15, 19 và 25 ± 1°C.....117
Hình 3.44. Lượng TPC dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C 117
Hình 3.45. Mật độ *Pseudomonas* spp. dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C.....119
Hình 3.46. Mật độ *Pseudomonas* spp. dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 15 ± 1°C, 19 ± 1°C và 25 ± 1°C.....119
Hình 3.47. Mật độ *Pseudomonas* spp. dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C 120

Hình 3.48. Mối tương quan giữa tốc độ sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. và TPC theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn 122
Hình 3.49. 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.....123
Hình 3.50. 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 2.....124
Hình 3.51. 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 126

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 ± 1°C).

3. Luận án đã xác định được những biến đổi về chất lượng cảm quan, tổng hàm 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 với kết quả thu được đã xác nhận khả năng sử dụng mô

hình để dự đoán mật độ vi sinh vật dựa trên lịch sử nhiệt độ-thời gian bảo quản, từ đó 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 thuỷ sản phổ biến hiện nay và trở thành nguồn cung cấp protein cho nhiều nước trên thế giới, nguyên nhân chủ yếu là do cá tự nhiên ngày càng khan hiếm [39]. Theo thống kê của Liên minh Thuỷ sản toàn cầu (GAA), sản lượng cá rô phi trên toàn thế giới tăng hàng năm, cụ thể năm 2019 đạt 6,5 triệu tấn, năm 2020 đạt 6,93 triệu tấn [108]. Sản lượng tăng trưởng trung bình của cá rô phi từ năm 2010 đến năm 2019 trên toàn thế giới ước tính là 7,7%. Trong đó, Trung Quốc là quốc gia sản xuất cá rô phi đứng đầu trên thế giới, với sản lượng chiếm gần 50% tổng sản lượng toàn thế giới (1,7 triệu tấn năm 2019), điều đó giúp Trung Quốc trở thành quốc gia có sản lượng xuất khẩu cá rô phi cao nhất, kế đến là Indonesia (1,1 triệu tấn) và Ai Cập (0,9 triệu tấn) [107]. Ngoài ra còn có một số quốc gia khác sản xuất và xuất khẩu cá rô phi như: Brazil, Bangladesh, Philippines, Thái Lan và Việt Nam [32]. Việt Nam là quốc gia có sản lượng xuất khẩu cá rô phi đứng hàng thứ 6 trên thế giới [33]. Cá rô phi trở thành đối tượng thuỷ sản được quan tâm phát triển tại Việt Nam trong những năm qua, với mục tiêu tạo ra những sản phẩm có năng lực cạnh tranh trên thị trường thế giới, bằng cách đa dạng hóa sản phẩm từ nhiều đối tượng khác nhau. Một số sản phẩm từ cá rô phi như: cá nguyên con, cá phi lê, chả cá viên… được đánh giá là tiềm năng, đặc biệt là phi lê cá rô phi vằn trở thành sản phẩm xuất khẩu phổ biến của Việt Nam, do đó phi lê cá rô phi vằn là đối tượng cần được quan tâm nghiên cứu và phát triển.

Phần lớn sự suy giảm chất lượng thuỷ sản và sản phẩm thuỷ sản là do sự hiện diện của vi sinh vật. Ở siêu thị, quầy hàng thuỷ sản hay chợ truyền thống…, thuỷ sản đặc biệt là 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. Thêm vào đó, sự thay đổi nhiệt độ bảo quản và nhiệt độ sản phẩm trong chuỗi cung ứng thúc đẩy sự sinh trưởng của vi sinh vật làm hư hỏng sản phẩm, nổi bật nhất là hệ vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng (Specific spoilage organisms-SSO) như: *Pseudomonas* spp.*, Photobacterium phosphoreum, Shewanella putrefaciens…* là những vi sinh vật thường được tìm thấy trên thuỷ sản [112], các vi sinh vật này khi sinh trưởng sinh ra sản phẩm cấp thấp, làm suy giảm chất

lượng thuỷ sản [220]. Ngoài các nhóm vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng, có thể có sự hiện diện của vi sinh vật khác như: tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ dương thấp (TPC), các vi sinh vật chỉ thị vệ sinh như: coliform, *E.coli*... Sự sinh trưởng của các vi sinh vật ảnh hưởng đến thành phần hóa học, chất lượng cảm quan của thuỷ sản và ảnh hưởng đến sức khoẻ của người tiêu dùng. Có thể nói vi sinh vật là nguyên nhân chủ yếu dẫn đến những biến đổi về chất lượng của thuỷ sản. Trong đó nhiệt độ đóng vai trò quan trọng đối với sự sinh trưởng của vi sinh vật, nhiệt độ tăng thúc đẩy mật độ vi sinh vật tăng, thuỷ sản dễ hư hỏng.

Vấn đề đặt ra, 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 độ vi sinh vật ở các thời điểm khác nhau trong quá trình bảo quản, 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"** 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, giúp cho việc giám sát và quản lý chất lượng phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản, bày bán sản phẩm của nhà phân phối và các quầy bán lẻ được tốt hơn, góp phần kiểm soát và quản lý chất lượng sản phẩm phi lê cá rô phi vằn ở cuối chuỗi cung ứng.

Mục tiêu nghiên cứu

1. Tìm được 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 độ vi sinh vật, thành phần hoá học và chất lượng cảm quan của sản phẩm theo thời gian và nhiệt độ bảo quản.

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.

Phạm vi nghiên cứu của đề tài luận án

Nghiên cứu sự biến đổi hàm lượng TVB-N, chất lượng cảm quan và 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.)

trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản lạnh. Từ đó xây dựng mô hình động học về sự biến đổi của TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian và nhiệt độ bảo quản.

Nội dung nghiên cứu

1. Nghiên cứu sự biến đổi thành phần hoá học ban đầu 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 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 sự biến đổi chất lượng hóa học, chất lượng cảm quan và 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.) trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh.

4. Xây dựng mô hình động học về sự biến đổi mật độ 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. 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 độ vi sinh vật, tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) và cảm quan trong các điều kiện nhiệt độ mô phỏng cuối chuỗi cung ứng lạnh/đông. Mật độ 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 vi sinh vật trong quá trình bảo quản và bày bán. Kết quả mô hình của luận án có thể xác định được mật độ 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.

Hình 1.1. Cá rô phi vằn (*Oreochromis niloticus*)

Cá rô phi vằn là loài cá đặc trưng của vùng nhiệt đới, môi trường sống thích hợp cho cá là nhiệt độ 24 ÷ 32°C, pH 6,5 ÷ 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 ÷ 500 g/con [26].

1.1.1. Phân loại cá rô phi

Cá rô phi vằn được phân loại như sau:

Ngành: Chordata

Lớp: Actinopterygii

Bộ: Perciformes

Họ: Cichlidae

Giống: Oreochromis

Loài: *Oreochromis niloticus*

1.1.2. Đặc tính sinh học của cá rô phi vằn

Về hình thái cá rô phi vằn có thân màu hơi tím, vảy sáng bóng, có 9 - 12 sọc đậm song song nhau từ lưng xuống bụng. Vi đuôi có màu sọc đen sậm song song từ phía trên xuống phía dưới và phân bố khắp vi đuôi. Vi lưng có những sọc trắng chạy song song trên nền xám đen, viền vi lưng và vi đuôi có màu hồng nhạt.

Cá rô phi vằn thường ăn tạp, tốc độ sinh sản nhanh, sinh trưởng được trong điều kiện khí hậu và môi trường nước khác nhau, có khả năng kháng bệnh cao hơn các loài khác [166], chính vì vậy đã làm cho cá rô phi vằn trở thành loài cá được nuôi phổ biến trên thế giới, cá rô phi vằn đóng vai trò là nguồn cung cấp dinh dưỡng quan trọng cho con người, trong tương lai sẽ trở thành sản phẩm thay thế cho các loại cá trắng hiện nay [11].

1.1.3. Thành phần dinh dưỡng của cá rô phi vằn

Bảng 1.1. Thành phần dinh dưỡng của cá rô phi vằn tính trên 100 g ăn được

Thành phần	Đơn vị	Tính trên 100 g cá
Protein	g	17,9
Lipid	g	4,8
Canxi	mg	120
Phosphor	mg	340
Sắt	mg	1,8
Kali	mg	450
Natri	mg	50
Magie	mg	25
Kẽm	mg	0,6
Vitamin B1	mg	0,3
Vitamin B2	mg	0,09
Vitamin B6	mg	0,03
Vitamin B12	µg	2
Vitamin D	µg	1,5

(Nguồn: Foodnutrition table.com) [191]

Thành phần hóa học của cá là yếu tố ảnh hưởng đến quá trình bảo quản và chế biến. Cá rô phi vằn có chứa khoảng 4,8% lipid nên đây là cá béo vừa (hàm lượng béo 4-

8%) [5, 190]. Hàm lượng chất béo trong cá vừa có lợi cho sức khỏe nhưng lại dễ bị oxi hóa và làm giảm giá trị cảm quan sản phẩm nếu bảo quản và chế biến không đúng cách.

1.1.4. Hình thức nuôi và khai thác

Theo thống kê hiện nay, diện tích nuôi trồng thủy sản nước ngọt cả nước ta là 390.000 ha (chiếm 40% diện tích nuôi trồng) phần lớn tập trung tại Đồng bằng sông Cửu Long và Đồng bằng sông Hồng với các đối tượng nuôi chính là cá tra, cá rô phi, tôm càng xanh, các loài nuôi truyền thống khác.

Trong chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam, Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn đã xác định, ngoài hai sản phẩm xuất khẩu chủ lực là cá tra và tôm, Việt Nam sẽ phát triển cá rô phi trở thành một trong những sản phẩm xuất khẩu chủ lực tiếp theo [2, 31]. Chính vì thế, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành Quyết định số 1639/QĐ-BNN-TCTS, ngày 06/05/2016 về phê duyệt Quy hoạch phát triển nuôi cá rô phi đến năm 2020, định hướng đến năm 2030 với mục tiêu phát triển nuôi cá rô phi thành ngành sản xuất hàng hóa lớn, hiệu quả, bền vững với sản phẩm đa dạng, giá trị cao, nhằm đáp ứng thị trường xuất khẩu và tiêu thụ trong nước [3]. Theo đó, mục tiêu đến năm 2030, diện tích nuôi cá rô phi cả nước đạt 40.000 ha và 1.800.000 m^3 lồng nuôi trên hệ thống sông và hồ chứa lớn. Sản lượng cá rô phi đạt 400.000 tấn, trong đó 45-50% sản lượng cá rô phi phục vụ xuất khẩu. Riêng về đối tượng nuôi, các vùng nuôi tập trung phát triển sản xuất ba loài cá rô phi: cá rô phi vằn, cá rô phi lai khác loài giữa rô phi vằn và rô phi xanh, cá rô phi đỏ. Theo đó, cá rô phi được tập trung phát triển theo 7 vùng sinh thái gồm: vùng Trung du miền núi phía Bắc; vùng Đồng bằng Bắc bộ; vùng Bắc Trung Bộ; vùng Nam Trung bộ; các tỉnh Tây Nguyên; vùng Đông Nam bộ; vùng Tây Nam bộ.

Hiện nay Trung Quốc là quốc gia đứng đầu thế giới về nuôi và tiêu thụ cá rô phi, tốc độ tăng trưởng xuất khẩu cá rô phi của quốc gia này nhanh nhất thế giới, với sản lượng xuất khẩu chiếm 50% tổng sản lượng trên toàn thế giới [33]. Ngoài Trung Quốc, cá rô phi cũng được nuôi rộng rãi ở một số nước như: Mỹ, Braxin, Bỉ, Hà Lan, Thụy Sỹ, Tây Ban Nha, Đức, Anh, Pháp… Mặc dù được đánh giá là vô cùng tiềm năng nhưng dường như các doanh nghiệp xuất khẩu Việt Nam vẫn chưa thực sự chú trọng tới thị trường cá rô phi. Trong khi đó, với điều kiện khí hậu thuận lợi, việc nuôi trồng

cá rô phi tại Việt Nam được dự đoán sẽ mang lại hiệu quả kinh tế cao, nhất là khi cá tra, basa đang dần trở nên bão hòa trên thị trường thế giới.

Từ những điều kiện thuận lợi về tự nhiên và những tiềm năng kinh tế trong giai đoạn mới, cá rô phi vằn là đối tượng được lựa chọn nghiên cứu của đề tài, những dẫn liệu nghiên cứu của đề tài sẽ góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm từ cá rô phi vằn trên thị trường.

1.2. Tổng quan về chuỗi cung ứng (Supply chain)

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. Theo Harland và cộng sự (2001) nhóm tác giả đã khái niệm chuỗi cung ứng là mạng lưới cung ứng, gồm nhiều công ty liên kết với nhau để cung cấp, sử dụng và chuyển nguyên vật liệu thành sản phẩm cung cấp cho người tiêu dùng [119]. Theo Huỳnh Thị Thu Sương (2012) chuỗi cung ứng của một mặt hàng là một quá trình bắt đầu từ nguyên liệu thô cho tới khi tạo thành sản phẩm cuối cùng và được phân phối tới tay người tiêu dùng nhằm đạt được hai mục tiêu cơ bản là: tạo mối liên kết với nhà cung cấp của các nhà cung ứng và khách hàng của khách hàng vì họ có tác động đến kết quả và hiệu quả trên toàn hệ thống của chuỗi cung ứng [10]. Theo nghiên cứu của Mentzer và cộng sự (2001) chuỗi cung ứng là sự liên kết nhiều công ty với mục đích đưa sản phẩm, hàng hoá và dịch vụ vào thị trường [173]. Nhìn chung, hoạt động của chuỗi cung ứng là liên kết các nguyên vật liệu với các thành phần khác để tạo thành sản phẩm hoàn chỉnh và mang đến tay người tiêu dùng.

Hình 1.2. Sơ đồ tổng quát của chuỗi cung ứng

Quản lý chuỗi cung ứng (Supply chain management - SCM) là sự tích hợp các đơn vị tổ chức dọc theo chuỗi cung ứng, điều phối các dòng vật chất, thông tin và tài chính để đáp ứng nhu cầu của khách hàng với mục đích nâng cao khả năng cạnh tranh của toàn bộ chuỗi cung ứng [227]. Chuỗi cung ứng liên kết các chuỗi giá trị, chuỗi cung ứng thường đi kèm với quản trị chuỗi cung ứng và có mối liên quan đến một hàng hoá nhất định. Các hàng hoá trên thị trường đều có một chuỗi cung ứng riêng và có đặc điểm khác nhau về cách cấu thành và phương thức quản lý [179]. Do đó, quản lý chuỗi cung ứng đóng vai trò quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng sản phẩm đặc biệt là thực phẩm.

Chuỗi cung ứng thực phẩm khác với chuỗi cung ứng các sản phẩm khác là có sự thay đổi chất lượng sản phẩm trong chuỗi cung ứng, đặc biệt là đối với chuỗi thực phẩm tươi sống, càng phải chú ý về độ tươi, độ an toàn, độ nguyên vẹn và thời hạn sử dụng của thực phẩm [213, 249]. Một trong những nhiệm vụ quan trọng nhất của chuỗi cung ứng thực phẩm ngày nay là kiểm soát chất lượng sản phẩm trong toàn bộ chuỗi cung ứng. Sự thay đổi chất lượng thực phẩm tùy thuộc vào điều kiện môi trường, phương tiện lưu trữ và vận chuyển, đây là yếu tố quan trọng hàng đầu đối với hoạt động của chuỗi cung ứng thực phẩm [225]. Theo Gustavsson và cộng sự (2011) sự thất thoát thực phẩm là không thể tránh khỏi trong chuỗi cung ứng thực phẩm, ước tính có khoảng một phần ba sản lượng lương thực toàn cầu bị tổn thất hàng năm. Sản phẩm thực phẩm thường có công nghệ xử lý, vận chuyển và bảo quản đặc biệt hơn so với các sản phẩm hàng hoá khác, tuy nhiên chất lượng của sản phẩm vẫn suy giảm dần theo thời gian, ngay cả khi áp dụng các phương pháp và điều kiện tốt nhất [117]. Theo Blackburn và Scudder (2009) các mặt hàng nông sản tươi sống đều đạt chất lượng cao nhất tại thời điểm sản xuất và sau đó sẽ giảm đáng kể theo thời gian [56].

Tốc độ hư hỏng của thực phẩm phụ thuộc vào nhiều yếu tố trong đó có thể kể đến là sự thay đổi nhiệt độ và các điều kiện môi trường khác nhau. Thực phẩm có hàm lượng dinh dưỡng cao như thịt, thuỷ sản…. khả năng hư hỏng cao, dẫn đến hạn sử dụng và thời gian bán hàng ngắn [213]. Trong đó, vi sinh vật là những nguyên nhân chủ yếu làm suy giảm chất lượng thực phẩm, đặc biệt là các sản phẩm tươi sống [56]. Một số nghiên cứu đã dựa vào động học về sự sinh trưởng của vi sinh vật để dự đoán thời hạn sử dụng của thực phẩm trên dữ liệu về các điều kiện môi trường trong chuỗi

cung ứng. Theo Tamplin (2018) thực phẩm được vận chuyển trong chuỗi cung ứng cần đảm bảo an toàn và tối đa hóa thời hạn sử dụng, nên cần tích hợp các mô hình dự báo và thiết bị cảm biến để quản lý sự ổn định của thực phẩm trong chuỗi cung ứng [232]. Các mô hình dự báo là công cụ hiệu quả để giám sát và quản lý chất lượng của thực phẩm, sự kết hợp giữa dữ liệu cảm biến và các mô hình dự đoán là một trong những công cụ hỗ trợ quản lý chất lượng và giảm sự tổn thất [40].

Từ các dẫn liệu cho thấy, có nhiều yếu tố, đáng kể nhất là nhiệt độ, ảnh hưởng đến chất lượng thực phẩm tươi sống đặc biệt là thuỷ sản trong chuỗi cung ứng. Đề tài nghiên cứu sự thay đổi nhiệt độ bảo quản ảnh hưởng đến chất lượng của phi lê cá rô phi vằn từ đó dự báo thời hạn sử dụng an toàn của phi lê cá cuối chuỗi cung ứng, những dẫn liệu nghiên cứu của đề tài sẽ góp phần nâng cao chất lượng sản phẩm từ cá rô phi vằn trong chuỗi cung ứng.

1.3. Tổng quan về lạnh đông và bảo quản lạnh/đông thuỷ 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 [88]. 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 [22, 27].

Trong nguyên liệu thuỷ sản, điểm băng (nhiệt độ đóng băng) phụ thuộc vào nồng độ chất hoà tan trong dung dịch, do đó điểm băng của thủy sản thường là -1 ÷ -2°C [5]. Mặt khác, trong suốt quá trình lạnh đông, nước dần chuyển đổi từ dạng lỏng sang dạng rắn làm cho nồng độ muối hữu cơ và muối vô cơ tăng lên, điều này dẫn đến điểm băng tiếp tục hạ thấp. Ở nhiệt độ -25°C chỉ có 90 - 95% nước đóng băng (lượng nước này không bao gồm nước liên kết). Chính vì thế, không có điểm băng cố định, tuy nhiên đa phần 75 - 80% nước trong thuỷ sản kết tinh ở nhiệt độ -1°C và -5°C [8, 27].

Ngoài ra, cá đông lạnh thường được bảo quản ở nhiệt độ từ -20 ± 2°C, ở nhiệt độ này phần lớn vi sinh vật không sinh trưởng được, nhưng có thể có một số vi sinh vật sống trong điều kiện tiềm sinh [25]. Do đó, để chất lượng của cá không bị biến đổi nhiều đồng thời đảm bảo an toàn thực phẩm khi bảo quản cá trong một thời gian dài, các sản phẩm thuỷ sản xuất khẩu đặc biệt là cá phi lê, sau khi lạnh đông và mạ băng luôn được bảo quản ở nhiệt độ tối đa là -18°C [180].

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. Hay nói cách khác, rã đông chính là quá trình phục hồi trạng thái của thực phẩm lạnh đông, trở lại trạng thái như trước khi lạnh đông [15]. Khi rã đông, nhiệt độ của thực phẩm lạnh đông tăng lên trên điểm đóng băng của dịch bào, từ đó chuyển nước từ trạng thái rắn của dịch bào sang trạng thái lỏng [15, 27]. Quá trình rã đông thường xảy ra chậm hơn quá trình lạnh đông, bởi vì cần có sự hấp thụ ẩn nhiệt qua lớp nước được hình thành và đọng lại trên bề mặt thực phẩm khi tiến hành rã đông, trong khi đó ở quá trình lạnh đông, sự truyền nhiệt thông qua lớp tinh thể đá nên có hệ số dẫn nhiệt và hệ số khuếch tán cao hơn nước ở dạng lỏng [95].

Những biến đổi thường gặp trong quá trình rã đông thuỷ sản, đặc biệt là cá, gồm có: sự mất nước, hư hỏng cơ học và biến tính protein…[180], một số thành phần khác như sắc tố cũng được giải phóng trong quá trình rã đông, đây chính là lý do màu sắc của sản phẩm sau rã đông có sự thay đổi [87, 103]. Khi thực hiện rã đông, hai thông số được quan tâm là hệ số truyền nhiệt bề mặt và nhiệt độ môi trường xung quanh [42, 218], tốc độ của rã đông phụ thuộc vào hai thông số này. Một số nghiên cứu cho rằng, thuỷ sản có chất lượng tốt hơn khi rã đông nhanh ở nhiệt độ thấp, điều kiện này ngăn ngừa sự thất thoát thành phần dinh dưỡng, hạn chế những biến đổi hóa học và sự sinh trưởng của vi sinh vật [194].

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 [15]. Rã đông bằng điện sẽ mang

lại sản phẩm có chất lượng tốt, tuy nhiên phương pháp này đòi hỏi chi phí và kỹ thuật cao.

Hai là dùng nhiệt dẫn từ ngoài vào tâm sản phẩm [15]. 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 [104]. Ưu điểm của các phương pháp này là đơn giản, dễ thực hiện và chi phí thấp, vì thế phương pháp được áp dụng ở nhiều nhà máy chế biến, cơ sở bán hàng hiện nay.

Chất lượng của sản phẩm thuỷ sản đông lạnh có liên quan chặt chẽ đến điều kiện đông lạnh và rã đông, đặc biệt là rã đông có tác động lớn đến cấu trúc và các yếu tố chất lượng khác của thuỷ sản [54, 87, 104]. Một số phương pháp rã đông thuỷ sản đã được nghiên cứu với mục tiêu tìm ra phương pháp tối ưu và hiệu quả như: rã đông bằng tủ lạnh, bằng lò vi sóng, bằng nước…[46, 65, 104, 121]. Theo Haugland (2002) phương pháp rã đông hiệu quả nhất đối với cá hồi đông lạnh là ngâm trong nước ở nhiệt độ 5 - 10°C [121]. Trong khi đó, rã đông bằng nước dưới 10°C được xem là thích hợp cho cá tuyết đông lạnh (*Gadus morhua*) [212]. Theo nghiên cứu của Wang và cộng sự (2015) chất lượng sau rã đông của cá chép (*Cyprinus carpio*) có điểm đánh giá cảm quan thấp nhất khi rã đông bằng lò vi sóng [243]. Theo Shafieipour và Sami (2015) rã đông bằng lò vi sóng có thời gian rã đông nhanh, nhưng lại gây biến tính protein rõ rệt, làm thay đổi hình dạng, cấu trúc của tôm he (*Penaeus duorarum*) và tỷ lệ hao hụt do rã đông cao, nghiên cứu này cho rằng rã đông bằng tủ lạnh (5 - 6°C) ít làm giảm chất lượng hóa học của tôm nên chất lượng của tôm he đông lạnh được đảm bảo [219]. Theo nghiên cứu của Genç và cộng sự (2015) cá đù (*Argyrosomus regius*) được rã đông bằng không khí lạnh (tủ lạnh) có chất lượng tốt hơn so với các phương pháp khác như: rã đông bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh, bằng nước (16°C) và bằng lò vi sóng [104]. Quá trình rã đông chậm trong không khí lạnh là phương pháp cho chất lượng sản phẩm sau rã đông tốt hơn so với các phương pháp rã đông khác.

Nhiệt độ của môi trường rã đông thuỷ sản được khuyến cáo là không được cao hơn 5 - 10°C [46], đồng thời sản phẩm sau rã đông nên được bảo quản ở nhiệt độ gần với nhiệt độ/điểm băng ban đầu trước khi chế biến. Theo khuyến cáo của Cục Quản lý Dược phẩm và Thực phẩm Hoa kỳ (FDA, 2020), để đảm bảo an toàn thuỷ sản nên

được rã đông từ từ bằng cách đặt trong tủ lạnh qua đêm. Nếu cần rã đông nhanh thì thuỷ sản cần được đặt trong túi nhựa kín và rã đông bằng nước lạnh. Nếu thuỷ sản được nấu ngay thì có thể rã đông bằng vi sóng [93]. Có thể nhận thấy phương pháp rã đông dùng nhiệt dẫn từ bên ngoài vào tâm sản phẩm là lựa chọn của nhiều sản phẩm thuỷ sản đông lạnh hiện nay.

1.3.3. Bảo quản lạnh thủy sản

Thực phẩm được bảo quản ở nhiệt độ trên điểm đóng băng và dưới 15°C được gọi là bảo quản lạnh hay tồn trữ lạnh. Quá trình này được xem là hiệu quả khi sử dụng bảo quản thực phẩm thời gian ngắn, đặc biệt là thuỷ sản. Đó là do ở nhiệt độ thấp hoạt tính của enzyme và vi sinh vật trong thực phẩm bị ức chế và hoạt động chậm [122]. Một số phương pháp bảo quản lạnh thuỷ sản được sử dụng hiện nay vẫn là bảo quản bằng nước đá và bảo quản bằng không khí lạnh.

1.3.3.1. Bảo quản bằng nước đá

Dễ dàng bắt gặp tình trạng cá và một số mặt hàng thuỷ sản được ướp đá và bày bán tại các quầy hàng của siêu thị, cơ sở bán hàng thuỷ sản [139]. Một trong những lý do nước đá được lựa chọn để làm lạnh và bảo quản thuỷ sản là vì 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 không khí [178]. 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 thuỷ sản.

Tuy nhiên, khi sử dụng nước đá để làm lạnh thuỷ sản có khả năng gây tổn thương cơ thịt, nguyên nhân là do nước đá có nhiều góc cạnh gây xuyên thủng và biến dạng sản phẩm chẳng hạn như nước đá xay [1]. Hơn nữa, khi bảo quản bằng nước đá sẽ tăng thêm trọng lượng các lớp nguyên liệu phía trên, gây biến dạng các lớp nguyên liệu phía dưới và làm giảm chất lượng cảm quan của thủy sản. Mặt khác, khi bảo quản bằng nước đá có hao phí lạnh cao làm tăng chi phí bảo quản và tăng giá thành sản phẩm, đồng thời, nước đá có trọng lượng và thể tích lớn nên làm tăng chi phí vận chuyển. Nếu xét về mức độ an toàn thực phẩm, nước đá rất dễ nhiễm vi sinh vật nếu quá trình sản xuất kém vệ sinh hoặc môi trường nước bị ô nhiễm. Đây được xem là

mối nguy về vi sinh vật cần được quan tâm khi làm lạnh và bảo quản lạnh nguyên liệu thủy sản [113].

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 thuỷ sản và sản phẩm thuỷ sản trong thời gian bảo quản [167]. Hiệu quả của quá trình bảo quản phụ thuộc vào việc duy trì nhiệt độ của thiết bị lạnh. Thông thường các thiết bị được làm lạnh do sự tuần hoàn của không khí lạnh tạo ra từ dàn lạnh [15], 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. Ưu điểm của phương pháp này là không khí lạnh khó nhiễm tạp chất và vi sinh vật, cũng không gây tác động cơ học, chính vì thế chất lượng của thuỷ sản đảm bảo [112]. Nhược điểm của phương pháp này là hệ số trao đổi nhiệt kém hơn so với môi trường chất lỏng và rắn trong cùng điều kiện làm lạnh. Ngoài ra, trong không khí có oxy sẽ gây ra hiện tượng oxy hóa các thành phần của thủy sản. Thêm vào đó, khi bảo quản bằng phương pháp này còn gây ra hiện tượng bay hơi nước từ đó làm giảm khối lượng thuỷ sản [8].

Theo nghiên cứu của Bahmani và cộng sự (2011) thời hạn bảo quản của cá đối (*Liza aurata*) là 10 ngày khi bảo quản bằng nước đá và 14 ngày khi bảo quản bằng không khí lạnh ở nhiệt độ 3 ± 0,5°C (tủ lạnh) [50]. Những nghiên cứu trước đây cho rằng, không khí lạnh là phương pháp bảo quản hiệu quả hơn so với nước đá, phương pháp này đã được dùng để bảo quản nhiều loại thuỷ sản trong quá trình tiêu thụ [96]. Theo đó, nhiều hộ gia đình đã lựa chọn không khí lạnh để bảo quản cá và sản phẩm thực phẩm trong thời gian dài bằng tủ lạnh gia đình [101, 138].

Từ các dẫn liệu trên cho thấy bảo quản bằng không khí lạnh là phương pháp được sử dụng phổ biến hiện nay, do có nhiều ưu điểm và có thời gian bảo quản dài hơn so với phương pháp bảo quản bằng nước đá. Vì vậy, trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, bảo quản lạnh thủy sản bằng không khí lạnh là phương pháp được lựa chọn.

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

Chất lượng thủy sản là khái niệm liên quan đến nhiều yếu tố nhằm đáp ứng yêu cầu cho người tiêu dùng về sự an toàn, giá trị dinh dưỡng, khả năng sử dụng, sự tiện lợi. Các yếu tố này được thể hiện qua độ tươi, chất lượng ăn được và các đặc tính vật lý của các loài, kích cỡ và loại sản phẩm. Trong quá trình lạnh đông, rã đông và bảo quản ít nhiều cũng ảnh hưởng đến chất lượng của thuỷ sản. Sự biến đổi chất lượng thuỷ sản được đánh giá qua các biến đổi: về vật lý, hóa học, cảm quan và sự hiện diện của vi sinh vật.

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

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

Sự phân giải và phân huỷ các hợp chất chứa nitơ trong thuỷ 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, creatine, các acid amin tự do, nucleotide, urê..., làm hàm lượng của chúng tăng lên [42, 124]. Do đó, tổng hàm lượng 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 thuỷ sản tươi và lạnh/đông lạnh [27].

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 được thể hiện ở Bảng 1.2

Bảng 1.2. Các hợp chất và cơ chất gây biến mùi do vi khuẩn sinh ra trong quá trình ươn hỏng của cá

Cơ chất	Các hợp chất sinh ra do hoạt động của vi khuẩn
TMAO	TMA
Cystein	H_2S
Methionine	CH_3SH, $(CH_3)_2S$
Carbohydrate và lactate	Acetate, CO_2, H_2O
Inosine, IMP	Hypoxanthine
Các acid amin (glycine, serine, leucine)	Este, ceton, aldehyde
Các acid amin, urê	NH_3

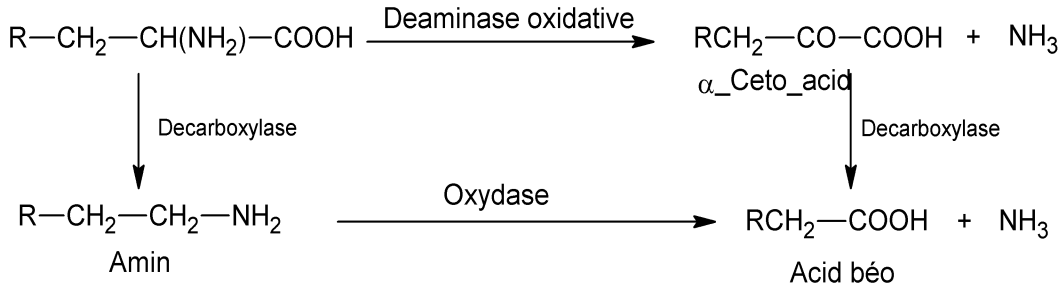
(Nguồn: Huss, 2004) [8]

Bước đầu của quá trình ươn hỏng là do các vi khuẩn hiếu khí sử dụng nguồn carbohydrate và lactate để sinh trưởng tạo thành CO_2 và H_2O, kết quả của tiến trình này là giảm thế oxy hóa khử trên bề mặt sản phẩm. Ở điều kiện này, vi khuẩn yếm khí phát triển khử trimethylamine oxide (TMAO) thành trimethylamine (TMA), sự gia tăng hàm lượng TMA trong thủy sản phụ thuộc chủ yếu vào hàm lượng của TMAO trong nguyên liệu cá [8, 128].

$$(CH_3)_3NO \xrightarrow{\text{vi khuẩn}} (CH_3)N$$

TMAO TMA

Tiếp theo quá trình ươn hỏng bởi vi sinh vật ở cá là sự phân hủy amino acid với cơ chế diễn ra như sau



Một lượng nhỏ NH_3 tạo thành trong giai đoạn tự phân giải nhưng phần lớn được tạo thành từ sự phân hủy các acid amin. Theo Huss và cộng sự (2004) [8] ở cá nhám, lượng NH_3 tạo thành trong suốt giai đoạn bảo quản rất lớn bởi vì hàm lượng urê trong thịt cá nhám rất cao, thành phần này bị phân hủy dưới tác dụng của vi khuẩn sản sinh enzyme urease tạo thành CO_2 và NH_3 theo phản ứng:

$$(NH_2)_2CO + H_2O \xrightarrow{\text{urease}} CO_2 + 2NH_3$$

Bên cạnh đó, trong cơ thịt cá tồn tại enzyme (TMAO-ase/ TMAO demethylase) có khả năng phân hủy TMAO thành dimethylamin (DMA) và formaldehyde (FA). Enzyme TMAO-ase thường được tìm thấy trong các loài cá tuyết [226].

$$(CH_3)_3NO \xrightarrow{enzyme} (CH_3)_2NH + HCHO$$

TMAO DMA formaldehyde

Theo nghiên cứu của Ninan và cộng sự (2006) hàm lượng TVB-N của một số sản phẩm làm từ cá rô phi có nhiều biến động trong thời gian bảo quản đông cụ thể

như: cá rô phi cắt khúc hàm lượng TVB-N dao động từ 12,4 - 20,2 mgN/100g, cá viên có hàm lượng TVB-N dao động từ 8,4 - 25,2 mgN/100g khi bảo quản ở nhiệt độ -20°C [187]. Theo quy định về độ tươi của thuỷ sản, giới hạn cho phép TVB-N không vượt quá 30 mgN/100g [204], vì vậy có thể dựa vào hàm lượng này để xác định thời gian loại bỏ cá trong quá trình bảo quản. Theo nghiên cứu của Ihuahi và cộng sự (2010) cá rô phi sau 15 ngày bảo quản bằng nước đá, có hàm lượng TVB-N tăng từ 5,5 mgN/100g lên 22,53 mgN/100g (vẫn nằm trong giới hạn cho phép), tuy nhiên cá sẽ hết hạn sử dụng khi hàm lượng TVB-N vượt qua giới hạn quy định sau 21 ngày tồn trữ là 38,75 mgN/100g [131].

Sự hư hỏng của thủy sản khi bảo quản có thể được đánh giá thông qua sự gia tăng lượng TVB-N, đặc biệt chỉ tiêu này phản ánh tương đối chính xác mức độ hư hỏng của thủy sản bảo quản lạnh. Vì thế, trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, hàm lượng TVB-N được sử dụng làm một chỉ tiêu đánh giá sự biến đổi chất lượng của phi lê cá rô phi vằn về mặt hóa học, bên cạnh việc theo dõi sự biến đổi về vi sinh vật và giá trị cảm quan của sản phẩm.

1.4.1.2. Biến đổi của lipid

Thuỷ sản là thực phẩm giàu dinh dưỡng và cần thiết cho sức khoẻ con người đặc biệt là cá, do có hàm lượng lipid cao và có sự hiện diện của các acid béo không no cao (PUFA) [125]. Tuy nhiên, hàm lượng lipid và PUFA cao lại là nguyên nhân gây ra sự hư hỏng và làm giảm chất lượng của thuỷ sản [89]. Sự biến đổi chất lượng cơ bản khi lạnh đông, trữ đông thuỷ sản phải kể đến là sự oxy hóa chất béo. Quá trình này thường xảy ra đối với cá béo và được xem là một trong những nguyên nhân làm giảm thời gian bảo quản cá.

Sau khi cá chết, chất béo trong cá thường bị biến đổi do quá trình thuỷ phân và oxy hóa. Quá trình oxy hóa lipid phụ thuộc vào rất nhiều nguyên nhân như: loại chất béo trong cơ thịt cá, những loài cá chứa nhiều acid béo không bão hoà dễ xảy ra sự oxy hóa hơn những loài khác [230]. 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 [127, 140]. 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 hydroperoxide hoặc peroxide được hình thành trong quá trình tự oxy hóa, Tuy nhiên, do peroxide là các hợp chất không bền nên khi xác định mức độ oxy hoá thường được kết hợp với việc xác định sản phẩm oxy hóa thứ cấp- acid thiobarbituric (TBARs), mục đích là đo lượng aldehyde sinh ra khi phân hủy hydroperoxide ở giai đoạn tiếp theo của sự ôi dầu [158].

Oxy hóa lipid gây suy giảm chất dinh dưỡng và tạo mùi khó chịu cho thuỷ sản, ảnh hưởng đến giá trị cảm quan và giảm thời hạn bảo quản của thuỷ sản [53, 248]. Theo Yin và cộng sự (2014) phi lê cá trắm cỏ (*Ctenopharyngodon idellus*) giảm giá trị cảm quan (màu sắc, mùi…) khi đông lạnh là do oxy hóa lipid của cá [248]. Điều này cũng được nhận thấy trên phi lê cá thu Tây Ban Nha (*Scomberomorus commersoni*) và cá mập má trắng (*Carcharhinus dussumieri*) được đông lạnh ở -30^{o}C và bảo quản từ 0÷6 tháng ở -18^{o}C, chỉ số PV, chỉ số TBARs và acid béo tự do tăng đáng kể theo thời gian bảo quản, làm giảm chất lượng của phi lê cá [182]. Theo những nghiên cứu trước đây, oxy hoá lipid diễn ra nhanh hơn ở các loài cá béo như cá hồi vân (*Oncorhynchus mykiss*) và cá thu Đại Tây Dương (*Scomber scombrus*) [53, 215]. Như vậy, có thể thấy mức độ béo của cá ảnh hưởng đến tốc độ của quá trình oxy hoá, từ đó ảnh hưởng đến chất lượng và thời gian bảo quản chúng.

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

1.4.2.1. Biến đổi chất lượng thuỷ sản do vi sinh vật

Sự hư hỏng thực phẩm do vi sinh vật là mối quan tâm lớn trên toàn thế giới, 25% thực phẩm bị hư hỏng sau thu hoạch là do hoạt động của vi sinh vật [1] sự hư hỏng thực phẩm có thể được gây ra bởi các yếu tố hóa học và vật lý, tuy nhiên đa phần nguyên nhân dẫn đến sự hư hỏng thực phẩm là hoạt động của vi sinh vật, hoạt động của chúng tạo ra các sản phẩm cấp thấp và gây mùi khó chịu thông qua các quá trình chuyển hóa tạo thành hợp chất như: lưu huỳnh, rượu, aldehyde và các hợp chất hữu cơ.

Trên bề mặt của cá, vi sinh vật phần lớn được tìm thấy ở da (10^2 - 10^7 CFU/cm^2), mang ($10^3 \div 10^9$ CFU/g) và nội tạng (10^3 - 10^9 CFU/g) [222, 221], tại cơ thịt của cá tươi vi sinh vật hiện diện rất ít. 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. Vi sinh vật sẽ xâm nhập vào cơ thịt bằng cách đi qua giữa các sợi cơ, vi sinh vật có thể được phát hiện trong cơ thịt khi lượng vi sinh vật trên bề mặt da tăng lên trên 10^6 CFU/cm^2. Sự lây nhiễm vi sinh vật vào cá có thể từ nhiều nguồn gốc khác nhau như: dụng cụ, thiết bị, nguyên liệu sống, người chế biến và người bán hàng [37]. Vì thế, việc kiểm soát vệ sinh trong chuỗi cung ứng rất quan trọng nhằm đảm bảo an toàn con người tránh nguy cơ lây nhiễm bệnh từ thực phẩm.

Theo Gram và Dalgaard (2002) những nghiên cứu về sự sinh trưởng cũng như hoạt động của vi sinh vật gây hư hỏng trên thủy sản và thực phẩm rất cần thiết cho việc phát triển các kỹ thuật bảo quản, nhằm giảm thiểu sự tổn thất từ quá trình hư hỏng [112]. Hệ vi sinh vật là nguyên nhân chính gây hư hỏng hầu hết sản phẩm thủy sản nói chung và trên cá nói riêng, được gọi là hệ vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng (SSO) [112]. Sự hiện diện của vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng: *Pseudomonas* spp., *Photobacterium phosphoreum, Shewanella putrefaciens…*thường tạo cho sản phẩm có mùi, vị khó chịu [85]. Có thể thấy rằng trên đối tượng thủy sản khác nhau có thể có sự hiện diện của các hệ vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng khác nhau (Bảng 1.3).

Bảng 1.3. Vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng trên sản phẩm thủy sản

Sản phẩm	**Vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng**
Cá biển ướp đá	*Shewanella putrefaciens*
Cá nước ngọt ướp đá	*Pseudomonas* spp.
Cá bảo quản bằng CO_2 ở nhiệt độ thấp	*Photobacterium phosphoreum*

(Nguồn: Gram và Dalgaard, 2002)[112]

Trong quá trình bảo quản, các vi sinh vật sẽ luôn thay đổi để chống chọi và thích ứng với điều kiện khác nhau của môi trường. Thông thường các vi khuẩn hiếu khí sẽ sinh trưởng đầu tiên trong quá trình hư hỏng, chúng sử dụng nguồn năng lượng từ carbohydrate và lactate để sinh trưởng tạo thành CO_2 và H_2O làm giảm thế oxy hóa khử trên bề mặt sản phẩm, dưới điều kiện này các vi khuẩn yếm khí như: *Alteromonas putrefacien,* Enterobacteriaceae sinh trưởng khử TMAO thành TMA, gây mùi vị xấu cho cá. Tiếp theo quá trình hư hỏng thuỷ sản là các vi sinh vật phân hủy acid amin tạo

thành NH_3, CO_2... Một số vi khuẩn phân hủy các acid amin chứa lưu huỳnh như cysteine, methionie tạo thành H_2S, CH_3SH, $(CH_3)_2S$, các hợp chất này tạo mùi vị xấu, làm giảm giá trị cảm quan cho sản phẩm. Sự gia tăng mật độ vi sinh vật gây hư hỏng thuỷ sản có thể kể đến do quá trình bảo quản và xử lý không đúng cách các sản phẩm thủy sản [177]. Ngoài các nhóm vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng còn có nhiều nhóm vi sinh vật như: coliform, *E.coli*, *Vibrio*, *Samonella*, *Listeria*… các vi sinh vật này khi lây nhiễm và sinh trưởng làm cho thuỷ sản mất an toàn đối với người tiêu dùng. Chính vì thế, vi sinh vật là yếu tố quan trọng cần quan tâm theo dõi trong quá trình sản xuất và bảo quản thuỷ sản theo TCVN 5289:2006.

1.4.2.2. Một số vi sinh vật thường gặp trên thuỷ sản và sản phẩm thuỷ sản

a) Tổng vi sinh vật hiếu khí (TPC- total viable count)

Vi sinh vật hiếu khí là những vi sinh vật tăng trưởng và hình thành khuẩn lạc trong điều kiện có sự hiện diện của oxy phân tử. Theo "Quy định giới hạn tối đa ô nhiễm sinh học và hoá học trong thực phẩm" [4] và TCVN 5289:2006 về tiêu chuẩn áp dụng cho sản phẩm thủy sản đông lạnh, giới hạn tổng số vi sinh vật hiếu khí không vượt quá 10^6 CFU/g [4]. Do đó khi tiến hành nghiên cứu về sự biến đổi chất lượng của thực phẩm nói chung và thủy sản nói riêng, mật độ vi sinh vật hiếu khí là chỉ tiêu thường được lựa chọn.

Theo nghiên cứu của Tong và cộng sự (2013) lượng TPC trên phi lê cá tra tại công đoạn đóng gói ở các nhà máy chế biến thủy sản quy mô lớn là $6{,}3.10^3$ CFU/g, ở nhà máy chế biến quy mô nhỏ là $1{,}26.10^5$ CFU/g [235], nhóm tác giả cho rằng đó là do ở quy mô sản xuất lớn, việc giám sát thực hành vệ sinh trong quá trình chế biến tốt hơn nên hạn chế được sự lây nhiễm và sinh trưởng của vi sinh vật. Ở một nghiên cứu khác, khi so sánh hàm lượng TPC của cá rô phi bảo quản bằng nước đá với cá rô phi bảo quản ở nhiệt độ môi trường, kết quả cho thấy lượng TPC ban đầu của cá bảo quản bằng nước đá là $2{,}8.10^4$ CFU/g tăng lên $3{,}2.10^6$ CFU/g sau 15 ngày và tăng đến $8{,}5.10^8$ CFU/g vào cuối thời gian bảo quản 21 ngày, vượt quá ngưỡng cho phép theo quy định 10^6 CFU/g. Còn mẫu bảo quản ở nhiệt độ môi trường chỉ sau 12 giờ lượng TPC đạt $2{,}6.10^5$ CFU/g, đến giờ thứ 15 tăng lên $8{,}9.10^7$ CFU/g vượt quá ngưỡng cho phép [55]. Một vài nghiên cứu cho rằng TPC là thông số vi sinh vật được dùng để đánh giá thời

hạn sử dụng an toàn cho người tiêu dùng, theo đó phi lê cá tra bảo quản lạnh tại các nhiệt độ 1, 4, 9, 15 và 19 ± 1°C không nên vượt quá thời gian tương ứng là 216; 96; 36; 16 và 7 giờ, bởi vì khi đó lượng TPC đã vượt quá ngưỡng cho phép [186]; cá bớp nuôi (*Rachycentron canadum*) cắt khúc bảo quản ở nhiệt độ 0 - 2°C hết hạn sử dụng sau 10 ngày bảo quản, tại thời điểm đó lượng TPC đạt $2,8.10^6$ CFU/g [162].

Từ những dẫn liệu trên cho thấy tổng số vi sinh vật hiếu khí là một chỉ tiêu rất quan trọng để giám sát sự biến đổi chất lượng đối với thủy sản bảo quản lạnh. Do đó, tổng số vi sinh vật hiếu khí là chỉ tiêu đề tài quan tâm theo dõi trong quá trình bảo quản lạnh phi lê cá rô phi vằn đến cuối chuỗi cung ứng, chỉ tiêu này được Bộ Y tế quy định đối với thực phẩm nói chung, thuỷ sản nói riêng tại QCVN 8-3:2012/BYT và Quyết định số 46/2007/QĐ-BYT.

b) Photobacterium phosphoreum

Photobacterium phosphoreum là vi khuẩn gram âm, hình que có thể di động, có thể sinh trưởng trong điều kiện yếm khí, sống trong ruột của cá và có khả năng phát ra ánh sáng xanh lam. *Photobacterium phosphoreum* gây hư hỏng cá bằng cách khử TMAO thành TMA làm cho sản phẩm có mùi vị tanh, hư hỏng [97]. Ngoài ra, *Photobacterium phosphoreum* còn sinh trưởng tốt trong điều kiện có CO_2, nên vi khuẩn này làm giảm hàm lượng TMAO trong sản phẩm cá phi lê bảo quản bằng CO_2. *Photobacterium phosphoreum* còn được tìm thấy khi được bảo quản bởi nồng độ muối thấp, acid nhẹ và trữ lạnh trong bao bì chân không [137, 145, 148]. Sự hư hỏng của cá bởi *Photobacterium phosphoreum* được phát hiện bằng các phản ứng gây phát quang hay phương pháp đo sự suy giảm hàm lượng TMAO [76, 75].

Theo nghiên cứu của Dalgaard (1994) tác giả đã sử dụng mô hình động học về sự sinh trưởng của vi sinh vật đặc trưng trên cá tuyết, kết quả cho thấy *Photobacterium phosphoreum* đóng vai trò quan trọng trong việc gây hư hỏng sản phẩm này [77]. Nhiều nghiên cứu cho thấy *Photobacterium phosphoreum* là một nhân tố quan trọng trong việc hư hỏng cá hồi và cá tuyết từ bắc Đại Tây Dương đặc biệt là cá phi lê đóng gói và bảo quản lạnh. Để ức chế sự sinh trưởng của *Photobacterium phosphoreum* có thể sử dụng một số biện pháp như đông lạnh [172].

Mặc dù *Photobacterium phosphoreum* là nhóm vi sinh vật thuộc nhóm gây hư hỏng đặc trưng của thuỷ sản, nhưng *Photobacterium phosphoreum* thường được tìm thấy trên khi cá bảo quản ở điều kiện chân không hoặc có mặt của CO_2 [239]. Ngoài ra, nhóm vi sinh vật này đa phần được phát hiện ở các loài cá biển và không được tìm thấy ở cá nước ngọt [97].

c) Shewanella putrefaciens

Shewanella putrefaciens được phát hiện bởi Shewan người đầu tiên tìm hiểu về sự hư hỏng của cá [156]. *Shewanella putrefaciens* là vi khuẩn kỵ khí gram âm, có khả năng tạo thành H_2S từ các hợp chất hữu cơ và vô cơ, làm giảm TMAO [132], tạo ra TMA tạo mùi khó chịu, mùi của sự hiện diện TMA. *Shewanella putrefaciens* còn làm giảm acid amin chứa lưu huỳnh tạo ra các hợp chất sulfua như H_2S [112]. Vì vậy, phương pháp được xem là hữu hiệu để phát hiện các vi sinh vật gây hư hỏng là sử dụng phép thử với sản phẩm hư hỏng, trên cơ sở đó có thể phát hiện *Shewanella putrefaciens* bằng phản ứng với H_2S [112].

Shewanella là những vi sinh vật thường hiện diện trên các loài cá nước mặn, chúng không đóng vai trò quan trọng trong sự hư hỏng của cá nước ngọt [112]. Khi cá vừa mới đánh bắt mật độ *Shewanella putrefaciens* rất thấp nhưng trong quá trình bảo quản vi khuẩn này trở nên thích nghi với môi trường và sinh trưởng mạnh mẽ, mật độ tăng đến $10^7 \div 10^9$ CFU/g [221], chính vì thế *Shewanella putrefaciens* được sử dụng để tiên đoán thời gian bảo quản của một số sản phẩm thủy sản thông qua việc kiểm tra mật độ của vi khuẩn này [112]. Để quá trình quản lý chất lượng cá tuyết tốt hơn, Bonilla và cộng sự (2007) đã tiến hành xây dựng mối tương quan giữa chỉ số chất lượng (QI, tổng điểm cảm quan QIM) và thời gian bảo quản sản phẩm bằng nước đá, dựa trên kết quả phân tích mật độ vi khuẩn sinh H_2S, điều này giúp đánh giá nhanh chóng và chính xác độ tươi của phi lê cá tuyết [57].

***d) Pseudomonas* spp.**

Pseudomonas spp. thuộc họ Pseudomonadaceae, là vi khuẩn gram âm, hình que thẳng hoặc cong mảnh, không có khả năng sinh bào tử, kích thước 0,5 - 1,0 x 1,5 5,0 µm, thường di động với một hoặc nhiều roi, là vi khuẩn hiếu khí bắt buộc. Hầu hết *Pseudomonas* spp. có phản ứng oxidase dương tính. *Pseudomonas* spp. có thể sinh

trưởng từ 4 - 42°C, nhưng chúng sinh trưởng tốt nhất ở nhiệt độ thấp trên cá và các sản phẩm từ cá, đặc biệt là cá ướp đá, nên được coi là vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng trên nguyên liệu cá và cá ướp đá [105]. *Pseudomonas* spp. sản sinh ra các hợp chất bay hơi như aldehyde, ceton và este…làm ảnh hưởng đến mùi của sản phẩm, đây kết quả của quá trình phân huỷ các acid amin [8, 113, 240].

Pseudomonas spp. là vi khuẩn gây bệnh tiềm ẩn cho con người, một số loại *Pseudomonas* có khả năng gây bệnh như: *Pseudomonas aeruginosa* gây ra một số bệnh nhiễm trùng cục bộ [142], *Pseudomonas putida* gây nhiễm trùng mắt, tiết niệu, viêm phổi và nhiễm trùng mô mềm [238], *Pseudomonas fluorescence* gây nhiễm trùng máu và là một trong những nguyên nhân hàng đầu của bệnh phổi [217].

Theo Abbas (2014), trong hệ vi sinh vật phân lập từ cá tại nhiều khu vực ở Baghdad, sự hiện diện của *Pseudomonas* spp. chiếm đến 15% [34]. Theo nghiên cứu của Osman và cộng sự (2021) cá rô phi vằn là loài thuỷ sản trung gian để nghiên cứu các loài *Pseudomonas* giúp kiểm soát các bệnh truyền nhiễm ảnh hưởng xấu đến ngành nuôi trồng thủy sản [198]. Sự xuất hiện của *Pseudomonas* spp. có ảnh hưởng rất lớn đến sự suy giảm chất lượng của sản phẩm, nên *Pseudomonas* spp. còn được xem là một chỉ thị chất lượng thực phẩm [36, 240]. *Pseudomonas* spp. sinh trưởng mạnh trong điều kiện lạnh, một vài nghiên cứu cho rằng sự hư hỏng thuỷ sản bắt nguồn từ *Pseudomonas* spp., các tác giả ghi nhận sự xuất hiện của nhóm vi sinh vật này trong quá trình bảo quản lạnh một số mặt hàng như phi lê cá tra [186, 236], cá rô phi [174], cá thu Đại Tây Dương, cá ngừ [36]. Theo đó, nhiều mô hình toán học được xây dựng để dự đoán sự hư hỏng thực phẩm khi bảo quản dựa trên sự sinh trưởng của nhóm vi sinh vật này. Theo Zhang và cộng sự (2011) có tác động của nhiệt độ và thời gian bảo quản đến sự tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. trên thịt bò, từ đó nhóm tác giả đã thiết lập mô hình sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. để dự đoán thời hạn sử dụng thịt bò bảo quản ở nhiệt độ 0 - 20°C [253]. Mô hình toán học về sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. còn được nghiên cứu trên nhiều loại thực phẩm khác nhau như: cá [145, 246], thịt gà [110], thịt lợn [203] và thịt bò [66, 145], qua đó các tác giả cho rằng công cụ này có thể cho kết quả một cách nhanh chóng và chính xác.

Đã có những nghiên cứu về hệ vi sinh vật gây hỏng đặc trưng trên thủy sản nói chung và cá rô phi nói riêng, phần lớn sản phẩm từ cá rô phi thường ở dạng nguyên con được bảo quản lạnh và lạnh đông. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu một cách hệ thống về sự biến đổi của lượng vi sinh vật gây hỏng đặc trưng trên phi lê cá rô phi vằn trong suốt quá trình bảo quản lạnh. Cá rô phi vằn là một loại cá nước ngọt nhiệt đới, vì thế nghiên cứu sự hiện diện và sinh trưởng của Pseudomonas spp. trên phi lê cá rô phi vằn là cần thiết và có ý nghĩa.

e) Coliform

Coliform là trực khuẩn đường ruột, hiếu khí hoặc kị khí. Coliform là một nhóm vi sinh vật bao gồm 4 chi: *Citrobacter, Enterobacter, Escherichia, Klebsiella*. Coliform có nguồn gốc từ phân, nước nhiễm bẩn, rác và thuộc nhóm lây nhiễm ưa ấm [7]. Coliform sinh trưởng tốt trên nhiều loại thực phẩm. Nhiệt độ sinh trưởng của chúng có thể từ -2 - 50°C, pH 4,4 - 9,0, chúng sinh trưởng yếu và chậm ở nhiệt độ 3 - 6°C [7]. Sự hiện diện của chúng trong thực phẩm, nước hoặc các loại mẫu môi trường được dùng để chỉ thị khả năng hiện diện của các vi sinh vật gây bệnh khác, do đó coliform là chỉ tiêu thường được dùng để đánh giá mức độ vệ sinh an toàn thực phẩm.

Theo Lê Xuân Phương (2001) cá sau khi đánh bắt được chứa trong dụng cụ chứa và chuyển đến nơi tiêu thụ hoặc chế biến, thời gian này cá có thể bị nhiễm vi sinh vật từ nước rửa, không khí và bề mặt tiếp xúc của dụng cụ chứa, nơi để cá…[25], ngoài những vi sinh vật có sẵn trên nguyên liệu. Đối với cá đông lạnh còn có thể bị lây nhiễm vi sinh vật từ quá trình chế biến như: dụng cụ chế biến và thiết bị chế biến [68]. Chính vì lý do đó nên trong quá trình sản xuất, người ta thường sử dụng Chlorine để khử trùng dụng cụ, bề mặt tiếp xúc, thiết bị, và rửa tay cho công nhân với nồng độ từ 50÷100 ppm [235]. Tại Việt Nam và một số nước trên thế giới sản phẩm thủy sản phần lớn được tiêu thụ tại chợ truyền thống và siêu thị. Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng mức độ nhiễm vi sinh vật của cá bày bán tại các khu vực này chủ yếu là do thiếu kiến thức về vệ sinh thực phẩm [174], mối đe dọa sức khỏe cộng đồng xuất phát từ các sản phẩm thủy sản được bày bán tại các khu vực này [85]. Theo nghiên cứu của Oramadike và cộng sự (2010) chất lượng của cá đông lạnh tại các siêu thị được quyết định chủ yếu bởi điều kiện vệ sinh. Kết quả kiểm tra của nhóm tác giả cho thấy, cá đông lạnh được

bảo quản ở -18°C tại một số siêu thị ở bang Lagos (Nigeria) có tổng số vi sinh vật là 2.10^3 - $7,4.10^3$ CFU/g và mật độ coliform là 0 - 53 MPN/g [196]. Điều kiện vệ sinh ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng cá bán bởi vì cá dễ bị nhiễm vi sinh vật ở các giai đoạn khác nhau trong quá trình xử lý, chế biến và bày bán [109]. Hiện nay, coliform và *E.coli* chính là vi sinh vật chỉ thị vệ sinh theo quy định về an toàn vệ sinh thực phẩm của Bộ Y tế [4].

f) E. coli

E.coli là dạng coliform thuộc giống *Escherichia* có nguồn gốc từ phân, sinh trưởng được ở nhiệt độ 44 - 50°C, pH thích hợp là 7,3 - 7,4 nhưng có thể sinh trưởng ở pH từ 5,5 - 8,0. Chúng có khả năng sinh indol, acid, không sinh aceton và không dùng citrate làm nguồn cacbon. Đây là một vi sinh vật chỉ thị nhiễm phân trong thực phẩm, gồm có 5 nhóm: *E.coli* gây bệnh đường ruột (*Enteropathogenic*) (EPEC); *E.coli* gây ngộ độc đường ruột (*Enterotoxigenic*) (ETEC); *E. coli* gây bệnh lỵ, *E.coli* gây xuất huyết đường ruột (*Enterohaemorrhagic*) (EHEC); *E.coli* gây bệnh do bám vào niêm mạc (*Enteroadherent*) (EAEC).

Các chủng *E.coli* gây các bệnh đường ruột với mức độ nghiêm trọng có thể từ rất nhẹ đến rất nặng, hoặc có thể đe dọa tính mạng tùy thuộc vào những yếu tố như dạng chủng gây bệnh, sức đề kháng của người bệnh và mức độ nhiễm khuẩn. Môi trường sống tự nhiên của *E.coli* là ruột người và động vật có xương sống. Do đó *E.coli* hiện diện rộng rãi trong môi trường ô nhiễm phân hay chất thải hữu cơ, sinh trưởng và tồn tại rất lâu trong môi trường. Hầu hết các hiện tượng lây nhiễm đều có mối liên quan đến nguồn nước hay đến vấn đề bảo quản thực phẩm dưới điều kiện không hợp vệ sinh. Trong vùng nước ôn đới, *E.coli* không xuất hiện trên cá và động vật giáp xác lúc mới đánh bắt (trừ vùng đất bị ô nhiễm nặng) [8, 127]. Một số nghiên cứu cho thấy nhiệt độ bảo quản càng cao càng thúc đẩy sự sinh trưởng của nhóm coliform và *E. coli*, do đó, bảo quản lạnh và lạnh đông được xem là phương pháp hữu hiệu để bảo quản cá và các mặt hàng thủy sản [44]. Theo các nghiên cứu trước đây trên phi lê cá tra và tôm sú bảo quản ở nhiệt độ 1- 4 ± 1°C, nhiệt độ này không thuận lợi cho sự sinh trưởng của *E. coli* [17, 163].

Sự nhiễm *E.coli* trong thực phẩm chứng tỏ xuất hiện mối nguy mầm bệnh đường ruột có thể đã xâm nhập vào thực phẩm. Theo quy định số 46/2007/QĐ-BYT giới hạn cho phép đối với *E.coli* là 10^2 CFU/g trên sản phẩm cá và thủy sản tươi (cá đông lạnh, cá tươi, các loại nhuyễn thể, các sản phẩm của cá phải xử lý nhiệt trước khi sử dụng) [4]. Coliform và *E.coli* được dùng để đánh giá mức độ an toàn thực phẩm, được áp dụng đầu tiên ở Mỹ từ năm 1920. Trong đó *E. coli* được coi như là một sự chỉ thị tốt của sự lây nhiễm (số lượng nhỏ) hoặc có sự sai phạm về nhiệt độ trong quá trình bảo quản (số lượng lớn). Có thể nói, coliform và *E.coli* chính là vi sinh vật cần theo dõi trong quá trình giám sát an toàn vệ sinh cho thực phẩm từ quá trình nuôi, chế biến đến tiêu thụ.

Xuất phát từ thực tế và quy định cho thấy, các vi sinh vật chỉ thị vệ sinh cần được kiểm tra, giám sát để đảm bảo vấn đề vệ sinh an toàn thực phẩm thuỷ sản. Đó chính là lý do đề tài này cũng tập trung nghiên cứu về sự hiện diện và sinh trưởng của nhóm vi sinh vật chỉ thị vệ sinh (coliform và E.coli) trên cá rô phi vằn phi lê ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau có thể gặp ở chuỗi cung ứng. Những dẫn liệu và khuyến nghị của đề tài sẽ góp phần kiểm soát chất lượng sản phẩm trong quá trình bảo quản và bày bán.

g) Vibrio spp.

Vibrio là phẩy khuẩn, gram âm, kỵ khí, thường được tìm thấy trong nước biển [239]. Một số loài *Vibrio* gây bệnh viêm dạ dày và viêm ruột ở người và có thể gây nhiễm trùng đường huyết [147] Đây là loài gây bệnh thường gặp khi sử dụng hải sản chưa nấu chín. Các loài *Vibrio* gây bệnh gồm có: *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio vulnificus* và *Vibrio cholerae* [92].

Vibrio cholerae có nhiều trong môi trường nước biển và nước ngọt. Một số nghiên cứu cho rằng *Vibrio cholerae* được phân lập từ một số cơ quan nội tạng của cá [118]. Điều này cho thấy *Vibrio cholerae* có thể có trong cá nguyên liệu bị nhiễm từ môi trường nuôi trồng, một số tác giả đã phân lập được *Vibrio cholerae* trên cá rô phi được nuôi trong lồng nổi [83] và một số loài cá cảnh như cá bảy màu [141].

Vibrio parahaemolyticus được xem là nguyên nhân hàng đầu gây bệnh về đường tiêu hoá khi tiêu thụ hải sản ở các nước Nhật Bản, Canada và Hoa Kỳ [229].

Vibrio parahaemolyticus bị vô hoạt và giảm số lượng trên thuỷ sản khi bảo quản lạnh và lạnh đông [242]. Bảo quản lạnh và đông là những phương pháp hiệu quả nhất để ức chế hoặc hạn chế sự sinh trưởng của các mầm bệnh trong thực phẩm trong đó có *Vibrio parahaemolyticus* [8].

Theo TCVN 5289:2006 mật độ *Vibrio parahaemolyticus* của thuỷ sản không được vượt quá 10^2 CFU/g. Chưa có quy định về lượng *Vibrio cholera* trong thuỷ sản nói chung, tuy nhiên theo TCVN 8338:2010 quy định về mật độ vi sinh vật có mặt trên phi lê cá tra đông lạnh, không cho phép có mặt của *Vibrio cholera* trong 25 g mẫu.

h) Salmonella spp.

Salmonella thuộc họ *Enterobacteriaceae* (vi khuẩn đường ruột) là nhóm trực khuẩn gram âm. *Salmonella* sinh trưởng tối ưu ở 37°C, nhưng có thể sinh trưởng trong khoảng nhiệt độ từ 5-47°C [192]. *Salmonella* là vi khuẩn gây bệnh viêm ruột và dạ dày cấp tính, triệu chứng chủ yếu khi nhiễm khuẩn là tiêu chảy không ra máu, đau bụng, sốt, buồn nôn và nôn [35]. Chính những mối nguy đến từ *Salmonella* nên vi khuẩn này là đối tượng cần giám sát trong quá trình chế biến. *Salmonella* có thể lây truyền từ động vật sang thực phẩm, đồng thời dễ lây nhiễm chéo giữa thực phẩm tươi sống và thực phẩm chín từ quá trình xử lý và chế biến [94, 116, 154, 169]. Do đó sự lây nhiễm *Salmonella* trong thuỷ sản đã trở thành mối quan tâm của các cơ quan y tế tại một số các quốc gia [123, 202, 251].

Salmonella được phát hiện trong các sản phẩm cá hun khói, cá hồi sushi và các sản phẩm cá muối [63], tuy nhiên khả năng tồn tại của *Salmonella* trên cá và các sản phẩm từ cá được bảo quản lạnh và đông lạnh lại rất hạn chế, bởi vì *Salmonella* tồn tại nhưng không sinh trưởng ở 3°C [150]. Theo các nghiên cứu trước đây, lượng *Salmonella* trong cá ngừ giảm sau 12 ngày bảo quản ở nhiệt độ 5 - 7°C, trong khi đó, không phát hiện được *Salmonella* trong cá ngừ sau 42 ngày bảo quản đông [120, 150]. Để hạn chế mức độ lây nhiễm *Salmonella* trong thực phẩm, cần nấu chín thực phẩm và bảo quản ở nhiệt độ thích hợp sẽ loại bỏ khả năng lây nhiễm vi sinh vật này [8, 13]. Theo TCVN 5289: 2006, không cho phép sự có mặt của *Salmonella* trong 25g thủy sản đông lạnh.

i) Staphylococus aureus

Staphylococcus aureus hay còn gọi tụ cầu khuẩn, là vi khuẩn kỵ khí gram dương, có khả năng sinh độc tố cao khi nhiễm vào thực phẩm và gây ngộ độc. Nhiệt độ sinh trưởng tối ưu của *Staphylococcus* là 30 - 37°C, hoạt động ở pH 4,2 - 9,3; pH tối ưu nhất là 7 - 7,5. Ngoài ra, *Staphylococcus aureus* có thể sinh trưởng trong môi trường chứa đến 15% NaCl. *Staphylococcus aureus* thường lây nhiễm trong quá trình chế biến thực phẩm khi điều kiện vệ sinh kém [8, 13].

Theo khảo sát của Simon và cộng sự (2007) cho thấy 21 mẫu sản phẩm (17%) và 54 mẫu lấy từ công nhân (62%) được phát hiện dương tính với *Staphylococcus aureus* [224], từ đó cho thấy nguy cơ tiềm ẩn của vi khuẩn này rất cao [41]. Một nghiên cứu khác về sự hiện diện của *Staphylococcus aureus* trên các mẫu cá được bán tại các chợ địa phương của Nam Ấn Độ cho thấy có khoảng 24,47% mẫu cá bị nhiễm *Staphylococcus aureus* [62], nghiên cứu đã chỉ ra nguyên nhân là do điều kiện vệ sinh kém các ở chợ địa phương.

Staphylococcus aureus là vi khuẩn nhạy cảm với nhiệt độ, chúng sinh sản chậm ở nhiệt độ thấp (5 - 12°C). Tuy nhiên, khi thực phẩm nấu chín vẫn có thể bị tái nhiễm vi khuẩn này, lúc đó chúng sẽ sinh trưởng và sản sinh độc tố [127]. TCVN 5289: 2006 quy định sự có mặt của *Staphylococcus aureus* không được lớn hơn 10^2 CFU trên 25g thủy sản đông lạnh.

k) Clostridium perfringens

Clostridium perfringens là trực khuẩn gram dương, kỵ khí, sinh bào tử [61]. *Clostridium perfringens* phân bố rộng rãi trong môi trường tự nhiên. Vì *Clostridium perfringens* có khả năng tạo thành bào tử nên chúng có thể chịu được nhiệt độ cao trong quá trình chế biến, do đó nếu thức ăn nấu chín được để một thời gian sẽ có sự nảy mầm xảy ra và các khuẩn lạc sinh trưởng. *Clostridium perfringens* sinh trưởng tối ưu ở nhiệt độ 42 - 50°C [245]. *Clostridium perfringens* được ước tính là vi khuẩn gây bệnh từ thực phẩm đứng thứ hai ở Hoa Kỳ, trong đó thịt bò là mặt hàng nhiễm khuẩn phổ biến nhất (chiếm 46%), kế đến là gia cầm (chiếm 30%) và thịt lợn (chiếm 16%) [114]. Ngoài ra, *Clostridium perfringens* còn được tìm thấy ở các mặt hàng thực phẩm đóng hộp hay thực phẩm có hàm lượng protein cao [78].

Theo nghiên cứu của Wani và cộng sự (2018) cá cũng được coi là nguồn thực phẩm tiềm ẩn gây nhiễm *Clostridium perfringens* cho con người [244] bởi vì chúng là loài sản sinh nhiều độc tố, bào tử của chúng đã được hình thành từ lúc cá còn sống và cá nấu chín, khiến nó trở thành mầm bệnh tiềm tàng từ thực phẩm [114]. Một số khảo sát đã phân lập được *Clostridium perfringens* trong ruột cá nước ngọt như: cá chép bạc, cá chép, cá trê [64], ngoài ra *Clostridium perfringens* còn được tìm thấy trên cá tuyết [47]. Theo TCVN 5289:2006 giới hạn cho phép sự hiện diện *Clostridium perfringens* trên sản phẩm thủy sản đông lạnh là 10^2CFU/g.

l) Listeria monocytogenes

*Listeria monocytogene*s là vi khuẩn gram dương, có mặt rộng rãi trong tự nhiên. *Listeria monocytogene*s có nhiệt độ sinh trưởng tối ưu là 30 - 37°C, nhưng có thể tồn tại ở nhiệt độ từ 1 - 45°C, nên được biết đến là nhóm vi sinh vật có thể sinh sôi ở nhiệt độ thấp [129, 207]. Chính khả năng sinh trưởng ở nhiệt độ lạnh khiến *Listeria monocytogene*s trở thành mối đe dọa đáng kể đối với sự an toàn của các sản phẩm thực phẩm [254]. Tuy nhiên, *Listeria monocytogenes* nhạy cảm với nhiệt độ cao nên dễ dàng bị mất hoạt tính khi nấu chín hay thanh trùng [127].

Listeria monocytogenes được tìm thấy trong nước bị ô nhiễm, trên bề mặt cá, trong niêm mạc dạ dày, mang và ruột, nhưng lại không hiện diện trong thịt cá sống. Theo kết quả nghiên cứu của Gram (2001) có khoảng 1 - 34% mẫu cá nguyên liệu đi vào nhà máy chế biến cá dương tính với *Listeria monocytogenes* [111], trong đó 30% trong các mẫu cá nước ngọt và 10,4% trong các mẫu cá biển [250]. Sự lây nhiễm *Listeria monocytogenes* còn có thể bắt nguồn từ dụng cụ, dây chuyền, thiết bị đã nhiễm khuẩn [79, 115], vì *Listeria monocytogenes* có khả năng bám vào bề mặt thiết bị và dụng cụ chế biến, đặc biệt là kim loại [153]. Mức lây nhiễm *Listeria monocytogenes* trên sản phẩm thủy sản có thể được duy trì ở mức rất thấp (1 - 10/g) nếu quá trình thực hành sản xuất tốt và vệ sinh xí nghiệp [8]. Kết quả điều tra về chất lượng vi sinh vật trên phi lê ở một số loại cá như: cá tra, cá hồi, cá rô phi trong hoạt động bán lẻ tại các địa phương của Mỹ cho thấy tỷ lệ nhiễm *Listeria monocytogenes* dao động từ 0% đến 12,5% [201].

Từ những nghiên cứu trên cho thấy, *Listeria monocytogenes* có ảnh hưởng đáng kể đến hoạt động thương mại của thủy sản, nên trong hoạt động giám sát và quản lý chất lượng thuỷ sản không thể bỏ qua nhóm vi sinh vật này [133]. Tuy nhiên, Quyết định 46/2007/QĐ-BYT và TCVN 5289:2006 không có quy định liên quan đến *Listeria monocytogenes* trên thủy sản tươi và đông lạnh.

1.4.3. Biến đổi chất lượng cảm quan của thuỷ sản và các 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 [127], 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. Bên cạnh các chỉ tiêu về hóa học, vi sinh vật, cảm quan là công cụ giúp xác định nhanh độ tươi và thời hạn còn lại của quá trình bảo quản. Đánh giá cảm quan hiện nay được coi là một trong những phương pháp phổ biến để đánh giá độ tươi của các sản phẩm thủy sản [128].

Nguyên liệu thuỷ sản có đặc tính là cơ thịt lỏng lẻo và rất dễ ươn hỏng, do đó chất lượng cảm quan của thủy sản phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như phương pháp bao gói, phương pháp bảo quản, nhiệt độ và thời gian bảo quản. Các loài thủy sản khác nhau có đặc tính cảm quan rất khác nhau, dù được nấu chín hoặc khi còn sống [170]. Nghiên cứu đánh giá cảm quan tôm sú nguyên liệu trong quá trình bảo quản lạnh cho thấy, một số thuộc tính hư hỏng đặc trưng như sự hình thành đốm đen trên thân tôm, hay kết cấu cơ thịt kém chặt chẽ đều vượt quá số điểm cảm quan quy định sau 9 ngày bảo quản ở 1 ± 1°C [164]. Theo Dương Thị Phượng Liên và cộng sự (2011) dựa vào phương pháp đánh giá chỉ số chất lượng QIM, nhóm tác giả xác định thời hạn sử dụng tối đa của tôm sú (cỡ 30 - 40 con/kg) được bảo quản bằng nước đá ở 0 - 1°C và 1 - 2°C lần lượt là 10 và 9 ngày [12]. Theo Dabadé và cộng sự (2001) thang điểm chấp nhận của tôm ở vùng biển Ả-rập Xê-út bảo quản lạnh là 7 điểm (tốt nhất), điểm không chấp nhận sản phẩm là 3 điểm, kết quả cho thấy thời gian bảo quản loại tôm này

không quá 9 ngày ở 0°C, 7 ngày ở 4°C, 3 ngày ở 7°C và 43 giờ ở 15°C [74]. Đối với tôm thẻ chân trắng Thái Lan được đánh giá cảm quan bằng thang đo từ 1 đến 9 điểm, điểm loại bỏ là 5 điểm, thời hạn sử dụng của tôm được xác định là 4 ngày ở 4 ± 1°C [149].

Hầu hết các nghiên cứu chỉ ra rằng, thời hạn bảo quản của sản phẩm thuỷ sản được xác định dựa vào sự thay đổi các đặc tính cảm quan. Cá cơm sau 7 ngày bảo quản bằng nước đá xuất hiện mùi khó chịu, đồng thời có sự tăng hàm lượng TVB-N [171]. Theo nghiên cứu của Kapute và cộng sự (2013) có sự khác biệt rất lớn giữa cá tươi và cá bảo quản trong nước đá ở một số thuộc tính cảm quan như: màu của mang, nhớt ở mang, vảy, mắt… khi nhóm tác giả xác định độ tươi và chất lượng của cá rô phi ở Malawi (*Chambo*) trong quá trình bảo quản [139]. Phi lê cá tra bảo quản ở 0 - 4°C có thuộc tính mùi xấu (mùi mốc, mùi ôi khét, mùi của NH_3) tăng, có vị hỏng thối, màu sắc của cá sậm, cấu trúc sợi và khô là đặc trưng cho phi lê cá tra bảo quản thời gian dài, theo nhóm tác giả vị ngọt đạm là thuộc tính đặc trưng cho cá tươi mới bảo quản [19]. Đối với cá hồi nuôi, cấu trúc cơ thịt mềm, kém đàn hồi và các thuộc tính mùi mô tả mùi cá tươi giảm khi bảo quản bằng nước đá, kết quả phân tích cảm quan bằng phương pháp QIM kết hợp với phương pháp QDA cho thấy cá hồi có thời gian bảo quản bằng nước đá tối đa là 20 - 21 ngày [231]. Khi nghiên cứu đánh giá chất lượng cá bớp cắt lát bảo quản lạnh, tác giả Mai Thị Tuyết Nga (2013) đã xây dựng được bảng mô tả QDA cho cá bớp nuôi gồm 16 thuộc tính cảm quan, trong đó có nhóm các "thuộc tính tốt" mô tả cá tươi và nhóm các "thuộc tính xấu" mô tả chất lượng cá kém tươi. Kết quả đánh giá cảm quan bằng phương pháp QDA cho thấy thời gian bảo quản của cá bớp cắt lát ở nhiệt độ 0 - 2°C là 8 ngày [16]. Tác giả cũng đã xây dựng thang điểm QIM với 9 thuộc tính và tổng điểm QI là 21. Thang điểm QIM này dùng để dự đoán thời hạn bảo quản còn lại của cá bớp cắt lát với độ chính xác ± 1,5 ngày. Theo nghiên cứu của Rodrigues và cộng sự (2016) nhóm tác giả đã sử dụng các phân tích cảm quan bao gồm phân tích mô tả định lượng (QDA) cho cá nấu chín và phương pháp chỉ số chất lượng (QIM) trên cá tươi, kết quả cho thấy thời hạn sử dụng cá rô phi được bảo quản bằng nước đá là 15 ngày [211]. Theo Nguyễn Văn Minh và cộng sự (2021) nhóm tác giả cho rằng bảng mô tả cảm quan theo phương pháp QIM có thể áp dụng để đánh

giá độ tươi, đồng thời kết hợp với bảng điểm Torry để xác định thời hạn sử dụng của sản phẩm phi lê cá lóc bảo quản ở nhiệt độ 2-4°C [14].

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

a. Phương pháp chỉ số chất lượng (QIM - Quality Index Method)

Phương pháp chỉ số chất lượng được nghiên cứu đầu tiên bởi Viện nghiên cứu thực phẩm Tasmania - Úc [59], sau đó được tiếp tục phát triển ở Châu Âu và các nước khác cho nhiều đối tượng thuỷ sản như: cá tuyết, cá trích, cá tuyết lục, cá hồi, cá bơn bảo quản lạnh... QIM là một phương pháp xác định chất lượng cảm quan của thuỷ sản theo một hệ thống khách quan, dựa trên những thay đổi đặc trưng xảy ra trên từng loài và sản phẩm thuỷ sản tươi sống/bảo quản lạnh hoặc đông (không cần chuẩn bị mẫu chín) như bề ngoài, cấu trúc và mùi. Phương pháp QIM sử dụng thang điểm đánh giá từ 0 (trạng thái tươi nhất) đến 1, 2 hoặc 3 (suy giảm nhất) cho mỗi thuộc tính cảm quan. Tổng điểm của tất cả các thuộc tính cảm quan gọi là chỉ số chất lượng (Quality Index - QI). Chỉ số QI tương quan tuyến tính cao với thời hạn bảo quản, điều này giúp dự báo thời hạn bảo quản còn lại của thuỷ sản [136]. QIM sử dụng dễ dàng hơn so với một số phương pháp cảm quan khác và không yêu cầu bất kỳ thiết bị nào khác ngoài các giác quan của con người. Tất cả các mô tả chất lượng được đưa ra rõ ràng và hầu hết đều có hướng dẫn với hình ảnh minh họa cụ thể. Ưu điểm chính của QIM là tính đặc trưng cho từng loài và từng loại sản phẩm thuỷ sản. QIM rất thích hợp để huấn luyện cho những người chưa có kinh nghiệm để đánh giá cảm quan nguyên liệu thủy sản, đào tạo các chuyên gia giám sát hoạt động của các cảm quan viên [162]. Do đó, phương pháp này được cho là rất hữu ích, phù hợp để sử dụng trong kiểm soát chất lượng, cung cấp thông tin có giá trị về độ tươi và giám sát quá trình đánh giá một cách dễ dàng [170]. QIM được xây dựng cụ thể cho từng loài và sản phẩm thuỷ sản, nhiều thang điểm QIM đã được phát triển cho các loài cá khác nhau. Nhiều tác giả đã cho rằng phương pháp cảm quan QIM rất phù hợp để đánh giá độ tươi của sản phẩm thủy sản, được áp dụng để đánh giá cho nhiều loài cá như: phi lê cá rô phi [72], phi lê cá tuyết [57] phi lê cá hồi [231], phi lê cá lóc [14].

b. Phương pháp phân tích mô tả định lượng (QDA-Quantitative Descriptive Analysis)

Phân tích mô tả định lượng đã được phát triển trong những năm 1970 để hiệu chỉnh một vài vấn đề nhận biết có liên quan với phân tích mô tả mùi. QDA được sử dụng để xác định các thuộc tính cảm quan của mẫu thực phẩm đã chín như: cấu trúc, bề mặt, mùi và vị. QDA cung cấp chi tiết tất cả các thuộc tính của sản phẩm, bao gồm cả định tính và định lượng [128]. Phương pháp QDA sử dụng thang điểm không cấu trúc (là một đường thẳng được nối từ đầu mút bên trái qua đầu mút bên phải) để mô tả cường độ của các đặc tính.

Trong quá trình huấn luyện QDA, để thuận lợi cho sự hình thành khái niệm một cách chính xác, các cảm quan viên được tiếp cận với nhiều dạng khác nhau của sản phẩm. Mẫu được lựa chọn sẽ được quyết định bởi mục đích nghiên cứu, thành viên hội đồng sẽ đưa ra một tập hợp các thuật ngữ mô tả sự khác nhau của sản phẩm. Sau đó, thông qua sự đồng thuận, hội đồng phát triển bảng từ vựng tiêu chuẩn mô tả sự khác nhau về cảm giác giữa các mẫu. Ngoài ra, trong suốt giai đoạn huấn luyện, hội đồng sẽ quyết định thứ tự để đánh giá từng chỉ tiêu/thuộc tính. Ưu điểm của phương pháp QDA là cảm quan viên thực hiện các đánh giá độc lập, kết quả thu được không xuất phát từ sự đồng thuận. Ngoài ra, số liệu được xử lý thống kê và trình bày trên đồ thị một cách dễ dàng. Việc phát triển từ vựng của hội đồng cảm quan không bị ảnh hưởng bởi trưởng hội đồng và thường dựa trên ngôn ngữ mô tả của khách hàng. Nhược điểm của phương pháp QDA là hội đồng phải được huấn luyện cho một sản phẩm cụ thể.

Các kết quả phân tích mô tả QDA là cơ sở tham khảo/đối sánh trong xây dựng thang điểm QIM cho thực phẩm. Phương pháp QDA còn được dùng để xác định thời gian bảo quản tối đa của sản phẩm thực phẩm/thuỷ sản và là một trong những công cụ quan trọng để kiểm soát chất lượng thực phẩm [228].

c. Phương pháp Torry

Phương pháp Torry được sử dụng để đánh giá độ tươi của mẫu thủy sản đã được nấu chín, đây là phương pháp đánh giá mô tả theo thang điểm 10 được phát triển tại Trạm nghiên cứu Torry. Điểm được đưa ra từ 10 ứng với mẫu rất tươi (được cảm nhận

từ mùi và vị) đến 3 ứng với mẫu bị hư hỏng (không còn phù hợp cho người tiêu dùng) [170]. Phòng thí nghiệm Thủy sản Iceland (IFL) thường sử dụng mức điểm 5,5 để làm giới hạn sử dụng cho người đối với hầu hết các loài thủy sản, bởi vì dưới điểm này hội đồng cảm quan bắt đầu phát hiện ra những dấu hiệu hư hỏng của sản phẩm như vị chua hay mùi lạ [164, 170]. Điểm cảm quan Torry giảm tuyến tính theo thời gian bảo quản. Thang điểm Torry được phát triển cho các loài cá béo, béo vừa, cá gầy và một số loại thuỷ sản khác [45], nghĩa là thang điểm Torry không đặc trưng cho từng loài hoặc sản phẩm thuỷ sản như bảng điểm QIM.

Bảng điểm cảm quan QIM cho phi lê cá rô phi vằn và bảng QDA cho loài cá này nuôi bằng hệ thống nước ấm tuần hoàn tại Iceland đã được Cyprian và cộng sự (2013) phát triển [72], song để áp dụng được cho cá rô phi vằn nuôi tại điều kiện nhiệt đới như Việt Nam thì cần điều chỉnh lại cho phù hợp. Đó là lý do, đề tài đã tiến hành nghiên cứu điều chỉnh và áp dụng thang điểm QIM và bảng QDA cho cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam. Đề tài này cũng sử dụng thang điểm Torry dùng cho cá béo vừa do Shewan (1953) [222] phát triển và được Phòng Thí nghiệm Thuỷ sản Iceland (IFL) điều chỉnh làm phương pháp đối sánh.

Từ các nghiên cứu trước đây cho thấy, cảm quan là kênh thông tin quan trọng cho việc đánh giá chất lượng thuỷ sản, có thể dựa vào những biến đổi cảm quan của thuỷ sản trong quá trình bảo quản để xác định thời hạn bảo quản của thuỷ sản đặc biệt là cá. Trong phạm vi nghiên cứu của đề tài, đề tài tiến hành nghiên cứu sự biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn, xây dựng bảng điểm cảm quan cho phi lê cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam, đối sánh với những biến đổi về vi sinh vật và hoá học trong quá trình bảo quản lạnh ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau.

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

Việc quản lý chất lượng của thuỷ sản trong chuỗi cung ứng có thể thực hiện thông qua việc theo dõi và đánh giá chất lượng sản phẩm dựa trên các chỉ tiêu về cảm quan, hoá học và vi sinh vật. Hạn chế của cách tiếp cận này là tốn kém về kinh phí, nhân lực và thời gian. Sự suy giảm chất lượng của thuỷ sản trong chuỗi cung ứng lạnh đông phụ thuộc chủ yếu vào nhiệt độ mà chúng trải qua theo thời gian. Do đó, việc quản lý chất lượng thuỷ sản thông qua sự giám sát liên tục nhiệt độ của môi trường hoặc sản phẩm theo thời gian, từ đó dự đoán chất lượng và thời gian bảo quản của thuỷ

sản dựa trên các mô hình chất lượng - nhiệt độ - thời gian, một giải pháp hiệu quả được phát triển và ứng dụng gần đây.

Sử dụng mô hình toán học để dự đoán thời hạn sử dụng đòi hỏi phải có kiến thức về các cơ chế gây hư hỏng sản phẩm. Hiện nay có nhiều mô hình dự đoán sự tăng trưởng của các vi sinh vật hư hỏng ở các nhiệt độ khác nhau đã được phát triển [184]. Tuy nhiên, không giống như các yếu tố thường ảnh hưởng đến sự tăng trưởng của vi khuẩn như: pH và hoạt động của nước, nhiệt độ là yếu tố có thể thay đổi nhiều trong toàn bộ chuỗi sản xuất và phân phối. Thực tế, thực phẩm thường xuyên bị ảnh hưởng bởi sự biến động nhiệt độ trong quá trình vận chuyển và bảo quản trước khi giao đến người tiêu dùng. Đối với mô hình toán học cho sự sinh trưởng của vi sinh vật, nhiệt độ là một trong các yếu tố tác động đến sự sinh trưởng của vi sinh vật, hay nói cách khác thì nhiệt độ là một trong những yếu tố chính để dự báo thời hạn sử dụng của thủy sản lạnh/đông.

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

Hầu hết các mô hình sơ cấp về sự sinh trưởng của vi sinh vật đều được xét trong điều kiện môi trường không đổi. Đối với mô hình Baranyi & Roberts, các tác giả đã phát triển một mô hình toán học với ý nghĩa sinh học nhất định. Về cơ bản, trong tất cả các mô hình logistic đều có giả thuyết là có mật độ vi sinh vật tối đa và tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật là một hàm bị giới hạn bởi mật độ vi sinh vật tối đa. Có thể nói rằng tất cả các đường cong đặc trưng cho sự sinh trưởng của vi sinh vật gồm có 3 pha: pha lag, pha tăng trưởng và giai đoạn bão hòa khi đạt đến mật độ vi sinh vật tối đa.

1.5.1.1. Mô hình sơ cấp Baranyi & Roberts

Mô hình Baranyi & Roberts giả định rằng trong môi trường nhất định có thể 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 sơ cấp Baranyi & Roberts như sau [51, 52]:

$$y = y_{max} + ln\left(\frac{1+exp\,(\mu_{max}t-h_0)-\exp\,(-h_0)}{\exp(y_{max}-y_0)+\exp(\mu_{max}t-h)-\exp\,(-h_0)}\right) \quad (1)$$

$$h_0 = \ln\left(\frac{1-q_0}{q_0}\right) \quad (2)$$

$$\lambda.\mu_{max} = \ln\left(\frac{1-q_0}{q_0}\right) = h_0 \quad (3)$$

Trong đó

y: là logarit của nồng độ tế bào vi sinh vật ở thời gian t (lnN)

y_0: là logarit của nồng độ tế bào vi sinh vật ban đầu (CFU/g hay CFU/ml)

y_{max}: là logarit của nồng độ tế bào vi sinh vật tối đa N_{max} (CFU/g hay CFU/ml)

μ_{max}: là tốc độ sinh trưởng tối đa của vi sinh vật của mô hình Baranyi & Roberts (1/giờ)

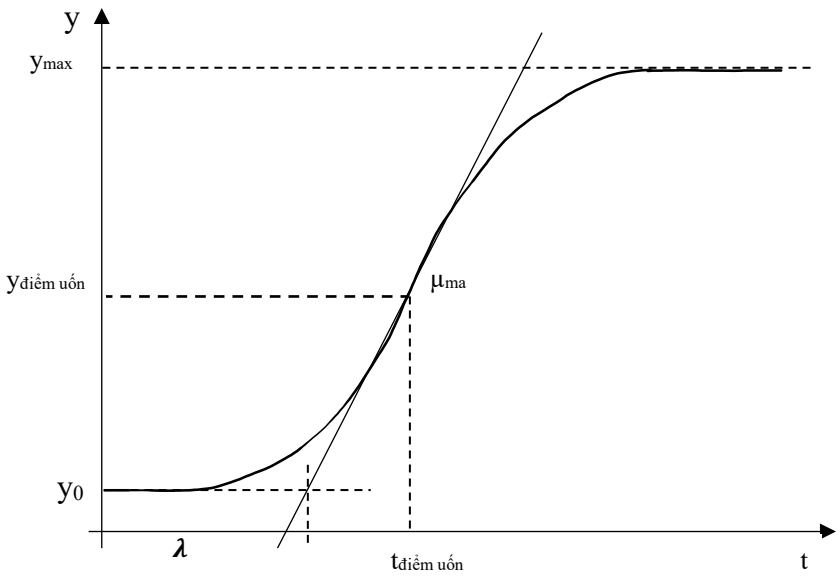
t: là thời gian (giờ)

$\boldsymbol{\lambda}$: là thời gian trễ, tức pha lag (giờ)

q_0: là thông số của mô hình, một đại lượng đặc trưng cho trạng thái sinh lý của tế bào vi sinh vật

h_0: là thông số của mô hình, là dạng chuyển đổi của thông số q_0 (phương trình (2)), có độ ổn định thống kê so với q_0

Đường cong tăng trưởng của vi sinh vật thường được biểu diễn bằng hàm logarit của mật độ vi sinh vật y(t)= ln(N) với thời gian (t). Trong đường cong này tham số (μ_{max}) chính là độ dốc của đường tiếp tuyến tại điểm uốn, trong khi đó ($\boldsymbol{\lambda}$) chính là giao điểm của tiếp tuyến và mật độ vi sinh vật ban đầu, hai tham số này thường được sử dụng để mô tả mật độ vi sinh vật theo thời gian bảo quản tại điều kiện nhất định, được gọi là mô hình sơ cấp cho sự sinh trưởng của vi sinh vật.



Hình 1.3. Đường cong tăng trưởng của vi sinh vật

Trong đó thời gian lag là thời gian cần thiết để các tế bào vi sinh vật làm quen với điều kiện mới, mục đích chính là xây dựng được mô hình mô tả được sự điều chỉnh. Theo đó, các điều kiện tác động đến sự tăng trưởng thực tế của vi sinh vật có thể được mô hình hoá.

1.5.1.2. Mô hình sơ cấp Gompertz

Đường cong thực nghiệm trong mô hình Gompertz dùng để mô tả dữ liệu của sự phát triển/sinh trưởng có dạng:

$$y = \mathrm{A} + \mathrm{C}.\exp(-\exp(-\mathrm{B}.\mathrm{M}))$$

Trong đó, 4 thông số A, B, C và M là các thông số của mô hình

A: là lượng vi sinh vật ban đầu y_0

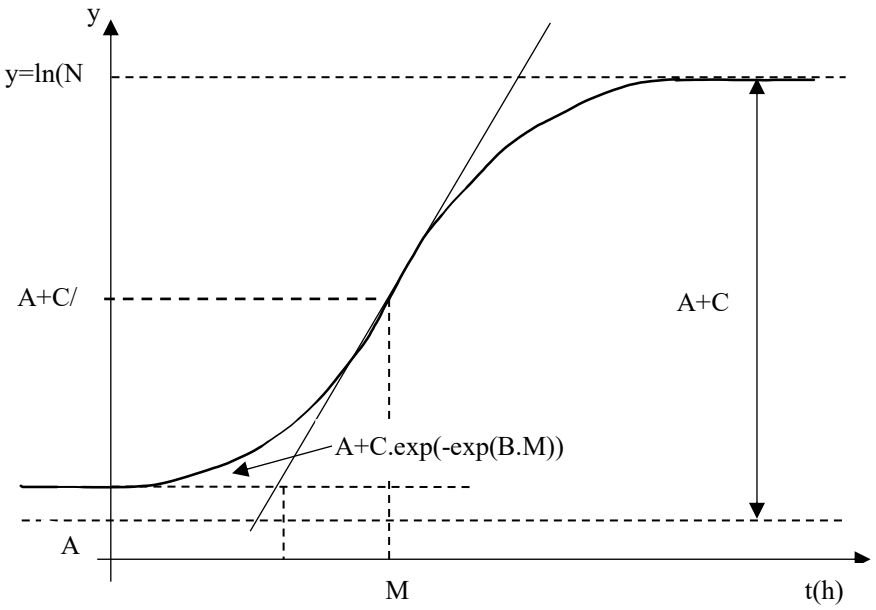
(A+C): là tiệm cận trên (y_{max}) của đường cong sinh trưởng.

Theo mối liên hệ trên, thông số A của mô hình có thể hiểu là logarit của mật độ tế bào khi thời gian giảm vô hạn, nếu không thì A+C có thể xem là mật độ tế bào khi thời gian tăng vô hạn. Thông số mô hình M được xem là điểm uốn của đường cong y(t) [255].

Tốc độ sinh trưởng tối đa và pha lag được biểu diễn theo các phương trình sau:

$$\mu_{max} = \frac{B.C}{e};\ \lambda = M - \frac{1}{B}(1 - \exp(1 - \exp(B.M)))$$

$$\exp(B.M) \gg 1\ \Rightarrow \lambda \approx M - \frac{1}{B}$$



Hình 1.4. Đường cong mô hình Gompertz với các thông số chính

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

Mô hình thứ cấp là mô hình 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.

Trong trường hợp của mô hình Baranyi-Roberts, phương trình (1) sẽ được sử dụng để mô hình hóa sự sinh trưởng của vi sinh vật ở điều kiện biến động. Người ta quan tâm rằng chỉ có 2 thông số mô hình là biến số tốc độ sinh trưởng tối đa μ_{max} và mật độ quần thể vi sinh vật tối đa N_{max} hoặc $y_{max} = \ln N_{max}$. 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 [209]:

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

Trong đó:

T_{min} : là nhiệt độ tối thiểu cho sự sinh trưởng của vi sinh vật ($°C^{-1}$)

b: là thông số của mô hình thực nghiệm ($°C^{-1}.h^{-1/2}$).

Những mô hình này không tính đến sự vô hoạt nhiệt và mô hình Ratkowsky mở rộng có dạng sau [60]:

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

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

Có thể thấy nhiệt độ là biến số quan trọng đối với thời hạn sử dụng của sản phẩm trong chuỗi sản xuất và phân phối. Để dự đoán mật độ vi sinh vật theo nhiệt độ và thời gian bảo quản, điều cần thiết là mô hình hóa sự tăng trưởng vi sinh vật dưới dạng một hàm của nhiệt độ [255]. Nhiệt độ thường không cố định trong chuỗi cung ứng, do đó cần xác định ảnh hưởng của sự thay đổi nhiệt độ đến mật độ vi sinh vật trong thời gian bảo quản [100]. Nhiều nghiên cứu đã sử dụng chỉ thị nhiệt độ-thời gian (Time-temperature indicators -TTIs) [146], TTI là thiết bị được gắn vào bao bì thực phẩm hoặc tủ bảo quản [159], thiết bị này giúp giám sát thời gian-nhiệt độ sản phẩm trong suốt quá trình bảo quản, dựa trên những biến đổi của thực phẩm theo nhiệt độ-thời gian có thể dự đoán được thời điểm hư hỏng của thực phẩm. Khả năng ứng dụng của các thiết bị này đã được nghiên cứu đối với nhiều sản phẩm thực phẩm như thịt tươi [233], cá tươi [159], phi lê cá tra [186] tôm sú nguyên liệu [20].

Với mục tiêu dự đoán được thời hạn bảo quản còn lại của sản phẩm, cần xác định mối tương quan giữa nhiệt độ-thời gian bảo quản với sự sinh trưởng của vi sinh vật, từ đó xây dựng mô hình toán học về sự sinh trưởng của các vi sinh vật dựa trên lịch sử nhiệt độ trong quá trình bảo quản thực phẩm. Bruckner và cộng sự (2013) đã sử dụng mô hình sơ cấp Gompertz và mô hình thứ cấp Arrhenius để xây dựng các

đường cong tăng trưởng của *Pseudomonas* spp., từ đó dự đoán thời gian bị hỏng của thịt heo và thịt gà tươi khi bảo quản lạnh [60]. Kết quả nghiên cứu cho thấy các mô hình dự đoán sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. cũng như thời gian tồn trữ ở các điều kiện nhiệt độ biến động thực sự phù hợp với dữ liệu sinh trưởng của vi sinh vật theo thời gian, được xác định bằng phương pháp truyền thống. Theo nhóm tác giả, mô hình này có thể được xem là một công cụ hiệu quả để cải thiện quản lý chất lượng trong chuỗi cung cấp thịt và có thể tối ưu hóa quá trình bảo quản sản phẩm thịt.

Konstantinos và cộng sự (2001) đã nghiên cứu về sự tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. trên cá tráp (*Sparus aurata*) bảo quản ở nhiệt độ từ 0 - 15°C [144], nhóm tác giả đã mô hình hóa ảnh hưởng của nhiệt độ lên sự tăng trưởng *Pseudomonas* spp. thông qua mô hình Belehradek, đồng thời xác định được tốc độ tăng trưởng tối đa (μ_{max}) của *Pseudomonas* spp. tăng từ 0,054 ± 0,002 (1/giờ) ở 0°C lên đến 0,269 ± 0,026 (1/giờ) ở 15°C và thời gian lag giảm từ 37,2 ± 5,9 đến 8,1 ± 0,6. Mô hình toán học về sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. và *Shewanella putrefaciens* được xây dựng với mục đích dự đoán thời hạn bảo quản còn lại của cá Boque (*Boops boops*) khi có sự thay đổi về nhiệt độ bảo quản, bằng việc giám sát dữ liệu nhiệt độ và thời gian trong quá trình bảo quản lạnh [233]. Một số mô hình về sự sinh trưởng của vi sinh vật đã được xây dựng ở các sản phẩm thuỷ sản như: mô hình về sự sinh trưởng của coliform và *E.coli* trên tôm sú đông lạnh [20], mô hình về sự sinh trưởng của *Photobacterium phosphoreum* và *Shawanella putrefaciens* trên cá đóng gói [76], mô hình về sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. và TPC cho phi lê cá tra trong quá trình bảo quản lạnh [186], mô hình tăng trưởng của TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp và *Staphylococcus* trên phi lê cá rô phi khi bảo quản ở 1 ± 0,5°C được xây dựng bởi Fonseca và cộng sự (2013) [99], các tác giả cho rằng mô hình là công cụ đánh giá một cách nhanh chóng các mối nguy và giảm tổn thất về mặt kinh tế trong chuỗi cung ứng.

Mô hình động học về sự phát triển của vi sinh vật được kết hợp với thiết bị giám sát nhiệt độ, từ đó dự đoán mật độ vi sinh vật dựa trên lịch sử nhiệt độ được ghi nhận trong quá trình bảo quản, đặc biệt là đối với thực phẩm bảo quản lạnh như cá [40]. Điều này giúp tối ưu hóa việc quản lý chất lượng và giảm lãng phí thực phẩm trong chuỗi cung ứng [144]. Mô hình được xem là giải pháp thay thế cho việc kiểm tra sản phẩm trực tiếp để dự đoán tình trạng sản phẩm và thời hạn sử dụng sản phẩm. Sự tăng

trưởng của vi sinh vật luôn được theo dõi trong thực tế để điều chỉnh các mô hình dự đoán và cải thiện hiệu suất của mô hình [40]. Nghiên cứu xây dựng mô hình động học cho sự sinh trưởng của vi sinh vật được tiến hành ở nhiều nước, với nhiều mô hình đã được sử dụng như: hồi quy Logistics, mô hình Gompertz, mô hình Baranyi…Tuy nhiên, theo Xing và cộng sự (2012) mô hình Baranyi đã được sử dụng phổ biến cho các nghiên cứu về vi sinh vật bởi vì có nhiều ưu điểm như: dễ sử dụng, phù hợp với nhiều trường hợp, các thông số của mô hình có ý nghĩa về mặt sinh học [220].

Từ kết quả tổng hợp tổng quan tài liệu cho thấy

- Đã có những nghiên cứu về hệ vi sinh vật trên một số loại thuỷ sản như cá tra, tôm sú… trong quá trình chế biến, và những nghiên cứu về biến đổi chất lượng hoá học như: chỉ số TBARs, TVB-N, chỉ số oxy hoá ở một số sản phẩm thuỷ sản. Nhưng chưa có những công bố đầy đủ về sự biến đổi chất lượng hoá học, cảm quan và sự phát triển của các nhóm vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn đặc biệt là cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam.
- Đã có nhiều nghiên cứu trong và ngoài nước về sự biến đổi chất lượng cảm quan của một số loài thuỷ sản, từ đó xây dựng bảng tiêu chí đánh giá các thuộc tính cảm quan của từng loại thuỷ sản. Nhưng chưa tìm thấy những nghiên cứu xây dựng các thuộc tính cảm quan cho cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam
- Đã có những nghiên cứu tiến hành xây dựng mô hình về sự phát triển của một số nhóm vi sinh vật trên thuỷ sản trong quá trình bảo quản bằng nhiều mô hình động học khác nhau nhưng chưa có mô hình về sự phát triển của vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn cuối chuỗi cung ứng tại Việt Nam.

Để giải quyết những vấn đề trên, luận án tiến hành nghiên cứu một cách hệ thống và đầy đủ về sự biến đổi chất lượng hoá học, chất lượng cảm quan và sự phát triển của các nhóm vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn cuối chuỗi cung ứng. Từ những dữ liệu về sự sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật gây hư hỏng theo thời gian bảo quản lạnh tại các nhiệt độ ổn định, luận án xây dựng nên mô hình động học về sự sinh trưởng của vi sinh vật gây hư hỏng theo nhiệt độ-thời gian bảo quản bằng mô hình sơ cấp của Baranyi & Roberts và mô hình thứ cấp của Ratkowski. Hiệu quả của mô hình

được kiểm định bằng dữ liệu bảo quản ở các nhiệt độ biến động, mô phỏng điều kiện bảo quản thực tế trong chuỗi cung ứng. Sau khi được kiểm định tại quy mô phòng thí nghiệm, mô hình được áp dụng vào cuối chuỗi cung ứng thực tế (tại tủ trưng bày) của cửa hàng bán lẻ, theo đó có thể xác định nhanh mật độ vi sinh vật tại thời điểm bất kỳ và đưa ra dự báo thời hạn bảo quản còn lại của phi lê cá tại nhiệt độ bảo quản. Điều này giúp việc quản lý và giám sát chất lượng phi lê cá rô phi vằn trong chuỗi cung ứng nhanh chóng, hiệu quả với chi phí thấp.

Chương 2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu nghiên cứu

2.1.1. Phi lê cá rô phi vằn

Cá rô phi vằn được nuôi tại vùng nuôi của Công ty cổ phần Nam Việt - An Giang (NAVICO) tại An Giang. Cá rô phi vằn được phi lê và thực hiện đông rời (IQF) tại nhà máy Nam Việt theo quy trình sản xuất được trình bày ở phụ lục 2.1, trọng lượng cá từ 120 - 170 g/phi lê. Sau khi đông rời, phi lê cá được bao gói bằng túi PE (5 kg/túi) và giữ lạnh bằng đá trong thùng cách nhiệt, vận chuyển về phòng thí nghiệm của Trường Đại học Nha Trang trong vòng 16 giờ. Tại phòng thí nghiệm, cá được kiểm tra lại và bao gói bằng túi PA (9 miếng phi lê/gói), sau đó hút chân không và bảo quản ở nhiệt độ -20 ± 2°C cho đến khi sử dụng lượng [19, 20]. Mẫu phi lê cá được lấy 1 lần để sử dụng cho toàn thí nghiệm.

Hình 2.1. Phi lê cá rô phi vằn

2.1.2. Hóa chất dùng trong nghiên cứu

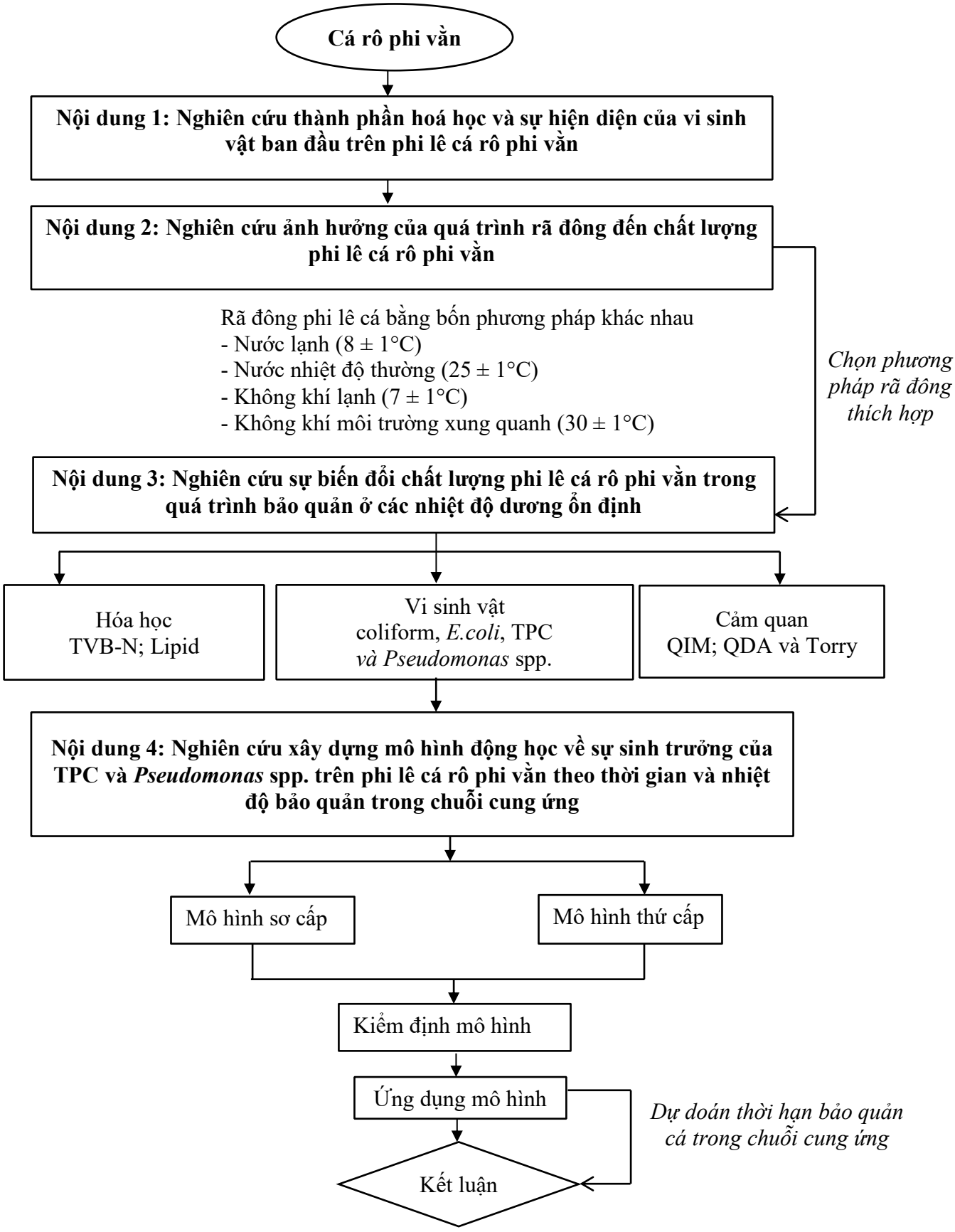
Các hoá chất sử dụng phân tích vi sinh vật: Eosin Methylene Blue agar, Violet Red Bile agar, Glycerol, Plate Count agar, Pseudomonas base F, Pseudomonas CFC supplement, Iron agar, Pepton from meat, Pepton from casein, Kova'c, Phenol red, Formaldehyde solution, NaCl, $Na_2HPO_4.12H_2O$, KH_2PO_4 (Merck, Đức).

Các hoá chất xác định hàm lượng TVB-N: acid trichloroacetic, Sodium hydroxide, acid sulfuric, acid boric, Bromocresol green, Methyl red, (Merck, Đức).

Một số hoá chất có liên quan khác đều thuộc loại tinh khiết dùng cho phân tích do công ty Merck, HiMedia sản xuất.

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

Cá rô phi vằn được tiến hành phi lê và đông rời (IQF) tại nhà máy chế biến. Phi lê cá sau chế biến (sau phi lê và sau đông rời) được phân tích thành phần hoá học và sự hiện diện của vi sinh vật ban đầu. Sau đó, phi lê cá được vận chuyển về phòng thí nghiệm. Lượng mẫu được lấy một lần để sử dụng cho toàn bộ thí nghiệm, mẫu được bảo quản đông ở nhiệt độ -20 ± 2°C trong suốt quá trình thực hiện đề tài.

Đề tài so sánh chất lượng của phi lê cá được rã đông bởi bốn phương pháp khác nhau: rã đông bằng không khí lạnh (7 ± 1°C), nước lạnh (8 ± 1°C), không khí môi trường xung quanh, nước ở nhiệt độ thường, từ đó chọn ra phương pháp rã đông phù hợp cho phi lê cá rô phi vằn.

Đề tài nghiên cứu sự biến đổi chất lượng của phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định: 1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C. Đây là những nhiệt độ thường gặp trong thực tế của chuỗi cung ứng, có thể là nhiệt độ bảo quản sản phẩm trong tủ bảo quản tại siêu thị, quầy hàng bán lẻ (1 ± 1°C, 4 ± 1°C), nhiệt độ bảo quản thay đổi khi khách hàng lựa chọn hàng hoá (9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C), hay nhiệt độ thay đổi khi khách hàng mang sản phẩm ra khỏi tủ bảo quản (25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C), dựa trên sự biến đổi nhiệt độ bảo quản, đề tài theo dõi sự biến đổi chất lượng phi lê cá về:

- Thành phần hoá học: hàm lượng TVB-N và lipid
- Chất lượng cảm quan của phi lê cá được đánh giá bằng ba phương pháp: phân tích chỉ số chất lượng QIM, phân tích mô tả QDA và thang điểm Torry
- Sự sinh trưởng của vi sinh vật gây bệnh (coliform, *E.coli*) và vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng (tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp, *Pseudomonas* spp.)

Đề tài tiến hành thiết lập mô hình động học về sự sinh trưởng của TPC, *Pseudomonas* spp. theo thời gian và nhiệt độ lạnh ổn định bằng mô hình sơ cấp của Baranyi & Roberts và mô hình thứ cấp của Ratkowski.

Mô hình được kiểm định bằng dữ liệu bảo quản phi lê cá ở hai chế độ nhiệt độ biến động, mô phỏng điều kiện bảo quản thực tế trong chuỗi cung ứng. Sau đó, mô hình được áp dụng vào chuỗi cung ứng thực tế (tại tủ trưng bày) của cửa hàng bán lẻ.

2.2.2. Nội dung 1: Nghiên cứu thành phần hoá học và sự hiện diện của vi sinh vật ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn

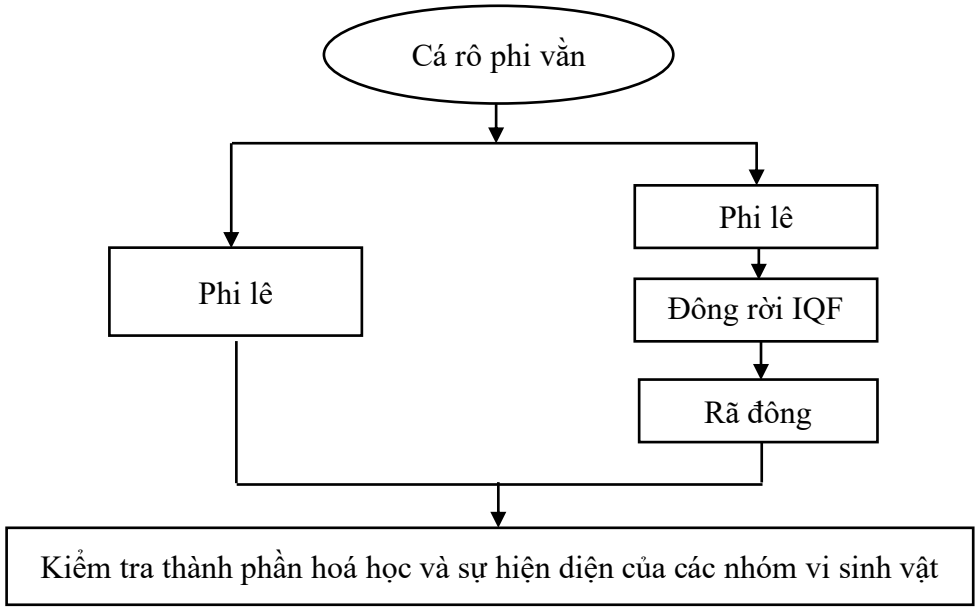
Mục tiêu: sự biến đổi một số thành phần hoá học của phi lê cá rô phi vằn có thể xảy ra khi chế biến và bảo quản làm suy giảm chất lượng của cá. Trong đó, vi sinh vật là nguyên nhân chủ yếu gây hư hỏng thuỷ sản nên cần được quan tâm. Hệ vi sinh vật trên thuỷ sản, đặc biệt là cá rất đa dạng, chúng có sẵn trên nguyên liệu, hoặc bị lây nhiễm do điều kiện vệ sinh kém trong quá trình thu hoạch và chế biến. Do đó, nghiên cứu khảo sát thành phần hoá học ban đầu và sự hiện diện của các nhóm vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn ngay trong quá trình chế biến sẽ giúp cho việc quản lý chất lượng sản phẩm cuối chuỗi cung ứng được tốt hơn.

Tiến hành thí nghiệm: tiến hành lấy mẫu cá rô phi vằn sau khi phi lê và sau đông rời IQF (mẫu đông phải được rã đông hoàn toàn). Sau đó tiến hành kiểm tra một số thành phần hoá học và các chỉ tiêu vi sinh vật theo quy định của Bộ Y tế và TCVN 5289:2006 về giới hạn cho phép sự hiện diện của một số nhóm vi sinh vật trong sản phẩm thuỷ sản đông lạnh. Thí nghiệm được thực hiện như sơ đồ Hình 2.3.

Chỉ tiêu đánh giá:

- Thành phần hoá học: hàm lượng nước, tro, hàm lượng protein, tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N), hàm lượng lipid, hàm lượng acid béo tự do (FFA), thành phần acid béo tự do, chỉ số peroxide (PV), chỉ số thiobarbituric acid reactive substances (TBARs).

- Chỉ tiêu vi sinh vật: tổng số vi sinh vật hiếu khí, coliform, *E.coli*, *Staphylococcus*, *Clostridium*, *Listeria*, *Samonella* và *Vibrio*…. Ngoài ra, kiểm tra sự hiện diện nhóm vi sinh gây hư hỏng đặc trưng thường gặp trên thuỷ sản: *Pseudomonas* spp., vi khuẩn sinh khí H_2S.



Hình 2.3. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu thành phần hoá học và sự hiện diện của các vi sinh vật ban đầu trên cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông rời IQF

2.2.3. Nội dung 2: Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng phi lê cá rô phi vằn

Mục tiêu: các sản phẩm đông lạnh thường được rã đông và bày bán dưới dạng ướp lạnh tại nơi tiêu thụ (siêu thị, quầy bán lẻ…). Điều kiện rã đông ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng của thuỷ sản sau rã đông. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là tìm ra phương pháp rã đông thích hợp nhằm đảm bảo chất lượng cho phi lê cá.

Tiến hành thí nghiệm: phi lê cá rô phi vằn được bảo quản đông ở -20 ± 2°C trong thời gian 8 tháng. Lấy mẫu phi lê cá định kỳ mỗi tháng một lần và tiến hành rã đông bằng bốn phương pháp khác nhau:

Phương pháp I - rã đông bằng không khí lạnh (7 ± 1°C) [49, 205]: phi lê cá rô phi vằn được bao gói bằng túi PA và thực hiện rã đông bằng tủ lạnh, nhiệt độ tủ được kiểm soát bằng cảm biến nhiệt trong suốt quá trình rã đông.

Phương pháp II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh (30 ± 1°C): phi lê cá rô phi vằn được bao gói bằng túi PA và rã đông ngoài môi trường.

Phương pháp III - bằng nước lạnh (8 ± 1°C): chuẩn bị hỗn hợp nước sạch và nước đá, sau đó cho phi lê cá được gói bằng PA vào để rã đông. Nhiệt độ hỗn hợp nước + nước đá được kiểm tra thường xuyên, nước đá sẽ được thêm vào để duy trì nhiệt độ trong suốt quá trình rã đông.

Phương pháp IV - bằng nước ở nhiệt độ thường: phi lê cá rô phi vằn được bao gói bằng túi PA và cho vào nước ở nhiệt độ thường để thực hiện quá trình rã đông.

Sau khi phi lê cá được rã đông hoàn toàn (không còn tinh thể đá trên miếng phi lê, nhiệt độ thân cá khoảng 12 - 22°C), tiến hành kiểm tra một số chỉ tiêu: hàm lượng TVB-N, chất lượng cảm quan và sự hiện diện của các nhóm vi sinh vật như ở sơ đồ bố trí ở Hình 2.4. Đánh giá và so sánh các kết quả thu được, từ đó chọn ra phương pháp rã đông thích hợp, nhằm đảm bảo chất lượng tốt nhất cho phi lê cá rô phi vằn ở các nội dung nghiên cứu sau.

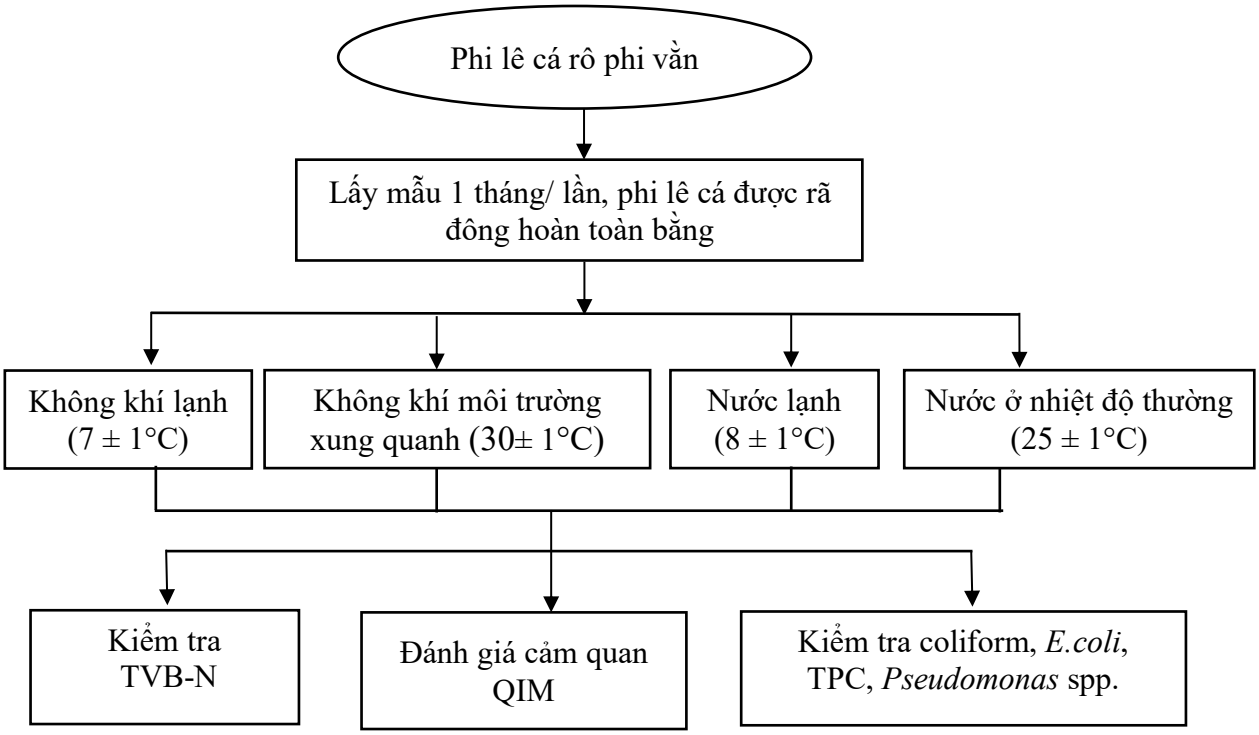
Thí nghiệm được thực hiện lặp lại trên 3 lô cá độc lập (lô 1, 2, 3).

Số mẫu khảo sát:

Mỗi phương pháp rã đông kiểm tra chỉ tiêu vi sinh, hoá học và cảm quan sử dụng 3 miếng phi lê: 3 phi lê x 4 phương pháp = 12 phi lê/tháng

12 phi lê/tháng x 8 tháng x 3 lần lặp lại = 288 phi lê cá

Khối lượng mẫu thí nghiệm: ước tính trung bình 150 g/phi lê, 0,15 kg x 288 = 43,2 kg



Hình 2.4. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp/điều kiện rã đông đến chất lượng trên phi lê cá rô phi vằn sau rã đông

2.2.4. Nội dung 3: 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

2.2.4.1. Sự biến đổi một số thành phần hoá học trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định

Mục tiêu: thành phần hoá học là một trong những chỉ tiêu không thể bỏ qua khi nghiên cứu về chất lượng thực phẩm, trong đó các chỉ số TVB-N, FFA, PV và TBARs được sử dụng để đánh giá sự thay đổi chất lượng protein và lipid trong thực phẩm. Chính vì thế, theo dõi các chỉ số: TVB-N, FFA, PV và TBARs khi bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở các nhiệt độ dương ổn định được mô phỏng điều kiện bảo quản trong thực tiễn của chuỗi cung ứng, để đánh giá chất lượng sản phẩm phi lê cá rô phi vằn ở cuối chuỗi cung ứng.

Tiến hành thí nghiệm: phi lê cá rô phi vằn được rã đông hoàn toàn bằng phương pháp đã được lựa chọn ở mục 2.2.3, xếp cá vào khay xốp (1 miếng phi lê/khay) và bọc kín bằng màng PE mỏng. Tiến hành bảo quản cá ở 8 chế độ nhiệt độ khác nhau (1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C), ứng với các thời gian bảo quản như ở sơ đồ bố trí thí nghiệm (Hình 2.5), tại những thời điểm nhất định, tiến hành lấy 7 điểm mẫu để kiểm tra hàm lượng TVB-N.

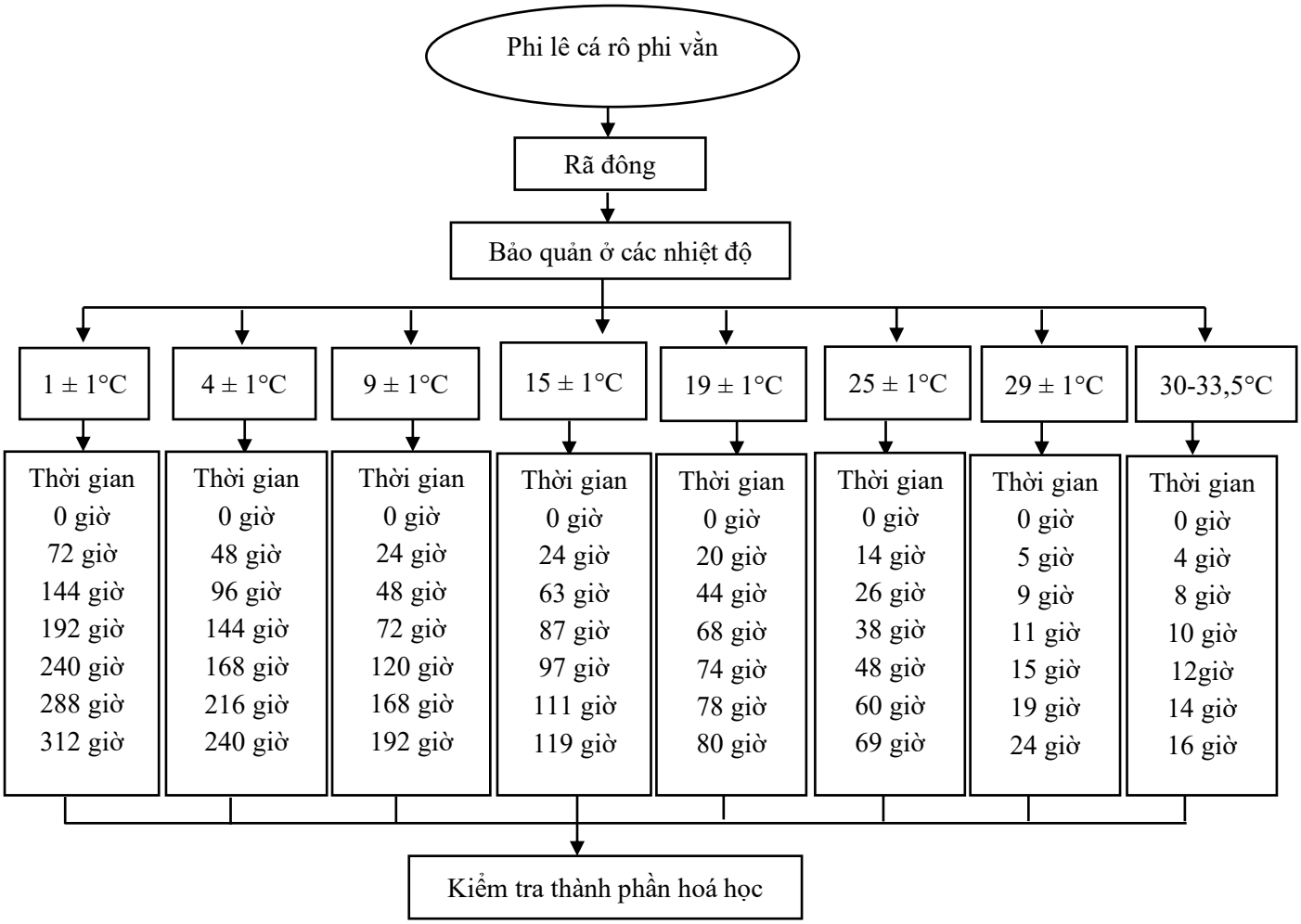
Đối với sự biến đổi của lipid, nghiên cứu chỉ tiến hành ở nhiệt độ bảo quản 1 ± 1°C, 4 ± 1°C. Mẫu được lấy tại các thời điểm 0 giờ, 72 giờ, 240 giờ và 312 giờ đối với 1 ± 1°C; 0 giờ, 96 giờ, 120 giờ và 240 giờ đối với 4 ± 1°C tiến hành lấy mẫu kiểm tra hàm lượng lipid, FFA, PV, TBARs. Riêng thành phần aicd béo tự do được kiểm tra ở cuối thời gian bảo quản của hai chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C.

Thí nghiệm thực hiện lặp lại trên 3 lô cá độc lập cho mỗi chế độ nhiệt độ.

Số mẫu khảo sát: mỗi chế độ nhiệt độ có 7 điểm mẫu, mỗi điểm mẫu sử dụng 2 phi lê cá rô phi vằn

14 phi lê/chế độ nhiệt độ x 8 chế độ nhiệt độ x 3 lần lặp lại = 336 phi lê cá

Khối lượng mẫu thí nghiệm: ước tính trung bình 150 g/phi lê, 0,15 kg x 336 = 50,4 kg



Hình 2.5. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự biến đổi một số thành phần hoá học trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định

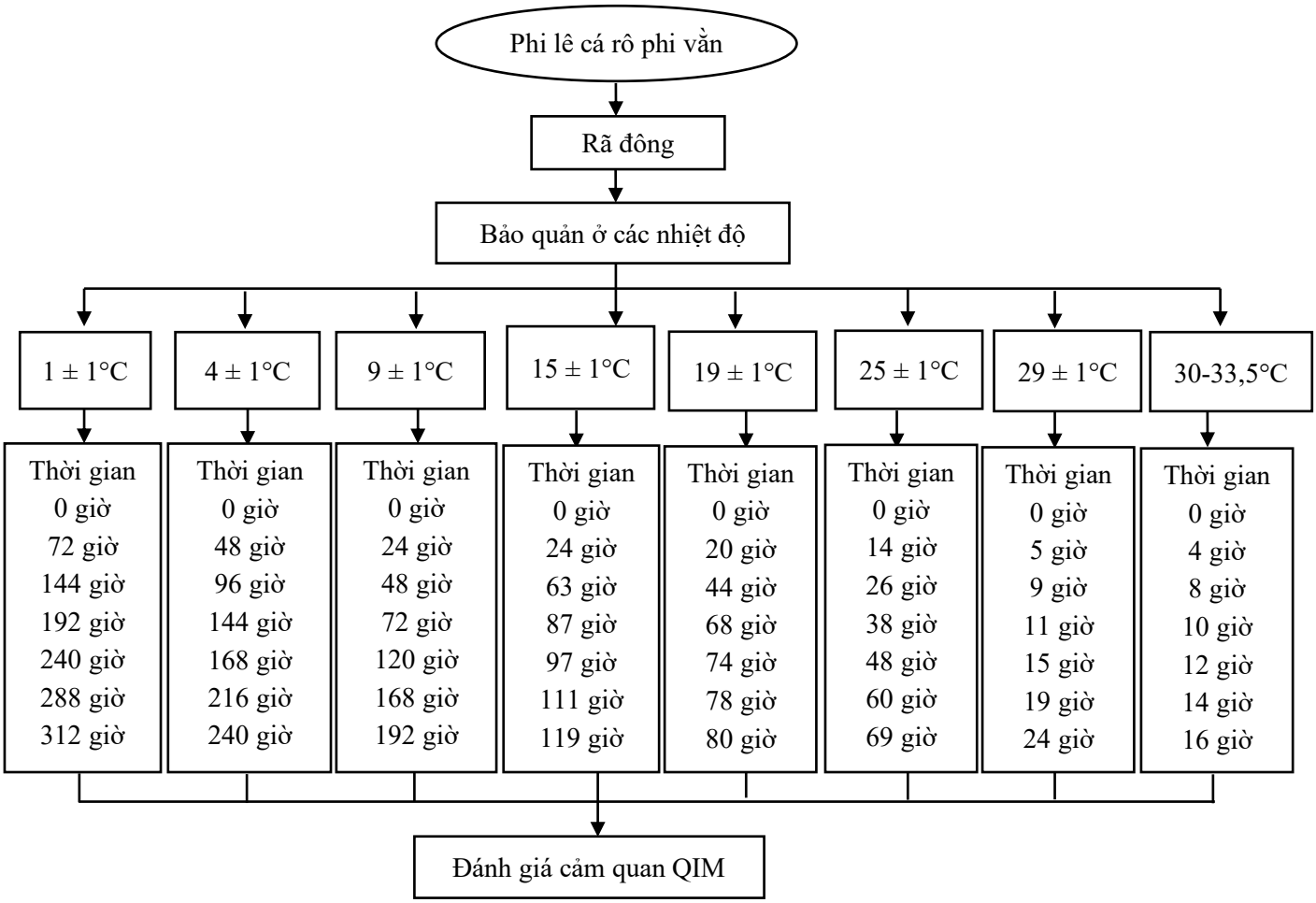
2.2.4.2. Sự biến đổi chất lượng cảm quan trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản lạnh ở nhiệt độ dương ổn định

Mục tiêu: một số thay đổi chất lượng của thực phẩm được nhận biết sớm nhất có thể kể đến là cảm quan. Nghiên cứu theo dõi những thay đổi về các thuộc tính như: cấu trúc, màu sắc, mùi vị và trạng thái của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định. Kết hợp những thay đổi về cảm quan với sự thay đổi về thành phần hoá học và lượng vi sinh vật, có thể đánh giá toàn diện hơn sự biến đổi chất lượng phi lê cá rô phi vằn ở cuối chuỗi cung ứng.

a. Đánh giá cảm quan bằng phương pháp QIM

Tiến hành thí nghiệm: phi lê cá rô phi vằn được rã đông hoàn toàn bằng phương pháp đã được lựa chọn ở mục 2.2.3. Cá được bảo quản ở 8 chế độ nhiệt độ

khác nhau (1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C) ứng với các thời gian bảo quản như ở sơ đồ bố trí thí nghiệm (Hình 2.6), tiến hành lấy mẫu để kiểm tra chỉ tiêu cảm quan (7 điểm mẫu). Mỗi mẫu đánh giá cảm quan QIM gồm 2 miếng phi lê. Việc đánh giá thực hiện trong điều kiện nhiệt độ phòng và dưới ánh sáng trắng của đèn huỳnh quang. Ba thành viên sẽ độc lập đánh giá các mẫu về màu sắc của mặt da, nhớt, màu sắc, cấu trúc, mùi và độ dính tay của mặt phi lê, theo thang điểm QIM được xây dựng cho cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam (phụ lục 2.15).



Hình 2.6. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự biến đổi chỉ số chất lượng (QIM) của phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định

b. Đánh giá cảm quan bằng phương pháp QDA và Torry

Qua khảo sát ở các nhiệt độ bảo quản cao hơn 4 ± 1°C lượng TPC vượt quá ngưỡng cho phép theo quy định rất nhanh, trong khi việc đánh giá cảm quan bằng phương pháp QDA và thang điểm Torry các cảm quan viên phải nếm trực tiếp mẫu (đã

hấp chín), điều này không đảm bảo về an toàn thực phẩm. Do đó, hai phương pháp này chỉ dùng để đánh giá cảm quan mẫu bảo quản ở hai chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C.

Tiến hành thí nghiệm: phi lê cá rô phi vằn được rã đông hoàn toàn bằng phương pháp đã được lựa chọn ở mục 2.3.2. Cá được bảo quản ở hai chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C. Tại chế độ 1 ± 1°C tiến hành lấy mẫu ở 0 giờ, 72 giờ, 144 giờ, 192 giờ, 216 giờ, 240 giờ và 264 giờ. Tại 4 ± 1°C tiến hành lấy mẫu ở 0 giờ, 48 giờ, 96 giờ, 120 giờ, 144 giờ, 168 giờ và 192 giờ để đánh giá cảm quan.

Mẫu sau khi lấy tại các thời gian quy định sẽ được chuẩn bị bằng cách cắt bỏ phần bụng và phần đuôi khoảng 3 - 4 cm của miếng phi lê. Sau đó, cắt phần còn lại ra thành các miếng nhỏ, dài khoảng 2 - 2,5 cm và rộng khoảng 2 - 3 cm. Các miếng thịt cá được đặt vào hộp nhôm có bọc giấy bạc ở bên trong và bên ngoài, tiến hành hấp chín bằng hơi nước ở nhiệt độ 100°C trong 15 phút. Mỗi cảm quan viên sẽ nhận được 2 mẫu lặp có ngày bảo quản khác nhau. Các mẫu được đánh giá cảm quan đồng thời cả 2 phương pháp QDA và Torry bằng thang điểm đã được xây dựng cho phi lê cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam (phụ lục 2.16), để xác định sự biến đổi màu sắc, mùi, vị và cấu trúc phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh ở các nhiệt độ ổn định.

Thí nghiệm được thực hiện trên 3 lô cá độc lập cho mỗi chế độ nhiệt độ.

Số mẫu khảo sát: mỗi chế độ nhiệt độ có 7 điểm mẫu, mỗi điểm mẫu sử dụng 2 phi lê cá rô phi vằn

14 phi lê/chế độ nhiệt độ x 8 chế độ nhiệt độ x 3 lần lặp lại = 336 phi lê cá

Khối lượng mẫu thí nghiệm: ước tính trung bình 150 g/phi lê, 0,15 kg x 336 = 50,4 kg

2.2.4.3. Sự sinh trưởng của vi sinh vật chỉ thị vệ sinh (coliform và E.coli) và tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ dương thấp, vi sinh vật gây hỏng đặc trưng Pseudomonas spp. trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định

Mục tiêu: sự lây nhiễm và sinh trưởng của vi sinh vật sẽ ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm và an toàn cho người tiêu dùng. Qua kết quả nghiên cứu ở nội dung 2.2.2. nhận thấy các vi sinh vật phổ biến trên phi lê cá rô phi vằn gồm: tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ dương thấp (sau đây gọi là TPC), vi sinh vật

gây hỏng đặc trưng *Pseudomonas* spp. và vi sinh vật chỉ thị vệ sinh (coliform và *E. coli*). Do đó cần nghiên cứu sự sinh trưởng của các vi sinh vật trên và tìm ra xu hướng biến đổi của chúng trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định khác nhau, làm cơ sở khoa học cho việc xây dựng mô hình động học về sự sinh trưởng của vi sinh vật ở nghiên cứu tiếp theo.

Tiến hành thí nghiệm: phi lê cá rô phi vằn được rã đông hoàn toàn bằng phương pháp đã được lựa chọn ở mục 2.2.3. Cá được xếp vào khay xốp (1 miếng phi lê/khay) và bọc kín bằng màng PE mỏng. Sau đó tiến hành bảo quản ở 8 chế độ nhiệt độ khác nhau: 1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C. Nhiệt độ các ngăn tủ được kiểm soát bằng bộ điều khiển (Dixell, Emerson Electric Co.) và được giám sát bằng nhiệt kế tự ghi EC850A (MicroLogPRO II, Israel). Nhiệt độ mẫu được giám sát liên tục bằng nhiệt kế tự ghi DS1922L-F5 iButton® (Maxim Integrated Products, Inc., CA).

Ở mỗi chế độ nhiệt độ, lấy 9 điểm mẫu theo thời gian đã được bố trí ở Hình 2.7 để theo dõi được sự thay đổi của lượng vi sinh vật trong suốt quá trình bảo quản, tạo điều kiện để phát hiện được quy luật biến đổi (nếu có) của chỉ tiêu chất lượng nghiên cứu. Mẫu sau khi lấy tại các thời gian quy định (1 miếng phi lê/khay, khoảng 120-170 g), được chuyển vào túi PA sạch bằng panh vô trùng để làm nhỏ và đồng nhất bằng máy dập mẫu Smasher, sau đó dùng panh vô trùng lấy 25g mẫu cho vào túi PE tiến hành kiểm tra các chỉ tiêu vi sinh vật.

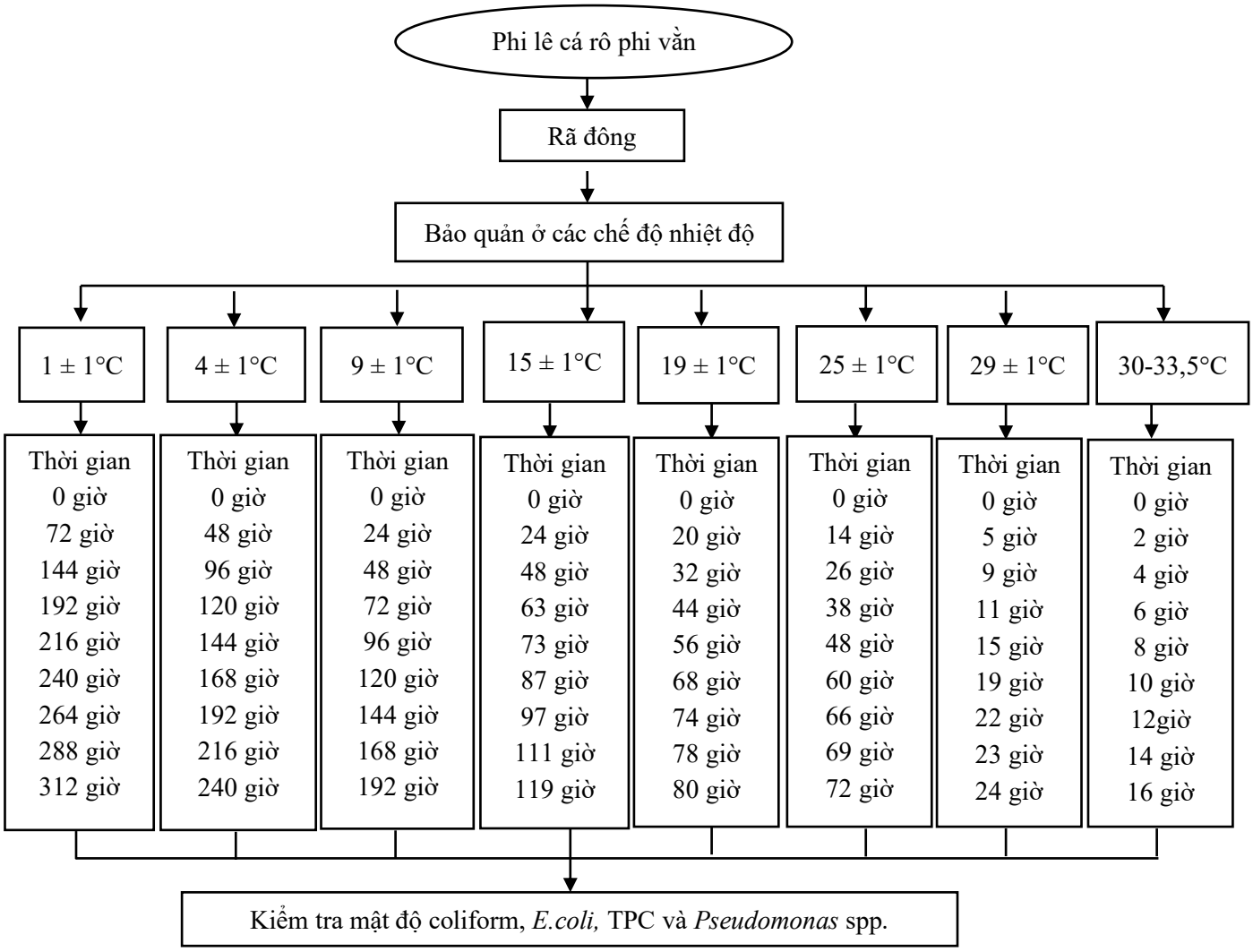
Đánh giá kết quả: xác định sự biến đổi của lượng coliform*, E.coli,* TPC, *Pseudomonas* spp.*,* trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ và thời gian đã được bố trí (Hình 2.7).

Thí nghiệm được thực hiện lặp lại trên 3 lô cá độc lập cho mỗi chế độ.

Số mẫu khảo sát: mỗi chế độ nhiệt độ có 9 điểm mẫu, mỗi điểm mẫu sử dụng 1 phi lê cá rô phi vằn

9 phi lê/chế độ nhiệt độ x 8 chế độ nhiệt độ x 3 lần lặp lại = 216 phi lê cá

Khối lượng mẫu thí nghiệm: ước tính trung bình 150 g/phi lê, 0,15 kg x 216 = 32,4 kg



Hình 2.7. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự sinh trưởng của vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ dương ổn định

2.2.5. Nội dung 4: 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

2.2.5.1. Xây dựng mô hình động học sơ cấp và thứ cấp

Mục tiêu: hiện nay mô hình động học về sự sinh trưởng của vi sinh vật là công cụ dùng để dự đoán thời hạn bảo quản còn lại của thực phẩm rất hiệu quả. Dựa vào mối quan hệ giữa nhiệt độ-thời gian với sự sinh trưởng của TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn đã được nghiên cứu ở mục 2.2.4.3. đề tài tiến hành xây dựng mô hình động học về sự sinh trưởng của các vi sinh vật này.

Tiến hành: dựa vào dữ liệu về sự biến đổi của lượng vi sinh vật mục tiêu đã được xác định ở nội dung 2.2.4.3, tiến hành xác định các thông số của mô hình sơ cấp và thứ cấp về sự sinh trưởng của vi sinh vật.

- Xây dựng mô hình cấp sơ cấp: xác định các thông số của mô hình động học về sự biến đổi của lượng vi sinh vật theo thời gian tại từng chế độ nhiệt độ ổn định dựa trên mô hình của Baranyi & Roberts.
- Xây dựng mô hình cấp thứ cấp: từ tốc độ sinh trưởng tối đa của vi sinh vật mục tiêu ở mỗi chế độ nhiệt độ ổn định đã xác định tại mô hình sơ cấp, tiến hành xây dựng mối tương quan giữa tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật và nhiệt độ dựa trên mô hình của Ratkowski.
- Khả năng dự đoán của các mô hình được đánh giá dựa trên hệ số tương quan R^2 và sai số chuẩn của mô hình dự đoán [20, 197]

2.2.5.2. Kiểm định mô hình

Mục tiêu: trên thực tế cho thấy, trong chuỗi cung ứng lạnh thuỷ sản khó có thể giữ ở nhiệt độ ổn định, nhiệt độ có thể bị thay đổi trong quá trình tiêu thụ (như khi bốc dỡ hàng, khi vận chuyển từ nhà máy chế biến thủy sản đến nhà phân phối, từ nhà phân phối đến nhà bán lẻ, từ nhà bán lẻ đến người tiêu dùng). Sự tích hợp giữa các mô hình sơ cấp và thứ cấp sẽ giúp dự đoán được lượng vi sinh vật mục tiêu dựa trên lịch sử nhiệt độ-thời gian bảo quản/vận chuyển thuỷ sản. Việc kiểm định mô hình được thực hiện cho TPC, vì đây là chỉ số dùng để loại bỏ lô hàng thuỷ sản theo TCVN 5289:2006 và quy định 46/2007/QĐ-BYT của Bộ Y tế. Nhiệt độ biến động mô phỏng điều kiện cuối chuỗi cung ứng được dùng để kiểm định mô hình động học về sự sinh trưởng của TPC ở quy mô phòng thí nghiệm.

Tiến hành thí nghiệm: nhiệt độ bảo quản được giám sát liên tục bằng các cảm biến nhiệt độ tự ghi và được truyền tự động về máy chủ bằng hệ thống mạng cảm biến không dây. Dữ liệu nhiệt độ được dùng để dự đoán lượng vi sinh vật trong quá trình bảo quản sử dụng kết hợp mô hình sơ cấp và thứ cấp ở nội dung 2.2.5.1. Lượng vi sinh vật dự đoán bằng mô hình sẽ được so sánh với phương pháp lấy mẫu phân tích truyền thống, thí nghiệm được thiết kế với 2 mô hình biến động nhiệt độ lạnh khác nhau.

Mô hình nhiệt độ lạnh biến động 1: xếp phi lê cá vào khay xốp (1 miếng phi lê/khay), bọc kín bằng màng PE và bảo quản ở 2 chế độ nhiệt độ là 1 ± 1°C và 19 ± 1°C luân phiên nhau trong suốt thời gian bảo quản. Nhiệt độ bắt đầu bảo quản là 1 ± 1°C, khoảng 4 - 6 giờ vào ban ngày và 8 - 10 giờ vào ban đêm thì thay đổi nhiệt độ 1 lần, tiến hành như vậy trong suốt quá trình bảo quản 168 giờ. Đây là những nhiệt độ có thể gặp trong quá trình bảo quản phi lê cá tại siêu thị (như tại các tủ bảo quản khi đóng kín (1 ± 1°C) và tủ bảo quản ở khi bị mở (19 ± 1°C).

Mô hình nhiệt độ lạnh biến động 2: xếp phi lê cá vào khay xốp (1 miếng phi lê/khay), bọc kín bằng màng PE và bảo quản ở 3 chế độ nhiệt độ: 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15± 1°C luân phiên nhau trong suốt thời gian bảo quản. Nhiệt độ bắt đầu bảo quản là 4 ± 1°C, cứ 4 - 6 giờ vào ban ngày và 8 - 10 giờ vào ban đêm thì đổi nhiệt độ một lần theo thứ tự là 4 ± 1°C đến 9 ± 1°C và 15 ± 1°C, tiến hành như vậy trong suốt thời gian bảo quản 168 giờ. Đây là chế độ mô phỏng quá trình vận chuyển hàng từ nhà máy đến nơi phân phối (4 ± 1°C), bày bán tại nơi bán lẻ (9 ± 1°C), nhiệt độ thay đổi khi người mua lấy sản phẩm ra khỏi tủ và chọn lựa (15 ± 1°C). Quá trình này mô phỏng sản phẩm từ nhà phân phối đến nơi bán lẻ và từ nơi bày bán lẻ đến người tiêu dùng.

Tại các thời gian bố trí theo sơ đồ (Hình 2.8), tiến hành lấy mẫu (1 miếng phi lê/khay, khoảng 120 - 170 g), chuyển vào túi PA sạch bằng panh vô trùng để làm nhỏ và đồng nhất bằng máy dập mẫu Smasher, sau đó dùng panh vô trùng lấy 25g mẫu cho vào túi PE tiến hành kiểm tra lượng TPC.

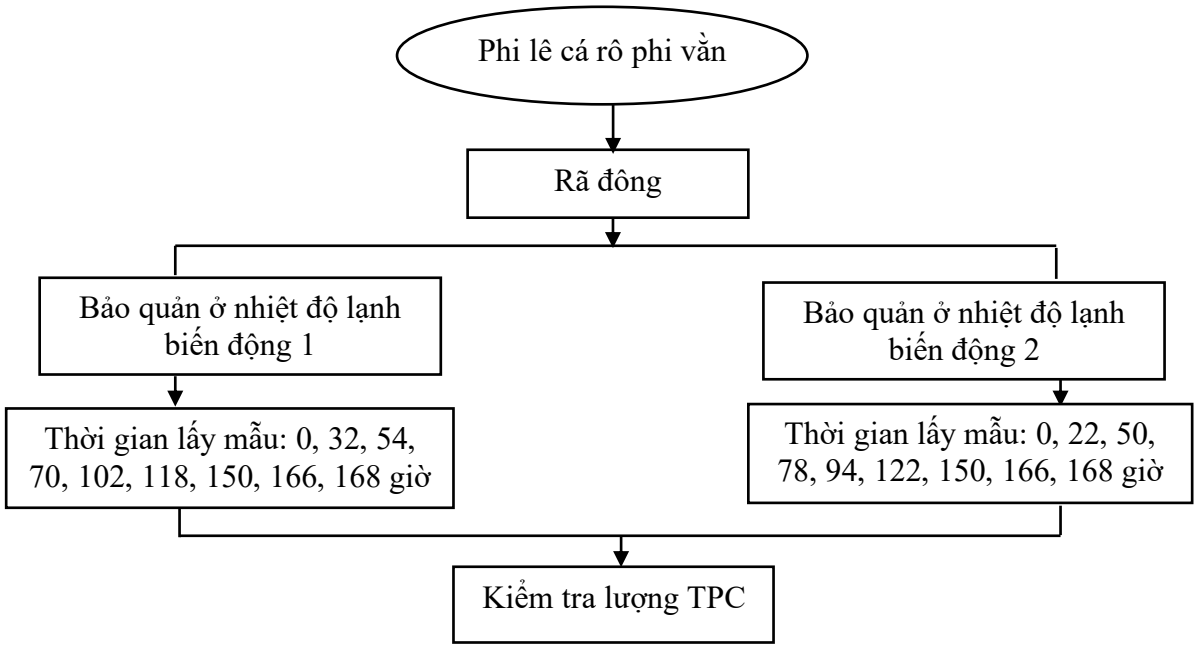
Đánh giá kết quả: mô hình có khả năng dự đoán được chấp nhận nếu có từ 70% các giá trị vi sinh vật quan sát được thực tế nằm trong vùng mô phỏng chấp nhận (ASZ, acceptable simulation zone) của mô hình, đây là vùng có giá trị ± 0,5 log CFU/g so với giá trị/đường dự đoán của mô hình [197].

Thí nghiệm được thực hiện lặp lại trên 3 lô cá độc lập cho mỗi chế độ nhiệt độ.

Số mẫu khảo sát: mỗi mô hình nhiệt độ có 9 điểm mẫu, mỗi điểm mẫu sử dụng 1 phi lê cá rô phi vằn

9 phi lê cá/ mô hình x 2 mô hình động học x 3 lần lặp lại = 54 phi lê cá

Khối lượng mẫu thí nghiệm: ước tính trung bình 150 g/phi lê, 0,15 kg x 54 = 8,1 kg



Hình 2.8. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự sinh trưởng của TPC ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản lạnh ở 2 chế độ nhiệt độ biến động

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

Mục tiêu: thực trạng quản lý chất lượng thủy sản cuối chuỗi cung ứng hiện nay chưa được quản lý dựa trên lịch sử nhiệt độ của từng lô hàng điều này có khả năng dẫn đến quản lý chất lượng không hiệu quả. Dựa trên lịch sử nhiệt độ của các lô hàng được giám sát liên tục, ứng dụng mô hình động về sự sinh trưởng của TPC để dự báo chất lượng và thời gian bảo quản của từng lô hàng. Từ đó đưa ra khuyến cáo cho nhà phân phối và các quầy bán lẻ trong quản lý chất lượng thuỷ sản một cách nhanh chóng và hiệu quả.

Tiến hành thí nghiệm: xếp phi lê cá rô phi vằn đã được rã đông vào khay xốp (1 miếng phi lê/khay) bọc kín bằng màng PE và bố trí giám sát sự biến động nhiệt độ tại các 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. Tiến hành theo dõi sự biến động nhiệt độ tại các khoảng thời gian đã được bố trí theo sơ đồ thí nghiệm (Hình 2.9). Tại các thời gian đã bố trí tiến hành lấy mẫu (1 miếng phi lê/khay, khoảng 120-170 g), chuyển vào túi PA sạch bằng panh vô trùng để làm nhỏ và đồng nhất bằng máy dập mẫu Smasher, sau đó dùng panh vô

trùng lấy 25g mẫu cho vào túi PE tiến hành kiểm tra lượng TPC. Lịch sử nhiệt độ theo thời gian được dùng để lắp vào các mô hình động học để dự đoán lượng vi sinh vật.

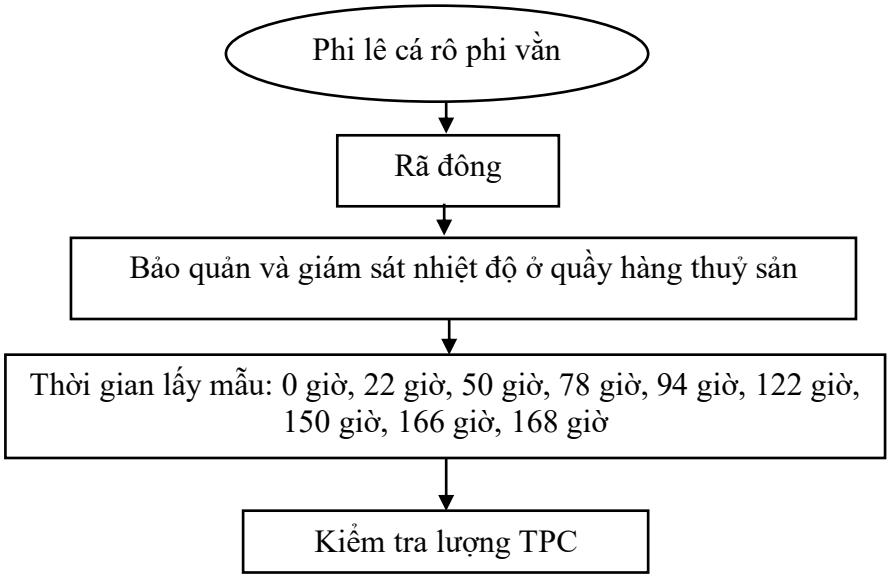
Đánh giá kết quả: việc áp dụng thử nghiệm mô hình được cho là khả thi/chấp nhận được nếu có ít nhất 70% các giá trị vi sinh vật quan sát được thực tế nằm trong vùng mô phỏng chấp nhận (ASZ) của mô hình.

Thí nghiệm được thực hiện lặp lại trên 3 lô cá độc lập.

Số mẫu khảo sát: mô hình thực tế có 9 điểm mẫu, mỗi điểm mẫu sử dụng 1 phi lê cá rô phi vằn.

9 phi lê cá x 3 lần lặp lại = 18 phi lê cá

Khối lượng mẫu thí nghiệm: ước tính trung bình 150 g/phi lê, 0,15 kg x 18 = 2,7 kg



Hình 2.9. Sơ đồ thí nghiệm nghiên cứu sự sinh trưởng của TPC trên phi lê cá rô phi vằn ở điều kiện nhiệt độ thực tế trong quá trình bày bán

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Phương pháp phân tích vi sinh vật

- Xác định vi khuẩn sinh H_2S và TPC *(Total Plate Counts)* sinh trưởng ở nhiệt độ thấp theo NMKL 86:2006

- Xác định *Pseudomonas* spp. theo TCVN 7138:2013

- Xác định coliform theo TCVN 4882: 2007 và *E.coli* theo TCVN 6846: 2007.

- Xác định *Staphylococcus aureus* theo NMKL 66:2003

- Xác định *Vibrio* theo FDA 2004

- Xác định *Listeria monocytogenes* theo TCVN 7700-1:2007

- Xác định *Clostridium perfringens* theo ISO 7937:2004

- Xác định *Salmonella* theo ISO 6579:2002.

2.3.2. Phương pháp phân tích hoá học

- Xác định hàm lượng nước theo TCVN 3700:1990

- Xác định hàm lượng protein theo TCVN 3705:1990

- Xác định hàm lượng tro theo AOAC 938:08

- Xác định hàm lượng tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) theo phương pháp của Malle và Poumeyrol (1989) [165]

- Xác định hàm lượng lipid theo TCVN 3703:2009

- Xác định chỉ số Peroxide (PV) theo TCVN 6121:2018

- Xác định chỉ số TBARs theo phương pháp của Raharjo và Schmidt (1992) [206].

- Xác định hàm lượng acid béo tự do (FFA) theo TCVN 6127:2010

- Xác định thành phần acid béo tự do theo GC-ISO/CD 5509:94, được phân tích tại trung tâm dịch vụ phân tích thí nghiệm TP Hồ Chí Minh-chi nhánh Cần Thơ (CASE).

2.3.3. Phương pháp phân tích cảm quan

Phương pháp chỉ số chất lượng QIM: thang điểm QIM được Mai Thi Tuyet Nga và Nguyen Thi Kieu Diem sửa đổi cho đối tượng cá rô phi vằn nuôi ở Việt Nam, dựa trên bảng mô tả QIM của phi lê cá rô phi được xây dựng bởi Cyprian và cộng sự (2013) [72].

Phương pháp mô tả định lượng QDA và thang điểm Torry: phương pháp mô tả định lượng QDA được xây dựng dựa theo phương pháp của Bremer (1985) [59]. Thang điểm QDA cho phi lê cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam đã được Mai Thi Tuyet Nga và Nguyen Thi Kieu Diem cải tiến từ bảng điểm của Cyprian và cộng sự (2013), gồm 20 thuộc tính thuộc với 4 nhóm chỉ tiêu: mùi (7 thuộc tính), bề ngoài (2 thuộc tính), cấu trúc/ kết cấu cơ thịt (6 thuộc tính) và vị (5 thuộc tính) [72].

Hội đồng đánh giá cảm quan gồm có 7 cảm quan viên được lựa chọn và huấn luyện theo tiêu chuẩn ISO 8586:2012.

2.4. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Thí nghiệm được tiến hành lặp lại 3 lần độc lập. Số liệu được tính trung bình, độ lệch chuẩn bằng phần Microsoft Excel.

Phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định Tukey được thực hiện trên phần mềm SPSS 26.0 với mức khác biệt có ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Phân tích tương quan bằng kiểm định Chi bình phương được thực hiện trên phần mềm SPSS 26.0 với mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$.

Phân tích thành phần chính (PCA) bằng phần mềm Unscrambler 11.0.

Các thông số của mô hình sơ cấp được xác định bằng phần mềm DMFIT tại https://browser.combase.cc.

Xác định các thông số của mô hình thứ cấp và kiểm tra mô hình được thực hiện bằng phầm mềm chuyên dụng ColdChain (sản phẩm của nhiệm vụ hợp tác quốc tế về khoa học và công nghệ theo Nghị định thư, mã số 08/2014/HĐ-NĐT).

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 rời IQF

Thành phần hoá học ban đầu của cá bao gồm: protein, lipid, nước, vitamin và khoáng, các thành phần này thay đổi tuỳ thuộc vào giống loài, giới tính, mùa vụ, thức ăn và điều kiện sống…[5, 23, 58]. Tuy nhiên, trong quá trình chế biến và bảo quản, thành phần hoá học có thể thay đổi do hoạt động của enzyme và vi sinh vật, tạo ra các sản phẩm cấp thấp làm suy giảm chất lượng của cá. Do đó, khảo sát thành phần hoá học của phi lê cá rô phi vằn nhằm xác định hàm lượng các chất ban đầu trên phi lê cá, điều này góp phần kiểm soát tốt chất lượng phi lê cá rô phi vằn trong chế biến và bảo quản.

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

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

Theo một số nghiên cứu trước đây, thành phần hoá học ban đầu của cá có hàm ẩm dao động từ 61 - 81%, tro là 1,2 - 1,5%, protein là 16 - 21%, lipid là 0,2 - 2,5% [152].

Kết quả phân tích ở Bảng 3.1 cho thấy, thành phần hóa học ban đầu của phi lê cá rô phi vằn sau đông rời có hàm ẩm, tro, protein và lipid lần lượt là 78%, 0,78%, 19,6% và 0,68%. Điều này cho thấy phi lê cá rô phi vằn sau đông thuộc nhóm có giá trị dinh dưỡng cao. Theo khảo sát của Nguyễn Thị Như Hạ và cộng sự (2015) thành phần hoá học của cá điêu hồng có hàm ẩm dao động từ 76,52 - 77,83%, protein là 16,81 - 18,73%, lipid là 1,2 - 1,56%, tro là 1,13 - 1,21%, theo nhóm tác giả, cá có giá trị dinh

dưỡng cao khi hàm lượng protein cao và lượng tro thấp [6]. Có thể thấy thành phần hoá học của cơ thịt phi lê cá rô phi vằn có giá trị dinh dưỡng tương đối cao. Tuy nhiên, hàm lượng lipid của phi lê cá rô phi vằn lại thấp, điều này có thể giúp sản phẩm ít bị hỏng bởi sự oxy hoá chất béo, nhờ đó duy trì chất lượng của phi lê cá trong quá trình bảo quản [86].

Một số chỉ tiêu hoá học được dùng để đánh giá chất lượng của phi lê cá có thể kể đến là các chỉ tiêu như: TVB-N, PV, FFA, TBARs…TVB-N là chỉ tiêu để đánh giá độ tươi của cá và nguyên liệu thuỷ sản [128]. TVB-N có thể sinh ra trong quá trình chế biến và bảo quản cá, nên chỉ số này được sử dụng như một chỉ tiêu chỉ thị sự hư hỏng cá [210]. Bên cạnh đó, lipid trong thuỷ sản thường được biết đến là nguồn dinh dưỡng quý giá và tốt cho sức khoẻ con người, đặc biệt lipid từ cá. Tuy nhiên những biến đổi của lipid xảy ra trong quá trình chế biến và bảo quản làm giảm chất lượng của cá, chính vì thế lipid luôn là mối quan tâm trong chế biến và bảo quản. Chất lượng của lipid được đánh giá thông qua các chỉ số như: FFA, PV, TBARs… các hợp chất này chính là những sản phẩm của quá trình thuỷ phân và oxy hoá lipid.

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

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

TVB-N được hình thành do hoạt động phân giải protein và các hợp chất chứa nitơ phi protein dưới tác động của vi sinh vật và enzyme, điều kiện chế biến và bảo quản ảnh hưởng đến lượng TVB-N trong cá [24], tuy nhiên hàm lượng TVB-N tăng chậm trong quá trình đông lạnh [48], nguyên nhân có thể là do ở nhiệt độ thấp hoạt động của enzyme và vi sinh vật bị ức chế nên quá trình phân huỷ các hợp chất có chứa nitơ xảy ra chậm. Kết quả phân tích ở Bảng 3.2 cho thấy, hàm lượng TVB-N của cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông rời lần lượt là 11,13 và 12,82 mgN/100 g. Hàm lượng TVB-N dưới 30 mgN/100 g thể hiện độ tươi của sản phẩm thuỷ sản [204], theo đó hàm

lượng TVB-N của cá rô phi vằn sau chế biến thấp hơn rất nhiều so với quy định, đồng thời thấp hơn so với ngưỡng 25 mgN/100 g đối với hàm lượng TVB-N quy định cho sản phẩm cá tra đông lạnh theo TCVN 8338:2010 (hiện nay chưa có quy định về hàm lượng TVB-N cho cá rô phi vằn). Theo nghiên cứu của Pike và cộng sự (1997) cá có chất lượng tốt khi hàm lượng TVB-N dưới mức 14 mgN/100 g [204]. Vì vậy, có thể khẳng định, cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông của luận án đạt yêu cầu về lượng TVB-N.

Kết quả thu nhận từ Bảng 3.2 còn cho thấy, hàm lượng acid béo tự do sau phi lê là 2,86 g/100 g chất béo tăng lên 4,87g/100 g chất béo sau đông rời. Chỉ số TBARs của cá sau phi lê là 0,06 MDA/kg và sau đông là 0,11mg MDA/kg. Chỉ số PV không được ghi nhận trên cá sau phi lê và sau đông có thể là vì chúng là sản phẩm đầu tiên của quá trình oxy hoá lipid nhưng không bền và nhanh chóng chuyển thành sản phẩm thứ cấp như: aldehyt, ceton, rượu, acid và bazơ mạch ngắn...[128]. Các hợp chất thứ cấp này được đo bằng phản ứng với acid thiobarbituric (TBARs), vì vậy chỉ số TBARs tăng sau đông lạnh. Giới hạn oxy hoá lipid được chấp nhận khi cá có lượng TBARs dao động từ 0,5 - 0,8 mg MDA/100 g thịt cá [189], so sánh với kết quả nghiên cứu của đề tài, chỉ số TBARs của cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông ở mức thấp hơn nhiều so với ngưỡng giới hạn. Có thể thấy, chất lượng của lipid trong phi lê cá rô phi vằn chưa có nhiều biến đổi sau lạnh đông, có thể là do phi lê cá rô phi vằn có hàm lượng lipid thấp (Bảng 3.1) nên sự oxy hoá trong quá trình chế biến không nhiều [86]. Thêm vào đó, đông rời IQF là phương pháp có thời gian đông nhanh, nên lipid chưa có nhiều biến đổi. Theo Karami và cộng sự (2018) phi lê cá rô phi đỏ khi lạnh đông chậm có hàm lượng TBARs cao hơn so với mẫu lạnh đông nhanh sau 6 tháng bảo quản [48]. Vì thế, phương pháp đông cũng ảnh hưởng đến chất lượng của lipid trong quá trình bảo quản.

Kết quả phân tích thành phần acid béo của phi lê cá rô phi vằn sau lạnh đông (Bảng 3.3) ghi nhận có 7 acid béo được phát hiện, trong đó có các acid béo không no là: C16:1 chiếm 0,04%, C18:1 chiếm 0,17%, C18:2 chiếm 0,08% và C20:4 chiếm 0,04%. Những nghiên cứu trước đây cho rằng, hàm lượng acid béo và thành phần acid béo thường thay đổi trong quá trình đông và bảo quản lạnh/lạnh đông [48]. Để đảm bảo chất lượng của phi lê cá rô phi vằn cần kiểm soát điều kiện bảo quản phi lê cá đặc biệt là nhiệt độ bảo quản đến cuối chuỗi cung ứng.

Bảng 3.3. Hàm lượng acid béo tự do và các chỉ số oxy hoá chất béo ban đầu trên cá rô phi vằn sau phi lê và đông rời IQF

Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Sau phi lê	Sau đông rời
C14:0	%	0,03	0
C16:0	%	0,29	0,15
C18:0	%	0,08	0,05
C16:1	%	0,04	0
C18:1	%	0,38	0,17
C18:2	%	0,16	0,08
C20:4	%	0,03	0,04
FFA	(g/100 g béo)	2,86 ± 0,05	4,87 ± 0,12
PV	(meq/kg béo)	-	-
TBARs	(mg MDA/kg)	0,06 ± 0,004	0,11 ± 0,012

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

Sự hiện diện của các nhóm vi sinh vật trên nguyên liệu cá ban đầu có thể phụ thuộc vào môi trường sống và điều kiện sau thu hoạch. Khi chế biến, vi sinh vật còn có thể bị lây nhiễm từ dụng cụ, thiết bị, bề mặt tiếp xúc. Do đó, cần kiểm soát thuỷ sản từ khâu nuôi trồng đến quá trình chế biến và bảo quản để đảm bảo an toàn thực phẩm cho người tiêu dùng. Kết quả phân tích ở Bảng 3.4. cho thấy, phi lê cá rô phi vằn đạt tiêu chuẩn về mật độ vi sinh vật cho phép đối với thuỷ sản đông lạnh theo quy định của Bộ Y tế [4] và TCVN 5289:2006.

Bảng 3.4. Các nhóm vi sinh vật trên cá rô phi vằn sau phi lê và sau đông rời IQF

Chỉ tiêu kiểm tra	Mật độ vi sinh vật sau phi lê	Mật độ vi sinh vật sau đông IQF
TPC	$8,0.10^3$ - $8,3.10^3$ CFU/g	$3,4.10^3$ - $3,9.10^3$ CFU/g
Coliform	< 10 CFU/g	< 10 CFU/g
E. Coli	< 10 CFU/g	< 10 CFU/g
Staphylococcus. aureus	-	-
Listeria monocytogenes	-	-
***Pseudomonas* spp.**	$1,00.10^2$ - $1,33.10^3$ CFU/g	$2,23.10^3$ - $3,03.10^3$ CFU/g
Vi khuẩn sinh H_2S	-	-
Salmonella	-	-
Vibrio parahaemolyticus	-	-
Vibrio cholerae	-	-
Clostridium perfringens	-	-

Kết quả khảo sát của đề tài chỉ phát hiện sự hiện diện của TPC dao động từ $3,4.10^3$ - $3,9.10^3$ CFU/g thấp hơn so với ngưỡng quy định của Bộ Y tế (10^6 CFU/g); và nhóm vi sinh vật chỉ thị vệ sinh: coliform và *E.coli* với lượng nhỏ hơn 10 CFU/g, cũng nằm trong giới hạn cho phép (10^2 CFU/g). Nghiên cứu không phát hiện sự có mặt của các nhóm như: *Clostridium*, *Samonella, Staphylococcus, Vibrio, Listeria* trên phi lê cá rô phi vằn sau quá trình chế biến. Kết quả nghiên cứu của Alkuraieef và cộng sự (2020) cũng cho thấy phần lớn chỉ có sự hiện diện của coliform và TPC ở các mẫu cá đông lạnh [43]. Điều này có thể giải thích, đây là sản phẩm của quá trình chế biến thương phẩm, an toàn vệ sinh luôn được đặt lên hàng đầu nên sản phẩm đạt chất lượng về các chỉ tiêu vi sinh vật theo quy định. Theo Tống Thị Ánh Ngọc và cộng sự (2021) kiểm soát chặt chẽ ở các công đoạn chế biến cũng như có phương pháp bảo quản tốt thành phẩm sẽ góp phần giảm thiểu sự lây nhiễm vi sinh vật [30]. Vì vậy, cần vận hành và áp dụng các hệ thống quản lý chất lượng thực phẩm để giảm mức độ lây nhiễm vi sinh vật trong quá trình chế biến, góp phần đảm bảo an toàn và chất lượng thành phẩm [21].

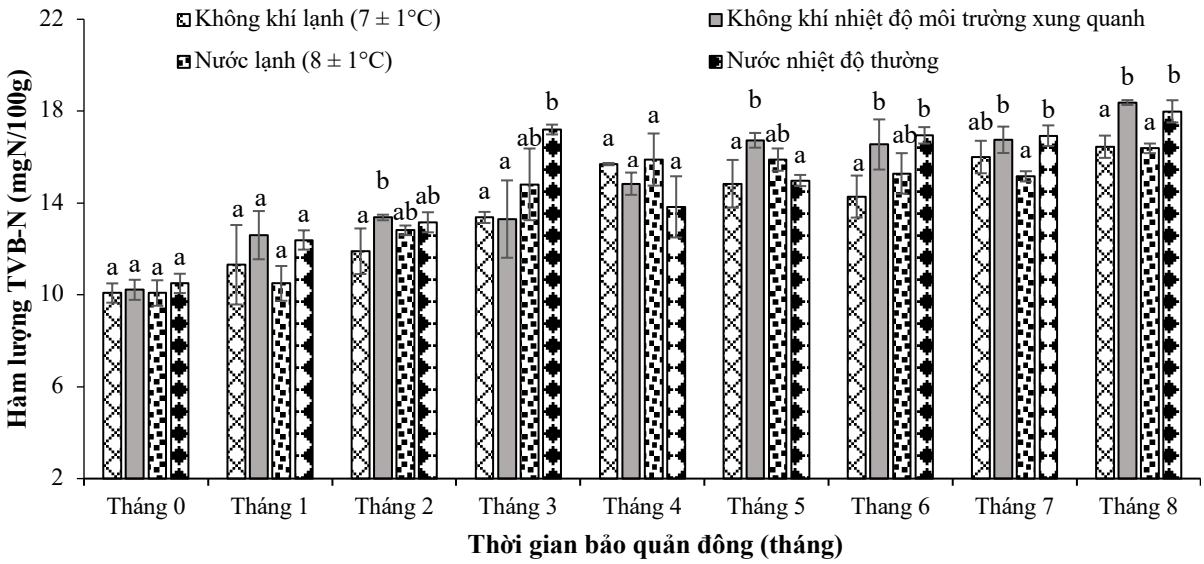
Tuy nhiên, kết quả phân tích ở Bảng 3.4 có sự xuất hiện của vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng trên thuỷ sản lạnh là *Pseudomonas* spp. với mật độ dao động từ $2,23.10^3$ - $3,03.10^3$ CFU/g. *Pseudomonas* spp. là vi sinh vật thường được tìm thấy ở một số loài thuỷ sản như: cá tra [186, 236], cá rô phi [198], cá thu Đại Tây Dương, cá ngừ [36]…, theo các tác giả đây là vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng cho sản phẩm thuỷ sản lạnh. Do đó, cần theo dõi mật độ của *Pseudomonas* spp. trong quá trình chế biến và bảo quản của phi lê cá rô phi vằn.

Như vậy, từ kết quả kiểm tra ban đầu cho thấy, sản phẩm phi lê cá rô phi vằn đạt chất lượng theo quy định. Tuy nhiên, trong chuỗi cung ứng sẽ có nhiều thay đổi xảy ra như sự biến động nhiệt độ trong quá trình vận chuyển, phân phối, bảo quản và tiêu thụ, hay việc vi phạm điều kiện vệ sinh trong chuỗi cung ứng… Tất cả các yếu tố trên có thể dẫn đến sự hư hỏng phi lê cá và mất an toàn cho người tiêu dùng. Do đó, đề tài tiếp tục theo dõi những 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 nhóm vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng (*Pseudomonas* spp., TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp) tại các nhiệt độ bảo quản tương tự điều kiện có thể gặp ở cuối chuỗi cung ứng, điều này cần thiết cho việc quản lý chất lượng phi lê cá rô phi vằn trong quá trình cung ứng.

3.2. Sự ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng phi lê cá rô phi vằn

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

Rã đông là quá trình chuyển nước trong thuỷ sản từ dạng tinh thể sang dạng lỏng, quá trình này ít nhiều ảnh hưởng đến chất lượng của thuỷ sản, đặc biệt là cá. Để đánh giá ảnh hưởng của quá trình rã đông đến chất lượng cá, TVB-N là tiêu chí được lựa chọn bởi vì TVB-N là một trong những chỉ tiêu thường dùng để đánh giá chất lượng (kiểm tra chất lượng) thuỷ sản tươi và đông lạnh. Từ đó làm cơ sở lựa chọn phương pháp rã đông thích hợp cho phi lê cá rô phi vằn. Hàm lượng TVB-N của các phương pháp rã đông khác nhau trong cùng thời gian bảo quản được thể hiện ở Hình 3.1.



Hình 3.1. Hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở nhiệt độ -20 ± 2°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 lượng TVB-N trung bình giữa các phương pháp rã đông trong cùng thời gian bảo quản

Kết quả phân tích ANOVA về hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn sau rã đông ở Hình 3.1 cho thấy, hàm lượng TVB-N không có sự khác biệt về mặt thống kê (p>0,05) giữa các phương pháp rã đông của các mẫu có thời gian bảo quản là 0, 1 và 4 tháng. Ở tháng bảo quản còn lại, hàm lượng TVB-N có sự khác biệt về mặt thống kê (p<0,05) giữa các phương pháp rã đông trong cùng thời gian bảo quản. Cụ thể, khi rã đông bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh và rã đông bằng nước ở nhiệt độ thường lượng TVB-N trong phi lê sau rã đông cao hơn đáng kể (p<0,05) so với mẫu rã đông bằng không khí lạnh (7 ± 1°C) và bằng nước lạnh (8 ± 1°C). Tất cả các mẫu các tháng bảo quản khác nhau và được rã đông bằng bốn phương pháp trên đều có hàm lượng TVB-N <30 mgN/100g [204].

Kết quả nghiên cứu của đề tài tương tự với nghiên cứu của Dinçer và cộng sự (2009), tác giả đã sử dụng nước ở nhiệt độ 17,2 ± 1,2°C trong 24 phút và tủ lạnh ở nhiệt độ 2,18 ± 2,25°C trong 24 giờ để rã đông cá cơm, cá mòi, cá tráp. Hàm lượng TVB-N ở cá rã đông bằng các phương pháp khác nhau đều chưa vượt quá giới hạn cho phép 30 mgN/100g [82, 90, 204]. Điều này cũng được nhận thấy khi rã đông phi lê cá đù (*Argyrosomus regius*) bằng tủ lạnh (4 ± 1°C), bằng nước (16 ± 1°C), bằng không khí (16 ± 1°C), hàm lượng TVB-N trong cá sau rã đông bởi ba phương pháp lần lượt

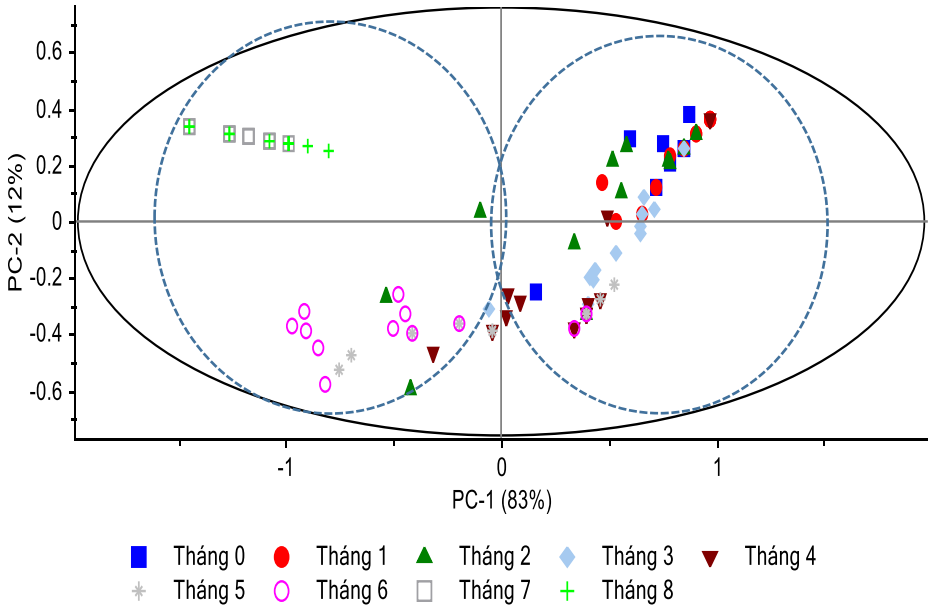
là 10,29 ± 0,68; 10,39 ± 1,38 và 12,48 ± 1,83 mgN/100 g [104]. Kết quả này thấp hơn so quy định và thấp hơn so với nghiên cứu của luận án, bởi vì hàm lượng TVB-N có thể phụ thuộc vào giống, loài và thời gian trữ đông. Thời gian bảo quản đông của cá đù là 21 ngày, còn mẫu nghiên cứu của đề tài được bảo quản trong 8 tháng. Trong thời gian trữ đông, mặc dù các quá trình sinh hoá và biến đổi do vi sinh vật bị hạn chế nhưng không bị ngưng lại hoàn toàn, vì vậy vẫn có thể xảy ra các biến đổi, chủ yếu là do hoạt động của enzyme, điều này có thể làm tăng hàm lượng TVB-N [15].

Theo nghiên cứu của Shafieipour và cộng sự (2015) phương pháp rã đông ảnh hưởng đến sự suy giảm chất lượng hoá học [219] và thời hạn sử dụng của cá [212]. Vì vậy cần lựa chọn phương pháp rã đông thích hợp cho phi lê cá rô phi vằn, để đảm bảo chất lượng phi lê cá trong chuỗi cung ứng, đối sánh với các kết quả về hàm lượng TVB-N cho thấy rã đông bằng không khí lạnh và bằng nước lạnh tốt hơn bằng không khí và nước ở nhiệt độ thường.

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

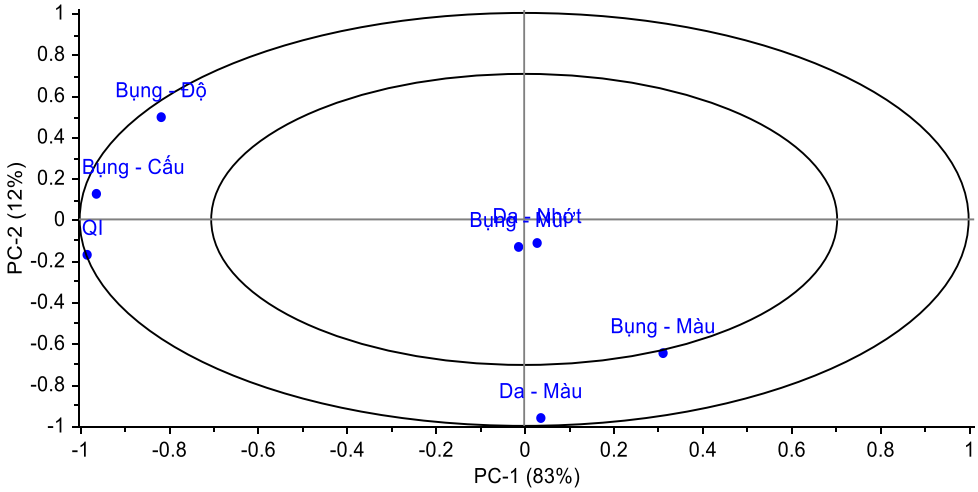
Chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn sau rã đông được đánh giá bằng bảng điểm QIM cải tiến cho phi lê cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam. Chỉ số chất lượng QI là tổng điểm cảm quan theo phương pháp QIM. Phân tích PCA để xác định rõ hơn mối liên hệ giữa chất lượng của phi lê sau rã đông với đến thời gian bảo quản đông. Kết quả phân tích PCA được biểu diễn ở Hình 3.2 và Hình 3.3.

Kết quả phân tích PCA (Hình 3.2) cho thấy 2 thành phần chính PC-1 và PC-2 giải thích được 95% độ biến thiên của dữ liệu. Thành phần PC-1 chiếm 83%, mô tả sự thay đổi của dữ liệu, chủ yếu là ảnh hưởng của thời gian trữ đông đến các thuộc tính cảm quan, trong khi PC-2 giải thích 12% sự khác biệt giữa các mẫu. Các mẫu bảo quản ở tháng 5, 6, 7 và 8 được xếp vào cùng một nhóm trong vùng âm của PC-1. Các mẫu bắt đầu bảo quản đến tháng thứ 4 được xếp trong vùng dương tính của PC-1.



Hình 3.2. Kết quả phân tích PCA dữ liệu cảm quan sau rã đông của phi lê cá rô phi vằn tại các thời gian bảo quản (tháng) ở nhiệt độ -20 ± 2°C

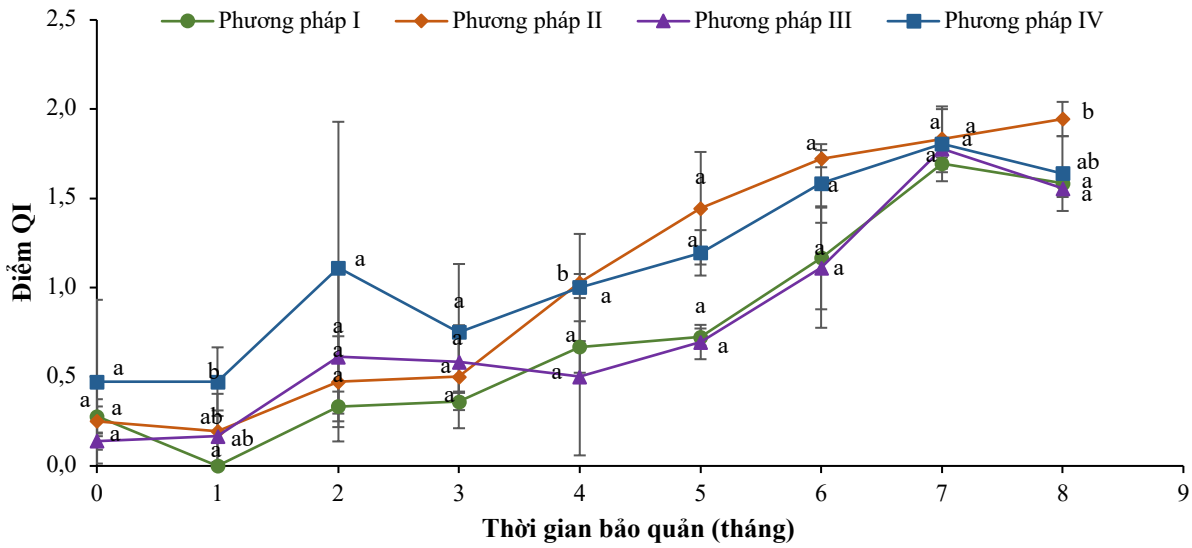
Tại Hình 3.3 cho thấy các mẫu ở vùng âm của PC-1 đặc trưng về các thuộc tính: cấu trúc mặt bụng, độ dính tay phần bụng và điểm QI. Điều này có thể hiểu là khi thời gian bảo quản tăng có thể nhận thấy sự thay đổi rõ nhất là thay đổi ở cấu trúc mặt bụng, độ dính tay ở mặt bụng và chỉ số QI.



Hình 3.3. Các thuộc tính cảm quan sau rã đông của phi lê cá rô phi vằn tại thời gian bảo quản (tháng) ở nhiệt độ -20 ± 2°C

Kết quả phân tích ANOVA về điểm QI của các phương pháp rã đông ở Hình 3.4 cho thấy, không có sự khác biệt giữa các phương pháp rã đông về mặt thống kê ($p>0,05$) ở các mẫu từ khi bắt đầu bảo quản cho đến tháng thứ 4. Ở tháng bảo quản thứ

5, điểm QI của mẫu rã đông bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh và bằng nước ở nhiệt độ thường cao hơn đáng kể ($p<0,05$) so với mẫu rã đông ở nhiệt độ lạnh (Hình 3.4). Ở tháng bảo quản thứ 8, QI của mẫu rã đông bằng không khí ở nhiệt độ môi trường cao hơn ($p<0,05$) so với mẫu rã đông bằng không khí lạnh và bằng nước lạnh. Trong bốn phương pháp rã đông đã nghiên cứu, rã đông bằng không khí lạnh và bằng nước lạnh có điểm QI thấp nhất so với các phương pháp còn lại trong cùng thời gian bảo quản.



Hình 3.4. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở -20 ± 2°C, từ tháng 1 đến tháng thứ 8) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh (7 ± 1°C); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh (8 ± 1°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

Quá trình rã đông thường gây tổn thất dịch bào, khối lượng, màu sắc và cấu trúc cơ thịt cá [180], nên chất lượng cảm quan của cá sau rã đông bị suy giảm. Phương pháp và/hoặc điều kiện rã đông khác nhau sẽ ảnh hưởng khác nhau đến chất lượng thuỷ sản sau rã đông. Kết quả nghiên cứu của Çankırılıgil và Erbay (2016) cho thấy phi lê cá hồi được rã đông bằng lò vi sóng có màu sắc xấu hơn so với phi lê cá được rã đông bằng tủ lạnh, rã đông ở nhiệt độ phòng (25°C trong 2 giờ) và rã đông bằng nước (15°C trong 20 giờ) [65]. Theo các nghiên cứu trước đây, màu sắc của cá bị ảnh hưởng bởi hoạt động của vi sinh vật và nhiệt độ rã đông, nên cá thường sậm hơn khi được rã đông ở nhiệt độ cao [81, 82]. Ngoài sự thay đổi màu sắc của cá sau rã đông, cá còn bị biến

tính protein, tổn thương cơ học, mất khả năng giữ nước bởi quá trình này [91]. Theo Genç và cộng sự (2015) cấu trúc cơ thịt cá đù được đánh giá tốt hơn khi rã đông bằng nhiệt độ thấp trong tủ lạnh [104]. Cá chép (*Cyprinus carpio*) rã đông bằng tủ lạnh ở nhiệt độ 4°C có chất lượng tốt hơn so với cá rã đông bằng nước (25°C), bằng không khí (25°C) và bằng lò vi sóng, tuy nhiên rã đông bằng tủ lạnh lại có thời gian dài nhất [243]. Rã đông bằng nước không được khuyến cáo để áp dụng cho phi lê cá, phương pháp này là nguyên nhân làm cho cấu trúc phi lê cá bị mềm sau rã đông [81]. Phương pháp rã đông chậm ở nhiệt độ thấp được khuyến cáo đối với thuỷ sản được làm đông trước khi tê cứng xảy ra và bảo quản đông chưa quá 8 tuần để tránh hiện tượng tê cứng mạnh xảy ra gây nứt gãy phi lê và tổn thất dịch bào [46].

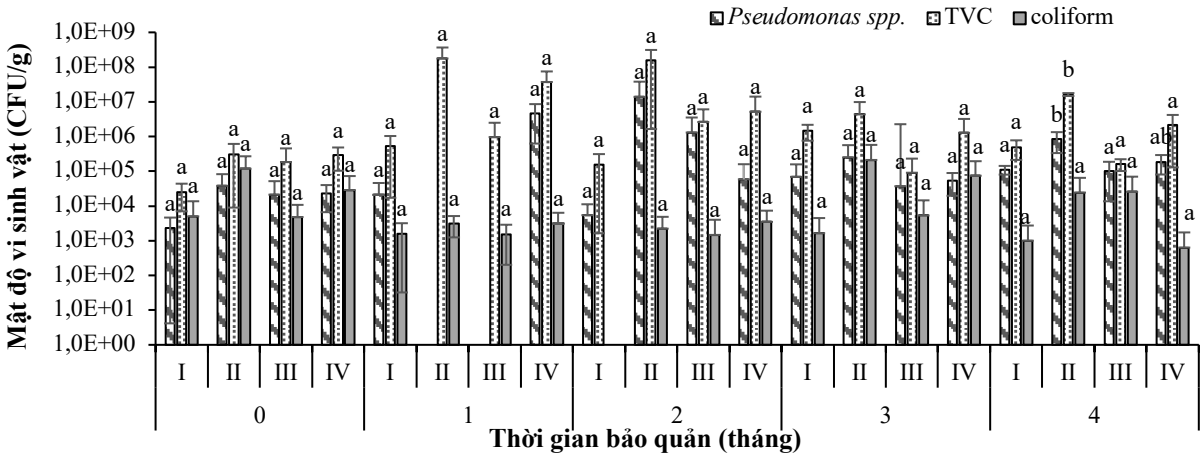
Từ các dẫn liệu đã phân tích, có thể thấy rã đông bằng không khí lạnh được xem là phương pháp rã đông đem lại chất lượng cảm quan tốt nhất cho nhiều loại cá, đặc biệt là sản phẩm cá phi lê và/hoặc làm đông trước khi tê cứng xảy ra. Đối sánh với kết quả nghiên cứu của đề tài cho thấy, rã đông bằng không khí lạnh (7 ± 1°C) trong 8 giờ là phương pháp phù hợp nhất đối với phi lê cá rô phi vằn, bởi vì vừa cho chất lượng cảm quan cao nhất (có điểm QI thấp nhất), vừa tránh ảnh hưởng xấu khi hiện tượng tê cứng xảy ra nhanh, vừa tiết kiệm nước, giảm thiểu xả thải ra môi trường so với ba phương pháp rã đông nghiên cứu còn lại.

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

Sản phẩm thuỷ sản đông lạnh thường được rã đông và bày bán dưới dạng bảo quản lạnh, quá trình rã đông ảnh hưởng nhiều đến chất lượng của sản phẩm. Vi sinh vật có thể bị lây nhiễm và sinh trưởng trong giai đoạn này. Sự sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật bị ảnh hưởng bởi thời gian bảo quản lạnh đông, thời gian rã đông và phương pháp rã đông. Mục tiêu tìm ra phương pháp rã đông thích hợp để đảm bảo chất lượng phi lê cá rô phi vằn nhằm đáp ứng nhu cầu thực tế. Mật độ vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn sau rã đông bởi bốn phương pháp khác nhau được thể hiện qua đồ thị Hình 3.5 và Hình 3.6.

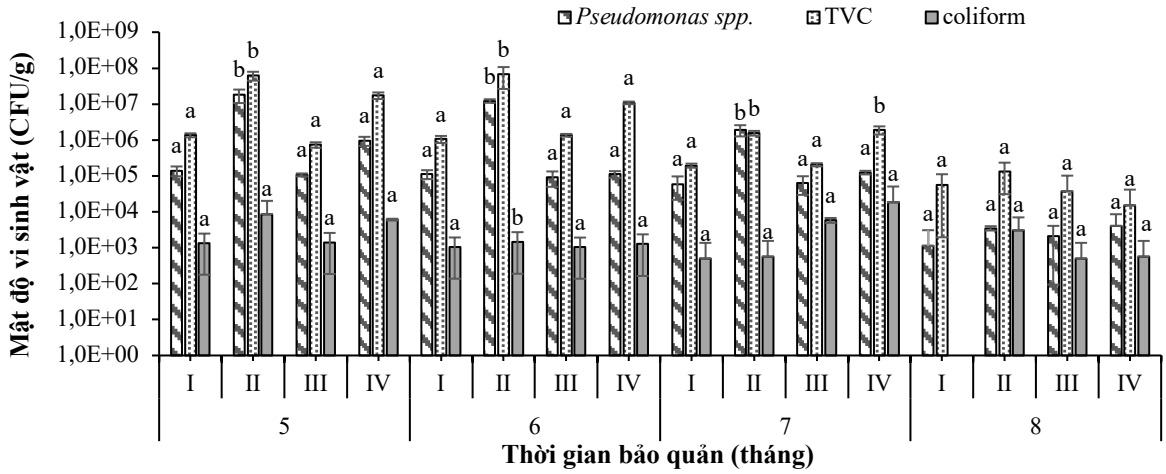
Kết quả phân tích cho thấy, không phát hiện có sự có mặt của vi khuẩn *E.coli* trong tất cả các mẫu được rã đông, điều này chứng tỏ điều kiện vệ sinh được đảm bảo

trong quá trình chế biến và rã đông. Thêm vào đó, nhiệt độ thấp được xem là không thuận lợi cho vi khuẩn chỉ thị vệ sinh sinh trưởng đặc biệt là *E.coli* [163]. Do đó không có sự hiện diện của *E.coli* trên phi lê cá sau rã đông.



Hình 3.5. Mật độ vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở -20 ± 2°C, từ tháng 0 đến tháng thứ 4) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh (7 ± 1°C); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh (8 ± 1°C) và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường

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



Hình 3.6. Mật độ vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản đông (ở -20 ± 2°C, từ tháng 5 đến tháng thứ 8) được rã đông bằng 4 phương pháp khác nhau: I - bằng không khí lạnh (7 ± 1°C); II - bằng không khí ở nhiệt độ môi trường xung quanh; III - bằng nước lạnh (8 ± 1°C) và IV - bằng nước ở nhiệt độ thường

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

Kết quả phân tích ANOVA ở Hình 3.5 và Hình 3.6 cho thấy, mật độ coliform của phi lê cá rô phi vằn không có sự khác biệt ý nghĩa ($p > 0,05$) khi rã đông bằng bốn phương pháp khác nhau. Tuy nhiên, mật độ 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 đáng kể ($p<0,05$) so với các phương pháp rã đông khác tại mẫu bảo quản tháng thứ 4, thứ 5, thứ 6 và thứ 7. Điều này có thể được giải thích nhiệt độ cao và thời gian tương đối dài (so với rã đông bằng nước ở nhiệt độ thường) sẽ tạo điều kiện sinh trưởng cho vi sinh vật trong thực phẩm nói chung và thuỷ sản nói riêng [42]. Rã đông bằng không khí ở nhiệt độ môi trường, có nhiệt độ gần với nhiệt độ sinh trưởng của vi sinh vật nên vi sinh vật tăng trưởng mạnh và có mật độ cao hơn so với các phương pháp rã đông bằng nước lạnh và không khí lạnh. Rã đông là quá trình khôi phục lại hoạt động của vi sinh vật chính vì thế tiến hành rã đông ở nhiệt độ thấp nhằm ức chế hoạt động của vi sinh vật. Theo nghiên cứu của Genç và cộng sự (2015) TPC và vi khuẩn sinh H_2S trên phi lê cá đối khi rã đông bằng không khí ở nhiệt độ môi trường có mật độ cao nhất so với khi rã đông bằng tủ lạnh ở nhiệt độ 4°C và rã đông bằng lò vi sóng [104]. Theo nghiên cứu của Roiha và cộng sự (2018), lượng TPC của cá tuyết Đại Tây Dương (*Gadus morhua*) trước khi rã đông là 3,7 ± 0,04 log CFU/g, tăng lên 4,1 ± 0,07 log CFU/g sau khi được rã đông bằng nước ở nhiệt độ 10°C, theo nhóm tác giả lượng TPC tăng khi rã đông ở nhiệt độ cao. Thêm vào đó, khi cá tiếp xúc trực tiếp với thiết bị, dụng cụ và môi trường rã đông có thể làm tăng nguy cơ lây nhiễm chéo [212]. Do đó, cần giám sát vệ sinh trong quá trình thực hiện để giảm sự lây nhiễm vi sinh vật [15].

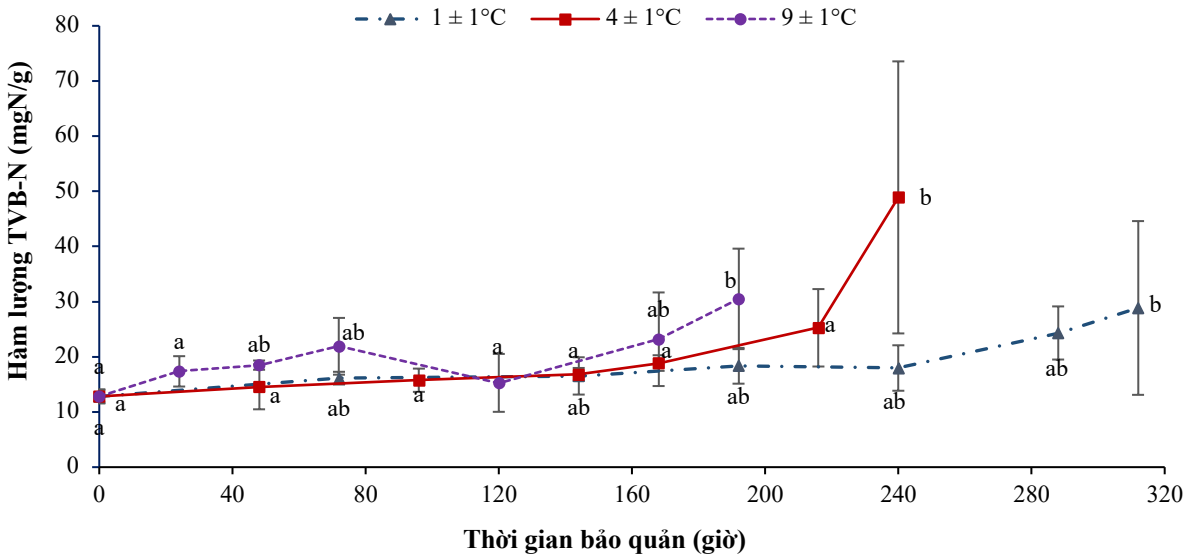
Từ kết quả phân tích hàm lượng TVB-N, chất lượng cảm quan và sự sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật khi rã đông phi lê cá rô phi vằn bởi bốn phương pháp được nghiên cứu cho thấy, rã đông chậm bằng không khí lạnh (7 ± 1°C) trong 8 giờ là phương pháp thích hợp nhất để kiểm soát lượng vi sinh vật và tránh ảnh hưởng xấu do hiện tượng tê cứng mạnh của cá trong quá trình rã đông. Dựa vào những ưu điểm đã phân tích, đề tài lựa chọn phương pháp này cho các nghiên cứu tiếp theo.

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

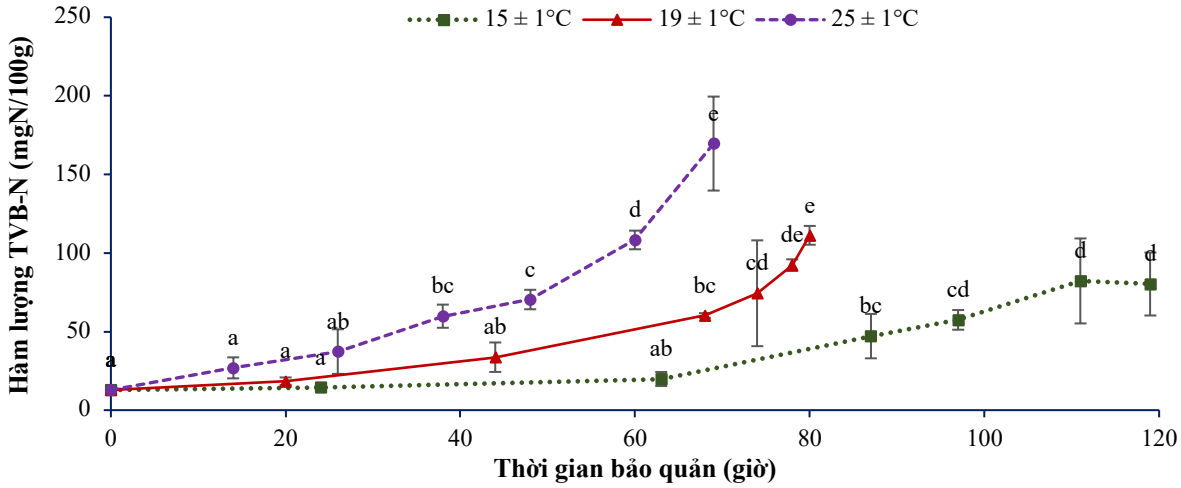
3.3.1.1. Sự biến đổi tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định

Hàm lượng TVB-N trong cá phụ thuộc nhiều yếu tố như: thành phần dinh dưỡng, điều kiện thu hoạch, chế biến và bảo quản. Các hợp chất nitơ bazơ bay hơi được sinh ra từ quá trình phân huỷ protein và các hợp chất nitơ phi protein. Nên TVB-N là chỉ tiêu hoá học được sử dụng để đánh giá chất lượng/độ tươi của nhiều loại thuỷ sản [24]. Do đó, biến đổi hoá học của phi lê cá rô phi vằn trong chuỗi cung ứng được đánh giá dựa trên hàm lượng TVB-N sinh ra trong quá trình bảo quản lạnh. Hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định được thể hiện ở Hình 3.7 đến Hình 3.9.



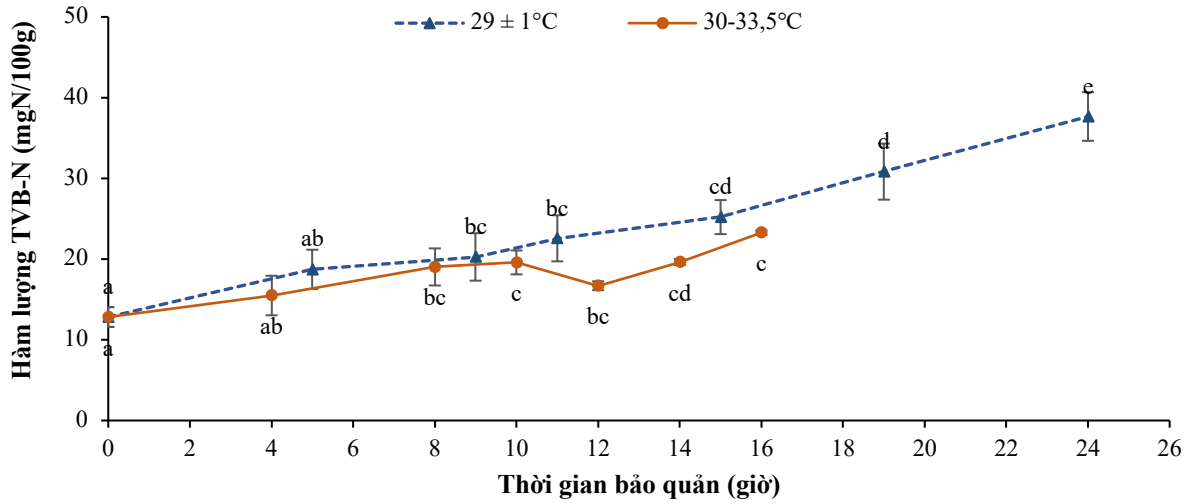
Hình 3.7. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C

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



Hình 3.8. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C và 25 ± 1°C

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



Hình 3.9. Sự biến đổi hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ ổn định 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 lượng TVB-N trung bình giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Kết quả phân tích ANOVA về hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn ở Hình 3.7 đến Hình 3.9 cho thấy, có sự khác biệt có ý nghĩa (p<0,05) về hàm lượng TVB-N giữa các giờ bảo quản tại các nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.

Lượng TVB-N tăng theo nhiệt độ và thời gian bảo quản. Hàm lượng TVB-N ban đầu là 12,82 mgN/100 g thấp hơn so với quy định cho thuỷ sản và được xếp vào nhóm cá có chất lượng tốt (<14 mgN/100 g) [204]. Sau thời gian bảo quản lạnh ở các nhiệt độ khác nhau, phi lê cá rô phi vằn có hàm lượng TVB-N vượt ngưỡng 30 mgN/100g sau 240 giờ ở 4 ± 1°C, 192 giờ ở 9 ± 1°C, 87 giờ ở 15 ± 1°C, 44 giờ ở 19 ± 1°C, 26 giờ ở 25 ± 1°C, 19 giờ ở 29 ± 1°C. Tuy nhiên, sau 312 giờ ở 1 ± 1°C, sau 16 giờ ở 30-33,5°C hàm lượng TVB-N chưa vượt ngưỡng quy định, khi đó lượng TVB-N chỉ ở mức 28,86 mgN/100 g và 23,28 mgN/100g. Sự gia tăng hàm lượng TVB-N là do sự phân giải, phân huỷ các hợp chất có chứa nitơ thành trimetylamin, dimetylamin, indol, skatol, NH_3,…quá trình này được thúc đẩy bởi enzyme và vi sinh vật. Mặc dù ở nhiệt độ thấp, vi sinh vật và enzyme bị ức chế, nhưng chúng luôn chống chọi và thích nghi với môi trường để hoạt động trở lại, do đó hàm lượng TVB-N lại tăng theo thời gian bảo quản lạnh [223]. Điều này cũng được nhận thấy ở một số loài thuỷ sản như: cá tra khi bảo quản ở -15 ÷ -18°C hàm lượng TVB-N tăng từ 2,52 mgN/100 g đến 22,4 mgN/100g; phi lê cá hồi cũng có hàm lượng TVB-N tăng khi bảo quản ở 2 chế độ nhiệt độ là -2°C và 3°C [1, 208].

Kết quả phân tích ở Hình 3.8 và Hình 3.9 còn nhận thấy, hàm lượng TVB-N ở các nhiệt độ bảo quản: 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C tăng nhanh hơn so với các chế độ nhiệt độ 1, 4, 9 ± 1°C (Hình 3.7). Nhiệt độ càng cao, làm tăng nhanh tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật đặc biệt là nhóm vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng như: *Pseudomonas* spp. và TPC [186], sự sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật này làm tăng hàm lượng TVB-N [162]. Vì vậy, sự gia tăng lượng TVB-N phụ thuộc vào nhiệt độ-thời gian của quá trình bảo quản. Điều này phù hợp với nghiên cứu của Ihuahi và cộng sự (2010), theo nhóm tác giả hàm lượng TVB-N trên cá rô phi nguyên con tăng khi nhiệt độ bảo quản tăng, lượng TVB-N trên cá rô phi vượt ngưỡng 30mgN/100g sau 21 ngày bảo quản bằng nước đá, sau 12 giờ bảo quản ở nhiệt độ môi trường [131]. Theo Chudasama và cộng sự (2018) cá tươi được bày bán ở Ả Rập Xê Út có hàm lượng TVB-N dao động 12,71 - 30,33 mgN/100g, trong đó 9,09% mẫu quan sát vượt quá 30 mgN/100 g, hàm lượng TVB-N trung bình của các mẫu cá sau 5 ngày bảo quản bằng nước đá là 32,9 ± 1,45 mgN/100g đến ngày

thứ 7 tăng lên 41,3 ± 1,47 mgN/100g, còn các mẫu được bảo quản bằng tủ lạnh có lượng TVB-N sau 7 ngày bảo quản là 25,9 ± 0,61 mgN/100 g [71].

Một số tác giả cho rằng dựa vào lượng TVB-N để xác định các giai đoạn hư hỏng của thuỷ sản, do đó hàm lượng TVB-N có thể được dùng như một phương pháp thông thường để đánh giá chất lượng của cá trong chuỗi cung ứng [43]. Tuy nhiên để đánh giá một cách toàn diện chất lượng phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định, khi vượt giới hạn cho phép về lượng TVB-N luận án tiếp tục theo dõi sự biến đổi thành phần lipid, chất lượng cảm quan và mật độ vi sinh vật trên phi lê cá.

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

Lipid cá chứa các acid béo không no có giá trị về mặt dinh dưỡng. Trong quá trình bảo quản lạnh/đông thuỷ sản, lipid bị thuỷ phân sinh ra acid béo tự do, các acid béo tự do không no bão hoà dễ dàng bị oxy hoá gây ảnh hưởng xấu đến chất lượng của thuỷ sản [230]. PV là sản phẩm oxy hoá sơ cấp, TBARs là sản phẩm oxy hoá thứ cấp, được đo bằng các chất phản ứng với acid thiobarbituric, các chỉ số này dùng để đánh giá chất lượng của lipid trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản lạnh. Kết quả phân tích thành phần lipid được thể hiện trong Bảng 3.5 và Bảng 3.6.

Bảng 3.5. Sự biến đổi chất lượng lipid của phi lê cá rô phi theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C

Nhiệt độ	Thời gian bảo quản (giờ)	Lipid (%)	FFA (%)	PV (meq/kg)	TBARs (mg MDA/kg)
1 ± 1 °C	0	0,68 ± 0,04	4,87 ± 0,11	-	0,11 ± 0,01
	144	2,51 ± 0,09	6,89 ± 0,11	-	0,91 ± 0,05
	216	1,66 ± 0,02	3,39 ± 0,05	-	0,85 ± 0,06
	312	1,81 ± 0,05	1,93 ± 0,05	2,00	0,75 ± 0,05
4 ± 1 °C	0	0,68 ± 0,04	4,87 ± 0,11	-	0,11 ± 0,01
	96	3,35 ± 0,06	4,67 ± 0,08	-	0,49 ± 0,27
	168	2,90 ± 0,10	6,54 ± 0,24	-	1,02 ± 0,13
	240	3,36 ± 0,13	6,30 ± 0,05	1,82	1,23 ± 0,16

Kết quả thu nhận ở Bảng 3.5 cho thấy, phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C sinh ra lượng FFA thấp hơn so với khi bảo quản ở 4 ± 1°C. FFA được hình thành bởi quá trình thuỷ phân triglyceride và phospholipid trong cơ thịt cá dưới tác động của enzyme nội tại và vi sinh vật [130]. Khi bảo quản ở nhiệt độ thấp có thể đã làm giảm hoạt độ của enzyme lipase và vi sinh vật sản sinh enzyme [9, 84], nên hàm lượng FFA của mẫu phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở 1 ± 1°C thấp hơn ở 4 ± 1°C. FFA được xem là tiền chất oxy hoá của lipid, theo đó cơ thịt cá chứa nhiều FFA dễ bị oxy hoá hơn [237], nhanh hơn so với các chất béo trung tính và phospholipid, sự hình thành FFA trong cá có thể làm tăng tiến trình oxy hóa [183].

Hydroperoxide lipid dễ sinh ra đối với cá có lượng lipid cao và thành phần acid béo không bão hoà chiếm ưu thế [28]. Quá trình oxy hóa acid béo không bão hòa bởi các enzyme [216] phụ thuộc nhiều yếu tố như điều kiện bảo quản, nhiệt độ bảo quản và thành phần acid béo của cá [181]. Peroxide là sản phẩm oxy hoá ban đầu của lipid, hợp chất này không bền dễ bị bẻ gãy liên kết tạo thành các sản phẩm oxy hoá thứ cấp [234]. Nghiên cứu này chỉ phát hiện chỉ số PV sau 312 giờ bảo quản ở 1 ± 1°C và 240 giờ bảo quản ở 4 ± 1°C với giá trị lần lượt là 2,00 meq/kg và 1,82 meq/kg. Điều này có thể là do lượng peroxide sinh ra ở các ngày trước đó của quá trình bảo quản đã chuyển hết thành sản phẩm thứ cấp.

Theo Nguyen và Phan (2018) hàm lượng FFA tương quan với lượng TBARs [175], nên quá trình oxy hoá chất béo phụ thuộc nhiều vào hàm lượng lipid cũng như hàm lượng FFA. Theo nghiên cứu của Nguyễn Minh Thuỷ (2017) chỉ số PV và TBARs tăng trong thời gian bảo quản cá tra (có hàm lượng lipid 1,32%) ở nhiệt độ -18 ± 2°C, PV ban đầu là 2,6 meq/kg tăng lên 5,96 meq/kg, lượng TBARs ban đầu là 0,77 mgMDA/kg tăng lên 5,43 mgMDA/kg sau 6 tháng bảo quản [29].

Trong khi đó, hàm lượng lipid của phi lê cá rô phi vằn ban đầu là 0,68% thấp hơn so với phi lê cá tra và thời gian bảo quản lạnh của đề tài cũng ngắn hơn, nên khả năng oxy hoá lipid ở phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh sẽ ít hơn. Cuối thời gian bảo quản lạnh phi lê cá rô phi vằn ghi nhận chỉ số TBARs chỉ ở mức 0,75 mgMDA/kg tại 1 ± 1°C và 1,23 mgMDA/kg tại 4 ± 1°C. Kết quả nghiên cứu của đề tài tương đồng với nghiên cứu của Karami và cộng sự (2015), theo nhóm tác giả hàm

lượng TBARs trên cá rô phi đỏ đạt 1,26 mgMDA/kg sau 150 ngày bảo quản ở nhiệt độ -18°C [121].

Kết quả phân tích ở Bảng 3.6 cũng cho thấy phi lê cá rô phi vằn là thực phẩm có nhiều acid béo không bão hoà. Một số nghiên cứu cho rằng, chất lượng acid béo phụ thuộc vào giống, loài, giới tính, mùa vụ và thành phần dinh dưỡng [135, 157]. Thành phần acid béo của phi lê cá rô phi vằn gồm có: acid myristic (C14:0), acid palmitic (C16:0), acid palmitoleic (C16:1), acid stearic (C18:0), acid oleic (C18:1) là các acid béo thường gặp trong thuỷ sản [214]. Thành phần acid béo của phi lê cá bị ảnh hưởng bởi quá trình bảo quản [185]. Theo quan sát của Ozden (2015), acid béo no (SFA) tăng, lượng acid béo không no cao (PUFA) giảm khi bảo quản đông cá trong thời gian 120 ngày, nguyên nhân là do có tiến trình oxy hóa xảy ra nên ảnh hưởng số lượng và chất lượng acid béo [200].

Bảng 3.6. Thành phần acid béo ở đầu và cuối thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn tại chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C

Acid béo	0 giờ	312 giờ, 1 ± 1°C	240 giờ, 4 ± 1°C
	Acid béo no (SFA)		
C14:0	0	0,05	0,09
C16:0	0,15	0,43	0,82
C18:0	0,05	0,11	0,22
	Acid béo không no 1 nối đôi (MUFA)		
C16:1	0	0,08	0,13
C18:1	0,17	0,54	1,02
C20:1	0	0	0,04
	Acid béo không no cao (PUFA)		
C18:2	0,08	0,24	0,46
C18:3	0	0	0,06
C20:3	0	0	0,03
C20:4	0,04	0,04	0,06
C22:6	0	0,04	0,07

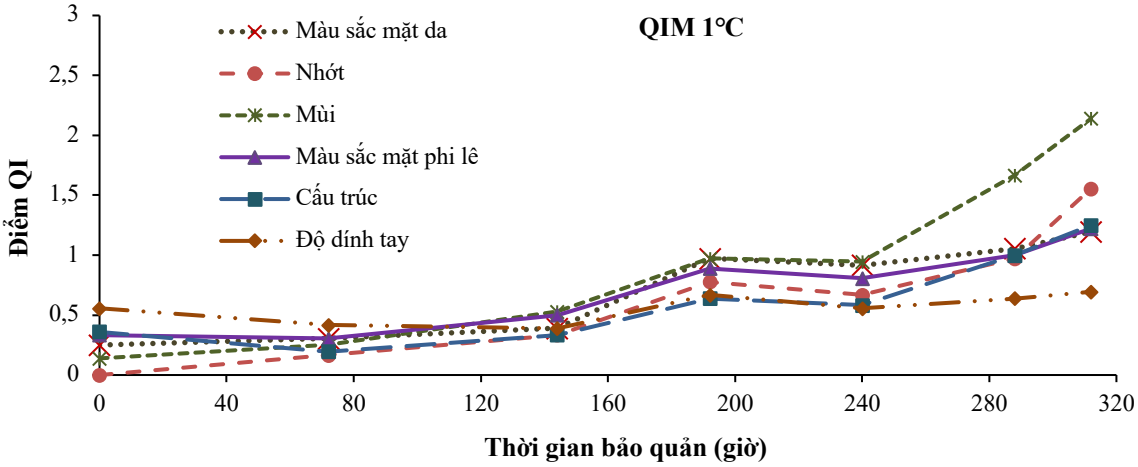
Từ kết quả thu được ở Bảng 3.6 cho thấy, phi lê cá rô phi vằn có lượng SFA có xu hướng tăng sau 312 giờ bảo quản ở 1 ± 1°C với lượng C14:0 là 0,05% C16:0 là 0,43% C18:0 là 0,11% và 240 giờ bảo quản ở 4 ± 1°C với C14:0 là 0,09%; C16:0 là 0,82%, C18:0 là 0,22%. Cuối thời gian bảo quản lạnh có sự hình thành và hoặc/tăng nhẹ của một số acid béo không no có một nối đôi (MUFA) và acid béo không no cao (PUFA), trong đó có acid Docosahexanoic-DHA (C22:6) ở cả hai nhiệt độ bảo quản. Tuy nhiên, nhìn chung thì hàm lượng các FFA của phi lê cá rô phi vằn vào cuối quá trình bảo quản tương đối thấp so với các loại cá có hàm lượng chất béo cao hơn. Ví dụ như cá cá thu (*Scomberomorus commersoni*) có lượng FFA tăng từ 3,2% lên 5,66% và ở cá mập (*Carcharhinus dussumieri*) có lượng FFA tăng từ 1,06% lên 8,37% sau 6 tháng bảo quản ở -18°C [182].

Để rõ hơn về sự biến đổi của lipid trong quá trình bảo quản lạnh phi lê cá rô phi vằn, cần có những nghiên cứu chuyên sâu hơn, ngoài phạm vi của luận án này.

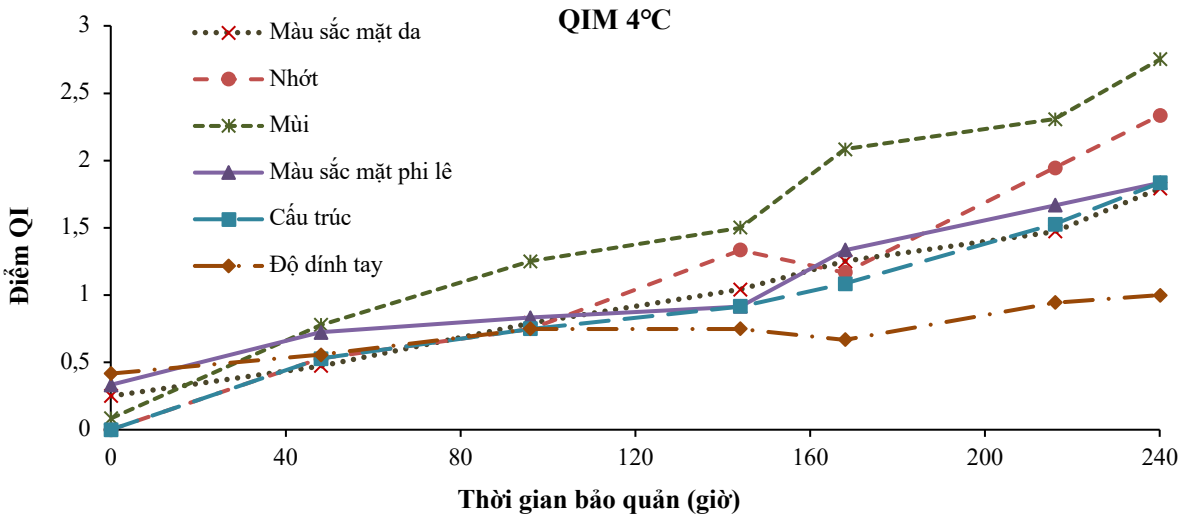
3.3.2. Biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định

3.3.2.1. 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 bằng phương pháp chỉ số chất lượng (QIM)

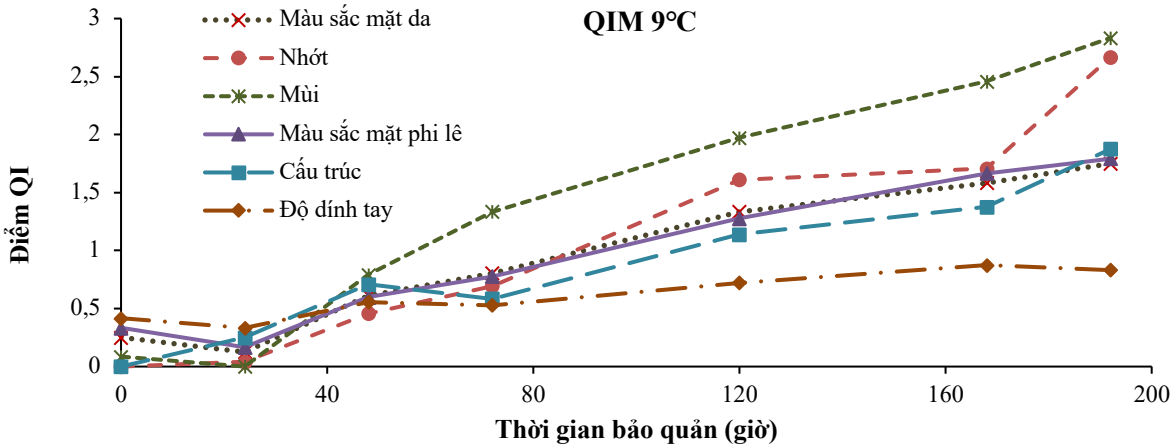
Chỉ số chất lượng (QIM) được dùng để xác định độ tươi của thuỷ sản dựa trên 6 thuộc tính cảm quan cơ bản như: màu và nhớt của mặt da, mùi, màu, kết cấu và độ dính của thịt (ở mặt phi lê). Chỉ số QI của phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các chế độ nhiệt độ (1, 4, 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C) dao động từ 1 - 13, QI = 0 tương ứng với cá tươi tốt nhất, QI = 13 tương ứng với cá đã hư hỏng không đủ tiêu chuẩn làm thực phẩm để chế biến và sử dụng. Chỉ số QI tăng đồng nghĩa với sự suy giảm chất lượng của cá [73]. Các thuộc tính cảm quan trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định được đánh giá theo thang điểm QIM thể hiện từ Hình 3.10 đến Hình 3.17.



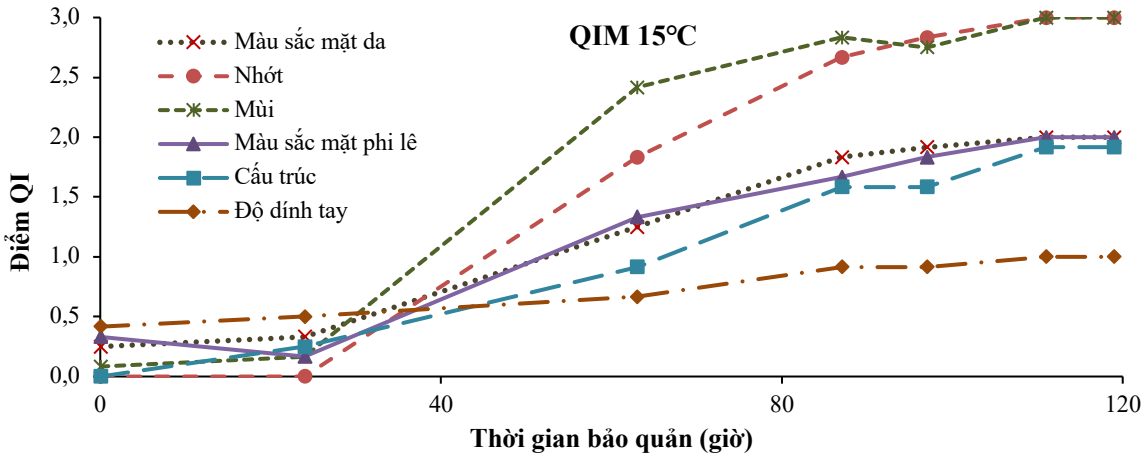
Hình 3.10. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 1± 1°C



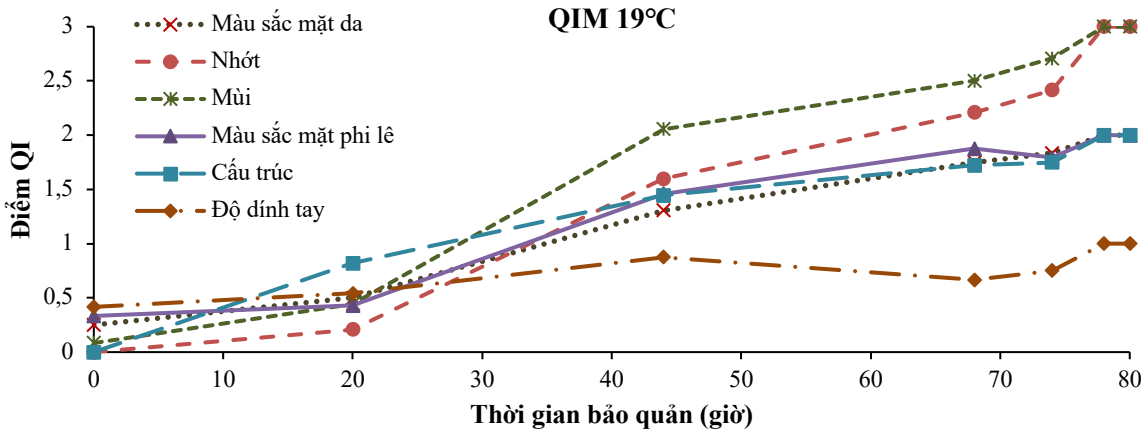
Hình 3.11. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 4 ± 1°C



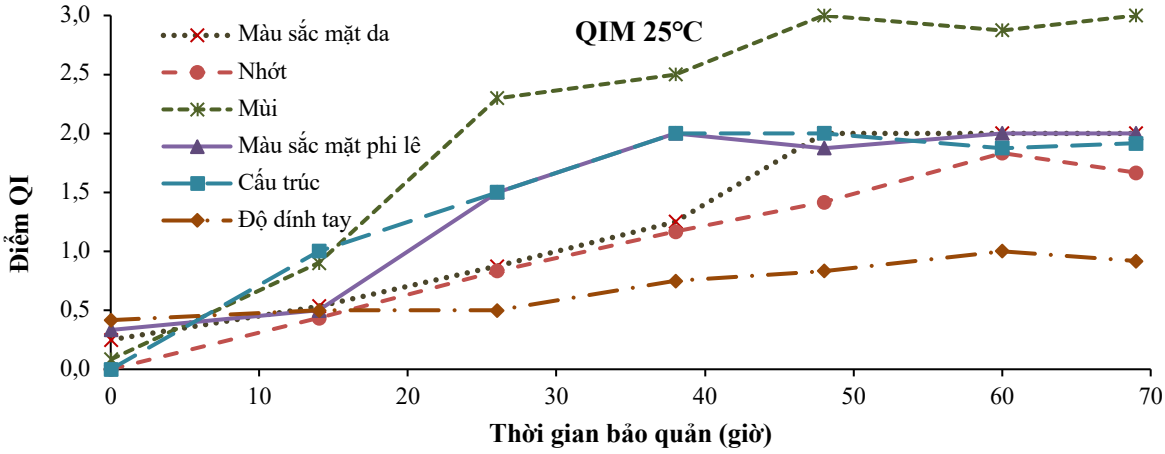
Hình 3.12. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 9 ± 1°C



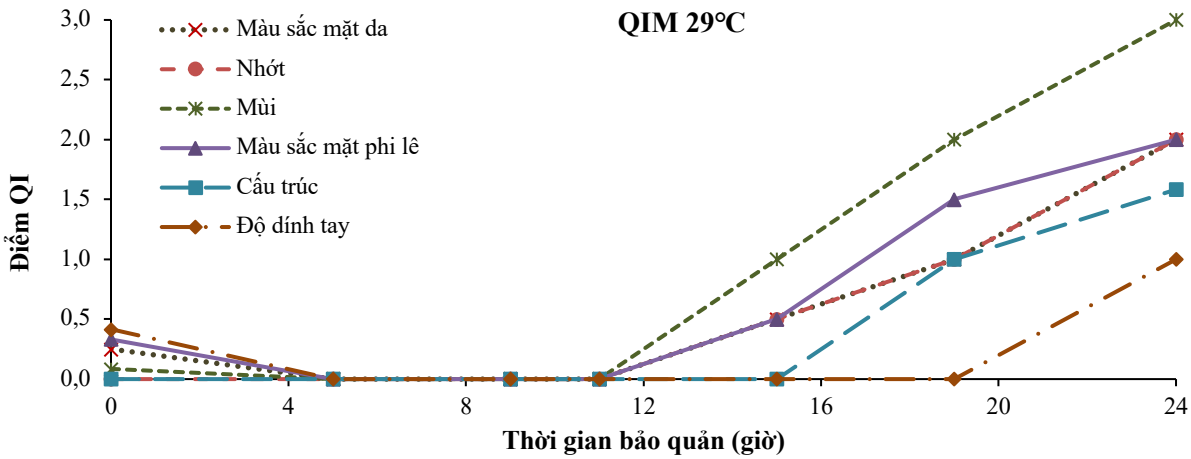
Hình 3.13. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 15 ± 1°C



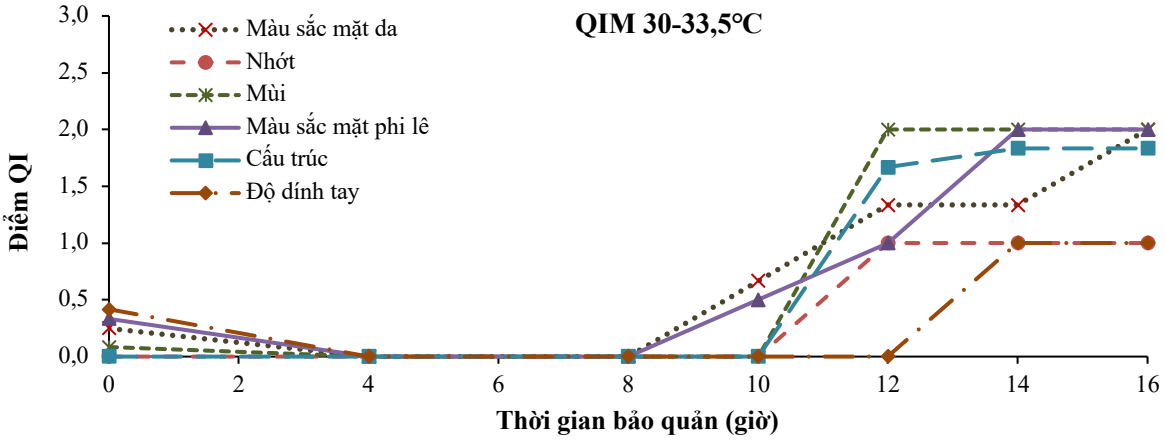
Hình 3.14. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 19 ± 1°C



Hình 3.15. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 25 ± 1°C



Hình 3.16. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ 29 ± 1°C

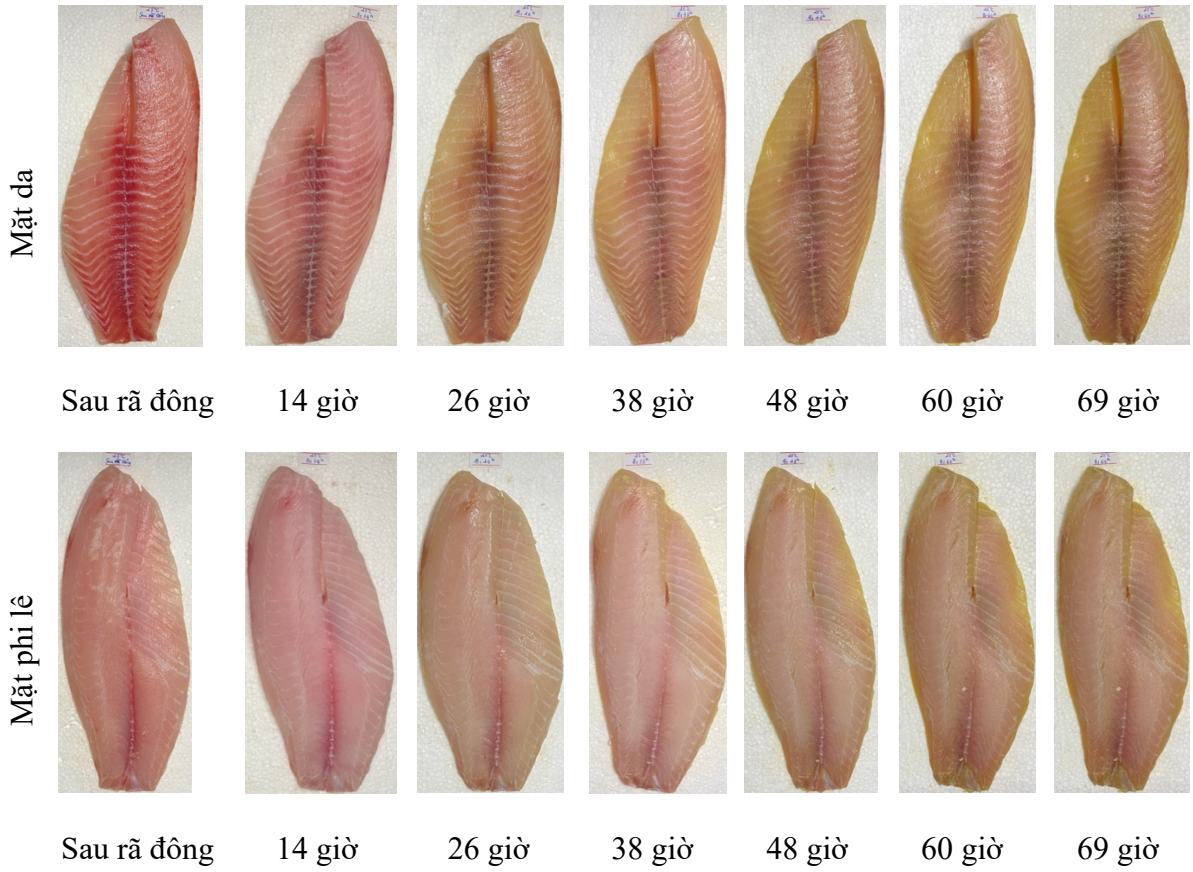


Hình 3.17. Điểm QI của các thuộc tính cảm quan QIM đối với phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

Đồ thị Hình 3.10 đến Hình 3.17 cho thấy ở các chế độ nhiệt độ, điểm QI của thuộc tính mùi tăng nhanh nhất trong tất cả các thuộc tính cảm quan được quan sát. Phi lê cá nhanh chóng mất đi mùi tanh của cá tươi, chuyển sang mùi chua và mùi ươn thối ở cuối quá trình bảo quản. Sự thay đổi mùi của cá chủ yếu là do hoạt động nhóm vi sinh vật gây hư hỏng [128] sinh ra các hợp chất dễ bay hơi như metyl mercaptan, dimetylsulfit, ceton, este và aldehyde [112]. Vì vậy, mật độ vi sinh vật gây hư hỏng đặc trưng tăng (quá khoảng 10^7 CFU/g) sẽ kéo theo sự thối rữa hoặc ươn hỏng tăng rất nhanh [195].

Màu sắc của phi lê cá là thuộc tính thay đổi dễ nhận thấy trong thời gian bảo quản, phi lê cá chuyển từ màu hồng sang màu hồng nhạt rồi sậm dần ở cả 2 mặt của phi lê cá (mặt phi lê và mặt bụng), đồng thời có sự xuất hiện lớp nhớt ở mặt phi lê,

lượng nhớt từ ít đến nhiều. Có thể quan sát phi lê cá được bảo quản ở 25 ± 1°C (Hình 3.18) để thấy rõ hơn.



Hình 3.18. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 25 ± 1°C

Màu sắc của phi lê cá sậm dần sau 26 giờ bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C, trên bề mặt của phi lê còn xuất hiện lớp nhớt. Lớp nhớt xuất hiện từ ít đến nhiều, từ trong đến đục và vón cục theo thời gian bảo quản, đây cũng là một trong những nguyên nhân góp phần làm cho màu sắc của phi lê sậm dần, giảm giá trị cảm quan. Theo nghiên cứu của Ahmadi và cộng sự (2018), cá chẽm vàng (*Rhabdosargus sarba*) có màu sắc giảm khi bảo quản bằng nước đá sau 12 ngày là dấu hiệu của quá trình oxy hóa hemoglobin. Theo tác giả màu sắc của thịt cá có sự thay đổi rõ rệt theo thời gian bảo quản [38]. Sự thay đổi màu sắc của cá là do sự phân hủy sắc tố trong cơ thịt được thúc đẩy bởi nhiệt độ làm cho màu sắc của phi lê cá xấu hơn so với ban đầu [98]. Màu sắc của cá tuyết Đại Tây Dương (*Gadus morhua*) thường tối và sậm hơn sau 14 ngày bảo quản bằng nước đá [57], điều này cũng được nhận thấy ở cá hồi Đại Tây Dương (*Salmo salar*)

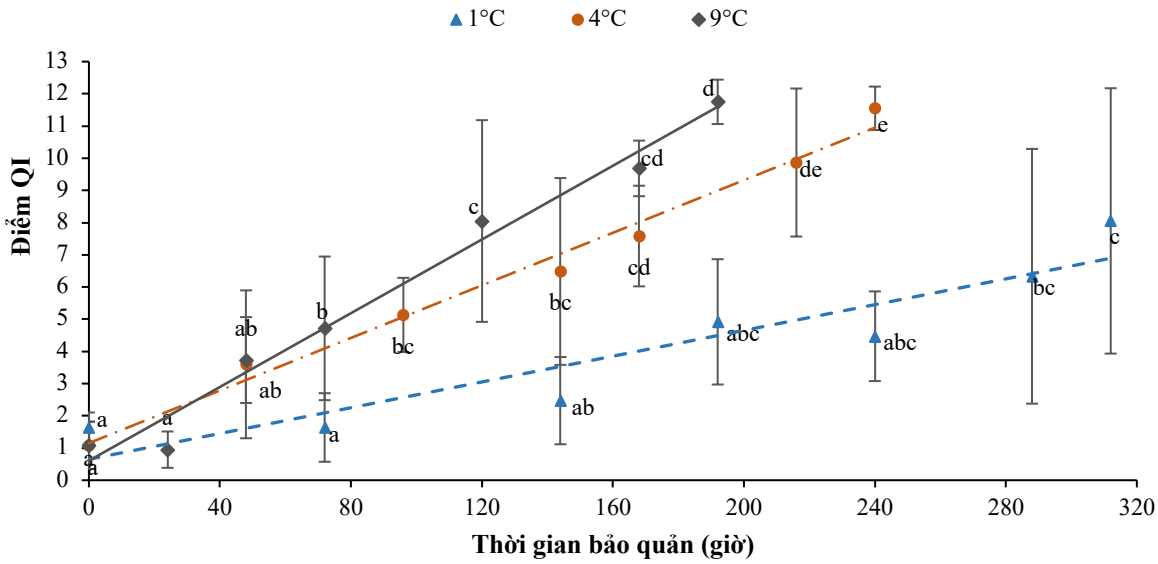
sau 24 ngày bảo quản bằng nước đá [231] (Màu sắc của phi lê cá rô phi vằn ở các chế độ nhiệt độ còn lại được thể hiện ở Phụ lục 1.1 đến Phụ lục 1.8).

Độ săn chắc của cơ thịt có xu hướng giảm (Hình 3.19) sau một thời gian bảo quản, nguyên nhân là do quá trình tự phân giải cơ thịt cá dưới tác động của các enzyme protease nội tại và vi sinh vật sản sinh protease, bẻ gãy các liên kết peptid từ đó làm giảm độ đàn hồi của cơ thịt [69]. Các tế bào cơ thịt cá được xếp song song và liên kết với nhau bởi mô liên kết (myocommata) để gắn vào khung xương và da. Mô liên kết của cá, thành phần chủ yếu là collagen, sự phân giải collagen và các sợi cơ bởi tác động của enzyme làm cho cấu trúc của cá bị suy giảm, mất đi độ đàn hồi [80]. Theo Fogaça và cộng sự (2017) cá bớp bảo quản bằng nước đá, sau 14 và 21 ngày, các sợi collagen trong mô liên kết bị phân hủy, dẫn đến khoảng cách giữa các sợi cơ tăng lên, đồng thời hình thành nhiều vết nứt bên trong cơ, do đó giảm tính đàn hồi của cơ thịt cá [98]. Cơ thịt cá trở nên mềm và mất đi độ đàn hồi còn được nhận thấy đối với cá vược Châu Âu khi bảo quản lạnh [69], cá hồi Đại Tây Dương sau 24 ngày bảo quản bằng nước đá [231]. (sự thay đổi cấu trúc cơ thịt của phi lê cá rô phi ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định được thể hiện ở phụ lục 1.9)

Sau rã đông | 72 giờ ở 1 ± 1°C | 72 giờ ở 25 ± 1°C

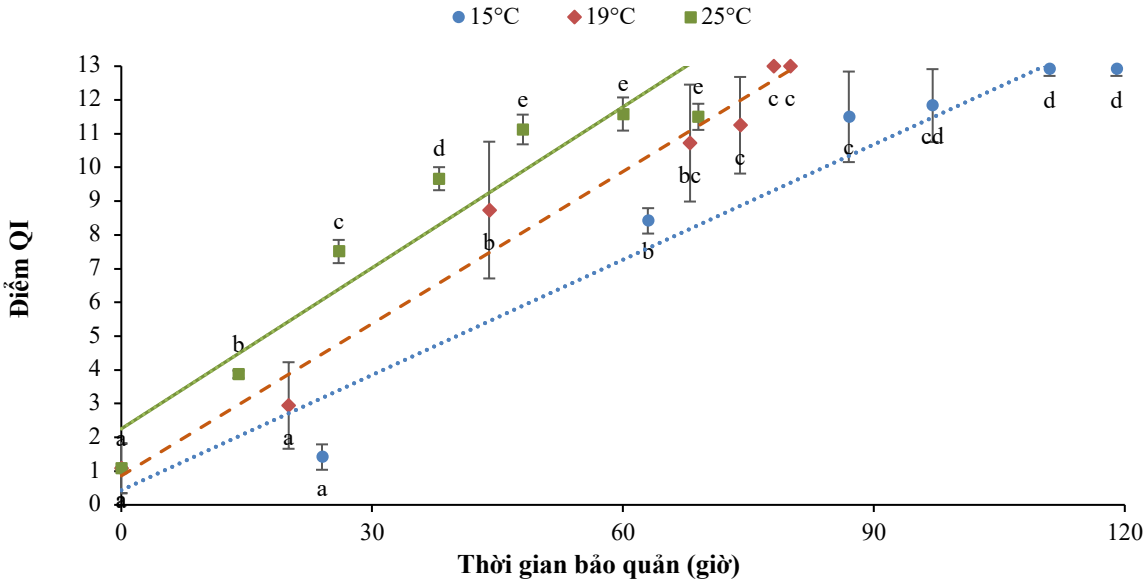
Hình 3.19. Cấu trúc cơ thịt phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ thấp quan sát dưới kính hiển vi điện tử

Chỉ số chất lượng QI của phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ ổn định thể hiện ở Hình 3.20 đến Hình 3.22. Kết quả phân tích ANOVA cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa ($p<0,05$) về chỉ số QI giữa các ngày bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở các chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C.



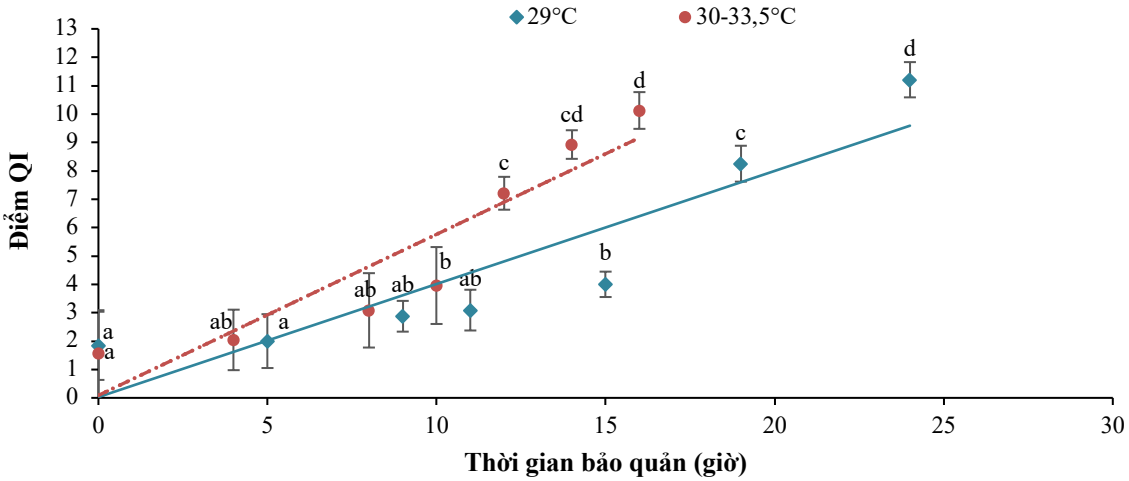
Hình 3.20. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1, 4, 9 ± 1°C

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 giờ bảo quản trong cùng chế độ nhiệt độ.



Hình 3.21. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15, 19, 25 ± 1°C

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 giờ bảo quản trong cùng chế độ nhiệt độ.



Hình 3.22. Điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ lạnh ổn định 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 điểm QI trung bình giữa các giờ bảo quản trong cùng chế độ nhiệt độ.

Điểm QI của mẫu phi lê cá rô phi vằn ban đầu dao động từ 1 - 2 điểm. Con số này tăng chậm trong thời gian đầu bảo quản và tăng khá mạnh ở cuối thời gian bảo quản. QI đạt giá trị cao nhất là 13 điểm tại 78 giờ và 80 giờ của chế độ nhiệt độ 19 ± 1°C, 12,9 điểm tại 111 giờ và 119 giờ của chế độ nhiệt độ 15 ± 1°C. Tại các chế độ nhiệt độ còn lại, chỉ số QI cuối thời gian bảo quản đều tăng trên 75% so với điểm QI tối đa, điều này vượt quá giới hạn chấp nhận về cảm quan [193].

Bảng 3.7. Phương trình hồi quy và hệ số tương quan của điểm QI (y) theo thời gian bảo quản (x, giờ) ở các nhiệt độ lạnh ổn định

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

Kết quả phân tích hồi quy tương quan điểm QI của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian tại các nhiệt độ bảo quản cho thấy, chỉ số chất lượng QI tăng tuyến tính với thời gian bảo quản theo phương trình hồi quy ở Bảng 3.7, với hệ số tương quan khá cao ($R^2 > 0,8$). Theo phân tích chỉ số chất lượng của phi lê cá tra bảo quản ở nhiệt độ 1, 4, 9, 15, 19 ± 1°C và cá tuyết ướp đá [19, 57]. Các tác giả cho rằng, điểm QI của các đối tượng này cũng tăng theo thời gian bảo quản với hệ số tương quan R^2 rất cao. Đối với cá rô phi bảo quản ở -1°C và 1°C có chỉ số QI tăng sau 20 ngày với hệ số tương quan R^2 lần lượt là 0,943 và 0,849 [73, 193]. Do đó, chỉ số QI tăng nhanh khi nhiệt độ bảo quản tăng và thời gian bảo quản dài.

Dựa vào mối quan hệ tuyến tính của QI theo thời gian cho thấy có thể sử dụng phương pháp QIM để đánh giá nhanh chất lượng phi lê cá rô phi vằn cũng như dự đoán thời gian bảo quản còn lại của thuỷ sản này khi bảo quản ở nhiệt độ dương thấp và/hoặc tại các nhiệt độ có thể gặp vào cuối chuỗi cung ứng.

3.3.2.2. Sự biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C bằng phương pháp phân tích mô tả định lượng (QDA)

Thang điểm cảm quan theo phương pháp phân tích mô tả định lượng QDA được cải tiến cho cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam gồm 20 thuộc tính với 4 nhóm chỉ tiêu: mùi, bề ngoài, cấu trúc/ kết cấu cơ thịt, vị. Quá trình đánh giá được tiến hành trên mẫu cá đã hấp chín, các thuộc tính trong QDA của phi lê cá được cho điểm theo cường độ trên thang điểm không cấu trúc từ 0 đến 100%.

a) Chỉ tiêu mùi

Có tất cả 7 thuộc tính mùi trong bảng điểm QDA của cá rô phi vằn, gồm: mùi khoai tây nguyên củ mới luộc/mùi bột luộc; mùi tanh khi để nguội; mùi bùn; mùi khai; mùi mốc; mùi ôi khét; mùi thối, mùi trứng ung.

Bảng 3.8. Sự biến đổi điểm cảm quan về mùi của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C

		0	**72**	**144**	**192**	**216**	**240**	**264**
1°C	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]
		0	**48**	**96**	**120**	**144**	**168**	**192**
4°C	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 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 ANOVA (Bảng 3.8) cho thấy, không có sự khác biệt ý nghĩa ($p>0,05$) của các thuộc tính mùi giữa các giờ bảo quản khác nhau trong cùng chế độ nhiệt độ. Các thuộc tính xấu về mùi của phi lê cá rô phi vằn hấp gồm có: mùi mốc, mùi ôi-khét, mùi khai và mùi trứng ung biến đổi không đáng kể theo thời gian bảo quản ở cả hai chế độ nhiệt độ. Tại nhiệt độ 1 ± 1°C, đến cuối thời gian bảo quản điểm cảm quan của các thuộc tính mùi mốc, mùi ôi-khét, mùi khai và mùi trứng ung lần lượt là 14,33%; 3,6%; 2,07% và 6,13%. Tương tự, ở chế độ bảo quản 4 ± 1°C vào cuối thời gian bảo quản giá trị của các thuộc tính mùi xấu lần lượt là: 11,73%; 4,87%; 7,33% và

4,73%, tất cả đều nhỏ hơn 20% điểm là mốc loại bỏ thuỷ sản [72, 195]. Theo Bonilla và cộng sự (2007) các thuộc tính mùi xấu tăng nhanh sau 7 ngày bảo quản cá tuyết bằng nước đá [57]. Tác giả Mai Thị Tuyết Nga và cộng sự (2007) cho rằng cá trích bảo quản lạnh có mùi ôi khét lấn át các mùi khác và biểu hiện rõ rệt nhất sau 8 ngày bảo quản, theo nhóm tác giả mùi ôi khét là thuộc tính mùi xấu và đặc trưng cho cá cũ [18]. Có thể thấy sự thay đổi mùi của cá khi trữ đông là mất dần hương vị do giảm một số hợp chất mùi tốt, nguyên nhân là do sự oxy hoá chất béo tạo mùi vị lạ [158], hay sự chuyển hóa của TMAO sản sinh amoniac [15], vì thế mùi thối-NH_3 được phát hiện trên cá tra sau 15 ngày bảo quản ở 0 - 2°C [19] hay cá tuyết sau 10 ngày bảo quản trong nước đá [57].

Như vậy kết quả phân tích của đề tài cho thấy, sự biến đổi thuộc tính mùi QDA của phi lê cá rô phi vằn không đáng kể ở 1 ± 1°C và 4 ± 1°C, đặc biệt là nhóm thuộc tính mùi xấu, cuối thời gian bảo quản điểm đánh giá thấp hơn 20 điểm ở cả hai chế độ nhiệt độ. Điều này cho thấy đối với phi lê cá rô phi vằn, phương pháp QDA không nhạy bằng phương pháp QIM trong phát hiện ra sự biến đổi xấu về chất lượng của cá.

b) Chỉ tiêu màu sắc bên ngoài

Màu sắc bên ngoài của phi lê cá rô phi vằn được mô tả gồm có 2 thuộc tính: màu sáng-sậm và bề mặt láng mịn-khô, với thang điểm từ 0 đến 100%, giá trị đạt 0% là màu sáng nhất và 100% là bề mặt sậm nhất. Điểm cảm quan (%) các thuộc tính màu sắc bề ngoài của phi lê cá rô phi vằn theo các thời gian bảo quản tại nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C được thể hiện ở Bảng 3.9.

Ở chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C, kết quả phân tích ANOVA cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) về màu sáng-sậm giữa mẫu bảo quản 0 giờ và mẫu 144 giờ. Bề mặt láng mịn-khô/rỗ của mẫu bảo quản 144 giờ có sự khác biệt ý nghĩa ($p<0,05$) với mẫu 72 giờ. Ở 144 giờ bảo quản, có màu sắc (25,60%) và độ láng mịn của bề mặt (20,93%) là thấp nhất. Cuối thời gian bảo quản, các thuộc tính bên ngoài của phi lê cá không có nhiều biến đổi so với ban đầu.

Bảng 3.9. 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 ± 1°C và 4 ± 1°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 nhiệt độ 4 ± 1°C: kết quả phân tích ANOVA cho thấy, tại các giờ bảo quản không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) giữa các mẫu trong cùng chế độ. Thuộc tính bề mặt láng mịn-khô của phi lê cá rô phi vằn dao động từ 32,07- 42,4%.

Một số nghiên cứu cho rằng thuộc tính màu sậm, bề mặt khô-xác là thuộc tính QDA đặc trưng cho cá kém tươi [19, 161]. Màu sắc là thuộc tính dễ bị biến đổi ở cá trong quá trình bảo quản lạnh đông, nguyên nhân là do mất nước và do sự biến đổi của hemoglobin, myoglobin và hemoxyanin thành methemogolobin, metmyolobin làm cho sản phẩm bị sậm lại [27]. Theo Nguyễn Văn Mười và cộng sự (2016) những thay đổi màu sắc và hình dạng bên ngoài của cá còn phụ thuộc vào quá trình rã đông, do đó lựa chọn phương pháp rã đông phù hợp sẽ ít ảnh hưởng đến màu sắc và cấu trúc của cá và duy trì cảm quan cho sản phẩm [15].

Ngoài ra, sự thay đổi màu sắc của cá còn phụ thuộc vào nguồn gốc của cá. Theo quan sát của Odoli (2009), phi lê cá rô phi nuôi tại Canada có bề mặt da sậm màu hơn sau 13 ngày bảo quản ở 1°C. Đối với phi lê cá rô phi nuôi tại Iceland giữ trong nước ngọt 10 ngày trước thu hoạch, tác giả quan sát thấy bề mặt da và bề mặt phi lê sậm hơn sau 8 ngày bảo quản ở 1°C [193]. Theo quan sát của đề tài, màu sắc bề mặt của phi lê cá rô phi vằn sau 11 ngày bảo quản ở 1 ± 1°C và 8 ngày ở 4 ± 1°C không có nhiều biến đổi so với ban đầu. Sự khác biệt trong kết quả của nghiên cứu của luận án với nghiên

cứu của Odoli (2009) có thể là do sự khác biệt về nguồn gốc nguyên liệu, điều kiện nuôi, điều kiện xử lý và bảo quản [193]. Vì vậy, nguồn gốc nguyên liệu cũng ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan của sản phẩm.

c) Chỉ tiêu cấu trúc cơ thịt

Cấu trúc cơ thịt chủ yếu gồm có 6 thuộc tính: độ bở khi xắn bằng thìa/nĩa, mềm mại - khô xác, độ sợi/độ nhám bề mặt của thịt cá, cảm giác hồ bột khi nhai, bở - dai, khô (hút nước bọt khi nhai) - ứa dịch khi nhai. Điểm cảm quan (%) của các thuộc tính về chỉ tiêu cấu trúc cơ thịt của phi lê cá rô phi hấp tại mỗi giờ bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C, được mô tả dựa trên thang điểm từ 0 đến 100%. Cấu trúc cơ thịt mềm mại - khô xác với 0% là mềm mại nhất và 100% là khô xác nhất. Cấu trúc bở - dai với 0% là bở nhất và 100% là dai nhất.

Kết quả phân tích cấu trúc cơ thịt của phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ thấp (Bảng 3.10) cho thấy:

Tại chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C: kết quả phân tích ANOVA chỉ có sự khác biệt ($p<0,05$) về cấu trúc độ sợi/độ nhám bề mặt của cơ thịt ở 144 giờ bảo quản với 192 giờ và 264 giờ bảo quản, các thuộc tính khác thay đổi không đáng kể. Các thuộc tính cấu trúc của phi lê cá rô phi vằn hấp có xu hướng tăng ở các thời gian bảo quản tại nhiệt độ này. Ở nhiệt độ 4 ± 1°C, không thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p>0,05$) giữa các giờ bảo quản khác nhau của 6 thuộc tính về cấu trúc của phi lê cá rô phi vằn hấp.

Theo quan sát của Mai Thị Tuyết Nga và cộng sự (2018) phi lê cá tra có các thuộc tính xấu về cấu trúc gồm có: cảm giác sợi khi nhai, cấu trúc khô xác và bở khi xắn thìa, các thuộc tính này tăng theo thời gian bảo quản; các thuộc tính: cấu trúc mềm mại, cấu trúc ứa dịch khi nhai là những thuộc tính của cá tươi tốt [19]. Sự thay đổi về thuộc tính cấu trúc cũng được nhận thấy đối với cá trích bảo quản bằng nước đá [18], cá bớp nuôi bảo quản lạnh [16].

Bảng 3.10. 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± 1°C và 4 ± 1°C

	Cấu trúc	**0**	**72**	**144**	**192**	**216**	**240**	**264**
1 °C	Độ bở khi xắn 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 bọt 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}
	Cấu trúc	**0**	**48**	**96**	**120**	**144**	**168**	**192**
4 °C	Độ bở khi xắn 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 sợi- 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-dai	53,33^{a}	43,40^{a}	43,33^{a}	46,73^{a}	39,73^{a}	47,60^{a}	38,07^{a}
	Khô (hút nước bọt 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.

Kết quả phân tích cấu trúc của phi lê cá rô phi vằn ở Bảng 3.10 cho thấy, các thuộc tính xấu: độ bở khi xắn bằng thìa/ nĩa của phi lê cá bảo quản ở 4 ± 1°C (38,53%-56,13%) cao hơn khi quản bảo ở 1 ± 1°C (30,2% - 38,33%). Điểm của thuộc tính cấu trúc mềm mại-khô xác của phi lê cá bảo quản tại nhiệt độ 1 ± 1°C dao động từ 38% - 52,13%, tại nhiệt độ 4 ± 1°C dao động từ 32,93% - 51,67%. Trong thời gian bảo quản, các thuộc tính xấu có xu hướng tăng và thuộc tính tốt có xu hướng giảm theo thời gian bảo quản. Điều này có thể hiểu, cá lạnh đông mất dần tính chất ngon và độ mọng nước sau khi lạnh đông và trữ đông, những thay đổi cấu trúc thường do biến tính protein [134]. Theo Nguyễn Văn Mười và cộng sự (2007) có sự phá vỡ hóa học của TMAO

thành DMA (dimethylamine), tiếp theo liên kết ngang của formaldehyde (FA) với protein mô cơ gây ra sự phá vỡ cấu trúc trong cá và tạo nên cấu trúc xốp. Mô cá trải qua những thay đổi như thế có khuynh hướng giữ nước tự do một cách lỏng lẻo giống như một vật xốp. Khi ăn, mô cá mất tất cả ẩm trong lần cắn đầu tiên và lần nhai tiếp theo đem đến cấu trúc rất khô và xốp như bông. Ngoài ra, nhiệt độ cũng góp phần thay đổi cấu trúc cơ thịt cá, các sợi cơ có khuynh hướng dai và trở nên khô khi lạnh đông và bảo quản lạnh/đông [15].

d) Chỉ tiêu vị

Thuộc tính vị gồm có 5 thuộc tính: vị ngọt đạm, vị béo, vị chua, vị ôi khét, vị hỏng/thối. Điểm cảm quan QDA (%) của các thuộc tính về vị của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C thể hiện ở Bảng 3.11.

Bảng 3.11. Sự biến đổi điểm cảm quan về vị của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C

	Vị	**0**	**72**	**144**	**192**	**216**	**240**	**264**
1°C	Ngọt đạm	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}
	Hỏng/ thối	0,07^{a}	0,07^{a}	0,00^{a}	5,47^{a}	0,00^{a}	0,33^{a}	0,40^{a}
	Vị	**0**	**48**	**96**	**120**	**144**	**168**	**192**
4°C	Ngọt đạm	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}
	Hỏng/ 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.

Tại chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C: kết quả phân tích ANOVA cho thấy không có sự khác biệt ($p>0,05$) giữa các giờ bảo quản khác nhau về điểm cảm quan ở cả 5 thuộc tính vị: vị ngọt đạm, vị béo, vị chua, vị ôi khét, vị hỏng/thối của phi lê cá rô phi hấp. Ở nhiệt độ này vị ngọt đạm của phi lê cá ban đầu là 48,67% giảm còn 26% sau 264 giờ bảo quản. vị béo cũng giảm từ 9,27% (0 giờ) còn 4,73% (264 giờ).

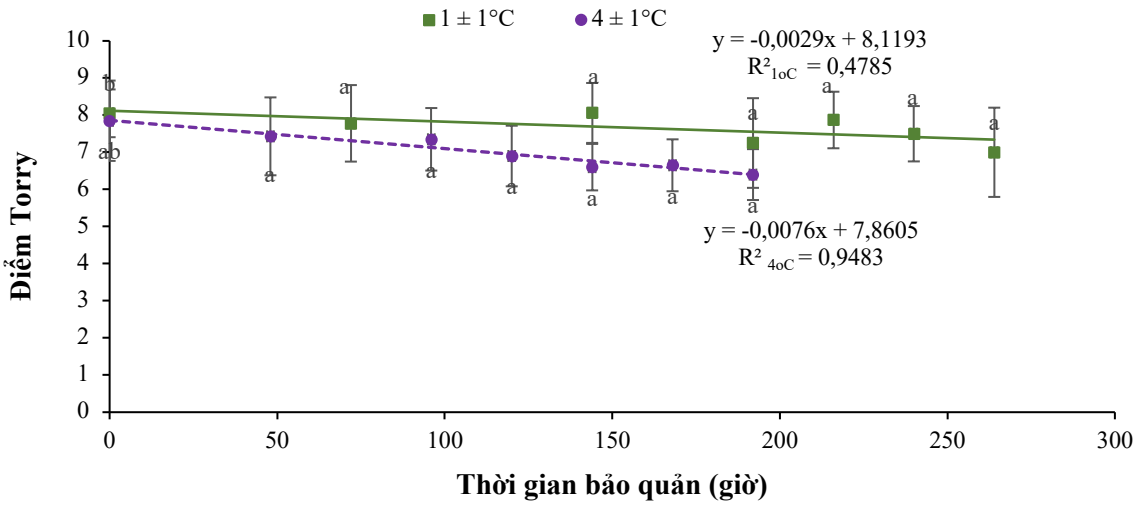
Tại chế độ nhiệt độ 4 ± 1°C: có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p<0,05$) của thuộc tính vị. Vị ngọt đạm ở 0 giờ bảo quản là 44,2% giảm còn 15,33% sau 192 giờ bảo quản, vị béo ở 0 giờ bảo quản là 8,67% giảm còn 2,13% sau 192 giờ bảo quản.

Vị ngọt đạm và vị béo có xu hướng càng giảm khi thời gian bảo quản càng tăng. Theo quan sát của các nghiên cứu trước đây: các thuộc tính xấu về vị gồm có vị ôi khét, vị hỏng-thối và vị chua, còn các thuộc tính tốt biểu thị chất lượng cá tươi gồm có: vị ngọt đạm, vị béo [19]. Vị ngọt đạm trong cơ thịt cá là do hàm lượng acid amin mang lại trong quá trình tự chín, tuy nhiên hàm lượng này giảm là do sự phân huỷ acid amin dưới tác dụng chủ yếu của vi sinh vật nên vị ngọt đạm giảm trong giai đoạn cuối của quá trình bảo quản. Theo tác giả Mai Thị Tuyết Nga và Huỳnh Thị Ái Vân (2018) phi lê cá tra có vị ôi khét (thuộc tính mùi xấu) tăng cao sau 14 ngày bảo quản trong khi đó vị ngọt đạm (thuộc tính mùi tốt) giảm theo thời gian bảo quản, nhóm tác giả cho rằng nguyên nhân là do quá trình tự phân sâu xa và phân huỷ làm cho vị ngọt đạm giảm sau thời gian bảo quản lạnh [19], sự suy giảm các thuộc tính tốt về vị còn được nhận thấy trên cá tuyết sau 14 ngày và cá hồi sau 20 ngày bảo quản bằng nước đá [57, 231].

Các thuộc tính xấu về vị trong bảng mô tả là: vị chua, vị ôi khét, vị hỏng/thối. Vị ôi khét do các hợp chất: aldehyde, keton, alcohol…được sản sinh trong quá trình oxy hoá lipid [241]. Theo nghiên cứu trước đây, cá trích bảo quản lạnh có vị ôi khét thể hiện mạnh và lấn át những mùi khác, nguyên nhân là do cá trích thuộc nhóm cá béo, nên quá trình oxy hoá diễn ra mạnh mẽ [18]. Kết quả về vị của cá trích khác với nghiên cứu của đề tài này, nguyên nhân là do cá rô phi vằn có lượng chất béo ít hơn, đồng thời chưa có nhiều biến đổi lipid xảy ra như đã phân tích ở mục 3.3.1.2, nên có điểm cảm quan về vị ôi khét chỉ ở mức thấp 0,53% (1 ± 1°C) và 1,73% (4 ± 1°C).

3.3.2.3. Sự biến đổi chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C bằng thang điểm Torry

Kết quả đánh giá cảm quan mẫu phi lê cá rô phi vằn hấp chín dùng thang điểm Torry cho cá béo vừa được trình bày ở Hình 3.23.



Hình 3.23. Điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở nhiệt độ 1± 1°C và 4 ± 1°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) về điểm Torry trung bình giữa các giờ bảo quản.

Theo kết quả phân tích ANOVA không có sự khác biệt có ý nghĩa (p>0,05) về điểm Torry giữa các ngày bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C. Có thể thấy điểm Torry giảm dần theo thời gian bảo quản với phương trình hồi quy tuyến tính (trong đó x là ngày bảo quản và y là điểm Torry). Ở nhiệt độ 1 ± 1°C điểm Torry ghi nhận được tại thời gian đầu là 8,05 điểm, đến 264 giờ bảo quản là 7 điểm. Ở 4 ± 1°C điểm Torry tại 0 giờ là 7,85 điểm, đến 192 giờ bảo quản là 6,4 điểm.

Theo kết quả nghiên cứu trên một số loài thuỷ sản cho thấy: cá trích có điểm Torry sau 12 ngày bảo quản là 6 điểm [18], phi lê cá tra có điểm Torry là gần 7 sau 4 ngày bảo quản ở 4 ± 1°C và 14 ngày bảo quản ở 1 ± 1°C [19], tôm sú có điểm Torry giảm dưới ngưỡng chấp nhận (5 điểm) sau 11 ngày bảo quản ở 0 - 1°C, 10 ngày bảo quản ở 1 - 2°C và 9 ngày bảo quản ở 3 - 4°C [12]. Có thể thấy điểm Torry thể hiện sự suy giảm chất lượng cảm quan thuỷ sản theo thời gian bảo quản. Ở một số nghiên cứu trên cá béo vừa, người ta đã loại bỏ cá (không sử dụng để ăn) khi điểm Torry xuống

dưới 5,5 [170], so sánh với kết quả nghiên cứu của luận án cho thấy, khi kết thúc quá trình bảo quản, điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn ở cả 2 chế độ nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C vẫn cao hơn ngưỡng loại bỏ của cá béo vừa.

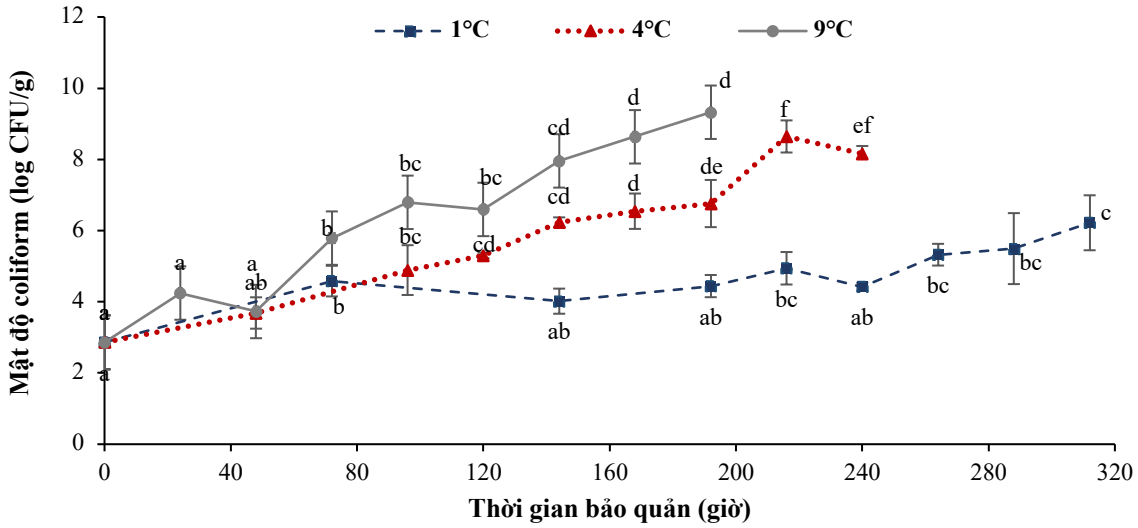
Như vậy, qua đánh giá chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi bằng các phương pháp QIM, QDA và Torry thì thấy rằng QIM là phương pháp nhạy nhất trong phát hiện ra sự thay đổi về chất lượng theo thời gian bảo quản. QIM đồng thời là phương pháp đơn giản và dễ thực hiện nhất vì không yêu cầu chuẩn bị mẫu chín phức tạp, ngoài ra phương pháp này có khả năng dự đoán thời gian bảo quản của thuỷ sản.

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. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

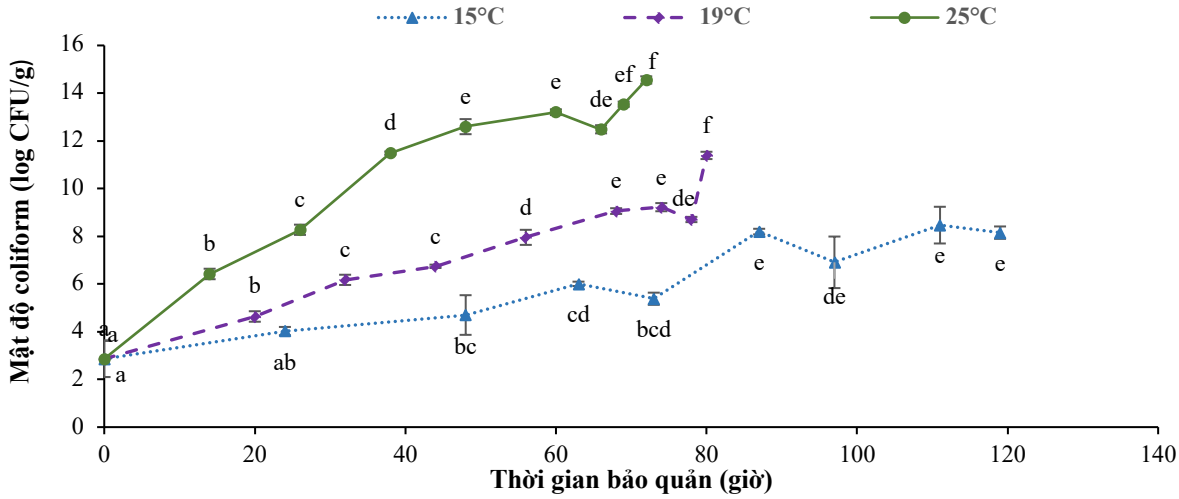
Coliform là vi sinh vật chỉ thị mức độ vệ sinh trong quá trình sản xuất và bảo quản, việc định lượng nhóm vi sinh vật này có thể dùng để xác minh hiệu quả của các quá trình vệ sinh tại các nhà máy chế biến [30]. Sự lây nhiễm coliform có thể xảy ra từ nguyên liệu, dụng cụ, thiết bị và bề mặt tiếp xúc… ngoài ra, nhiệt độ là yếu tố thúc đẩy sự sinh trưởng của coliform. Theo dõi sự sinh trưởng của coliform trên phi lê cá rô phi vằn tại các nhiệt độ-thời gian bảo quản là cơ sở để kiểm soát tốt chất lượng của phi lê cá trong chuỗi cung ứng. Mật độ coliform được thể hiện ở Hình 3.24 đến Hình 3.26.

Kết quả phân tích ANOVA cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa ($p<0,05$) về mật độ coliform tại các giờ bảo quản ở các chế độ nhiệt độ. Cụ thể, mật độ coliform tại 312 giờ ở 1 ± 1°C, 216 giờ ở 4 ± 1°C, 192 giờ ở 9 ± 1°C, 111 giờ ở 15 ± 1°C, 80 giờ ở 19 ± 1°C, 72 giờ ở 25 ± 1°C, 24 giờ ở 29 ± 1°C và 16 giờ ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C cao hơn đáng kể ($p<0,05$) so với các giờ bảo quản còn lại trong cùng chế độ nhiệt độ.



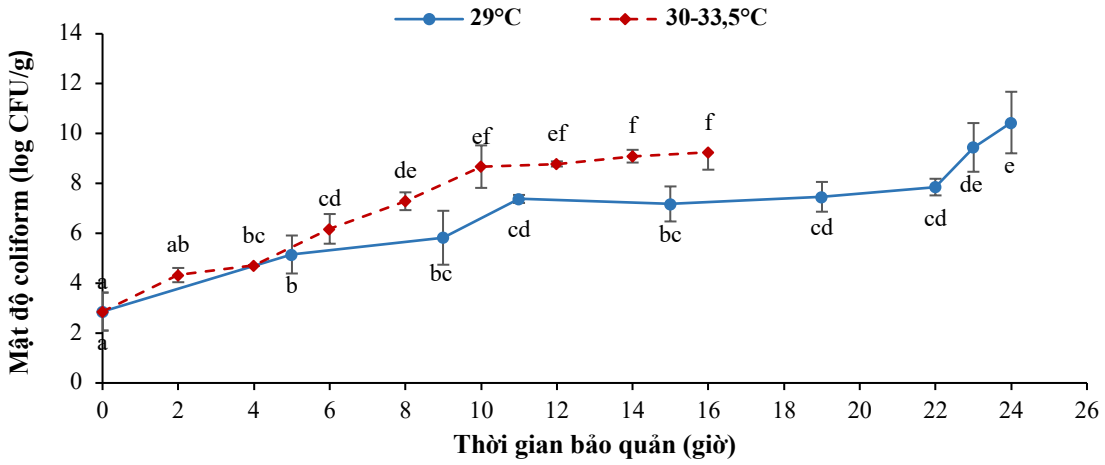
Hình 3.24. Sự biến đổi mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C

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



Hình 3.25. Sự biến đổi mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C và 25 ± 1°C

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

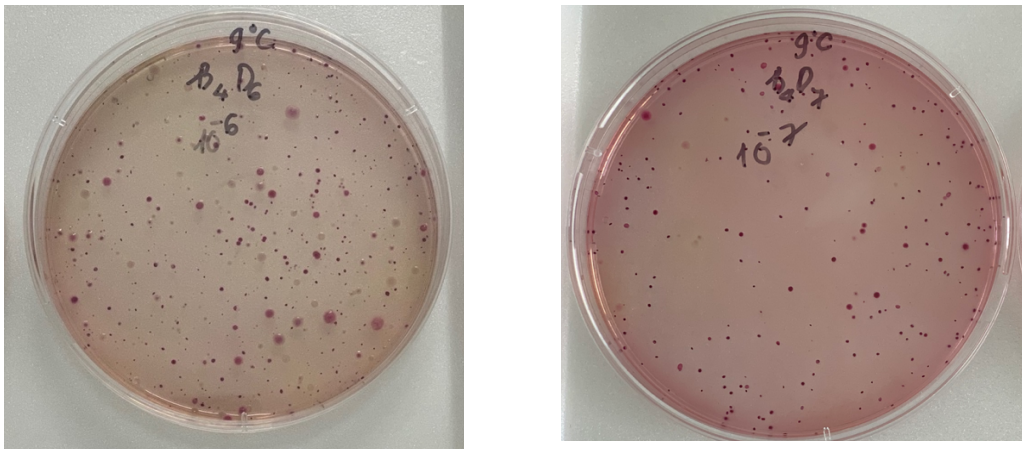


Hình 3.26. Sự biến đổi mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

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

Mật độ coliform ban đầu trên phi lê cá cá rô phi vằn được ghi nhận là 2,86 log CFU/g, vi sinh vật này hoạt động chậm ở thời gian đầu của các chế độ nhiệt độ. Đến giữa quá trình bảo quản, coliform bắt đầu sinh trưởng mạnh và tăng mật độ. Theo Mai Thị Tuyết Nga (2016), coliform ban đầu hiện diện và nhiễm vào thuỷ sản phụ thuộc vào các yếu tố như: nguồn gốc nguyên liệu và thực hành vệ sinh sau thu hoạch, chế biến và bảo quản [17]. Nhiệt độ thấp không phù hợp cho vi sinh vật này sinh trưởng nên ở thời gian đầu của các chế độ bảo quản (Hình 3.24 đến Hình 3.26) mật độ coliform tăng chậm. Tuy nhiên, vi sinh vật luôn chống chọi và thích ứng với điều kiện môi trường để sinh trưởng trở lại. Do đó, khi coliform quen với nhiệt độ lạnh chúng sẽ sinh trưởng và tăng mật độ, đồng thời có xu hướng sinh trưởng gần như tuân theo quy luật đường cong sinh trưởng của vi sinh vật [144]. Tại các chế độ nhiệt độ, mật độ coliform cuối thời gian bảo quản được ghi nhận là: 6,22 log CFU/g ở 1 ± 1°C; 8,16 log CFU/g ở 4 ± 1°C; 9,32 log CFU/g ở 9 ± 1°C, 8,15 log CFU/g ở 15 ± 1°C; 11,39 log CFU/g ở 19 ± 1°C; 14,55 log CFU/g ở 25 ± 1°C; 10,44 log CFU/g ở 29 ± 1°C và 9,25 log CFU/g ở 30 - 33,5°C. Kết quả nghiên cứu của luận án tương đồng với các nghiên cứu về sự sinh trưởng của coliform trong quá trình bảo quản lạnh ở một số loài thuỷ sản, theo các tác giả coliform tăng nhanh khi nhiệt độ-thời gian bảo quản tăng như: phi lê cá tra có mật độ coliform tăng từ 18,6 MPN/g đến 388,67 MPN/g sau 312 giờ bảo quản ở 1 ± 1°C, theo đó mật độ coliform đạt giá trị cao nhất là 1100 MPN/g sau 168 giờ bảo quản

ở 4 ± 1°C, 72 giờ ở 9 ± 1°C [163]. Mật độ coliform trên tôm sú cũng tăng cao ở 1 ± 1°C sau 4 ngày, ở 4 ± 1°C sau 2 ngày; ở 9 ± 1°C sau 36 giờ; ở 15 ± 1°C sau 32 giờ và ở 19 ± 1°C sau 19 giờ [17].

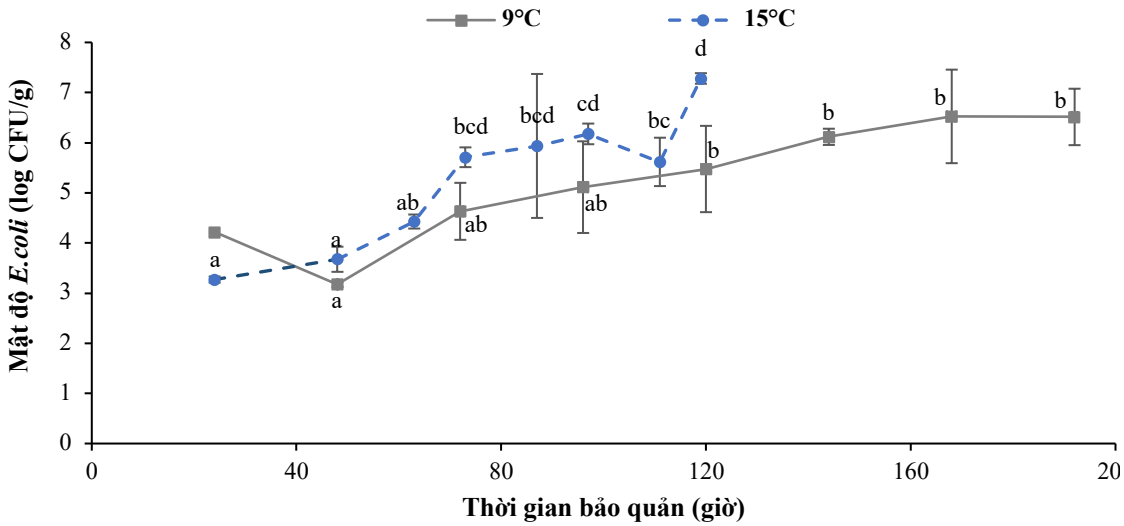


Hình 3.27. Khuẩn lạc coliform

3.3.3.2. Mật độ E.coli trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

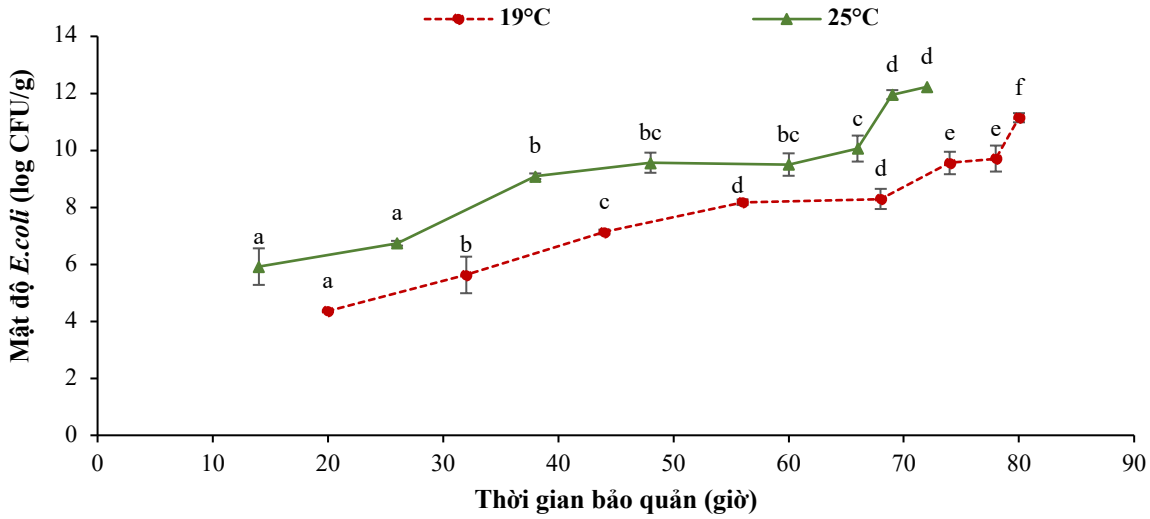
Tương tự như coliform*, E.coli* cũng là vi sinh vật chỉ thị vệ sinh, một số chủng còn có khả năng gây bệnh, gây ngộ độc thực phẩm cho người tiêu dùng. Theo quy định của Bộ Y tế đối với thực phẩm cần làm chín trước khi sử dụng, mật độ *E.coli* không vượt quá 10^2 CFU/g [4], vì thế *E.coli* là chỉ tiêu được quan tâm theo dõi đối với thuỷ sản trong sản xuất và bảo quản. Kết quả theo dõi sự sinh trưởng của *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo nhiệt độ-thời gian bảo quản không ghi nhận có sự hiện diện *E.coli* ở nhiệt độ 1 ± 1°C và 4 ± 1°C, chỉ phát hiện nhóm vi sinh vật này ở nhiệt độ bảo quản cao hơn, điều này có thể hiểu là do điều kiện vệ sinh ban đầu tốt và do nhiệt độ bảo quản thấp ức chế hoạt động của *E.coli*. Vì vậy cần bảo quản thuỷ sản ở nhiệt độ dưới 4°C để kiểm soát sự sinh trưởng của nhóm vi sinh vậy này [163]. Sự sinh trưởng của *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn tại các nhiệt độ 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C được thể hiện ở Hình 3.28 đến Hình 3.30.

Đồ thị từ Hình 3.28 đến Hình 3.30 cho thấy, có sự khác biệt ($p < 0,05$) về mật độ *E.coli* trung bình giữa các giờ bảo quản tại các chế độ nhiệt độ 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.



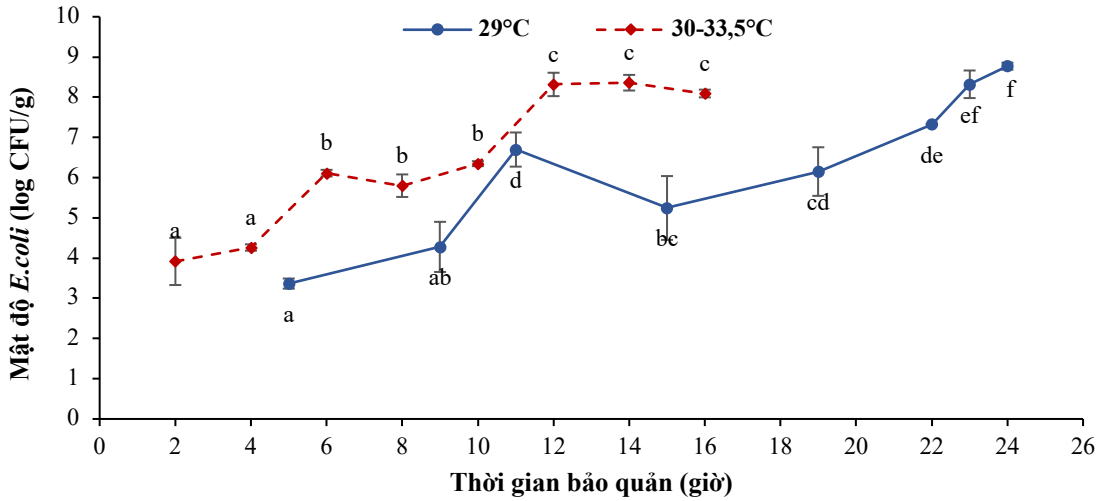
Hình 3.28. Sự biến đổi mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 9 ± 1°C và 15 ± 1°C

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



Hình 3.29. Sự biến đổi mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 19 ± 1°C và 25 ± 1°C

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



Hình 3.30. Sự biến đổi mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

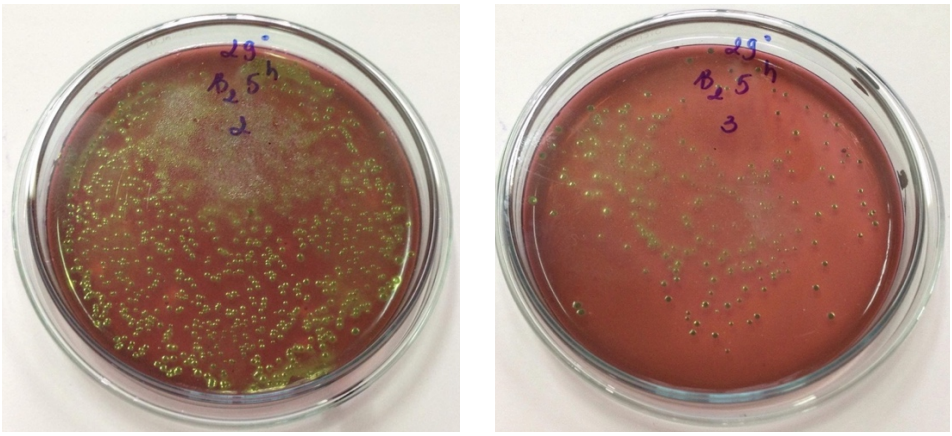
Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa (p <0,05) về mật độ E.coli trung bình giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Tại các chế độ nhiệt độ, *E.coli* bị ức chế ở thời gian đầu của quá trình bảo quản, khi quen dần với nhiệt độ lạnh vi khuẩn này bắt đầu sinh trưởng và tăng mạnh ở cuối thời gian bảo quản. Mật độ *E.coli* ghi nhận cuối thời gian bảo quản tại các chế độ nhiệt độ lần lượt là 6,51 log CFU/g ở 9 ± 1°C, 7,28 log CFU/g ở 15 ± 1°C; 11,15 log CFU/g ở 19 ± 1°C; 12,23 log CFU/g ở 25 ± 1°C; 8,77 log CFU/g ở 29 ± 1°C và 8,09 log CFU/g ở 30 - 33,5°C [145]. Một số nghiên cứu về sự sinh trưởng của *E.coli* trên phi lê cá tra [163] và trên tôm sú [17] các tác giả cũng cho rằng nhiệt độ thấp không phù hợp với sự sinh trưởng của *E.coli,* nên nhóm vi sinh vật này thường sinh trưởng chậm ở thời gian đầu của quá trình bảo quản lạnh, và khi nhiệt độ bảo quản tăng thì mật độ *E.coli* tăng, điều này giải thích ở các chế độ nhiệt độ cao hơn mật độ *E.coli* tăng cao.

Dựa vào mật độ *E.coli*, phi lê cá rô phi vằn sẽ hết hạn sử dụng ở chế độ bảo quản 9 ± 1°C sau 24 giờ, ở chế độ bảo quản 15 ± 1°C sau 24 giờ và ở chế độ bảo quản 19 ± 1°C sau 20 giờ, 25 ± 1°C sau 14 giờ, 29 ± 1°C sau 5 giờ và sau 2 giờ ở nhiệt độ 30 - 33,5°C, theo quy định mật độ *E.coli* không vượt quá 2 log CFU/g đối với sản phẩm thuỷ sản đông lạnh [4, 70].

Từ kết quả phân tích ở mục 3.3.3.1 và 3.3.3.2 cho thấy, nhiệt độ thấp làm chậm sự sinh trưởng của nhóm vi sinh vật chỉ thị vệ sinh. Ở các chế độ nhiệt độ nghiên cứu, không có sự xuất hiện của *E.coli* ở thời gian đầu, đồng thời mật độ coliform ở mức

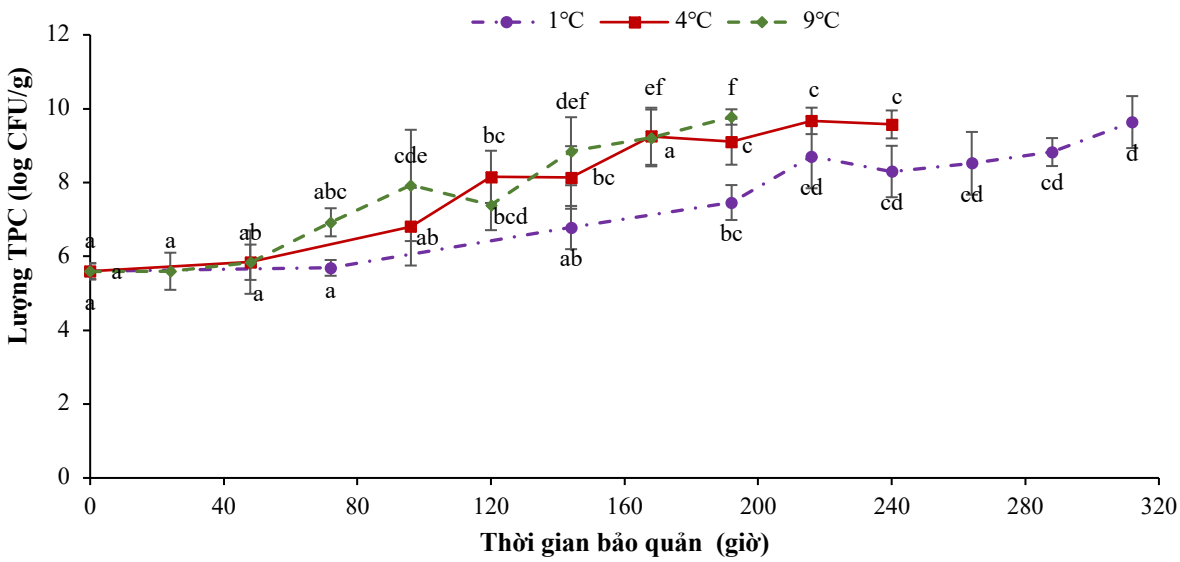
thấp. Điều này có thể hiểu, đây là sản phẩm của quá trình chế biến nên vấn đề vệ sinh an toàn thực phẩm luôn là yếu tố được quan tâm và đặt lên hàng đầu của nhà sản xuất. Sự lây nhiễm vi sinh vật này có thể xảy ra từ hoạt động của chuỗi cung ứng. Để hạn chế sự lây nhiễm và sinh trưởng của vi sinh vật chỉ thị vệ sinh cho phi lê cá rô phi vằn trong chuỗi cung ứng cần đảm bảo vệ sinh trong quá trình vận chuyển, bảo quản, đồng thời nên duy trì nhiệt độ bảo quản không quá 4 ± 1°C, tránh vi phạm nhiệt độ cao và thường xuyên giám sát nhiệt độ bảo quản.



Hình 3.31. Khuẩn lạc *E.coli*

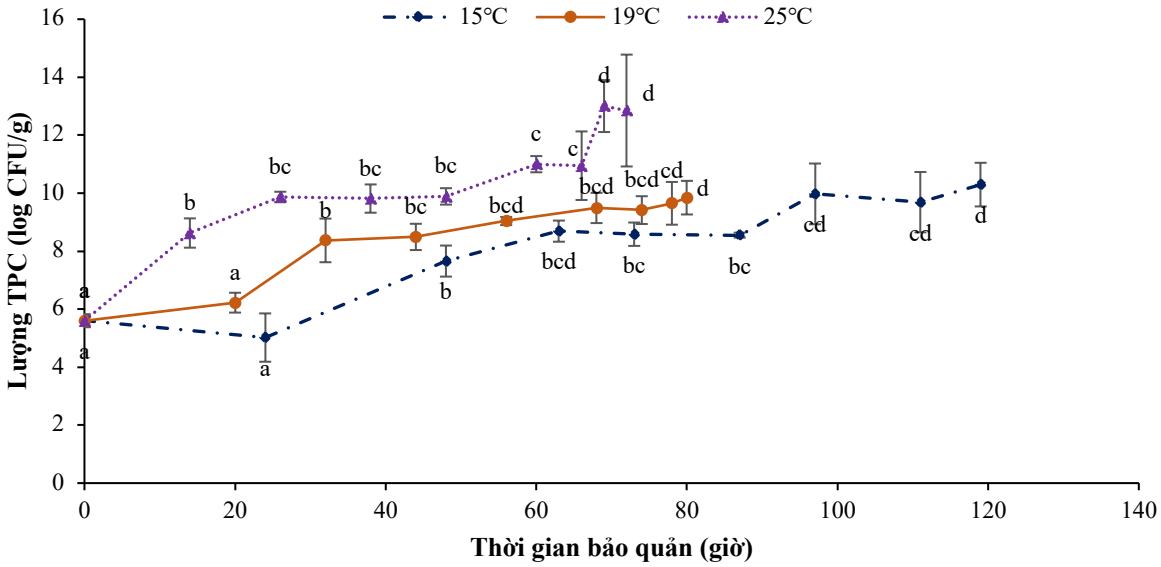
3.3.3.3. Lượng tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

Có nhiều chỉ tiêu để đánh giá chất lượng và thời điểm loại bỏ của nguyên liệu và sản phẩm thuỷ sản, tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) là một trong những tiêu chí đó. Thuỷ sản hết hạn sử dụng khi lượng TPC vượt quá 10^6 CFU/g theo TCVN 5289:2006 đối với thuỷ sản đông lạnh và theo QĐ 46/2007/BYT đối với thuỷ sản lạnh/đông phải qua xử lý nhiệt trước khi sử dụng. Tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định được thể hiện trên Hình 3.32 đến Hình 3.34.



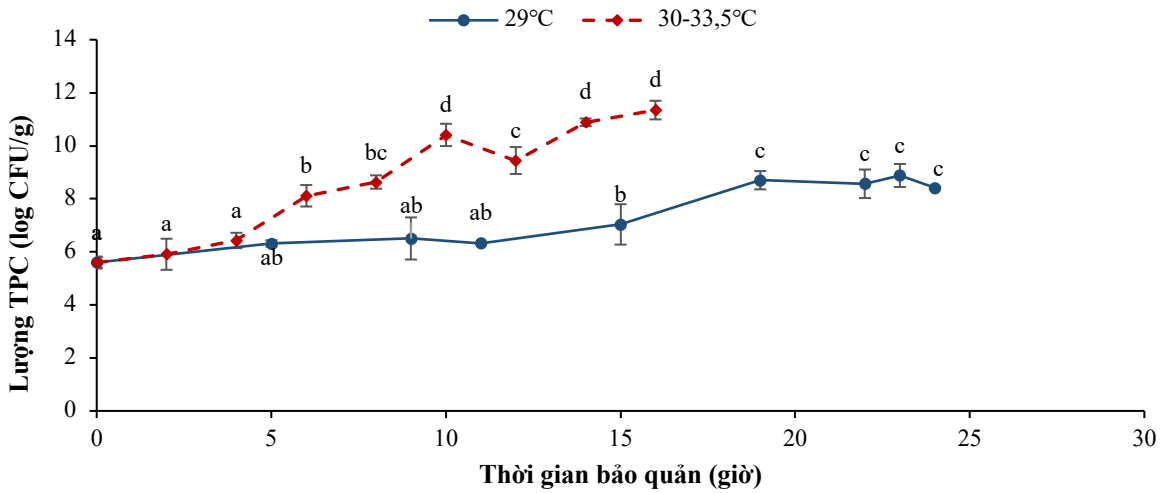
Hình 3.32. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C

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



Hình 3.33. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°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



Hình 3.34. Sự biến đổi lượng TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 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 lượng TPC trung bình giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

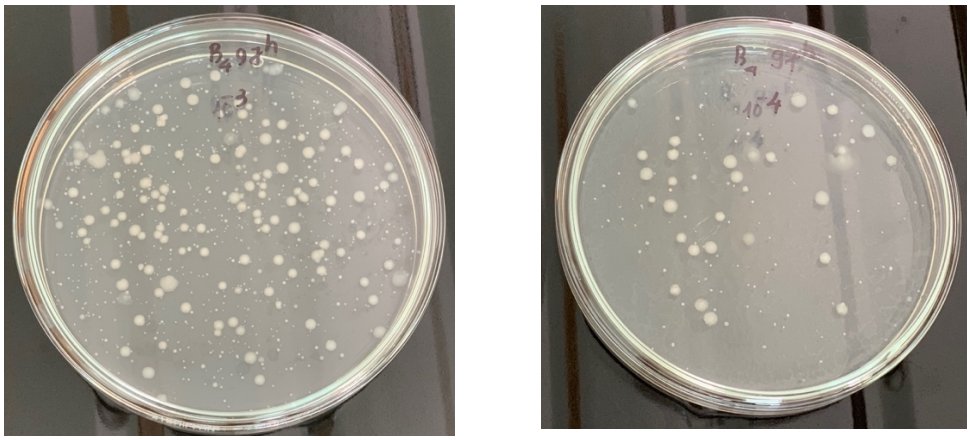
Kết quả phân tích ANOVA cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa (p<0,05) của lượng TPC trung bình giữa các giờ bảo quản phi lê cá rô phi vằn tại các nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.

Lượng TPC ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn được ghi nhận là 5,59 log CFU/g. TPC tăng chậm ở thời gian đầu của quá trình bảo quản, nguyên nhân là do nhiệt độ thấp ức chế sự sinh trưởng của nhóm vi sinh vật này. Khi nhiệt độ tăng, tốc độ sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật này tăng, thời gian của phase lag được rút ngắn, nhanh chóng chuyển sang phase log, khi đó lượng vi sinh vật này tăng nhanh và vượt quá ngưỡng quy định [4]. Theo đó phi lê cá rô phi vằn hết thời hạn sử dụng sau 144 giờ ở 1 ± 1°C, 96 giờ ở 4 ± 1°C, 72 giờ ở 9 ± 1°C, 48 giờ ở 15 ± 1°C, 20 giờ ở 19 ± 1°C, 14 giờ ở 25 ± 1°C, 5 giờ ở 29 ± 1°C và 4 giờ ở 30 - 33,5°C. Lượng TPC tại các thời điểm này được ghi nhận lần lượt là: 6,78 log CFU/g (1 ± 1°C); 6,81 log CFU/g (4 ± 1°C); 6,92 log CFU/g (9± 1°C); 7,66 log CFU/g (15 ± 1°C); 6,22 log CFU/g (19 ± 1°C); 8,63 log CFU/g (25 ± 1°C); 6,32 log CFU/g (29 ± 1°C) và 6,43 log CFU/g (30 - 33,5°C).

Khi nghiên cứu thời hạn sử dụng của các loại thuỷ sản được bảo quản lạnh, một số tác giả cho rằng lượng TPC trên sản phẩm mang tính cá thể nên phụ thuộc vào sự

hiện diện ban đầu của TPC trên nguyên liệu. TPC có thể thích nghi và sinh trưởng ở nhiệt độ thấp, nên mật độ TPC tăng khi thời gian bảo quản kéo dài [186]. Cụ thể là: cá rô phi nuôi tại Canada, có lượng TPC đạt 10^7 CFU/g sau 13÷15 ngày bảo quản ở 1°C [193]; cá bớp cắt lát có lượng TPC đạt $2{,}8.10^6$ CFU/g ở 10 ngày bảo quản tại nhiệt độ 0÷2°C [160]; tôm sú có lượng TPC đạt $1{,}0.10^5$ CFU/g sau 10 ngày bảo quản ở 0÷4°C [12]. Theo nghiên cứu của Mai Nga và Huynh Van (2017), ở nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C phi lê cá tra không nên bảo quản quá thời gian tương ứng là 216; 96; 36; 16 và 7 giờ khi đó lượng TPC vượt quá 10^6 CFU/g theo quy định [186].

Từ kết quả nghiên cứu của đề tài đối sánh với các nghiên cứu tương tự cho thấy, cần bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ thấp để duy trì chất lượng của sản phẩm. Đồng thời cần giám sát nhiệt độ quá trình bảo quản, bởi vì hoạt động của chuỗi cung ứng có thể làm thay đổi nhiệt độ bảo quản, thúc đẩy sự sinh trưởng của nhóm vi sinh vật này làm mất an toàn cho người tiêu dùng.

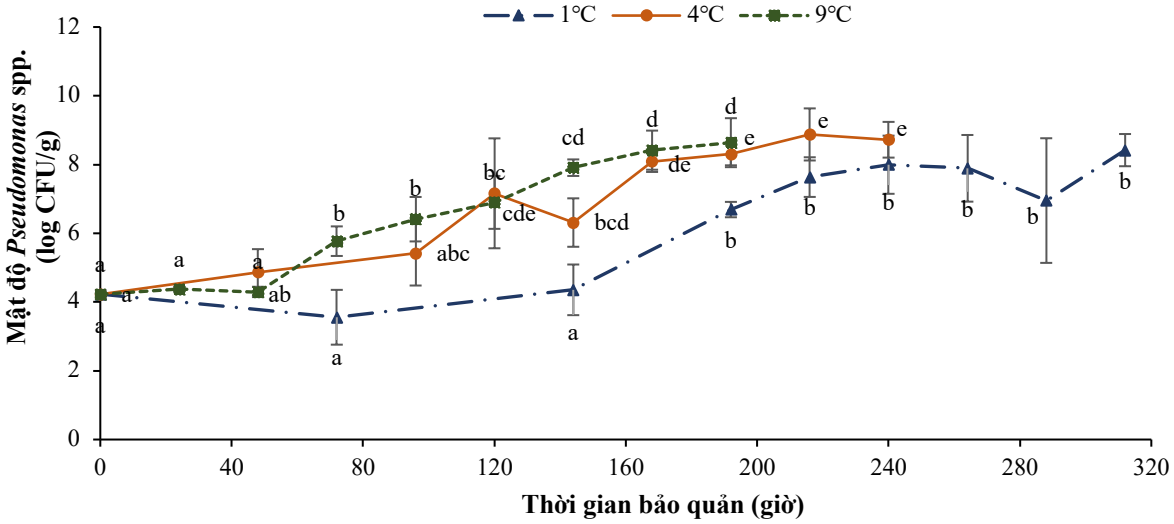


Hình 3.35. Khuẩn lạc TPC

3.3.3.4. Mật độ Pseudomonas spp. trên phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ lạnh ổn định theo thời gian bảo quản

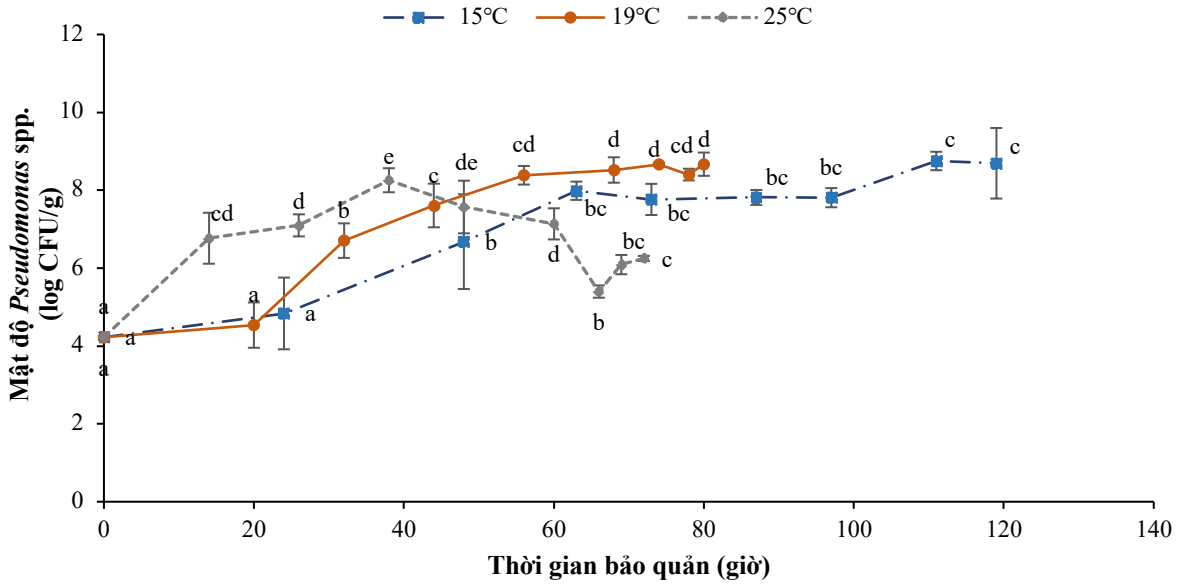
Pseudomonas spp. thuộc nhóm vi sinh vật ưa lạnh gây hư hỏng điển hình (SSO) cho thuỷ sản ướp đá hoặc bảo quản trong không khí lạnh [131, 137]. Sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. càng nhanh khi nhiệt độ bảo quản gần với nhiệt độ sự sinh trưởng của chúng, *Pseudomonas* spp. có thể sinh trưởng tốt ở nhiệt độ 4 - 42°C [240], vì vậy trong quá trình bảo quản lạnh thuỷ sản cần nghiên cứu, theo dõi, giám sát vi

sinh vật gây hư hỏng đặc trưng này. Mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn ở các chế độ nhiệt độ theo thời gian bảo quản được thể hiện ở Hình 3.36 đến Hình 3.38.



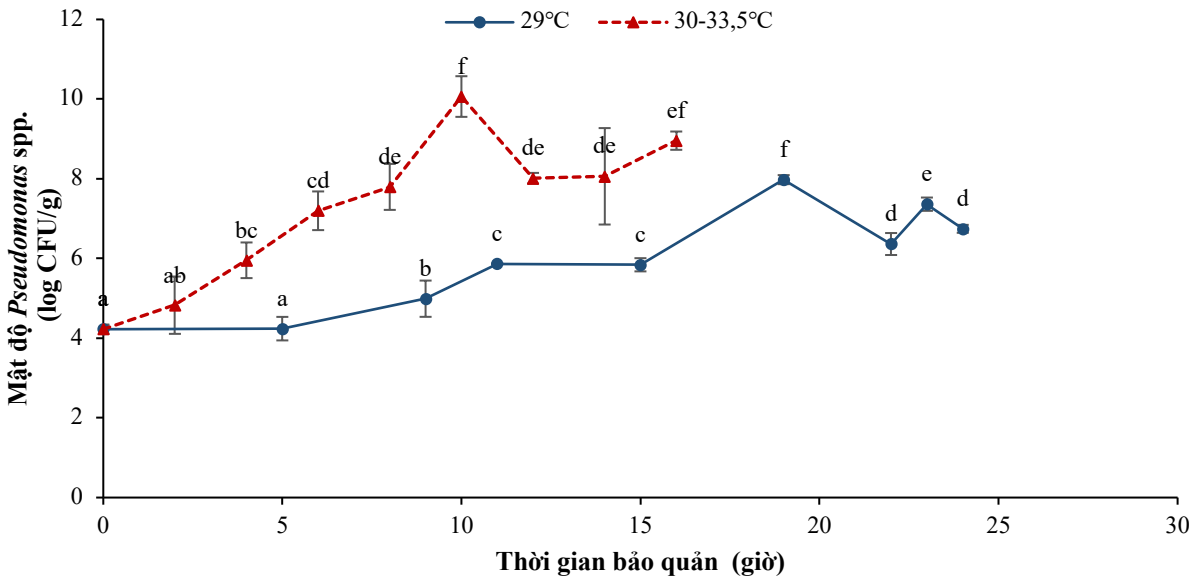
Hình 3.36. Sự biến đổi mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C

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



Hình 3.37. Sự biến đổi mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C

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



Hình 3.38. Sự biến đổi mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

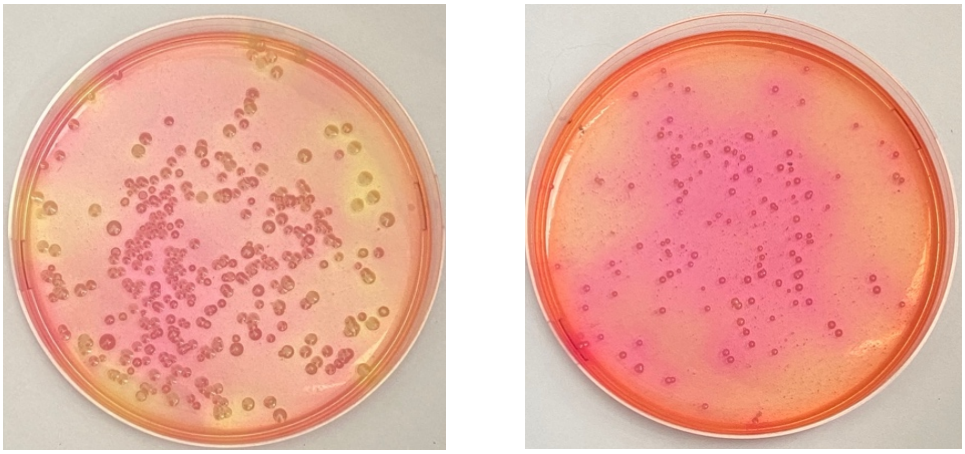
Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa (p <0,05) về mật độ trung bình của Pseudomonas spp. giữa các giờ bảo quản trên cùng một chế độ nhiệt độ

Kết quả phân tích ANOVA cho thấy, mật độ *Pseudomonas* spp. trung bình trên phi lê cá rô phi vằn có sự khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$) giữa các giờ bảo quản ở các chế độ nhiệt độ: 1 ± 1°C và 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.

Từ đồ thị Hình 3.36 đến Hình 3.38 có thể thấy, xu hướng sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. gần giống với quá trình sinh trưởng của TPC. Mật độ *Pseudomonas* spp. ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn là 4,22 log CFU/g, mật độ *Pseudomonas* spp. tăng khi nhiệt độ và thời gian bảo quản tăng. Hầu hết ở những thời gian đầu của các nhiệt độ bảo quản, mật độ *Pseudomonas* spp. tăng chậm, tuy nhiên *Pseudomonas* spp. là vi sinh vật ưa lạnh, nên chúng có thể thích nghi nhanh và sinh trưởng tốt ở nhiệt độ thấp. Vì thế, mật độ *Pseudomonas* spp. tăng cao theo hàm số mũ gần cuối quá trình bảo quản của các chế độ nhiệt độ. Mật độ *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. *Pseudomonas* spp. là nhóm vi sinh vật thường xuất hiện và gây hư hỏng

thuỷ sản như: cá ngừ, cá thu Đại Tây Dương và phi lê cá tra trong quá trình bảo quản lạnh và đông lạnh [36, 236], các tác giả cho rằng mật độ *Pseudomonas* spp. tăng theo nhiệt độ-thời gian bảo quản, do đó cần kiểm soát khi bảo quản thuỷ sản lạnh/lạnh đông, bởi vì vi sinh vật này được xem là vi sinh vật chỉ thị cho sự hư hỏng của thuỷ sản [36, 247].

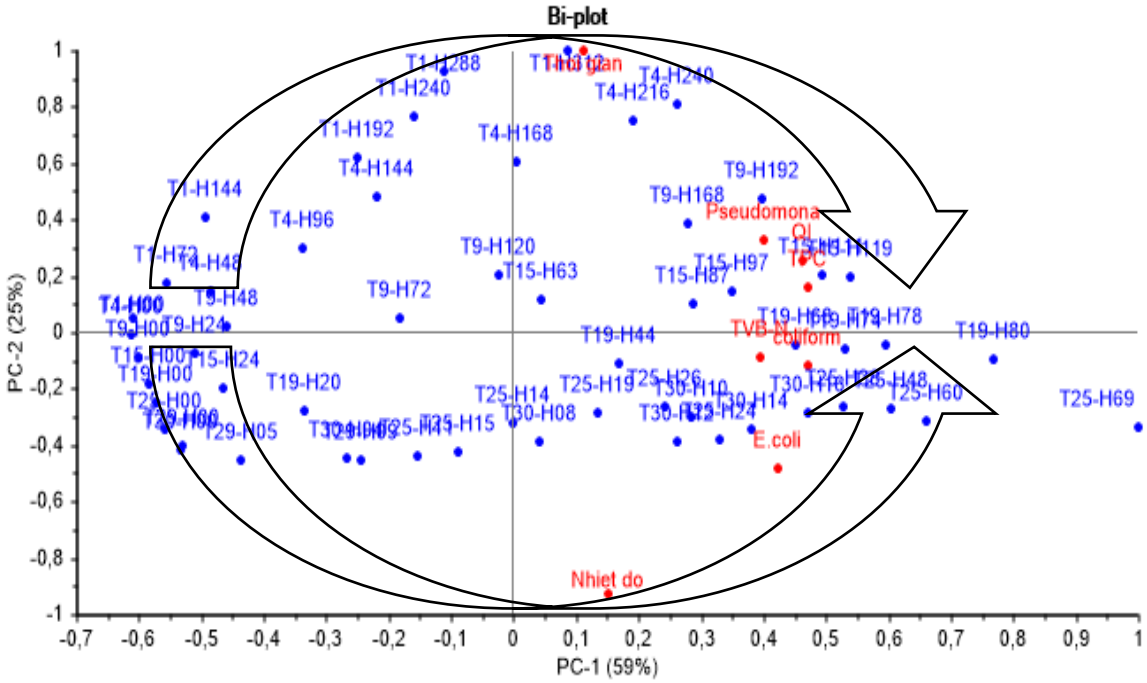
Tại thời điểm phi lê cá rô phi vẫn bị loại bỏ theo chỉ tiêu TPC, mật độ *Pseudomonas* spp. được ghi nhận lần lượt là 4,35 log CFU/g (144 giờ ở 1 ± 1°C); 5,42 log CFU/g (96 giờ ở 4 ± 1°C); 5,77 log CFU/g (72 giờ ở 9 ± 1°C); 6,68 log CFU/g (48 giờ 15 ± 1°C); 4,54 log CFU/g (20 giờ ở 19 ± 1°C); 6,77 log CFU/g (14 giờ ở 25 ± 1°C), 4,24 log CFU/g (5 giờ ở 29 ± 1°C) và 5,96 log CFU/g sau 4 giờ ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.



Hình 3.39. Khuẩn lạc *Pseudomonas* spp.

3.3.3.5. Mối liên hệ giữa mật độ vi sinh vật với tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi TVB-N và chỉ số chất lượng QI

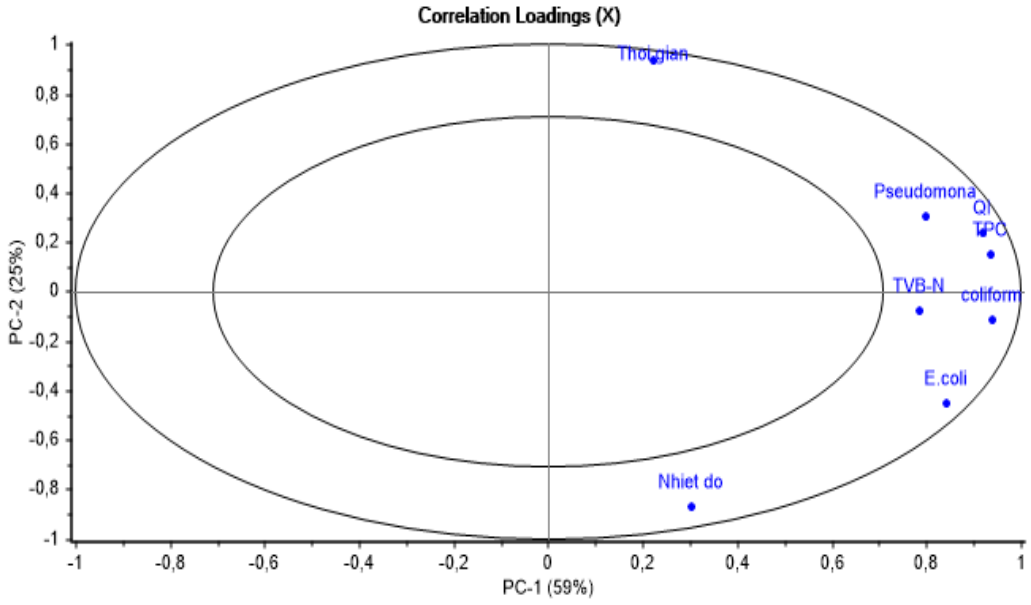
Chất lượng của phi lê cá rô phi vẫn trong quá trình bảo quản lạnh tại các nhiệt độ ổn định được đánh giá dựa vào mật độ các nhóm vi sinh vật, hàm lượng TVB-N và chất lượng cảm quan. Phân tích PCA để xác định rõ hơn mối liên hệ giữa các chỉ tiêu chất lượng của phi lê khi bảo quản ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định. Kết quả phân tích PCA được biểu diễn ở Hình 3.40 và Hình 3.41.



Hình 3.40. Biểu đồ bi-plot của kết quả phân tích PCA các chỉ tiêu chất lượng của phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định

Ghi chú: T và các chữ số theo sau chỉ nhiệt độ bảo quản; H và các chữ số theo sau chỉ số giờ bảo quản.

Kết quả phân tích ở Hình 3.40 cho thấy 2 thành phần chính PC-1 và PC-2 giải thích được 84% độ biến thiên của dữ liệu, trong đó PC-1 giải thích 59% và PC-2 giải thích 25% độ biến thiên của dữ liệu. Các mẫu mới bảo quản (H00) đều tập trung ở phía bên trái của PC-1, trong khi các mẫu bảo quản lâu hơn ở cùng một nhiệt độ dịch chuyển dần về phía bên phải của PC-1 và phía trên của PC-2, các mẫu bảo quản ở nhiệt độ cao hơn phân bố thấp hơn trên PC-2. Các chỉ số chất lượng về vi sinh vật, TVB-N và chỉ số cảm quan QI đều nằm về bên phải của PC-1, gần với các mẫu bảo quản thời gian dài ở tất cả các nhiệt độ nghiên cứu. Điều này cho thấy có mối liên quan giữa các chỉ số chất lượng này với nhau, cũng như giữa chúng với nhiệt độ và thời gian bảo quản của phi lê cá rô phi vằn.



Hình 3.41. Biểu đồ tương quan của một số chỉ số chất lượng (correlation loadings) của phi lê cá rô phi vằn, kết quả phân tích PCA theo thời gian bảo quản ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định

Biểu đồ PCA Hình 3.41 cho thấy, các dữ liệu về chỉ tiêu chất lượng của phi lê cá rô phi vằn bảo quản ở các nhiệt độ ổn định đều nằm về phía bên phải của PC-1 và giữa 2 vòng tròn tương quan 1,00 (100%) và 0,75 (75%), khẳng định rằng có mối tương quan giữa các chỉ số chất lượng này với nhau, cũng như giữa chúng với nhiệt độ và thời gian bảo quản của phi lê cá rô phi vằn. Điều này có thể hiểu là nhiệt độ bảo quản tăng thúc đẩy sự tăng trưởng của các nhóm vi sinh vật gây hư hỏng phi lê cá rô phi vằn được thể hiện qua sự gia tăng hàm lượng TVB-N và làm giảm giá trị cảm quan của phi lê cá theo thời gian bảo quản, do đó các yếu tố này có mối liên hệ mật thiết với nhau. Đặc biệt, trên biểu đồ Hình 3.41 có thể thấy TPC và chỉ số QI phân bố gần nhau nhất, thể hiện sự tương quan rõ nhất giữa chúng so với các chỉ số chất lượng còn lại.

Dựa vào TCVN 5289:2006, phi lê cá rô phi vằn không an toàn để sử dụng khi có lượng TPC vượt quá 10^6 CFU/g. Hiện nay chưa có quy định hàm lượng TVB-N cho cá rô phi vằn tại Việt Nam. Theo nghiên cứu của Pike và cộng sự (1997), lượng TVB-N không vượt quá 30 mgN/100 g [204], đồng thời điểm QI của các mẫu phi lê không vượt quá 75% so với tổng điểm QI. Tỷ lệ mẫu đạt và mẫu không đạt tiêu chuẩn so với tổng mẫu quan sát (n = 26) được đánh giá theo các chỉ tiêu TPC, TVB-N và điểm QI được thể hiện ở Bảng 3.12.

Bảng 3.12. Tỷ lệ mẫu đạt tiêu chuẩn về lượng TPC, hàm lượng TVB-N và chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các nhiệt độ lạnh ổn định

Nhiệt độ	Chỉ tiêu	Mẫu đạt		Mẫu không đạt	
		n	Tỷ lệ (%)	n	Tỷ lệ (%)
1°C	TPC	11	42,31	15	57,69
	TVB-N	24	92,31	2	7,69
	QI	26	100,00	0	0,00
4°C	TPC	11	42,31	15	57,69
	TVB-N	23	88,46	3	11,54
	QI	20	76,92	6	23,08
9°C	TPC	12	46,15	14	53,85
	TVB-N	22	84,62	4	15,38
	QI	20	76,92	6	23,08
15°C	TPC	11	42,31	15	57,69
	TVB-N	14	53,85	12	46,15
	QI	14	53,85	12	46,15
19°C	TPC	9	34,62	17	65,38
	TVB-N	12	46,15	14	53,85
	QI	13	50,00	13	50,00
25°C	TPC	8	30,77	18	69,23
	TVB-N	10	38,46	16	61,54
	QI	14	53,85	12	46,15
29°C	TPC	8	30,77	18	69,23
	TVB-N	17	65,38	9	34,62
	QI	23	88,46	3	11,54
30-33,5°C	TPC	8	30,77	18	69,23
	TVB-N	26	100,00	0	0,00
	QI	21	80,77	5	19,23

Kết quả phân tích ở Bảng 3.12 cho thấy, số mẫu phi lê cá rô phi vằn vượt ngưỡng cho phép về các chỉ tiêu chất lượng tăng khi nhiệt độ bảo quản tăng, mẫu vượt giới hạn cho phép về mật độ TPC chiếm tỷ lệ cao nhất dao động từ 53,85-69,23%. Tuy nhiên, mẫu không đạt về lượng TVB-N chiếm tỷ lệ cao ở các chế độ 15, 19, 25 và 29 ± 1°C. Các mẫu không đạt về điểm QI chiếm tỷ lệ thấp nhất. Điều này có thể hiểu, các nhiệt độ 15, 19, 25, 29 ± 1°C là các nhiệt độ phù hợp với sự tăng trưởng của vi sinh vật, do đó mật độ của các nhóm vi sinh vật tăng nhanh, trong đó tại nhiệt độ 25 ± 1°C các mẫu không đạt chiếm tỷ lệ cao nhất lần lượt là: TPC có 18/26 mẫu (chiếm 69,23%), TVB-N có 16/26 mẫu (chiếm 61,54%) và QI có 12/26 mẫu (chiếm 46,15%). Có sự tương quan giữa mật độ vi sinh vật với lượng TVB-N và điểm QI trong quá trình bảo quản lạnh phi lê cá rô phi vằn. Mật độ vi sinh vật tăng, hàm lượng TVB-N tăng và chất lượng cảm quan của phi lê cá rô phi vằn giảm với $p<0,05$.

Từ kết quả phân tích sự biến đổi chất lượng hoá học (mục 3.3.1), chất lượng cảm quan (mục 3.3.2) và sự sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật (mục 3.3.3) có thể thấy, lượng vi sinh vật tăng nhanh và hết hạn trước các chỉ tiêu hoá học và cảm quan. Tất cả những chỉ tiêu chất lượng của phi lê cá rô phi vằn đã được quan sát của đề tài tại cùng thời điểm cá loại bỏ theo Quy định 46/2007/QĐ-BYT về lượng TPC được thể hiện ở Bảng 3.13.

Bảng 3.13. Chất lượng hoá học, cảm quan và lượng vi sinh vật của phi lê cá rô phi vằn khi hết thời hạn sử dụng (theo lượng TPC) ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định

Nhiệt độ	Thời gian (giờ)	TVB-N (mgN/100g)	QI (điểm)	Coliform (logCFU/g)	*E.coli* (logCFU/g)	TPC (logCFU/g)	*Pseudomonas* spp. (logCFU/g)
1 ± 1°C	144	16,54	2,5	4,02	-	6,78	4,35
4 ± 1°C	96	15,76	5,1	4,89	-	6,81	5,42
9 ± 1°C	72	21,91	4,7	5,79	4,63	6,92	5,77
15 ± 1°C	48	-	-	4,70	3,67	7,66	6,68
19 ± 1°C	20	18,41	2,9	4,64	4,36	6,22	4,54
25 ± 1°C	14	26,92	3,9	6,42	5,92	8,63	6,77
29 ± 1°C	5	18,73	2	5,15	3,37	6,32	4,24
30-33,5°C	4	15,48	2	4,71	4,26	6,43	5,96

Tại thời điểm phi lê cá có lượng TPC vượt quá ngưỡng quy định thì mật độ *E.coli* cũng vượt giới hạn cho phép 10^2 CFU/g (2 log CFU/g) theo quy định của Bộ Y tế ở các nhiệt độ bảo quản 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và 30 - 33,5°C. Tại thời điểm loại bỏ cá theo quy định, mật độ coliform và *Pseudomonas* spp. cũng ở mức rất cao. Tuy nhiên tại các thời điểm này hàm lượng TVB-N < 30 mgN/100g và điểm QI vẫn ở mức thấp. Điều này cho thấy tầm quan trọng của việc giữ gìn vệ sinh trong suốt quá trình nuôi, thu hoạch, chế biến và bảo quản, cũng như đảm bảo duy trì nhiệt độ thấp trong chuỗi cung ứng để giữ lượng vi sinh vật trên thuỷ sản ở mức thấp dưới ngưỡng an toàn trong thời gian dài nhất có thể. Trong đó, nhiệt độ là yếu tố quan trọng cần giám sát chặt chẽ để tăng thời hạn bảo quản cho cá. Bên cạnh đó, có thể thấy lượng TPC vượt 10^6 CFU/g sớm hơn so với chỉ tiêu TVB-N và cảm quan, lượng TPC vượt quá ngưỡng cho phép có nghĩa là thuỷ sản không còn an toàn cho người sử dụng. Do đó, đề tài tiến hành xây dựng mô hình tăng trưởng cho các nhóm vi sinh vật gây hư hỏng, đặc biệt là sự tăng trưởng của TPC sinh trưởng ở nhiệt độ thấp sẽ là cơ sở dự đoán nhanh thời hạn bảo quản còn lại cho phi lê cá rô phi vằn nuôi tại Việt Nam, mô hình này sẽ là công cụ giúp cho việc giám sát và quản lý chất lượng phi lê cá cuối chuỗi cung ứng một cách hiệu quả, nhanh chóng với chi phí thấp.

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

Mô hình động học dựa trên mô hình sơ cấp Baranyi & Roberts, được phát triển cho TPC và *Pseudomonas* spp., nhằm mục đích ước tính mật độ vi sinh vật theo thời gian tại điều kiện nhiệt độ bảo quản ổn định, giúp cho việc kiểm soát chất lượng phi lê trong chuỗi cung ứng được tốt hơn đồng thời dự đoán sự hư hỏng sản phẩm do vi sinh vật nhằm đảm bảo an toàn thực phẩm cho người tiêu dùng. Ngoài ra, thông số của các mô hình sơ cấp là cơ sở cho việc xây dựng mô hình thứ cấp thể hiện ảnh hưởng của nhiệt độ đến lượng vi sinh vật. Từ đó, có thể sử dụng lịch sử nhiệt độ-thời gian để dự đoán lượng vi sinh vật. Mô hình động học sẽ là một công cụ hỗ trợ quản lý chất lượng thuỷ sản trong chuỗi cung ứng lạnh.

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

Tốc độ tăng trưởng tối đa (μ_{max}) và thời gian pha tiềm sinh hay còn gọi là pha lag ($\boldsymbol{\lambda}$) là những thông số được cho là có ý nghĩa về mặt sinh học về sự sinh trưởng của vi sinh vật [255]. Đường cong tăng trưởng của vi sinh vật thường được biểu diễn bằng hàm logarit của mật độ vi sinh vật y(t)= ln(N) với thời gian (t). Trong đường cong này tham số (μ_{max}) chính là độ dốc của đường tiếp tuyến tại điểm uốn, trong khi đó $\boldsymbol{\lambda}$ chính là giao điểm của tiếp tuyến và mật độ vi sinh vật ban đầu, hai tham số này thường được sử dụng để mô tả mật độ vi sinh vật theo thời gian bảo quản tại điều kiện nhất định, được gọi là mô hình sơ cấp cho sự sinh trưởng của vi sinh vật [151].

Giá trị các thông số (μ_{max}, $\boldsymbol{\lambda}$) của mô hình sơ cấp Baranyi & Roberts được thể hiện ở Bảng 3.14.

Bảng 3.14. 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

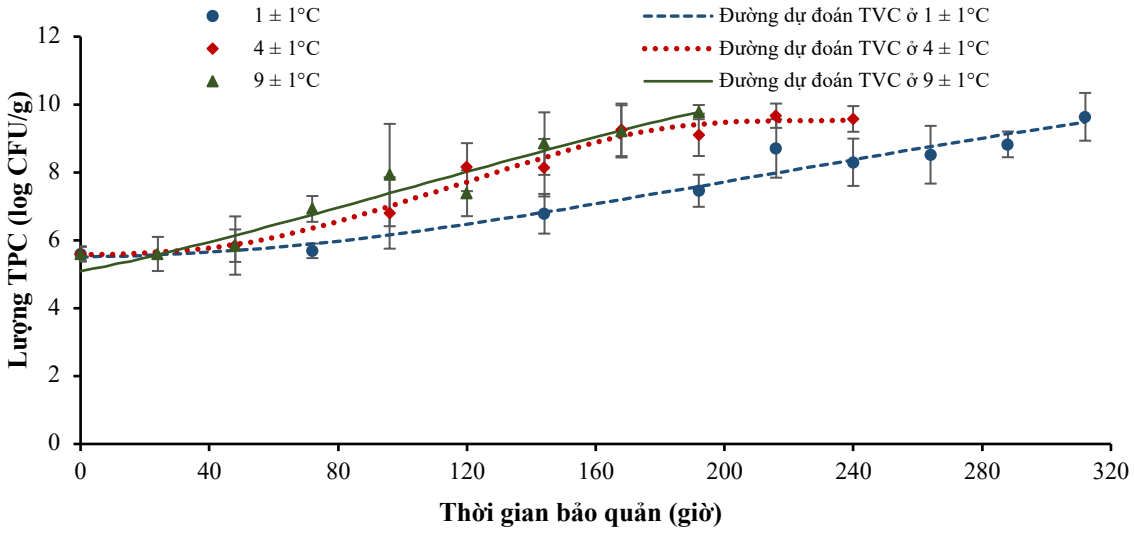
Nhiệt độ	R^2	SD error*	Y_0 (log CFU/g)	λ (giờ)	μ_{max} (1/giờ)	Y_{max} (log CFU/g)
1 ± 1°C	0,82	0,62	5,50 ± 0,34	67,05 ± 43,45	0,02 ± 0,003	10,27 ± 3,88
4 ± 1°C	0,83	0,67	5,57 ± 0,35	51,07 ± 24,87	0,03 ± 0,007	9,54 ± 0,26
9 ± 1°C	0,82	0,73	5,09 ± 0,40	9,48 ± 28,58	0,03 ± 0,005	10,54 ± 3,35
15 ± 1°C	0,81	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

*Ghi chú: * Sai số chuẩn của mô hình dự đoán*

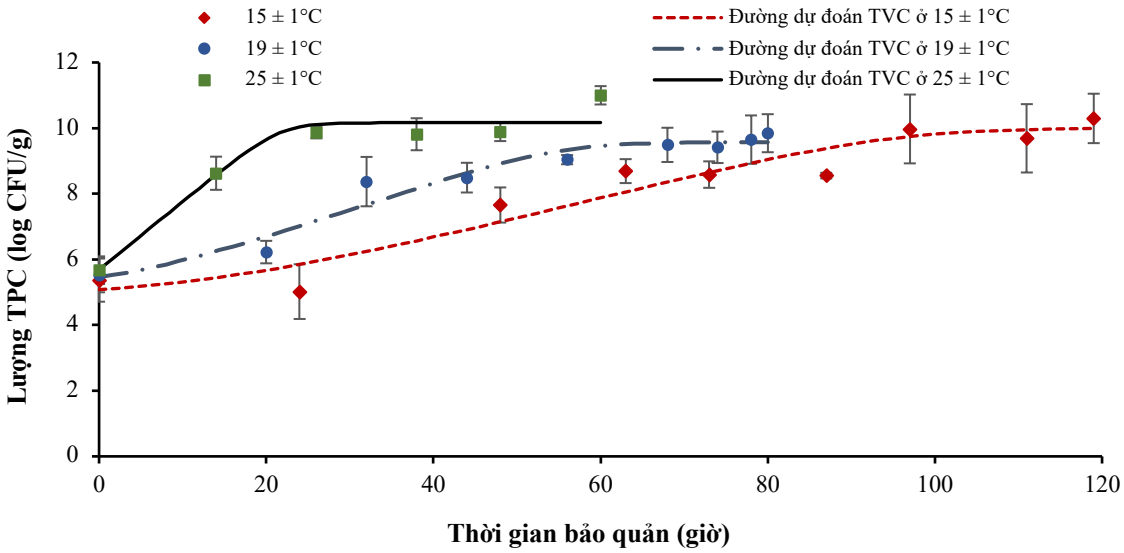
Từ mô hình Baranyi & Roberts ở Bảng 3.14 có thể thấy rằng lượng TPC dự đoán ban đầu (Y_0) dao động từ 5,50 - 5,59 log CFU/g. Ở tất cả các chế độ nhiệt độ ổn định, lượng TPC tăng tối đa từ 9,03 - 11,26 log CFU/g (Y_{max}). Tốc độ tăng trưởng (μ_{max}) của TPC là 0,02 (1/giờ) ở 1 ± 1°C tăng lên 0,46 (1/giờ) 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 môi trường xung quanh 30-33,5°C, thời gian của pha lag giảm khi nhiệt độ bảo quản tăng, điều này có thể giải thích là do tốc độ tăng trưởng của vi sinh vật tăng nhanh khi gặp điều kiện thích hợp, nhanh chóng đạt lượng tối đa (Y_{max}). Phần lớn động học về sự tăng trưởng của các nhóm vi sinh vật được xây dựng dựa trên dữ liệu nhiệt độ bảo quản. [40]. Theo nghiên cứu của Giannuzzi và cộng sự (1998) nhiệt độ là một yếu tố quan trọng trong sự sinh trưởng của vi sinh vật, nhiệt độ ảnh hưởng đến các phản ứng trao đổi chất của tế bào. Nếu nhiệt độ quá thấp, màng chất nguyên sinh bị đông cứng và không thể vận chuyển chất dinh dưỡng nên chúng không thể tăng trưởng [106, 143]. Khi nhiệt độ tăng lên đến khoảng nhiệt độ sinh trưởng của vi sinh vật (0 - 25°C) các enzyme nội bào hoạt động làm cho tốc độ trao đổi chất tăng điều đó dẫn đến tốc độ tăng trưởng được đẩy mạnh [126].

Kết quả nghiên cứu của luận án phù hợp với nghiên cứu của Mai Nga và Huynh Van (2017), theo nhóm tác giả lượng TPC ban đầu (Y_0) trên cá tra phi lê bảo quản lạnh là 5,68 ± 0,24 log CFU/g, tốc độ tăng trưởng của TPC tăng khi nhiệt độ bảo quản tăng, lượng TPC tối đa (Y_{max}) ở pha ổn định đạt khoảng 9,20 log CFU/g [186]. Đối với thịt gà bảo quản ở nhiệt độ 4 - 15°C có lượng TPC ban đầu (Y_0) là 5,12 ± 5,67 log CFU/g, sau 10 ngày bảo quản, lượng TPC tăng tối đa (Y_{max}) là 9,84 log CFU/g. Tốc độ tăng trưởng (μ_{max}) của TPC là 0,0088 (1/giờ) ở 4°C tăng lên 0,233(1/giờ) ở 15°C [155]. Theo nghiên cứu của Fonseca và cộng sự (2013) lượng TPC có tốc độ tăng trưởng tối đa (μ_{max}) là 0,042 (1/giờ) trên phi lê cá rô phi sau 14 ngày bảo quản ở nhiệt độ 1± 0,5°C, tốc độ tăng trưởng tối đa (μ_{max}) của TPC giảm xuống 0,040 (1/giờ) khi cá được xử lý trước bằng Chlorine 5ppm và giảm xuống 0,038 (1/giờ) khi xử lý Chorine 20ppm và 1% NaCl [99].

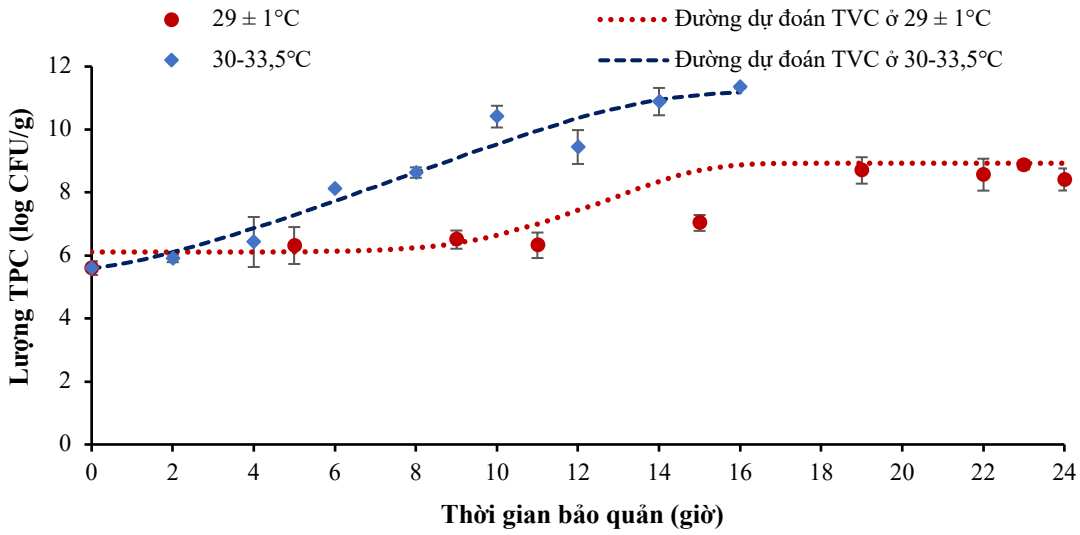
Mô hình dự đoán được thể hiện cùng với các giá trị TPC đo được thực tế trên Hình 3.42 đến Hình 3.44.



Hình 3.42. Lượng TPC dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 1, 4 và 9 ± 1°C



Hình 3.43. Lượng TPC dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 15, 19 và 25 ± 1°C



Hình 3.44. Lượng TPC dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

Lượng TPC ban đầu tại các nhiệt độ ổn định là 5,59 ± 0,216 log CFU/g, TPC tăng nhanh theo thời gian ở nhiệt độ bảo quản cao hơn, nhanh chóng vượt quá ngưỡng giới hạn cho phép 6 log CFU/g [4]. Do đó, theo lượng TPC ghi nhận, phi lê cá rô phi vằn hết hạn sử dụng sau 144, 96, 72, 48, 20, 14, 5 và 4 giờ bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C. Tốc độ tăng trưởng của TPC theo nhiệt độ của luận án phù hợp với xu hướng tăng trưởng của TPC trên cá bơn (*Psetta maxima*) khi bảo quản ở nhiệt độ 0-15°C, trên phi lê cá tra khi bảo quản ở 0-19°C [186, 188].

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 3.15.

Bảng 3.15. 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

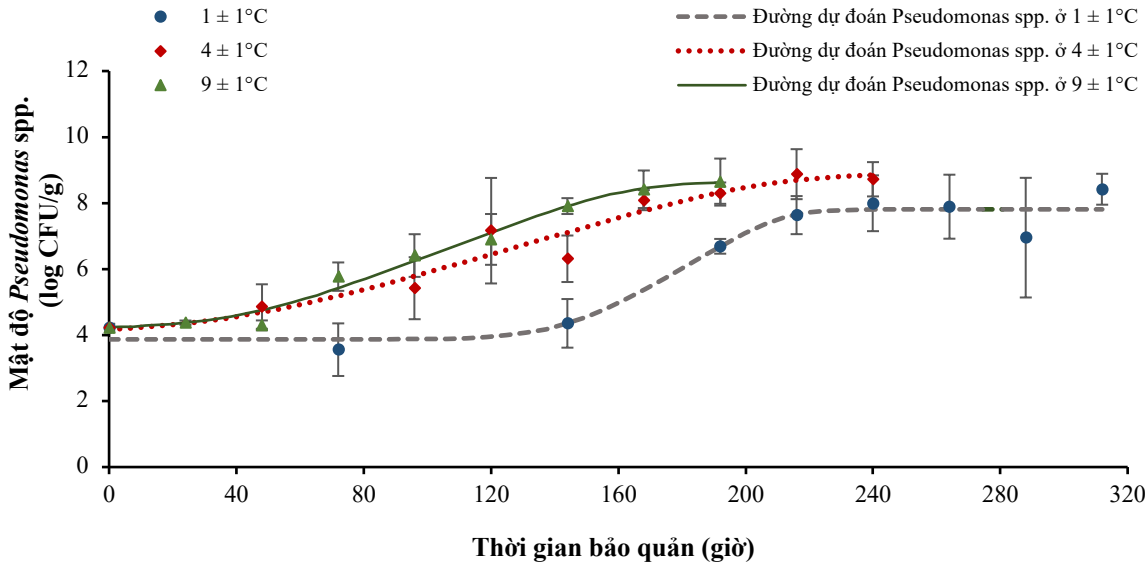
Nhiệt độ	R^2	SD error*	Y_0 (log CFU/g)	λ (giờ)	μ_{max} (1/giờ)	Y_{max} (log CFU/g)
1 ± 1°C	0,80	0,88	3,87 ± 0,36	143,79 ± 20,57	0,06 ± 0,03	7,81 ± 0,25
4 ± 1°C	0,80	0,82	4,18 ± 0,45	41,33 ± 31,85	0,03 ± 0,01	8,91 ± 0,51
9 ± 1°C	0,92	0,49	4,24 ± 0,23	41,83 ± 13,46	0,04 ± 0,01	8,65 ± 0,29
15 ± 1°C	0,83	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

*Ghi chú: * Sai số chuẩn của mô hình dự đoán*

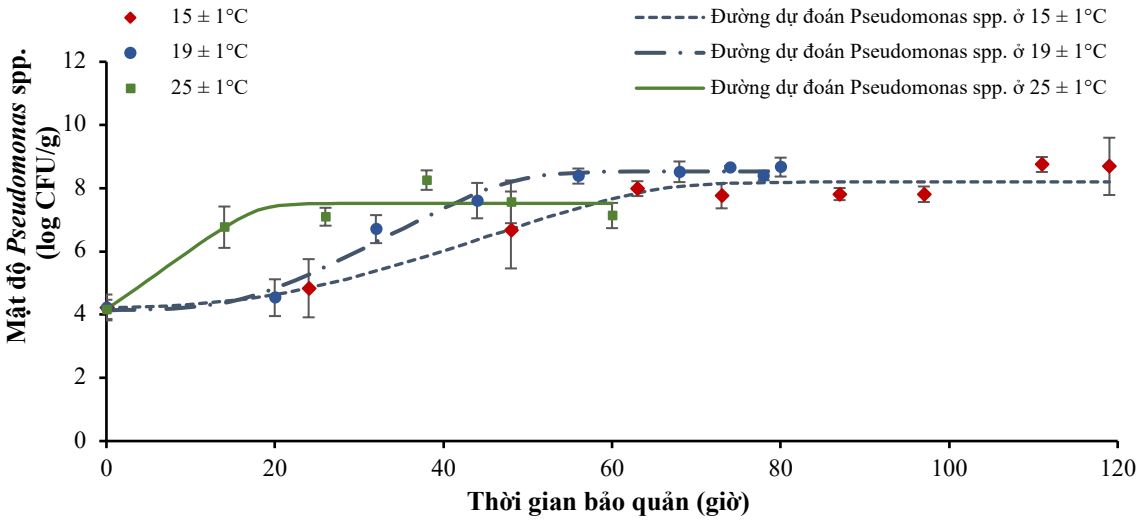
Tốc độ tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. trong mô hình tăng lên khi nhiệt độ tăng, cụ thể là: *Pseudomonas* spp. đạt 0,06 (1/giờ) ở 1 ± 1°C tăng lên 0,63 (1/giờ) ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C. Thời gian pha lag giảm từ 143,79 ± 20,57 giờ ở 1 ± 1°C xuống 1,13 ± 1,61 giờ ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C. Nhiệt độ bảo quản càng tăng thì tốc độ sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. tăng (μ_{max}), điều này hoàn toàn phù hợp quy luật sinh trưởng của vi sinh vật, ở khoảng nhiệt độ phù hợp với khả năng sinh trưởng của vi sinh vật, nhiệt độ tăng tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật càng nhanh. Kết quả nghiên cứu của luận án phù hợp với nghiên cứu sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. ở một số đối tượng ví dụ như: trên thịt bò ướp lạnh thời gian pha lag của *Pseudomonas* spp. giảm từ 104,36 ở 0°C xuống 2,44 ở 20°C, tốc độ tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. trên thịt bò đạt 0,0299 ± 0,0027 (1/giờ) ở 0°C tăng lên 0,1795 ± 0,00963 (1/giờ) ở 20°C [252]. Thời gian pha lag của *Pseudomonas*

spp. trên cá chẽm đầu vàng (*Sparusau-rata*) bảo quản ở 0 - 15°C giảm từ 37,2 ± 5,9 ở 0°C xuống 8,10 ± 0,6 ở 15°C, tốc độ tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. đạt 0,054 ± 0,0002 (1/giờ) ở 0°C tăng lên 0,269 ± 0,026 (1/giờ) ở 15°C [144].

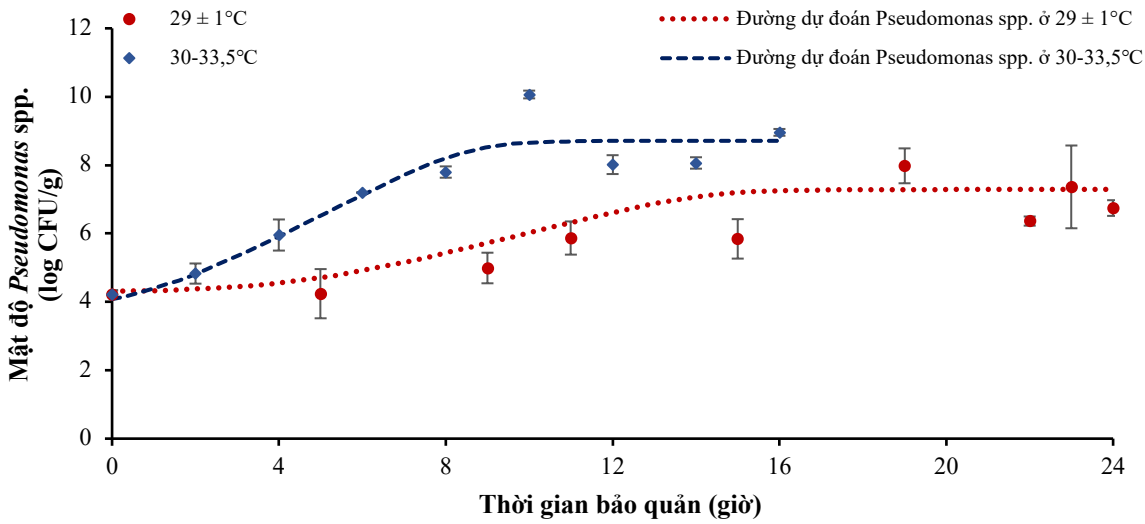
Kết quả phân tích ở Hình 3.45 đến Hình 3.47 cho thấy, mật độ *Pseudomonas* spp. tăng theo quy luật đường cong sinh trưởng của vi sinh vật, mật độ *Pseudomonas* spp. tăng khi nhiệt độ và thời gian bảo quản tăng.



Hình 3.45. Mật độ *Pseudomonas* spp. dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C và 9 ± 1°C



Hình 3.46. Mật độ *Pseudomonas* spp. dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 15 ± 1°C, 19 ± 1°C và 25 ± 1°C



Hình 3.47. Mật độ *Pseudomonas* spp. dự đoán và quan sát được theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

Mật độ *Pseudomonas* spp. ban đầu là 4,22 ± 0,11 log CFU/g, mật độ *Pseudomonas* spp. cũng tăng theo xu hướng tương tự như TPC, cuối thời gian bảo quản mật độ *Pseudomonas* spp. lần lượt là 8,42 ± 0,46 log CFU/g, 8,72 ± 0,52 log CFU/g, 8,64 ± 0,71 log CFU/g, 8,69 ± 0,91 log CFU/g, 8,67 ± 0,29 log CFU/g, 6,25 ± 0,07 log CFU/g, 6,74 ± 0,09 log CFU/g, 8,96 ± 0,23 log CFU/g ở nhiệt độ 1 ± 1°C, 4 ± 1°C, 9 ± 1°C, 15 ± 1°C, 19 ± 1°C, 25 ± 1°C, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C. Tại thời điểm phi lê cá rô phi vằn hết hạn sử dụng (thời gian loại bỏ cá theo chỉ tiêu TPC), mật độ *Pseudomonas* spp. dao động từ 4,35 đến 5,96 log CFU/g. Tốc độ tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. theo nhiệt độ của luận án phù hợp với xu hướng tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá tra bảo quản lạnh, mật độ *Pseudomonas* spp. ở pha ổn định đạt khoảng 8,24 log CFU/g [186]. Đồng thời phù hợp với xu hướng tăng trưởng của *Pseudomonas* spp. ở các nghiên cứu khác trên một số đối tượng như: trên cá bơn (*Psetta maxima*) khi bảo quản ở nhiệt độ 0 - 15°C [188], trên tôm sú bảo quản lạnh [20].

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

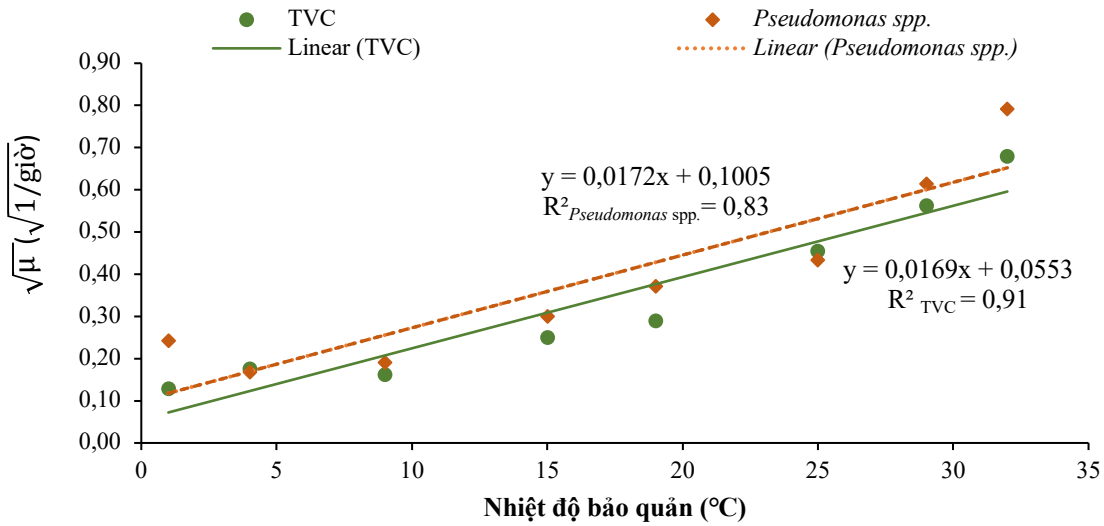
Mô hình thứ cấp căn bậc hai của Ratkowsky [209] là mô hình được nghiên cứu phổ biến nhất và được sử dụng rộng rãi để thiết lập mối quan hệ giữa tốc độ tăng trưởng

của vi sinh vật và nhiệt độ. Các thông số của mô hình được xác định và thể hiện ở Bảng 3.16.

Bảng 3.16. 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)
TPC	0,015 ± 0,002	0,23 ± 0,05
Pseudomonas spp.	0,016 ± 0,004	6,48 ± 19,92

T_{min} là nhiệt độ tối thiểu cho sự sinh trưởng của vi sinh vật. Các thông số thu được từ mô hình sinh trưởng của TPC có T_{min} = 0,23 ± 0,05°C và b = 0,015 ± 0,002 (°C^{-1}giờ$^{-1/2}$) và mô hình sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. có T_{min} = 6,48 ± 19,92°C và b = 0,016 ± 0,004 (°C^{-1}giờ$^{-1/2}$). Kết quả của nghiên cứu của luận án tương đồng với nghiên cứu trước đây như: sự sinh trưởng của TPC trên tôm sú có giá trị T_{min} = -4,403°C và b = 0,027 ± 0,07; *Pseudomonas* spp. có giá trị T_{min} = -3,549°C và b = 0,029 ± 0,08 [20]. Đối với sự sinh trưởng của TPC ở thịt gà khi bảo quản ở 4 ÷15°C, các thông số mô hình là T_{min} = -6,2°C và b = 0,024 ± 0,004 [155]. Đối với sự sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. ở loài tôm nhiệt đới (*Penaeus notialis*) khi bảo quản ở 0 - 28°C, các thông số mô hình là T_{min} = -12,1°C và b = 0,019 [74]. Đối với cá tuyết Châu Âu bảo quản lạnh (1-7°C) các thông số của mô hình căn bậc hai cho *Pseudomonas* spp. là T_{min} = -12 ± 5,9°C và b = 0,0533 ± 0,0139 [102]. Nghiên cứu trên phi lê cá tra bảo quản lạnh các thông số của mô hình căn bậc hai là T_{min} = -10,88 ± 1,39°C và b = 0,011 ± 0,001 đối với TPC; T_{min} = -13,37 ± 1,19°C và b = 0,145 ± 0,013 đối với *Pseudomonas* spp. [186].

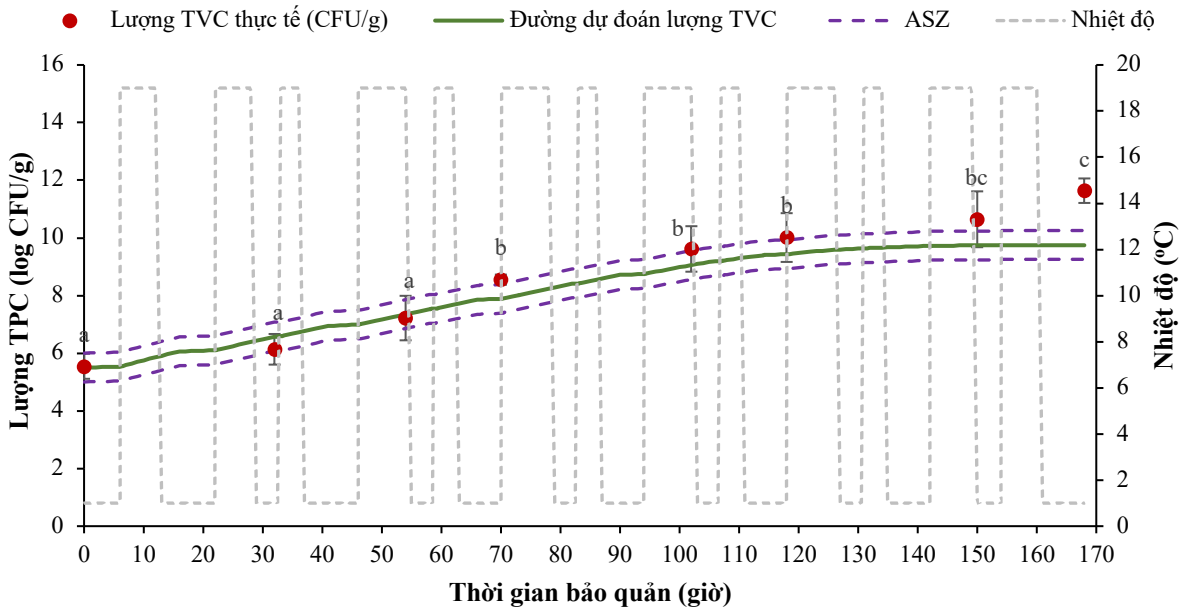


Hình 3.48. Mối tương quan giữa tốc độ sinh trưởng của *Pseudomonas* spp. và TPC theo thời gian bảo quản phi lê cá rô phi vằn

Đồ thị Hình 3.48 thể hiện mối quan hệ tuyến tính giữa tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật với nhiệt độ bảo quản, nhiệt độ tăng tốc độ sinh trưởng của vi sinh vật tăng. Hệ số R^2 tương đối cao (0,91 đối với TPC và 0,83 đối với *Pseudomonas* spp.) cho thấy tính khả thi khi áp dụng mô hình này trong việc ước tính mật độ TPC 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

Tổng số vi sinh vật hiếu khí là chỉ tiêu thường được kiểm tra trong quá trình chế biến và trên sản phẩm thực phẩm nói chung và thuỷ sản nói riêng, dựa vào lượng TPC có thể loại bỏ cá theo quy định của Bộ Y tế và TCVN 5289:2006. Chính vì thế, đề tài chọn TPC là vi sinh vật để kiểm định mức độ tin cậy của mô hình đã được xây dựng ở mục 3.4.1.1, quá trình kiểm định sử dụng các dữ liệu lượng vi sinh vật được kiểm tra ở các nhiệt độ biến động, mô phỏng điều kiện nhiệt độ thay đổi trong thực tế của chuỗi cung ứng. Lượng vi sinh vật tại các thời gian bảo quản ở các nhiệt độ biến động được thể hiện ở Hình 3.49 và Hình 3.50.



Hình 3.49. 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

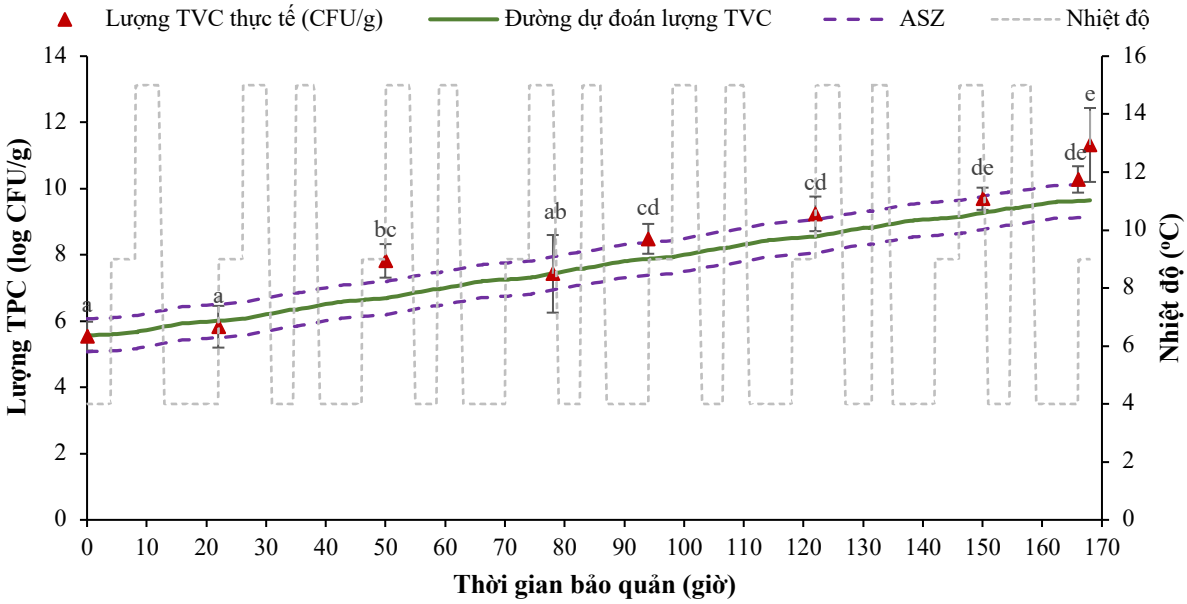
Ghi chú: các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa (p <0,05) về lượng TPC trung bình giữa các giờ bảo quản.

Chế độ nhiệt độ biến động 1 mô phỏng điều kiện thay đổi nhiệt độ khi cửa tủ bảo quản ở siêu thị hay quầy hàng thuỷ sản được mở, 1 ± 1°C là tình trạng tủ bảo quản được đóng kín và 19 ± 1°C là tình trạng cửa tủ mở ra, điều này dẫn đến sự thay đổi nhiệt độ từ thấp (1 ± 1°C) đến cao (19 ± 1°C).

Từ đồ thị (Hình 3.49) cho thấy thời hạn sử dụng cho phi lê cá rô phi vằn được bảo quản ở chế độ nhiệt độ mô phỏng biến động 1 không nên quá 32 giờ, vì khi đó lượng TPC vượt ngưỡng cho phép (6 log CFU/g) [34]. Đối chiếu với thời hạn sử dụng phi lê cá rô phi vằn ở nhiệt độ ổn định 1 ± 1°C là 144 giờ và 19 ± 1°C là 20 giờ. Khi nhiệt độ bảo quản biến động từ 1 ± 1°C đến 19 ± 1°C, lúc này cá nhanh chóng hết hạn trước (chỉ sau khoảng 14 giờ) so với khi bảo quản cá ổn định tại 1 ± 1°C (144 giờ). Theo nghiên cứu của Nga và Huynh (2017) phi lê cá tra hết hạn sử dụng sau 54 giờ bảo quản trong trường hợp phi lê cá được lấy từ tủ bảo quản có nhiệt độ 1 ± 1°C ra bên ngoài môi trường (28 - 30°C) và hết hạn sử dụng sau 36 giờ bảo quản khi có biến động nhiệt độ trong kho lạnh (có nhiệt độ cài đặt 1 ± 1°C) [186]. Điều này có thể giải thích hoạt động trong chuỗi cung ứng thường xảy ra sự sai phạm về nhiệt độ do nhiều nguyên nhân khác nhau, khi có sự sai phạm về nhiệt độ sẽ làm thúc đẩy sự sinh trưởng của vi

sinh vật, lượng vi sinh vật tăng cao nhanh chóng, vượt qua giới hạn cho phép và hết hạn sử dụng. Theo Casanova và cộng sự (2021), những sai phạm nhiệt độ trong quá trình lưu trữ, bảo quản, phân phối, vận chuyển đều có thể ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm vì tốc độ của các phản ứng hóa học, sinh hóa và vi sinh liên quan đến nhiệt độ. Ngoài ra, sự biến động nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến sự an toàn của thực phẩm khi bảo quản lạnh hoặc đông lạnh [67].

Mô hình biến động nhiệt ở Hình 3.50 mô phỏng điều kiện thay đổi nhiệt độ khi vận chuyển cá từ nhà máy đến nơi tiêu thụ và quá trình bày bán, lựa chọn cá của khách hàng tại nơi tiêu thụ, nhiệt độ thay đổi từ 4 ± 1°C (nhiệt độ trong quá trình vận chuyển hàng từ nhà máy đến nơi phân phối) đến 9 ± 1°C (nhiệt độ khi cá được bày bán tại nơi phân phối) và 15 ± 1°C (nhiệt độ thay đổi khi khách hàng lấy cá ra khỏi tủ bảo quản, phụ thuộc vào thời gian mở tủ của khách hàng), nhiệt độ có thể thay đổi từ 4 ± 1°C đến 9 ± 1°C và 15 ± 1°C.



Hình 3.50. 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 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.

Dựa vào kết quả phân tích vi sinh vật trên đồ thị (Hình 3.50) có thể thấy: lượng TPC ban đầu là 5,55 log CFU/g tăng đến 11,32 log CFU/g (ở 168 giờ). Lượng TPC tăng nhanh sau 22 giờ và vượt ngưỡng quy định ở 50 giờ bảo quản với lượng là 7,45

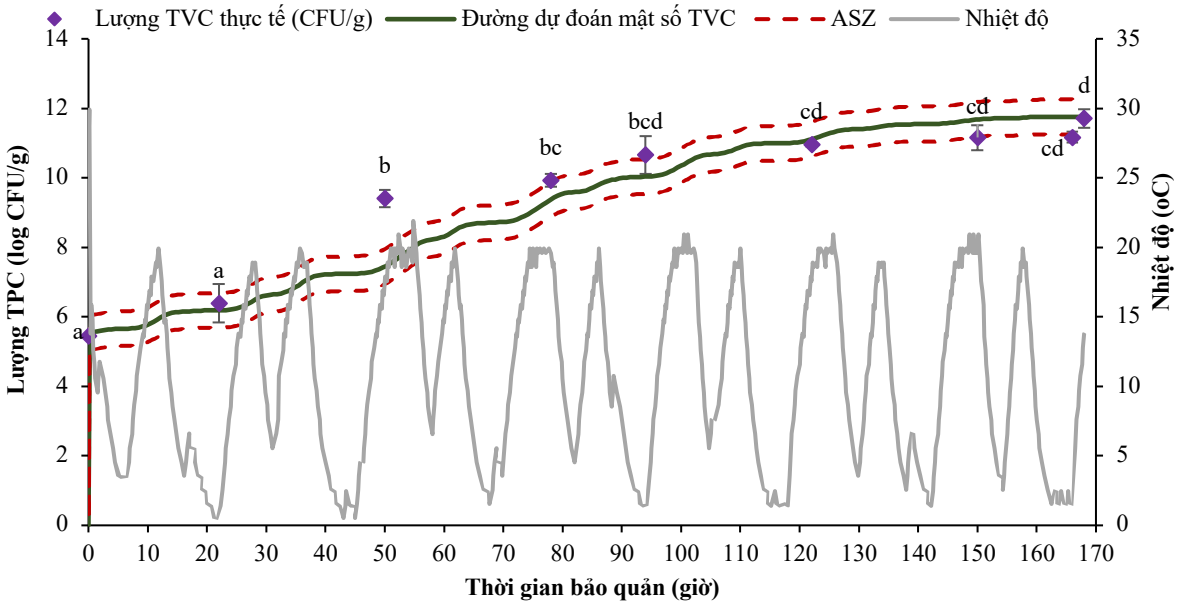
log CFU/g. Tương tự như biến động 1, sự gia tăng lượng vi sinh vật do sự biến động nhiệt độ nên thúc đẩy sự sinh trưởng của vi sinh vật.

Mô hình sơ cấp và thứ cấp ở mục 3.4.1 và 3.4.2 được kết hợp để dự đoán sự sinh trưởng của TPC dựa trên lịch sử nhiệt độ-thời gian. Quan sát thấy tại các giá trị TPC thực tế nằm trong phạm vi dự đoán/vùng mô phỏng chấp nhận ASZ về sự sinh trưởng của TPC, có tất cả là 6/8 điểm quan sát (chiếm 75%) nằm trong phạm vi dự đoán ở điều kiện biến động 1, và có 7/9 điểm quan sát (chiếm 77,78%) nằm trong phạm vi dự đoán của điều kiện biến động 2. Phạm vi dự đoán (ASZ), được xác định bằng lượng vi sinh vật dự đoán ± 0,5 log CFU/g, các mô hình được xem là đáng tin cậy nếu ít nhất 70% số lượng điểm quan sát được nằm trong phạm vi dự đoán [168, 176, 199]. Theo dự đoán của Mai Thị Tuyết Nga và Trần Minh Văn (2021) về lượng TPC trên tôm sú trong chuỗi cung ứng lạnh kết quả cho thấy có 11/14 mẫu quan sát nằm trong vùng dự đoán ASZ đạt tỷ lệ 78,57%, nhóm tác giả cho rằng 3/14 mẫu không nằm trong vùng dự đoán ASZ có tỷ lệ 14,23% được xem là vùng dự đoán "sai an toàn" [20]. Ở một số nghiên cứu khác cho thấy: có 71,43 % *Pseudomonas* spp. trên tôm sú, 83% *Listeria monocytogenes* trong pho mai tươi và 78% *Pseudomonad psychrotolerant* trong sữa nằm trong vùng dự đoán ASZ [20, 168, 199]. Các nghiên cứu trên đều chỉ ra rằng mô hình động học có thể ứng dụng trong việc dự đoán sự sinh trưởng của vi sinh vật nếu có hơn 70% số lượng vi sinh vật quan sát được nằm trong vùng dự đoán ASZ. Vì vậy, với kết quả nghiên cứu của luận án chứng tỏ mô hình của luận án là đáng tin cậy để sử dụng trong dự đoán thời hạn sử dụng của phi lê cá rô phi vằn thông qua sự sinh trưởng của TPC.

3.4.4. 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

Ứng dụng mô hình vi sinh vật đã được xây dựng ở mục 3.4.1 và 3.4.2 cho tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp vào thực tế chuỗi cung ứng sản phẩm phi lê cá rô phi vằn. Dựa vào lịch sử nhiệt độ-thời gian được theo dõi bởi các nhiệt kế tự ghi đã bố trí tại các tủ bảo quản khi sản phẩm này được bày bán tại quầy hàng, để dự báo lượng TPC thay đổi theo nhiệt độ-thời gian bảo quản, từ đó xác định thời điểm phi lê cá rô phi vằn không còn an toàn để sử dụng làm thực phẩm (khi TPC $>10^6$

CFU/g). Kết quả ứng dụng mô hình vào thực tế chuỗi cung ứng sản phẩm phi lê cá rô phi vằn được thể hiện ở Hình 3.51.



Hình 3.51. 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.

Từ đồ thị Hình 3.51 cho thấy, lượng 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). Dễ dàng nhận thấy nhiệt độ thay đổi liên tục trong quá trình bảo quản, điều này có thể giải thích trong hoạt động bán hàng, khi khách hàng mở tủ lựa chọn hàng hoá, nhiệt độ tủ bảo quản sẽ thay đổi, nhiệt độ tủ bảo quản thay đổi ít hay nhiều phụ thuộc vào tần suất mở tủ của khách hàng và thời gian lựa chọn hàng. Tất cả các hoạt động này đều làm tăng nhiệt độ tủ bảo quản và nhiệt độ của sản phẩm, sự biến động nhiệt độ sẽ tạo điều kiện cho vi sinh vật sinh trưởng. Chính vì thế TPC 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 vằn có lượng TPC rất cao là 11,71 log CFU/g.

Quan sát đồ thị Hình 3.51 có thể thấy, 8/9 (chiếm 88,89%) giá trị TPC đo được thực tế đều nằm trong phạm vi dự đoán (ASZ), 1/9 điểm quan sát (chiếm 11,11%) nằm trong vùng dự đoán "sai an toàn". Đối sánh với các kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy có 85% lượng TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá tra được ghi nhận nằm

trong vùng dự đoán ASZ [186], khoảng 83% *Listeria monocytogenes* trong phô mai tươi nằm trong vùng dự đoán (ASZ) [199], các mô hình được xem là đáng tin cậy nếu có ít nhất 70% số lượng điểm quan sát được nằm trong phạm vi dự đoán [168, 176, 199]. Chính vì thế, kết quả nghiên cứu mô hình động học về sự sinh trưởng của TPC trên phi lê cá rô phi vằn cho kết quả dự đoán tương đối tốt.

Một số nghiên cứu chỉ ra rằng tốc độ phát triển của vi sinh vật trong thực phẩm liên quan đến sự thay đổi nhiệt độ khác nhau do thiếu kiểm soát nhiệt độ tại các tủ lạnh trưng bày thực phẩm. Sự thay đổi nhiệt độ có thể làm giảm thời hạn sử dụng của sản phẩm dễ hư hỏng, dẫn đến sự khác biệt giữa ngày tiêu dùng cuối cùng được mô tả trên nhãn thực phẩm [40, 67]. Vì vậy, cần kiểm soát nhiệt độ hiệu quả trong chuỗi cung ứng các sản phẩm thực phẩm tươi sống và phát triển các công cụ cho biết giá trị nhiệt độ mà thực phẩm đã tiếp xúc, để dự đoán thời hạn sử dụng của sản phẩm. Vì vậy, kết quả ứng dụng mô hình dự đoán sự sinh trưởng của TPC ở nhiệt độ thấp vào thực tế cho thấy, việc sử dụng mô hình dự đoán vi sinh vật cho sản phẩm phi lê cá rô phi vằn 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 vằn 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 cô phi vằn có hàm lượng dinh dưỡng tương đối cao. Kết quả nghiên cứu cho thấy có nhiều yếu tố ảnh hưởng đến sự sinh trưởng của các nhóm vi sinh vật gây hư hỏng (tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp, *Pseudomonas* spp.) và nhóm vi sinh vật chỉ thị vệ sinh (coliform và *E.coli*) nên cần quan tâm đến sự biến động nhiệt độ và vệ sinh trong quá trình chế biến, bảo quản và vận chuyển.

2. Trong tất cả các phương pháp rã đông được nghiên cứu, phi lê cá rô phi vằn được rã đông bằng không khí lạnh (7 ± 1°C) có chất lượng tốt nhất so với các phương pháp rã đông bằng không khí môi trường xung quanh, bằng nước lạnh (8 ± 1°C) và bằng nước ở nhiệt độ thường.

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 vằn 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 30 mgN/100 g.
- Tại các chế độ nhiệt độ bảo quản 1, 4, 9, 15, 19, 25, 29 ± 1°C và nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C, tất cả điểm QI ở các nhiệt độ khác nhau đều có mối tương quan tuyến tính với thời gian lưu trữ. Điểm QI tăng nhanh khi nhiệt độ bảo quản tăng.
- Nhiệt độ bảo quản càng cao thì sự sinh trưởng của vi sinh vật trên phi lê cá càng diễn ra mạnh mẽ. Dựa trên chỉ tiêu TPC phi lê cá rô phi vằn sẽ hết hạn sử dụng tại 144 giờ bảo quản ở 1 ± 1°C; 96 giờ bảo quản ở 4 ± 1°C; 72 giờ bảo quản ở 9 ± 1°C, 48 giờ ở 15 ± 1°C, 20 giờ bảo quản ở 19 ± 1°C, 14 giờ bảo quản ở 25 ± 1°C; 5 giờ bảo quản ở 29 ± 1°C và 4 giờ bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C. Tại thời điểm này lượng TPC đã vượt mức giới hạn (>10^6 CFU/g) theo TCVN 5289:2006.

4. Mô hình tăng trưởng của tổng số vi sinh vật hiếu khí sinh trưởng ở nhiệt độ thấp (TPC) và *Pseudomonas* spp. được xây dựng với hệ số R^2 tương đối cao. Kết quả ứng dụng mô hình ở điều kiện bảo quản thực tế phi lê cá rô phi vằn có lượng TPC vượt ngưỡng 10^6 CFU/g ở 22 giờ bảo quản, 8/9 giá trị TPC đo được thực tế đều nằm trong phạm vi dự đoán (ASZ). Điều này cho thấy khả năng dự đoán mật độ vi sinh vật của mô hình theo lịch sử nhiệt độ bảo quản trong chuỗi cung ứng có độ tin cậy cao, từ đó xác định được thời hạn bảo quản của sản phẩm nhanh chóng và hiệu quả.

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 vằn.
- Cập nhật dữ liệu vi sinh vật trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản để cập nhật các thông số của mô hình, 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 vằn.

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 Thuỵ Vân Duyên Mai Thị Tuyết Nga (2019). **Mật độ *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 độ 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 Thuỷ 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 (*Oreochromic 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.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tài liệu Tiếng Việt

1. Trần Đức Ba (chủ biên) và Nguyễn Văn Tài (2004), *Công nghệ lạnh thủy sản*. Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh.
2. Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn (2010), "*Chiến lược phát triển thủy sản Việt Nam đến năm 2020*".
3. Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn (2016), "Quyết định số 1639/QĐ-BNN-TCTS, ngày 06/05/2016 về việc Phê duyệt quy hoạch phát triển cá rô phi đến năm 2020, định hướng đến năm 2030".
4. Bộ Y tế (2007), "Quyết định số 46/2007/QĐ-BYT 19/12/2007 về việc ban hành "Quy định giới hạn tối đa ô nhiễm sinh học và hóa học trong thực phẩm"".
5. Nguyễn Trọng Cẩn, Đỗ Minh Phụng và Nguyễn Anh Tuấn (2006), *Công nghệ chế biến thực phẩm thủy sản-Tập 1: Nguyên liệu chế biến thuỷ sản*, NXB Nông nghiệp.
6. Nguyễn Thị Như Hạ và Đỗ Thị Thanh Hương (2015), "Ảnh hưởng của khối lượng cá điêu hồng (*Oreochromis sp*.) đến đặc điểm hình thái, thành phần hoá học và hiệu suất thu hồi". *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, p. 15-23.
7. Nguyễn Thị Hiền (chủ biên), Trương Thị Hòa, Phan Thị Kim và Lê Thị Lan Chi (2009), *Vi sinh vật tạp nhiễm trong lương thực-thực phẩm*. NXB Đại học Bách Khoa Hà Nội.
8. Huss, H.H. (2004), *Cá tươi: chất lượng và các biến đổi về chất lượng*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.
9. Trần Thị Huyền và Paulina Elzbieta Wasik (2017), "Biến đổi chất lượng lipid của chả cá làm từ thịt cá (*Sebastes marinus*) xay trong quá trình bảo quản lạnh". *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 2, p. 40-48.
10. Huỳnh Thị Thu Sương (2012), *Nghiên cứu các nhân tố ảnh hưởng đến sự hợp tác trong chuỗi cung ứng đồ gỗ, trường hợp nghiên cứu vùng: Đông Nam Bộ*.
11. Nguyễn Hữu Khánh (2005), "Tổng quan tình hình nuôi và tiêu thụ cá rô phi trên thế giới, một số giải pháp phát triển nuôi cá rô phi ở Việt Nam". *Thông tin Khoa học Công nghệ Kinh tế Thủy sản*, 10, p. 4-7.
12. Dương Thị Phượng Liên, Bùi Thị Quỳnh Hoa và Nguyễn Bảo Lộc (2011), "Đánh giá nhanh độ tươi tôm sú nguyên liệu (*Penaeus monodon*) bảo quản trong nước đá (0- 4ºC) theo phương pháp chỉ số chất lượng QIM". *Tạp chí Khoa học -Trường Đại học Cần Thơ*, 18b, p. 53-62.
13. Nguyễn Đức Lượng (2002), *Công Nghệ Vi Sinh- tập 2.Vi sinh vật Công nghiệp*. NXB Đại Học Quốc Gia Thành phố Hồ Chí Minh.
14. Nguyễn Văn Minh, Lê Thiên Sa , Trần Thanh Giang, Đặng Tố Uyên, Nguyễn Thị Thanh Hải, Sonkarlay Karnue và Lương Đức Vũ (2021), "Phát triển các thuộc tính cảm quan trong đánh giá độ tươi sản phẩm phi lê cá lóc (Channa striata) bằng phương pháp QIM

và Torry". *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 57(CĐ Công nghệ thực phẩm), p. 78-84.

15. Nguyễn Văn Mười (2007), *Công nghệ chế biến lạnh thực phẩm*. Nhà xuất bản Giáo Dục, Việt Nam.
16. Mai Thị Tuyết Nga (2013), "Xây dựng các thuộc tính cảm quan của cá bớp nuôi cho phân tích mô tả định lượng (QDA)". *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 3, p. 27-32.
17. Mai Thị Tuyết Nga (2016), "Nghiên cứu về mật độ Coliform và *Escherichia Coli* trên tôm sú nguyên liệu khi bảo quản ở nhiệt độ dương thấp". *Tạp chí Khoa học - Công nghệ Thủy sản*, 4, p. 92-99.
18. Mai Thị Tuyết Nga, Martinsdóttir, E. và Sveinsdóttir, K (2007), "Đánh giá độ tươi và dự đoán thời gian bảo quản của cá Trích trong nước đá bằng thang điểm cảm quan Torry và phương pháp mô tả định lượng". *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy sản* 2, p. 53-58.
19. Mai Thị Tuyết Nga và Huỳnh Thị Ái Vân (2018), "Áp dụng phương pháp phân tích mô tả định lượng (QDA) và Torry trong đánh giá chất lượng cảm quan của fillet cá tra (*Pangasius hypophthalmus*) bảo quản lạnh ở nhiệt độ 1ºC và 4ºC". *Tạp chí Khoa học Công nghệ Thủy sản, Đại học Nha Trang*, 2, p. 46-53.
20. Mai Thị Tuyết Nga và Trần Minh Văn (2021), "Xây dựng mô hình động học về sự phát triển của vi sinh vật gây hư hỏng và chỉ thị vệ sinh trên tôm sú cuối chuỗi cung ứng lạnh". *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, 11, p. 110-120.
21. Nguyễn Cẩm Tú, Phan Nguyễn Trang và Tống Thị Ánh Ngọc (2021), "Ô nhiễm vi sinh vật trong quy trình chế biến cá Tra (Pangasius huypophthalmus): Công đoạn phi lê". *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, 11, p. 121-127.
22. Lương Đức Phẩm (2002), *Vi sinh vật và an toàn vệ sinh thực phẩm*. NXB Nông Nghiệp Hà Nội. 217-220.
23. Trần Minh Phú, Trần Thủy Tiên, Nguyễn Lê Anh Đào và Trần Thị Thanh Hiền (2014), "Đánh giá chất lượng cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) thương phẩm ở các khu vực nuôi khác nhau ". *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, p. 15-21.
24. Trần Minh Phú và Nguyễn Trọng Tuân (2018), "Khảo sát phương pháp phân tích nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) đánh giá độ tươi của sản phẩm thủy sản". *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, p. 212-217.
25. Lê Xuân Phương (2001), *Vi sinh vật Công nghiệp*. NXB Xây Dựng Hà Nội.
26. Nguyễn Thanh Phương (2014), *Giáo trình Nuôi trồng thủy sản*. NXB Đại học Cần Thơ.
27. Phan Thị Thanh Quế và Bùi Thị Quỳnh Hoa (2017), *Giáo trình: Công nghệ chế biến thủy hải sản*. NXB Đại học Cần Thơ.
28. Lê Thị Minh Thủy và Nguyễn Thị Kim Ngân (2017), "Bảo quản fillet cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) đông lạnh bằng hợp chất gelatin kết hợp với gallic hoặc tannic acid". *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 51, p. 72-79.

29. Lê Thị Minh Thủy và Trương Thị Thu Mộng (2011), "Sử dụng Chitosan bảo quản fillets cá Tra đông lạnh (*Pangasianodon Hypopthalmus*) ". *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, p. 77-85.
30. Tống Thị Ánh Ngọc, Nguyễn Thị Cẩn Tú, Nhan Thị Mỹ Hằng và Huỳnh Ngọc Thanh Tâm (2021), "Điều kiện vệ sinh của môi trường chế biến và mật số vi sinh vật trên cá Tra (*Pangasius hypophthalmus*): Công đoạn chỉnh hình". *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển*, 20(2), p. 44-50.
31. Vasep (2015), "Báo cáo tình hình xuất khẩu năm 2015".
32. Vasep (2017). *Bản tin thương mại thuỷ sản số 3, truy cập tại địa chỉ: http://hoinghecavietnam.org.vn., truy cập ngày 24/3/2018*.
33. Vasep (2018). *Sản lượng cá rô phi trên toàn cầu đến năm 2030, truy cập tại địa chỉ: http://hoinghecavietnam.org.vn, truy cập ngày 10/10/2018*.

Tài liệu Tiếng Anh

34. Abbas, M.S. (2014), "Isolation of bacteria from fish". *Int. J. Adv. Res*, 2(3), p. 274-279.
35. Acheson, D. and E.L. Hohmann (2001), "Nontyphoidal salmonellosis". *Clinical Infectious Diseases*, 32(2), p. 263-269.
36. Adebayo-Tayo, B., et al. (2012), "Microbial quality of frozen fish sold in Uyo Metropolis". *Nature and science*, 10(3), p. 71-77.
37. Adebayo-Tayo, B., et al. (2011), "Incidence of potentially pathogenic Vibrio spp. in fresh seafood from Itu Creek in Uyo, Akwa Ibom State, Nigeria". *World Appl. Sci. J*, 15(7), p. 985-991.
38. Ahmadi Shalhe, M., Khodanazary, A.and Hosseini, S. M. (2018), "Development of a quality index method (QIM) scheme for whole Goldlined seabream *Rhabdosargus sarba* stored in ice". *International Journal of Food Properties*, 21(1), p. 2539-2549.
39. Al-Harbi, A.H., and Naim Uddin (2005), "Bacterial diversity of tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in brackish water in Saudi Arabia". *Aquaculture*, 250(3), p. 566-572.
40. Albrecht, A., et al. (2021), "A Multi-Model Approach to Implement a Dynamic Shelf Life Criterion in Meat Supply Chains". *Foods*, 10(11), p. 2740.
41. Albuquerque, W.F., Macrae, A., Sousa, O. V., Vieira, G. H. F. and Vieira, R. H. S. F. (2007), "Multiple drug resistant *Staphylococcus aureus* strains isolated from a fish market and from fish handlers". *Brazilian Journal of Microbiology*, 38(1), p. 131-134.
42. Alizadeh, E., Chapleau, N., De Lamballerie, M., LeBail, A (2007), "Effects of freezing and thawing processes on the quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets". *Journal of food science*, 72(5), p. E279-E284.
43. ALKURAIEEF, A.N., et al. (2021), "Chemical and microbiological quality of imported chilled, frozen, and locally cultured fish in Saudi Arabian markets". *Food Science and Technology*.

44. Arannilewa, S.T., Salawu, S.O., Sorungbe, A.A., Ola-Salawu, B.B. (2005), "Effect of frozen period on the chemical, microbiological and sensory quality of frozen tilapia fish (*Sarotherodun galiaenus*)". *African Journal of Biotechnology*, 4(8), p. 852-855.
45. Archer, M. (2010), "Sensory assessment score sheets for fish and shellfish-Torry & QIM". *Edinburgh: Seafish*.
46. Archer, M., M. Edmonds and M. George (2008), "Seafood thawing". *Seafish Res Dev SR*, 598, p. 10-11.
47. Aschfalk, A. and W. Müller (2002), "*Clostridium perfringens* toxin types from wild-caught Atlantic cod (*Gadus morhua L.*), determined by PCR and ELISA". *Can J Microbiol*, 48(4), p. 365-8.
48. Babak Karami, Y.M., Abbas Ali Motalebi and Amir Eghbal Khajehrahimi (2018), "Effect of Different Freezing Processes on the Quality and Histological Changes of Red Tilapia (*Oreochromis niloticus* × *Tilapia mosambicus*)". *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 13(2), p. 82-88.
49. Backi, C.J. (2018), "Methods for (industrial) thawing of fish blocks: A review". *Journal of Food Process Engineering*, 41(1), p. e12598.
50. Bahmani, Z.A., Rezai, M., Hosseini, S. V., Regenstein, J. M., Böhme, K., Alishahi, A., & Yadollahi, F. (2011), "Chilled storage of golden gray mullet (*Liza aurata*)". *LWT-Food Science and Technology*, 44(9), p. 1894-1900.
51. Baranyi, J., Robinson, T.P., Kaloti, A., Mackey, B.M. (1995), "Predicting growth of Brochothrix thermosphacta at changing temperature". *International journal of food microbiology*, 27(1), p. 61-75.
52. Baranyi, J.R., Terry A. (1994), "A dynamic approach to predicting bacterial growth in food". *International journal of food microbiology*, 23(3-4), p. 277-294.
53. Baron, C.P., KjÆrsgård, Inger V.H., Jessen, Flemming, Jacobsen, Charlotte (2007), "Protein and lipid oxidation during frozen storage of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss)*". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(20), p. 8118-8125.
54. Baygar, T., Y. Alparslan, and Ş. Çakli (2013), "Effects of multiple freezing and refrigerator thawing cycles on the quality changes of sea bass (Dicentrarchus labrax)". *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 12(2), p. 289-300.
55. Billar dos Santos, A.P., Kushida, Marta Mitsui Viegas, Elisabete Maria Macedo, Lapa-Guimarães, Judite (2014), "Development of Quality Index Method (QIM) scheme for Acoupa weakfish (*Cynoscion acoupa*)". *LWT - Food Science and Technology*, 57(1), p. 267-275.
56. Blackburn, J. and G. Scudder (2009), "Supply chain strategies for perishable products: the case of fresh produce". *Production and Operations Management*, 18(2), p. 129-137.
57. Bonilla, A.C., ,Sveinsdotti,K. r,Martinsdottir E. (2007), "Development of Quality Index Method (QIM) scheme for fresh cod (*Gadus morhua*) Wllets and application in shelf life study". *Food Control* 18 p. 352-358.

58. Boran, G. and H. Karaçam (2011), "Seasonal changes in proximate composition of some fish species from the Black Sea". *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 11(1).
59. Bremner, H. (1985), "A convenient, easy to use system for estimating the quality of chilled seafoods". *Fish Processing Bulletin*, p. 59-70.
60. Bruckner, S., Albrecht, A., Petersen, B. and Kreyenschmidt, J (2013), "A predictive shelf life model as a tool for the improvement of quality management in pork and poultry chains". *Food Control*, 29(2), p. 451-460.
61. Brynestad, S. and P.E. Granum (2002), "*Clostridium perfringens* and foodborne infections". *International journal of food microbiology*, 74(3), p. 195-202.
62. Bujjamma, P. and P. Padmavathi (2015), "Prevalence of *Staphylococcus aureus* in fish samples of local domestic fish market". *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 4(5), p. 427-433.
63. Cabedo, L., L. Picart i Barrot, and A. Teixido i Canelles (2008), "Prevalence of *Listeria monocytogenes* and *Salmonella i*n ready-to-eat food in Catalonia, Spain". *Journal of Food Protection*, 71(4), p. 855-859.
64. Cai, Y., Gao, J., Wang, X. Chai, T., Zhang, X., Duan, H., Jiang, S., Zucker, B. A., Schlenker, G. (2008), "*Clostridium perfringens* toxin types from freshwater fishes in one water reservoir of Shandong Province of China, determined by PCR". *Dtsch Tierarztl Wochenschr*, 115(8), p. 292-4, 296-7.
65. Çankırılıgil, E.C. and E.A. Erbay (2017), "Effect of Different Thawing Techniques on Color of Black Sea Trout (*Salmo labrax Pallas,* 1814) Fillets". *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 1(1), p. 27-32.
66. Cárdenas, F.C., Giannuzzi, L., Zaritzky, N. E. (2008), "Mathematical modelling of microbial growth in ground beef from Argentina. Effect of lactic acid addition, temperature and packaging film". *Meat Science*, 79(3), p. 509-520.
67. Casanova, C.F., et al. (2021), "Bacterial growth in chicken breast fillet submitted to temperature abuse conditions". *Food Science and Technology*.
68. Chen, B.Y., Pyla, R., Kim, T. J., Silva, J. L.and Jung, Y. S. (2010), "Prevalence and contamination patterns of *Listeria monocytogenes* in catfish processing environment and fresh fillets". *Food microbiology*, 27(5), p. 645-652.
69. Chéret, R., Hernández-A., Aránzazu D.L., Christine D. L., Marie V.B., Véronique (2006), "Proteins and proteolytic activity changes during refrigerated storage in sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*) muscle after high-pressure treatment". *European Food Research and Technology*, 222(5), p. 527-535.
70. Chitov, T., Rattanachaiyanon, S. (2010), "Matching the results of *Escherichia coli* analysis in pure culture and food models obtained through the Most Probable Number and through Tryptone Bile X-Glucuronide chromogenic plate count methods". *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 3(2), p. 258-268.

71. Chudasama, B., T. Dave, and D. Bhola (2018), "Comparative study of quality changes in physicochemical and sensory characteristics of iced and refrigerated chilled store Indian Mackerel (*Rastrelliger kanagurta*)". *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(4), p. 533-537.
72. Cyprian, O.L., Hélène L.J., Ragnar S.V., Kolbrún A., Sigurjón M., Emilía (2013), "Shelf life of air and modified atmosphere-packaged fresh tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets stored under chilled and superchilled conditions". *Food science & nutrition*, 1(2), p. 130-140.
73. Cyprian, O.O., Sveinsdóttir, K., Magnússon, H., Arason, S., Jóhannsson, R. and Martinsdóttir, E. (2014), "Development of Quality Index Method (QIM) Scheme for Farmed Tilapia Fillets and Its Application in Shelf Life Study". *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 23, p. 278-290.
74. Dabadé, D.S., Azokpota, P.N., MJ Robert H., D J.Z., Marcel H.D. B., Heidy M.W. (2015), "Prediction of spoilage of tropical shrimp (*Penaeus notialis*) under dynamic temperature regimes". *International journal of food microbiology*, 210, p. 121-130.
75. Dalgaard, P., O. Mejlholm, and H.H. Huss (1996), "Conductance method for quantitative determination of *Photobacterium phosphoreum* in fish products". *Journal of Applied Bacteriology*, 81(1), p. 57-64.
76. Dalgaard, P., Mejlholm, Ole, Huss and Hans Henrik (1997), "Application of an iterative approach for development of a microbial model predicting the shelf-life of packed fish". *International Journal of Food Microbiology*, 38(2), p. 169-179.
77. Dalgaard, P.R., Thomas, Kamperman, Laura, Neumeyer, Karina, McMeekin and Thomas A. (1994), "Estimation of bacterial growth rates from turbidimetric and viable count data". *International Journal of Food Microbiology*, 23(3), p. 391-404.
78. Das, A. and A. Jain (2019), "Genotyping of *Clostridium perfringens* from fresh water fish and fish pickles". *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2019, p. 162-174.
79. De Souza, V.M., Alves, V. F., Destro, M. T., and De Martinis, E. C. P. (2008), "Quantitative evaluation of *Listeria monocytogenes* in fresh and processed surubim fish *(Pseudoplatystoma sp*)". *Brazilian Journal of Microbiology*, 39(3), p. 527-528.
80. Delbarre-Ladrat, C., Chéret, R., Taylor, R., and Verrez-Bagnis, V. (2006), "Trends in postmortem aging in fish: understanding of proteolysis and disorganization of the myofibrillar structure". *Critical reviews in food science and nutrition*, 46(5), p. 409-421.
81. Delgado, A. and D. Sun (2010), "Physicochemical changes of foods during freezing and thawing". *Physicochemical aspects of food engineering and processing*, p. 230-264.
82. Dinçer, T., Cadun, A., Çaklı, Ş., and Tolasa, Ş. (2009), "Effects of different thawing methods on the freshness quality of fish". *Su Ürünleri Dergisi*, 26(4), p. 253-256.
83. Dong, H.T., Nguyen, Vuong Viet, Le, Hai Dinh, Sangsuriya, Pakkakul, Jitrakorn, Sarocha, Saksmerprome, Vanvimon, Senapin, Saengchan, Rodkhum, Channarong

(2015), “Naturally concurrent infections of bacterial and viral pathogens in disease outbreaks in cultured Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) farms”. *Aquaculture*, 448, p. 427-435.

84. Downes, F.P., Ito, K. (2001), *Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods.* , Washington DC, USA: American Public Health Association.
85. Doyle, M.E. (2007), “Microbial food spoilage-losses and control strategies”. *Food Research Institute, University of Wisconsin–Madison, WI*.
86. Elena, O., T. Nevigato, and G. Lena (2008), “New trends in the seafood market. Sutchi catfish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets from Vietnam: nutritional quality and safety aspects”. *Food Chemistry Science Direct*, 110(07).
87. Ersoy, B., E. Aksan, and A. Özeren (2008), “The effect of thawing methods on the quality of eels (*Anguilla anguilla)*”. *Food chemistry*, 111(2), p. 377-380.
88. Evans, J.A., *Frozen Food Science and Technology, Food Refrigeration and Process Engineering* 2008, Research Center (FRPERC) Universoty of Bristol, UK, Bleackwell Publishing: Research Center (FRPERC) Universoty of Bristol, UK.
89. Eyo, A. (2001), *Fish processing technology in the tropics*, National Institute for Freshwater Fisheries Research (NIFFR).
90. FAO (1986), *FAO Food and Nutrition paper manuals of food quality control food analysis: quality, adulteration, and tests of identity*.
91. Farmer, L.J., McConnell, J. M.and Kilpatrick, D. J. (2000), “Sensory characteristics of farmed and wild Atlantic salmon”. *Aquaculture*, 187(1-2), p. 105-125.
92. Faruque, S.M., and Nair, G. B. (Eds) (2008), *Vibrio cholerae: genomics and molecular biology*, Horizon Scientific Press.
93. FDA (2020), “Fresh and Frozen Seafood selecting and serving it Safely”. p. 1-5.
94. Fell, G., Hamouda, O., Lindner, R., Rehmet, S., Liesegang, A., Prager, R., ... & Petersen, L. (2000), “An outbreak of *Salmonella* blockley infections following smoked eel consumption in Germany”. *Epidemiology & Infection*, 125(1), p. 9-12.
95. Fellows, P.J. (2009), *Food processing technology: principles and practice*, Elsevier, Elsevier.
96. Fernández-Segovia, I.E., I. Fuentes, A., Serra, J.A. (2007), “Microbial and sensory changes during refrigerated storage of desalted cod (*Gadus morhua*) preserved by combined methods”. *International journal of food microbiology*, 116(1), p. 64-72.
97. Flodgaard, L.R., Dalgaard, P., Andersen, J. B., Nielsen, K. F., Givskov, M. and Gram, L., (2005), “Nonbioluminescent strains of *Photobacterium phosphoreum* produce the cell-to-cell communication signal N-(3-hydroxyoctanoyl) homoserine lactone”. *Applied and Environmental Microbiology*, 71(4), p. 2113-2120.
98. Fogaça, F.H.D.S., Gonzaga Junior, M. A., Vieira, S. G. A., Araujo, T. D. S., Farias, E. A., Ferreira-Bravo, I. A. and Prentice-Hernández, C. (2017), “Appraising the shelf life

of farmed cobia, Rachycentron canadum, by application of a Quality Index Method". *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(1), p. 70-82.

99. Fonseca, G.G., Cavenaghi-Altemio, A. D., de Fátima Silva, M., Arcanjo, V. and Sanjinez-Argandoña, E. J. (2013), "Influence of treatments in the quality of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets". *Food science & nutrition*, 1(3), p. 246-253.
100. Fu, B.a.L., T. P. (1993), "Shelf-life prediction: theory and application". *Food Control*, 4(3), p. 125-133.
101. Gandotra, R., Sharma, S., Koul, M. and Gupta, S. (2012), "Effect of chilling and freezing on fish muscle". *Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 2(5), p. 05-09.
102. García, M.R., Vilas, C., Herrera, J. R., Bernárdez, M., Balsa-Canto, E. and Alonso, A. A., (2015), "Quality and shelf-life prediction for retail fresh hake (*Merluccius merluccius*)". *International Journal of Food Microbiology*, 208, p. 65-74.
103. García-Arias, M.T., Alvarez-Pontes, E., García-Fernández, M. C. and Sánchez-Muniz, F. J. (2003), "Freezing/defrosting/frying of sardine fillets. Influence of slow and quick defrosting on protein quality". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(6), p. 602-608.
104. Genç, Í.Y., Esteves, E., Anibal, J. and Diler, A. (2015), "Effects of different thawing methods on the quality of meagre fillets". *Veterinary Journal of Ankara University (Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi)*, 62(2), p. 153-159.
105. Ghaly, A.E., Dave, D, Budge, Suzanne, Brooks, M.S. (2010), "Fish spoilage mechanisms and preservation techniques". *American Journal of Applied Sciences*, 7(7), p. 859.
106. Giannuzzi, L., A. Pinotti, and N. Zaritzky (1998), "Mathematical modelling of microbial growth in packaged refrigerated beef stored at different temperatures". *International Journal of Food Microbiology*, 39(1-2), p. 101-110.
107. Global, A.A. (2019). *https://www.aquaculturealliance.org/advocate/goal-2019-global-finfish-production-review-and-forecast/*.
108. Global, A.A. (2020). *https://issuu.com/globefish/docs/globefish_-_trade_statistics_-_tilapia_-_nov_2020*.
109. Gnanambal, M.E.a.P., J. (2005), "Biochemical and Microbiological Quality of Frozen Fishes Available in Tuticorin Super Markets". *Fishery Technology*, 42(1).
110. Gospavic, R., Kreyenschmidt, J., Bruckner, S., Popov, V.and Haque, N. (2008), "Mathematical modelling for predicting the growth of *Pseudomonas spp*. in poultry under variable temperature conditions". *International journal of food microbiology*, 127(3), p. 290-297.
111. Gram, L. (2001), "Potential hazards in cold-smoked fish: *Listeria monocytogenes*". *Journal of Food Science*, 66, p. S1072-S1081.
112. Gram, L., and Dalgaard, P. (2002), "Fish spoilage bacteria – problems and solutions". *Current Opinion in Biotechnolog*, 13, p. 262–266.

113. Gram, L., Huss, Hans Henrik (1996), "Microbiological spoilage of fish and fish products". *International Journal of Food Microbiology*, 33(1), p. 121-137.
114. Grass, J.E., L.H. Gould, and B.E. Mahon (2013), "Epidemiology of foodborne disease outbreaks caused by *Clostridium perfringens*, United States, 1998–2010". *Foodborne pathogens and disease*, 10(2), p. 131-136.
115. Gudmundsdóttir, S., Gudbjörnsdóttir, B., Einarsson, H., Kristinsson, K. G. and Kristjansson, M. (2006), "Contamination of cooked peeled shrimp (*Pandalus borealis*) by Listeria monocytogenes during processing at two processing plants". *Journal of food protection*, 69(6), p. 1304-1311.
116. Guerin, P.J., De Jong, B., Heir, E., Hasseltvedt, V., Kapperud, G., Styrmo, K. and Aavitsland, P. (2004), "Outbreak of *Salmonella* Living stone infection in Norway and Sweden due to contaminated processed fish products". *Epidemiology & Infection*, 132(5), p. 889-895.
117. Gustavsson, A., et al. (2011), "Cost of disorders of the brain in Europe 2010". *European neuropsychopharmacology*, 21(10), p. 718-779.
118. Halpern, M. and I. Izhaki (2017), "Fish as Hosts of *Vibrio cholerae*". *Frontiers in microbiology*, 8, p. 282-282.
119. Harland, C.M., et al. (2001), "A taxonomy of supply networks". *Journal of Supply Chain Management*, 37(3), p. 21-27.
120. Hassan, R., Tecle, S., Adcock, B., Kellis, M., Weiss, J., Saupe, A. and Neil, K. P. (2018), "Multistate outbreak of *Salmonella* Paratyphi B variant L (+) tartrate (+) and *Salmonella* Weltevreden infections linked to imported frozen raw tuna: USA, March–July 2015". *Epidemiology & Infection*, 146(11), p. 1461-1467.
121. Haugland, A. (2002), *Industrial thawing of fish: to improve quality, yield and capacity*.
122. Heap, R. (2000), *The refrigeration of chilled foods (Ch. 4)*. Chilled Foods—A Comprehensive Guide, 2nd edn. M. Stringer, C. Dennis (eds.). Cambridge, UK: Woodhead Publishing Limited.
123. Helmi, A.M., Mukti, A. T., Soegianto, A., Mahardika, K., Mastuti, I., Effendi, M. H.and Plumeriastuti, H. (2020), "A Review of *Salmonella sp.* in Tilapia fish (*Oreochromis niloticus*): Public Health Importance". *Systematic Reviews in Pharmacy*, 11(10), p. 819-826.
124. Howgate, P. (2010), "A critical review of total volatile bases and trimethylamine as indices of freshness of fish. Part 2. Formation of the bases, and application in quality assurance". *Electronic Journal of Environmental, Agricultural & Food Chemistry*, 9(1).
125. Hu, F.B., Bronner, Leslie, Willett, Walter C., Stampfer, Meir J.,Rexrode, Kathryn M., Albert, Christine M., Hunter, David Manson, JoAnn E. (2002), "Fish and omega-3 fatty acid intake and risk of coronary heart disease in women". *Jama*, 287(14), p. 1815-1821.
126. Huang, X.a.M.X. (2009), *Microbiology*. Higher Education Press, Beijing.
127. Huss, H.H. (1994), *Assurance of seafood quality*, Food and Agriculture Org.

128. Huss, H.H. (1995), *Quality and quality changes in fresh fish*, Vol. 348, FAO Rome.
129. Hutchison, M.L., Thomas, D. J. I., Small, A., Buncic, S.and Howell, M. (2007), "The implementation of compulsory HACCP and its effect on carcass and environmental surface bacterial indicator numbers in UK red meat slaughterhouses". *Journal of Food Protection*, 70, p. 1633-1639.
130. Hwang, K.T.a.J.M.R. (1993), "Characteristics of mackerel mince lipid hydrolysis". *Journal of Food Science*, 58(1), p. 79-83.
131. Ihuahi, J.A., Egila, J. , Omojowo F. S. (2010), "Storage Life of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in Ice and Ambient Temperature". 2(5)(1553-9865), p. 39-44.
132. Ingrid Brettar, R.C., Manfred G. Hofle (2002), "*Shewanella denitrificans* sp. nov., a vigorously denitrifying bacterium isolated from the oxic–anoxic interface of the Gotland Deep in the central Baltic Sea". *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 52, p. 2211-2217.
133. Jami, M., Ghanbari, M., Zunabovic, M., Domig, K. J.and Kneifel (2014), "*Listeria monocytogenes* in Aquatic Food Products—A Review". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(5), p. 798-813.
134. Jamilah, B. (2004), *Freezing Finfish*. Food science and Technology-New York-Marcel Dekker. 295-308.
135. JHAVERI, S.N. and S.M. CONSTANTINIDES (1982), "Chemical composition and shelf life study of grayfish (Squalus acanthias)". *Journal of Food Science*, 47(1), p. 188-192.
136. Jonsdottir, S. *Quality index method and TQM system*. in *Quality issues in the fish industry*. 1992. Proceedings from the COMETT conference course: Quality issues in the fish industry, European cooperation. Reykjavik Iceland.
137. Jørgensen, L.V., Dalgaard, Paw, Huss, Hans Henrik (2000), "Multiple Compound Quality Index for Cold-Smoked Salmon (*Salmo salar*) Developed by Multivariate Regression of Biogenic Amines and pH". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), p. 2448-2453.
138. Kapute, F., Likongwe, J., Kang'ombe, J., Kiiyukia, C.and Mpeketula, P. (2012), "Quality Assessment of Fresh Lake Malawi Tilapia (*Chambo*) Collected from Selected Local and Super Markets in Malawi". *Internet Journal of Food Safety*, 14, p. 112-120.
139. Kapute, F., Likongwe, J., Kang'ombe, J.and Kiiyukia, C. (2013), "Shelflife of whole fresh Lake Malawi tilapia (*Oreochromis species–Chambo*) stored in ice". *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 13(1), p. 7138-7156.
140. Karel, M., K. Schaich, and R.B. Roy (1975), "Interaction of peroxidizing methyl linoleate with some proteins and amino acids". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 23(2), p. 159-163.

141. Kiani, S., Naghavi, N. S., and Nazari, A. (2016), "Detection of *Vibrio* species isolated from ornamental guppy fish in Kashan, Isfahan, Iran fish culturing pounds". *Biological Journal of Microorganism* 4, p. 43-48.
142. Klockgether, J. and B. Tümmler (2017), "Recent advances in understanding Pseudomonas aeruginosa as a pathogen". *F1000Research*, 6.
143. Kou, L., et al. (2014), "Temperature abuse timing affects the rate of quality deterioration of commercially packaged ready-to-eat baby spinach. Part I: Sensory analysis and selected quality attributes". *Postharvest Biology and Technology*, 91, p. 96-103.
144. Koutsoumanis, K. (2001), "Predictive modeling of the shelf life of fish under nonisothermal conditions". *Appl. Environ. Microbiol.*, 67(4), p. 1821-1829.
145. Koutsoumanis, K., and Nychas, G. J. E. (2000), "Application of a systematic experimental procedure to develop a microbial model for rapid fish shelf life predictions". *International Journal of Food Microbiology*, 60(2), p. 171-184.
146. Kreyenschmidt, J., Christiansen, H., Hübner, A., Raab, V.,and Petersen, B. (2010), "A novel photochromic time–temperature indicator to support cold chain management". *International journal of food science & technology*, 45(2), p. 208-215.
147. Lee, M.T., Dinh, A. Q., Nguyen, S., Krucke, G.and Tran, T. T. . *Late-onset Vibrio vulnificus septicemia without cirrhosis*. in *Baylor University Medical Center Proceedings*. 2019. Taylor & Francis.
148. Leroi F, J.J., Chevalier F, Cardinal M., (2001), "Research of quality indices for cold-smoked salmon using a stepwise multiple regression of microbiological counts and physico-chemical parameters". *Journal Appl Microbiology*, 90, p. 578-587.
149. Li, Y., Z. Yang, and J. Li (2017), "Shelf-life extension of Pacific white shrimp using algae extracts during refrigerated storage". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(1), p. 291-298.
150. Liu, C., Mou, J., and Su, Y. C. (2016), "Behavior of *Salmonella* and *Listeria monocytogenes* in raw yellowfin tuna during cold storage". *Foods*, 5(1), p. 16.
151. Longhi, D.A., Dalcanton, F., Aragão, G. M. F. D., Carciofi, B. A. M.and Laurindo, J. B. (2017), "Microbial growth models: A general mathematical approach to obtain μ max and λ parameters from sigmoidal empirical primary models". *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 34(2), p. 369-375.
152. Love, R.M. (1970), "The chemical biology of fishes. With a key to the chemical literature". *The chemical biology of fishes. With a key to the chemical literature.*
153. Lundén, J.M., Autio, T. J., Sjöberg, A. M.and Korkeala, H. J. (2003), "Persistent and nonpersistent *Listeria monocytogenes* contamination in meat and poultry processing plants". *Journal of food protection*, 66(11), p. 2062-2069.
154. Lunestad, B.T., Nesse, L., Lassen, J., Svihus, B., Nesbakken, T., Fossum, K.and Yazdankhah, S. (2007), "*Salmonella* in fish feed; occurrence and implications for fish and human health in Norway". *Aquaculture*, 265(1-4), p. 1-8.

155. Lytou, A., E.Z. Panagou, and G.-J.E. Nychas (2016), "Development of a predictive model for the growth kinetics of aerobic microbial population on pomegranate marinated chicken breast fillets under isothermal and dynamic temperature conditions". *Food microbiology*, 55, p. 25-31.
156. MacDonell, M.T., and Colwell, R. R. (1985), "Phylogeny of the Vibrionaceae, and Recommendation for Two New Genera, Listonella and Shewanella". *Systematic and Applied Microbiology*, 6(2), p. 171-182.
157. Mach, D. and R. Nortvedt (2013), "Comparison of fillet composition and initial estimation of shelf life of cobia (R achycentron canadum) fed raw fish or fish silage moist diets". *Aquaculture Nutrition*, 19(3), p. 333-342.
158. Magnussen, O.M., A.K.T. Hemmingsen, V. Hardarsson, T.S. Nordtvedt and T.M. Eikevik ed. *Chapter 7 – Freezing of Fish. In: J.A. Evan (editor). Frozen Food Science and Technology*. Backwell Publishing. 2008.
159. Mai, N., Audorff, H., Reichstein, W., Haarer, D., Olafsdottir, G., Bogason, SG,and Arason, S. (2011), "Performance of a photochromic time–temperature indicator under simulated fresh fish supply chain conditions". *International journal of food science & technology*, 46(2), p. 297-304.
160. Mai, N.T., Gudjónsdóttir, M., Lauzon, H. L., Sveinsdóttir, K., Martinsdóttir, E., Audorff, H.,and Arason, S. (2011), "Continuous quality and shelf life monitoring of retail-packed fresh cod loins in comparison with conventional methods". *Food Control*, 2 (2011) p. 1000-1007.
161. Mai, T.T.N. (2012), "Development of A Quality Index Scheme for Sensory Evaluation of Chill-Stored Pangasius hypophthalmus Fillets". *Traditional resources: Scientific approaches towards quality foods., School of Food Science and Nutrition Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia*.
162. Mai, T.T.N. (2013), "QIM Scheme Development for Chilled-stored Farmed Cobia (*Rachycentron canadum*) Slices".
163. Mai, T.T.N., and Huynh, T.A.V (2016), "Study on the counts of coliforms and *Escherichia coli* in tra catfish (*Pangasianodon hypophthalmus)* fillets during isothermal and non-isothermal temperature conditions, simulating dowstream steps of cold supply chains". *Journal of Agricultural Science and Techchnology* 6(2016), p. 41-49.
164. Mai, T.T.N., and Le, T.T.T (2017), "Sensory Changes of Chill-stored Black Tiger Shrimp as Evaluated by Different Methods". *The International Journal Of Science & Technoledge*, Vol 5(4), p. 117-124.
165. Malle, P. and M. Poumeyrol (1989), "A new chemical criterion for the quality control of fish: trimethylamine/total volatile basic nitrogen (%)". *Journal of food protection*, 52(6), p. 419-423.
166. Mark, S., Michael, S.S, Mark, K., (2010), "Viral encephalitis of tilapia larvae: Primary characterization of a novel herpes-like virus". 399, p. 239-245.

167. Marklinder, I.M., Lindblad, M., Eriksson, L. M., Finnson, A. M.and Lindqvist, R. (2004), "Home storage temperatures and consumer handling of refrigerated foods in Sweden". *Journal of Food Protection*, 67(11), p. 2570-2577.
168. Martinez-Rios, V., Østergaard, Nina Bjerre, Gkogka, Elissavet, Rosshaug, Per Sand, Dalgaard, Paw (2016), "Modelling and predicting growth of *psychrotolerant pseudomonads* in milk and cottage cheese". *International journal of food microbiology*, 216, p. 110-120.
169. Martinez-Urtaza, J. and E. Liebana (2005), "Use of pulsed-field gel electrophoresis to characterize the genetic diversity and clonal persistence of *Salmonella* Senftenberg in mussel processing facilities". *International journal of food microbiology*, 105(2), p. 153-163.
170. Martinsdóttir, E., Sveinsdottir, K., Luten, J., Schelvis-Smit, R., Hyldig, Grethe (2001), "Reference manual for the fish sector: sensory evaluation of fish freshness".
171. Massa, A., E. Manca, and M.I. Yeannes (2012), "Development of Quality Index Method for anchovy (*Engraulis anchoita*) stored in ice: Assessment of its shelf-life by chemical and sensory methods". *Food Science and Technology International*, 18(4), p. 339-351.
172. Mejlholm, O., Dalgaard, Paw (2002), "Antimicrobial effect of essential oils on the seafood spoilage micro-organism Photobacterium phosphoreum in liquid media and fish products". *Letters in applied microbiology*, 34(1), p. 27-31.
173. Mentzer, J.T., et al. (2001), "Defining supply chain management". *Journal of Business logistics*, 22(2), p. 1-25.
174. Mhango M, M., S.F., Gashe, B.A. (2010), "Incidence of indicator organisms, opportunistic and pathogenic bacteria in fish". *Arican Journal of food agricuture nutrition and development*, 10(10), p. 4202-4218.
175. Minh, V.N., and Le My, Thi Phan (2018), "Influences of bleeding conditions on the quality and lipid degradation of cobia (Rachycentron canadum) fillets during frozen storage". *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18(2), p. 289-300.
176. Møller, C.d.A., Ilg, Yvone, Aabo, Søren, Christensen, Bjarke Bak, Dalgaard, Paw, Hansen, Tina Beck (2013), "Effect of natural microbiota on growth of *Salmonella spp.* in fresh pork–a predictive microbiology approach". *Food microbiology*, 34(2), p. 284-295.
177. Montville, T.J., Matthews, Karl R. (2008), *Food Microbiology : An Introduction*, ASM Press, ASM Press.
178. Myers, M. (1981), *Planning and engineering data. 1. Fresh fish handling*.
179. Nagurney, A. (2006), *Supply chain network economics: dynamics of prices, flows and profits*, Edward Elgar Publishing.
180. Nakazawa, N.a.O., E. (2020), "Recent research on factors influencing the quality of frozen seafood". *Fisheries Science*, 86(2), p. 231-244.

181. Nawar, W.W. (1984), “Chemical changes in lipids produced by thermal processing”. *Journal of Chemical Education*, 61(4), p. 299.
182. Nazemroaya, S., M. Sahari, and M. Rezaei (2009), “Effect of frozen storage on fatty acid composition and changes in lipid content of Scomberomorus commersoni and Carcharhinus dussumieri”. *Journal of Applied Ichthyology*, 25(1), p. 91-95.
183. Nazemroaya, S., Sahari, MA, Rezaei, M (2011), “Identification of fatty acid in mackerel (*Scomberomorus commersoni)* and shark (*Carcharhinus dussumieri*) fillets and their changes during six month of frozen storage at-18 C”. *Journal of Agricultural Science and Technology* 13, p. 553-566.
184. Neumeyer, K., Ross, T., McMeekin, T.A. (1997), “Development of a predictive model to describe the effects of temperature and water activity on the growth of spoilage pseudomonads”. *International journal of food microbiology*, 38(1), p. 45-54.
185. Ng, W.K.a.B., O. M. (2009), “The impact of dietary oil source and frozen storage on the physical, chemical and sensorial quality of fillets from market-size red hybrid tilapia, *Oreochromis sp*”. *Food Chemistry*, 113(4), p. 1041-1048.
186. Nga, M., and Huynh, V (2017), “Kinetics of Quality Changes of *Pangasius* Fillets at Stable and Dynamic Temperatures, Simulating Downstream Cold Chain Conditions”. *Journal of Food Quality*, p. 9.
187. Ninan, G., Bindu, J.and Joseph, J. (2008), “Frozen storage studies of mince based products developed from Tilapia (*Oreochromis mossambicus,* Peters 1852)”. *Fisheries Technology*, 45(1), p. 35-42.
188. Nuin, M., Alfaro, B., Cruz, Z., Argarate, N., George, S., Le Marc, Y.,and Pin, C. (2008), “Modelling spoilage of fresh turbot and evaluation of a time–temperature integrator (TTI) label under fluctuating temperature”. *International Journal of Food Microbiology*, 127(3), p. 193-199.
189. Nunes, M.L., I. Batista, and R.M. De Campos (1992), “Physical, chemical and sensory analysis of sardine (Sardina pilchardus) stored in ice”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 59(1), p. 37-43.
190. Nurnadia, A., A. Azrina, and I. Amin (2011), “Proximate composition and energetic value of selected marine fish and shellfish from the West coast of Peninsular Malaysia”. *International Food Research Journal*, 18(1).
191. Nutritiontable.com (2021). *http://www.foodnutritiontable.com/nutritions/nutrient/?id=1217*.
192. Nychas, G.J. and C. Tassou (1996), “Growth/survival of Salmonella enteritidis on fresh poultry and fish stored under vacuum or modified atmosphere”. *Letters in applied microbiology*, 23(2), p. 115-119.
193. Odoli, C.O. (2009), *Optimal storage conditions for fresh farmed tilapia (Oreochromis niloticus) fillets*, Master's thesis.

194. Okamoto, A. and A. Suzuki (2002l), *Effects of high hydrostatic pressure-thawing on pork meat*, in *Progress in biotechnology*, Elsevier. p. 571-576.
195. Olafsdóttir, G., Martinsdóttir, E., Oehlenschläger, J., Dalgaard, P., Jensen, B., Undeland, I., Mackie, I. M., Henehan, G., Nielsen, J., Nilsen, H. (1997), "Methods to evaluate fish freshness in research and industry". *Trends in Food Science & Technology*, 8(8), p. 258-265.
196. Oramadike, C.E., Ibrahim, A.O., Kolade, OY (2010), "Biochemical and microbiological quality of frozen fishes available in some supermarkets in Lagos State, Nigeria". *Acta SATECH*, 3(2), p. 48-51.
197. Oscar, T.E. (2005), "Validation of lag time and growth rate models for Salmonella Typhimurium: acceptable prediction zone method". *Journal of Food Science*, 70(2), p. M129-M137.
198. Osman, K.M., et al. (2021), "Nile tilapia (Oreochromis niloticus) as an aquatic vector for Pseudomonas species of medical importance: Antibiotic Resistance Association with Biofilm Formation, Quorum Sensing and Virulence". *Aquaculture*, 532, p. 736068.
199. Østergaard, N.B., Eklöw, Annelie, Dalgaard, Paw (2014), "Modelling the effect of lactic acid bacteria from starter-and aroma culture on growth of Listeria monocytogenes in cottage cheese". *International Journal of Food Microbiology*, 188, p. 15-25.
200. Özden, Ö. (2005), "Changes in amino acid and fatty acid composition during shelf-life of marinated fish". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(12), p. 2015-2020.
201. Pao, S., Ettinger, M. R., Khalid, M. F., Reid, A. O.and Nerrie, B. L. (2008), "Microbial quality of raw aquacultured fish fillets procured from Internet and local retail markets". *Journal of Food Protection*, 71(8), p. 1544-1549.
202. Paudyal, N., Anihouvi, V., Hounhouigan, J., Matsheka, M. I., Sekwati-Monang, B., Amoa-Awua, W.and Fang, W. (2017), "Prevalence of foodborne pathogens in food from selected African countries–A meta-analysis". *International journal of food microbiology*, 249, p. 35-43.
203. Peng, F., Pinglan, Li, Kang, Zhou, Wanpeng, Cheng (2008), "Development of models to predict the growth of *Pseudomonas* isolated from chilling pork". *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2008(4).
204. Pike, I. and R. Hardy (1997), "Standards for assessing quality of feed ingredients". *Crustacean Nutrition*, p. 473-491.
205. Ragnarsson, S.O.a.V., J.R., *Overview of available methods for thawing seafood*. 2017, Iceland: Matis-Food Research, Innovation & Safety) Project report (Project …: Iceland: Matis-Food Research, Innovation & Safety) Project report (Project ….
206. Raharjo, S., Sofos, J. N.and Schmidt, G. R. (1992), "Improved speed, specificity ang limit of determination of an aqueous acid-extraction thiobarbituric acid -C18 mothed for

measuring lipid-peroxidation in beef". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40(11), p. 2182-2185.

207. Ralovich, B. (1992), "Data for the properties of Listeria strains (a review)". *Acta Microbiologica Hungarica*, 39(2), p. 105-132.
208. Rathod, N.P., Asif (2013), "Biochemical and sensory quality changes of fish cutlets, made from pangasius fish (pangasianodon hypophthalmus), during storage in refrigerated display unit at-15 to-18oC". *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 3(1), p. 1-8.
209. Ratkowsky, D.A., Olley, J., McMeekin, T.A.,Ball, A (1982), "Relationship between temperature and growth rate of bacterial cultures". *Journal of bacteriology*, 149(1), p. 1-5.
210. Rodrigues, B.L., Alvares, T. S., Costa, M. D., Sampaio, G. S. L., Lázaro De La Torre, C. A., Másrico, E. T.and Conte Júnior, C. A. (2013), "Concentration of biogenic amines in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) preserved in ice and its relationship with physicochemical parameters of quality". *Journal of Aquaculture Research & Development*, 4, p. 174-177.
211. Rodrigues, T.P., M&arsico, E. T., Franco, R. M., Mello, S. I. C. R. P., Soares, I. C., Z&uniga, N. A. O. C. and de Freitas, M. Q. (2016), "Quality index method (QIM) and quantitative descriptive analysis (QDA) of Nile tilapia (Oreochromis niloticus) quality indices". *African Journal of Agricultural Research*, 11(3), p. 209-216.
212. Roiha, I.S., Jónsson, Á., Backi, C. J., Lunestad, B. T.and Karlsdóttir, M. G. (2018), "A comparative study of quality and safety of Atlantic cod (*Gadus morhua)* fillets during cold storage, as affected by different thawing methods of pre-rigor frozen headed and gutted fish". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(1), p. 400-409.
213. Rong, A., R. Akkerman, and M. Grunow (2011), "An optimization approach for managing fresh food quality throughout the supply chain". *International Journal of Production Economics*, 131(1), p. 421-429.
214. Rosa, R. and M.L. Nunes (2004), "Nutritional quality of red shrimp, Aristeus antennatus (Risso), pink shrimp, Parapenaeus longirostris (Lucas), and Norway lobster, Nephrops norvegicus (Linnaeus)". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84(1), p. 89-94.
215. Saeed, S. and N.K. Howell (2002), "Effect of lipid oxidation and frozen storage on muscle proteins of Atlantic mackerel (Scomber scombrus)". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(5), p. 579-586.
216. Sarma, J., Reddy, G. V. S.and Srikar, L. N. (2000), "Effect of frozen storage on lipids and functional properties of proteins of dressed Indian oil sardine (Sardinella longiceps)". *Food Research International*, 33(10), p. 815-820.

217. Scales, B.S., et al. (2014), “Microbiology, genomics, and clinical significance of the Pseudomonas fluorescens species complex, an unappreciated colonizer of humans”. *Clinical microbiology reviews*, 27(4), p. 927-948.
218. Schubring, R., Meyer, C., Schlüter, O., Boguslawski, S.and Knorr, D. (2003), “Impact of high pressure assisted thawing on the quality of fillets from various fish species”. *Innovative food science & emerging technologies*, 4(3), p. 257-267.
219. Shafieipour, A. and M. Sami (2015), “The effect of different thawing methods on chemical properties of frozen pink shrimp (*Penaeus duorarum*)”. *Iranian Journal of Veterinary Medicine*, 9(1), p. 1-6.
220. Shaohua, X.I.N.G., Xiaoshuan, Z. H. A. N. G., Weijun, L., Dong, T. I. A. N. and Jinyou, H. (2012), “Modeling growth of specific spoilage organisms in tilapia: Comparison Baranyi with chi-square automatic interaction detection (CHAID) model”. *African Journal of Biotechnology* 11(26), p. 6910-6917.
221. Shewan, J.M. (1977), *The bacteriology of fresh and spoiling fish and the biochemical changes induced by bacterial action*, Torry Research Station Torry, UK.
222. Shewan, J.M., MacIntosh, R. G., Tucker, C. G.and Ehrenberg, A. S. C. (1953), “The development of a numerical scoring system for the sensory assessment of the spoilage of wet white fish stored in ice”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 4(6), p. 283-298.
223. Shi, C., Cui, J., Lu, H., Shen, H.and Luo, Y. (2012), “Changes in biogenic amines of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets stored at different temperatures and their relation to total volatile base nitrogen, microbiological and sensory score”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(15), p. 3079-3084.
224. Simon, S.S., and Sanjeev, S. (2007), “Prevalence of enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in fishery products and fish processing factory workers”. *Food control*, 18(12), p. 1565-1568.
225. Smith, D. and L. Sparks (2007), “Temperature controlled supply chains”. *Food supply chain management*, 179.
226. Sotelo, C., C. Pineiro, and R. Perez-Martin (1995), “Denaturation of fish proteins during frozen storage: role of formaldehyde”. *Zeitschrift fur Lebensmittel-untersuchung und-forschung*, 200(1), p. 14-23.
227. Stadtler, H., Kilger, C. (Eds.) (2008), *Supply Chain Management and Advanced*
Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies. fourth ed. Springer, Berlin, Germany., fourth ed. Springer,
Berlin, Germany.
228. Stone, H., and Sidel, J.L. (1998), “Quantitative descriptive analysis: developments, applications and the future”. *Food technology (USA)*.
229. Su, Y.C., and Liu, C. (2007), “*Vibrio parahaemolyticus*: a concern of seafood safety”. *Food microbiology*, 24(6), p. 549-558.

230. Sullivan, J.C., and Budge, S. M. (2012), “Fish oil sensory properties can be predicted using key oxidative volatiles”. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(5), p. 496-503.
231. Sveinsdóttir, K., Martinsdóttir, Emilía, Hyldig, Grethe Jørgensen, Bo, Kristbergsson, K (2002), “Application of quality index method (QIM) scheme in shelf-life study of farmed Atlantic salmon (*Salmo salar*)”. *Journal of Food Science*, 67(4), p. 1570-1579.
232. Tamplin, M.L. (2018), “Integrating predictive models and sensors to manage food stability in supply chains”. *Food microbiology*, 75, p. 90-94.
233. Taoukis, P., K. Koutsoumanis, and G. Nychas (1999), “Use of time–temperature integrators and predictive modelling for shelf life control of chilled fish under dynamic storage conditions”. *International journal of food microbiology*, 53(1), p. 21-31.
234. Tenyang, N., Womeni, H. M., Tiencheu, B., Foka, N. H. T., Tchouanguep Mbiapo, F., Villeneuve, P.and Linder, M. (2013), “Lipid oxidation of catfish (*Arius maculatus)* after cooking and smoking by different methods applied in Cameroon”. *Food and Nutrition Science*, 4, p. 176-187.
235. Thi, A.N.T., Noseda, B., Samapundo, S., Nguyen, B. L., Broekaert, K., Rasschaert, G.and Devlieghere, F. (2013), “Microbial ecology of Vietnamese Tra fish (*Pangasius hypophthalmus*) fillets during processing”. *International Journal of Food Microbiology*, 167(2), p. 144-152.
236. Thi, A.N.T., et al. (2016), “Microbiota of frozen Vietnamese catfish (Pangasius hypophthalmus) marketed in Belgium”. *International Journal of Food Contamination*, 3(1), p. 1-9.
237. Thiansilakul, Y., Benjakul, S. and Richards, MP (2010), “Changes in heme proteins and lipids associated with off-odour of seabass (*Lates calcarifer*) and red tilapia (*Oreochromis mossambicus*× *O. niloticus*) during iced storage”. *Food Chemistry*, 121(4), p. 1109-1119.
238. Thomas, B.S., et al. (2013), “A lethal case of Pseudomonas putida bacteremia due to soft tissue infection”. *Infectious diseases in clinical practice (Baltimore, Md.)*, 21(3), p. 147.
239. Thompson, F.L., Iida, Tetsuya, Swings, Jean (2004), “Biodiversity of vibrios”. *Microbiology and molecular biology reviews*, 68(3), p. 403-431.
240. Tryfinopoulou, P., E. Tsakalidou,G.-J. E. Nychas (2002), “Characterization of *Pseudomonas spp*. Associated with Spoilage of Gilt-Head Sea Bream Stored under Various Conditions”. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(1), p. 65-72.
241. Undeland, I. (1999), “Lipid oxidation in fillets of herring (*Clupea Harengus*) during processing and storage”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(5), p. 2075-2081.

242. Vasudevan, P.M., Patrick Daigle, Scott Hoagland, Thomas Venkitanarayana, Kumar S (2002), "Effect of chilling and freezing on survival of *Vibrio Parahaemolyticus* on fish fillets 1". *Journal of Food Safety*, 22(4), p. 209-217.
243. Wang, H., Luo, Y., Shi, C.and Shen, H. (2015), "Effect of Different Thawing Methods and Multiple Freeze-Thaw Cycles on the Quality of Common Carp (*Cyprinus carpio*)". *Journal of Aquatic Food Product Technology*, 24(2), p. 153-162.
244. Wani, N., Wani, S. A., Munshi, Z. H., Ahmad, S., Shah, M. R., Hussain, A., …and Nabi, N. (2018), "Isolation and virulence gene profiling of *Clostridium perfringens* from freshwater fish". *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3), p. 176-181.
245. Willardsen, R., F. Busta, and C. Allen (1979), "Growth of *Clostridium perfringens* in three different beef media and fluid thioglycollate medium at static and constantly rising temperatures". *Journal of Food Protection*, 42(2), p. 144-148.
246. Xu, Z., Yang, Xian-Shi, Guo, Quan-You, Xiao, L.L. (2005), "Microbial growth kinetics model of specific spoilage organisms and shelf life prediction for tilapia at fluctuating temperatures". *Wei sheng wu xue bao= Acta microbiologica Sinica*, 45(5), p. 798-801.
247. Yagoub, S.O. (2009), "Isolation of Enterobacteriaceae and Pseudomonas spp. from raw fish sold in fish market in Khartoum state". *African Journal of Bacteriology Research*, 1(7), p. 085-088.
248. Yin, X., Luo, Y., Fan, H., Wu, H.and Feng, L. (2014), "Effect of previous frozen storage on quality changes of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fillets during short-term chilled storage". *International Journal of Food Science & Technology*, 49(6), p. 1449-1460.
249. Yu, M. and A. Nagurney (2013), "Competitive food supply chain networks with application to fresh produce". *European Journal of Operational Research*, 224(2), p. 273-282.
250. Yücel, N. and Ş. BALCI (2010), "Prevalence of *Listeria, Aeromonas, and Vibrio* species in fish used for human consumption in Turkey". *Journal of Food Protection*, 73(2), p. 380-384.
251. Zhang, J., Yang, X., Kuang, D., Shi, X., Xiao, W., Zhang, J., ... and Meng, J. (2015), "Prevalence of antimicrobial resistance of non-typhoidal *Salmonella* serovars in retail aquaculture products". *International journal of food microbiology*, 210, p. 47-52.
252. Zhang, Y., Mao, Y., Li, K., Dong, P., Liang, R.and Luo, X. (2011), "Models of *Pseudomonas* growth kinetics and shelf life in chilled Longissimus dorsi muscles of beef". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 24(5), p. 713-722.
253. Zhanga, Y., Yanwei Maoa, Ke Li, Pengcheng Dong, Rongrong Liang and Xin Luo (2011), "Models of Pseudomonas Growth Kinetics and Shelf Life in Chilled Longissimus dorsi Muscles of Beef". *Asian Australasian Journal Anim Societies*, 24(5) p. 713 - 722.

254. Zhu, M., Du, M., Cordray, J. and Ahn, D.U. (2005), “Control of *Listeria monocytogenes* contamination in ready-to-eat meat products”. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 4(2), p. 34-42.
255. Zwietering, M.H., De Wit, J. C., Cuppers, H. G. A. M.and Van't Riet, K. (1994), “Modeling of bacterial growth with shifts in temperature”. *Applied and Environmental Microbiology*, 60(1), p. 204-213.

PHỤ LỤC

PHỤ LỤC 1. PHỤ LỤC HÌNH THÍ NGHIỆM 6
Phụ lục 1.1. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 1 ± 1°C .6
Phụ lục 1.2. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 4 ± 1°C .6
Phụ lục 1.3. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 9 ± 1°C .7
Phụ lục 1.4. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 15 ± 1°C7
Phụ lục 1.5. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 19 ± 1°C8
Phụ lục 1.6. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 25 ± 1°C8
Phụ lục 1.7. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 29 ± 1°C9
Phụ lục 1.8. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ môi trường xung quanh 9
Phụ lục 1.9. Mặt cắt cấu trúc cơ thịt phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định 10
Phụ lục 1.10. Một số dụng cụ, thiết bị sử dụng trong thí nghiệm 12
PHỤ LỤC 2. PHỤ LỤC CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH 13
Phụ lục 2.1. Quy trình chế biến phi lê cá rô phi vằn đông rời IQF 13
Phụ lục 2.2. Phương pháp xác định tổng số vi khuẩn hiếu khí (TPC) 14
Phụ lục 2.3. Phương pháp xác định vi khuẩn sinh H_2S 14
Phụ lục 2.4. Phương pháp xác định *Pseudomonas* spp. 14
Phụ lục 2.5. Phương pháp xác định lượng coliform 15
Phụ lục 2.6. Phương pháp xác định lượng *E.coli* 15
Phụ lục 2.7. Phương pháp xác định *Staphylococcus aureus* 16
Phụ lục 2.8. Phương pháp xác định *Vibrio* 16
Phụ lục 2.9. Phương pháp xác định *Listeria monocytogenes* 17
Phụ lục 2.10. Phương pháp xác định *Clostridium perfringens* 18
Phụ lục 2.11. Phương pháp phân tích protein 18
Phụ lục 2.12. Phương pháp phân tích lipid 19
Phụ lục 2.13. Phương pháp xác định chỉ số peroxide 20
Phụ lục 2.14. Phương pháp phân tích tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) 21
Phụ lục 2.15. Phương pháp phân tích TBARs 22
Phụ lục 2.16. Phương pháp chỉ số chất lượng QIM 22
Phụ lục 2.17. Phương pháp mô tả định lượng QDA và thang điểm Torry 24
Phụ lục 2.18. Mô hình dự đoán mật độ vi sinh vật theo thời gian và nhiệt độ bảo quản 27

PHỤ LỤC 3. PHỤ LỤC SỐ LIỆU.....29
Phụ lục 3.1. Giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của các thành phần hoá học ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh/lạnh đông.....29
Phụ lục 3.2. Ảnh hưởng của phương pháp rã đông đến mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản 29
Phụ lục 3.3. Ảnh hưởng của phương pháp rã đông đến mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản 32
Phụ lục 3.4. Ảnh hưởng của phương pháp rã đông đến lượng TPC trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản 34
Phụ lục 3.5. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lạnh đông đến hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn 38
Phụ lục 3.6. Ảnh hưởng của quá trình rã đông đến điểm QI của phi lê cá rô phi vằn ..41
Phụ lục 3.7. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C 44
Phụ lục 3.8. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C 44
Phụ lục 3.9. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C 45
Phụ lục 3.10. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C 45
Phụ lục 3.11. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 19 ± 1°C 46
Phụ lục 3.12. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C 46
Phụ lục 3.13. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C 47
Phụ lục 3.14. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C.....47
Phụ lục 3.15. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C 48
Phụ lục 3.16. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C 48
Phụ lục 3.17. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C 49

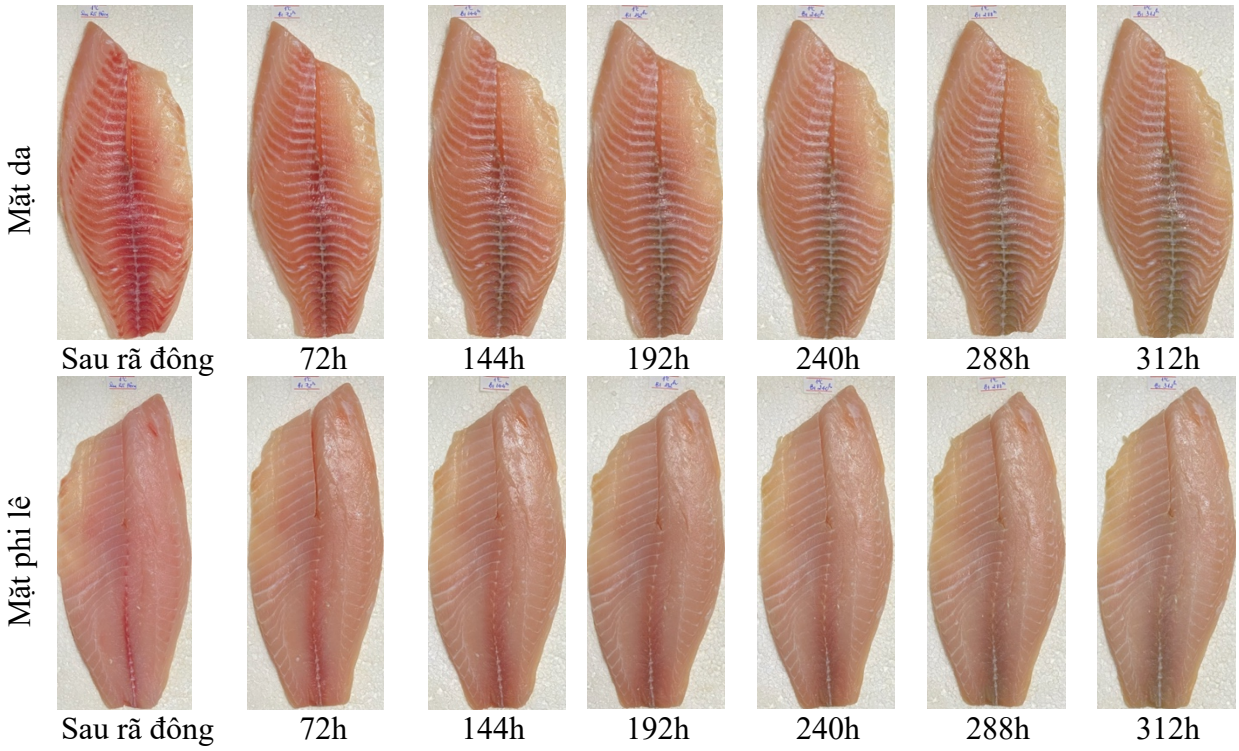
Phụ lục 2.18. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C 50
Phụ lục 3.19. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 19± 1°C 50
Phụ lục 3.20. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C 51
Phụ lục 3.21. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C 51
Phụ lục 3.22. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C.....52
Phụ lục 3.23. Đánh giá cảm quan QDA và điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C 52
Phụ lục 3.24. Đánh giá cảm quan QDA và điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C 61
Phụ lục 3.25. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 1 ± 1°C.....70
Phụ lục 3.26. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 4 ± 1°C.....70
Phụ lục 3.27. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 9 ± 1°C.....71
Phụ lục 3.28. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 15 ± 1°C.....72
Phụ lục 3.29. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 19 ± 1°C.....72
Phụ lục 3.30. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 25 ± 1°C.....73
Phụ lục 3.31. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 29 ± 1°C.....73
Phụ lục 3.32. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C.....74
Phụ lục 3.33. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 9 ± 1°C 75
Phụ lục 3.34. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 15 ± 1°C 75

Phụ lục 3.35. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 19 ± 1°C 76
Phụ lục 3.36. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 25 ± 1°C76
Phụ lục 3.37. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 29 ± 1°C77
Phụ lục 3.38. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.....77
Phụ lục 3.39. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 1 ± 1°C.....78
Phụ lục 3.40. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C.....79
Phụ lục 3.41. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 9 ± 1°C.....80
Phụ lục 3.42. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 15 ± 1°C.....81
Phụ lục 3.43. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 19 ± 1°C.....82
Phụ lục 3.44. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 25 ± 1°C.....83
Phụ lục 3.45. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 29 ± 1°C.....84
Phụ lục 3.46. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C.....85
Phụ lục 3.47. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C.....86
Phụ lục 3.48. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C.....86
Phụ lục 3.49. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C.....86
Phụ lục 3.50. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C.....87
Phụ lục 3.51. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C.....87
Phụ lục 3.52. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C.....87

Phụ lục 3.53. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C 88
Phụ lục 3.54.Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C 88
Phụ lục 3.55. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 19 ± 1°C 89
Phụ lục 3.56. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 19 ± 1°C 89
Phụ lục 3.57. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C 89
Phụ lục 3.58. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C 90
Phụ lục 3.59. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C 90
Phụ lục 3.60. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C 91
Phụ lục 3.61. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C 91
Phụ lục 3.62. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C 91
Phụ lục 3.63. Lượng TPC của phi lê cá rô phi vằn dự đoán theo mô hình sơ cấp 93
Phụ lục 3.64. Mật độ *Pseudomonas* spp. của phi lê cá rô phi vằn dự đoán theo mô hình sơ cấp 95
Phụ lục 3.65. Kết quả thống kê lượng TPC trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ biến động 1 99
Phụ lục 3.66. Kết quả thống kê lượng TPC trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ biến động 2 99
Phụ lục 3.67. Kết quả thống kê lượng TPC khi bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở điều kiện thực tế chuỗi cung ứng 100

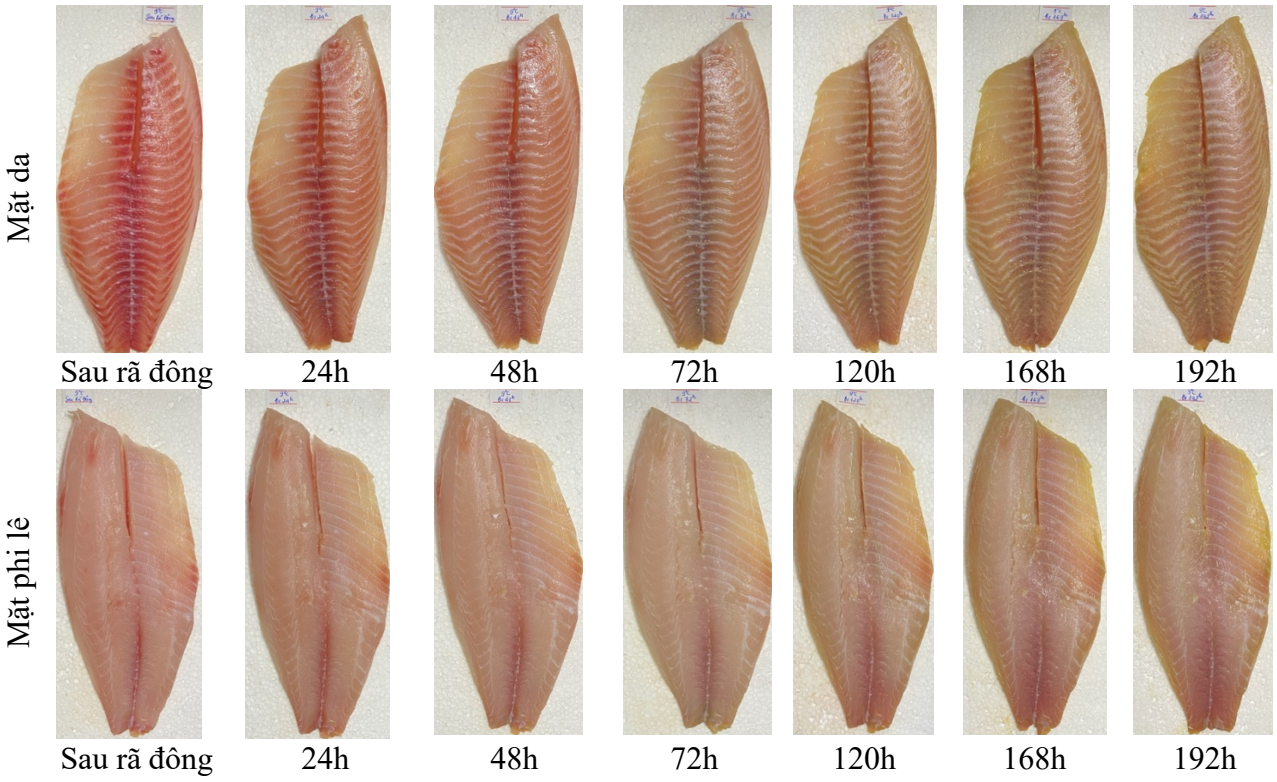
PHỤ LỤC 1. PHỤ LỤC HÌNH THÍ NGHIỆM

Phụ lục 1.1. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 1 ± 1°C



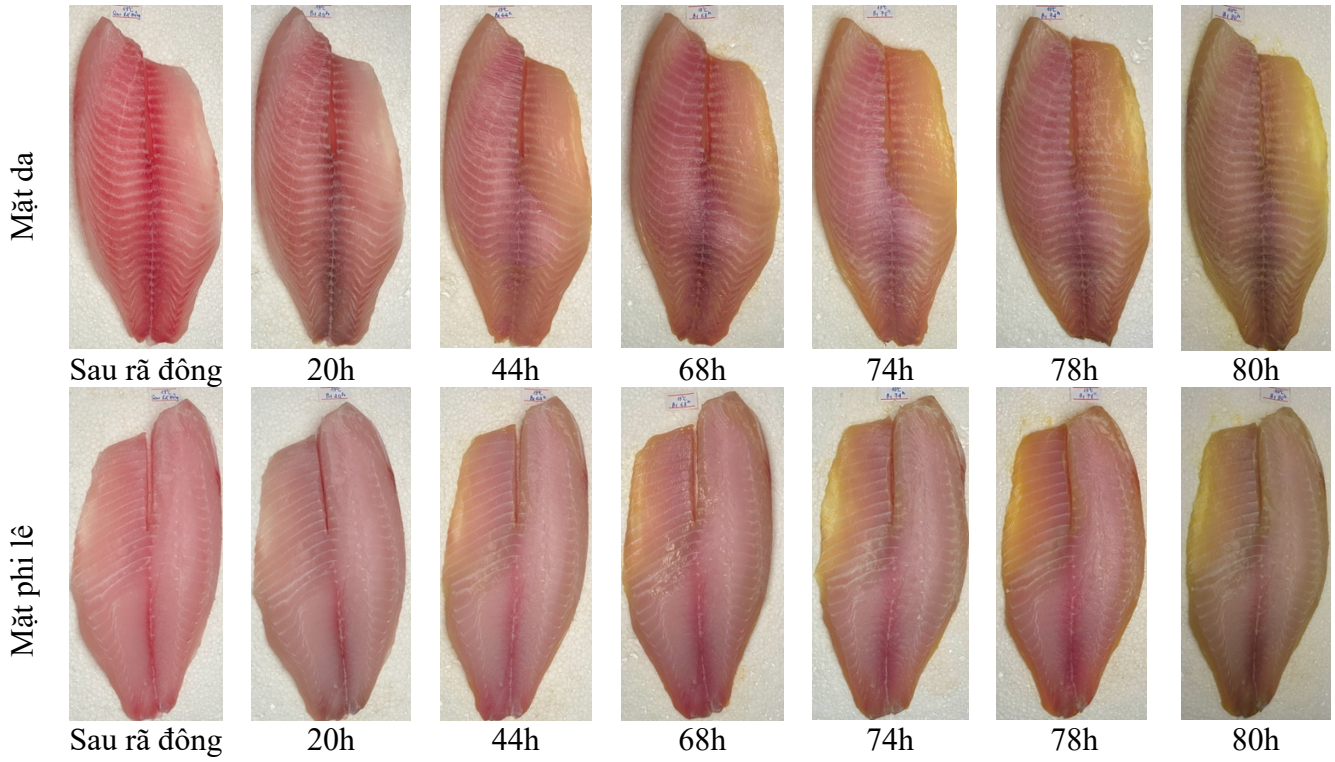
Phụ lục 1.2. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 4 ± 1°C

Phụ lục 1.3. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 9 ± 1°C

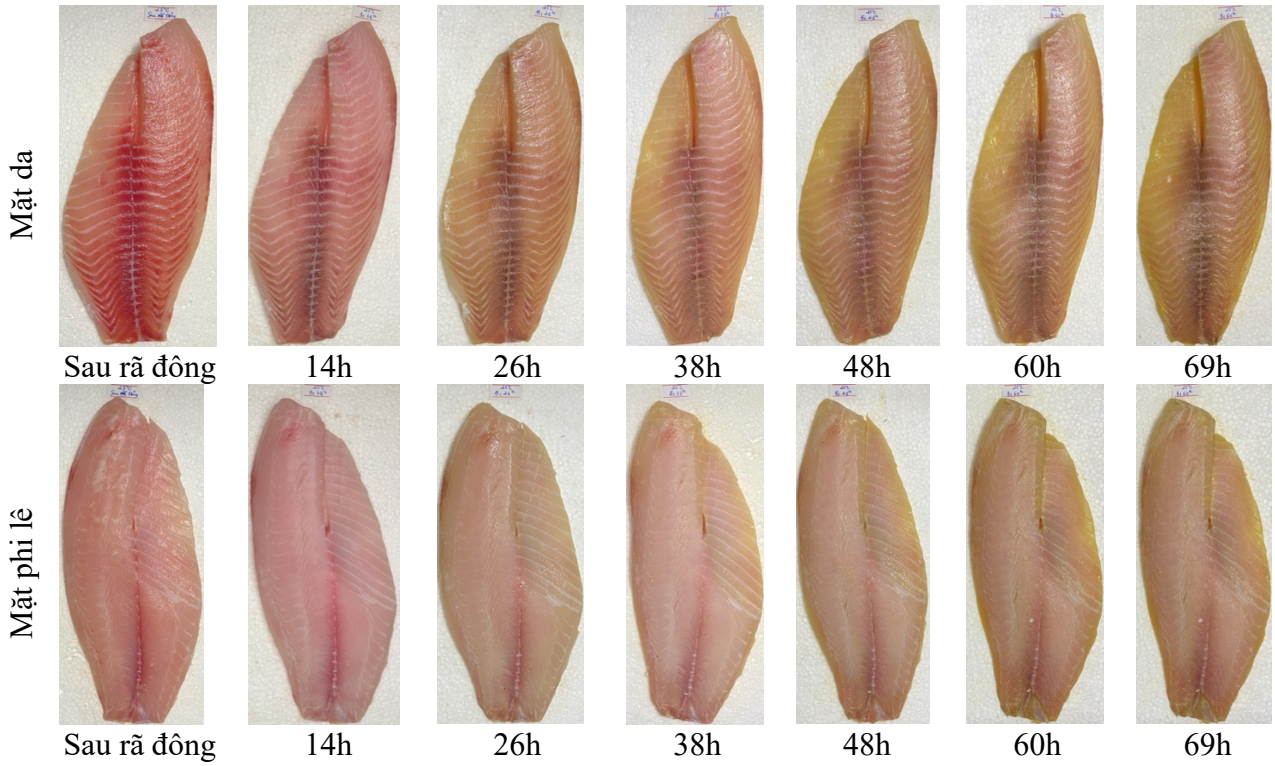


Phụ lục 1.4. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 15 ± 1°C

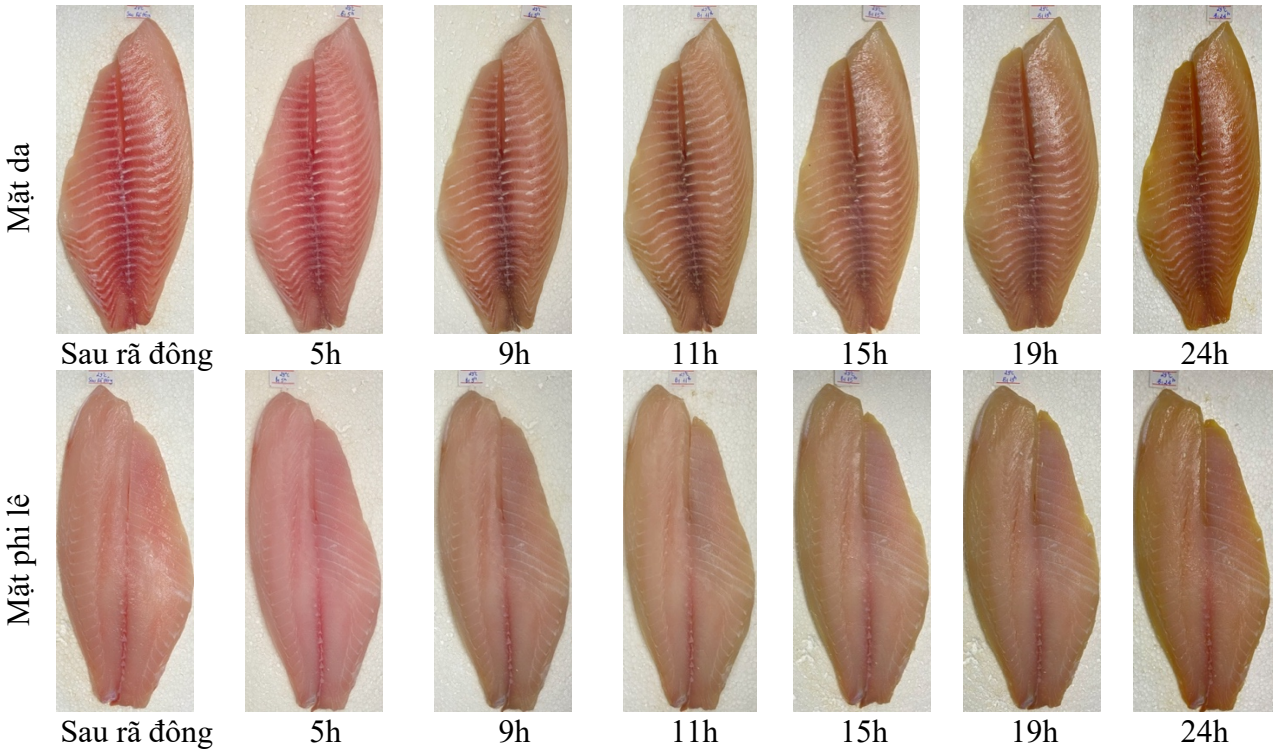
Phụ lục 1.5. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 19 ± 1°C



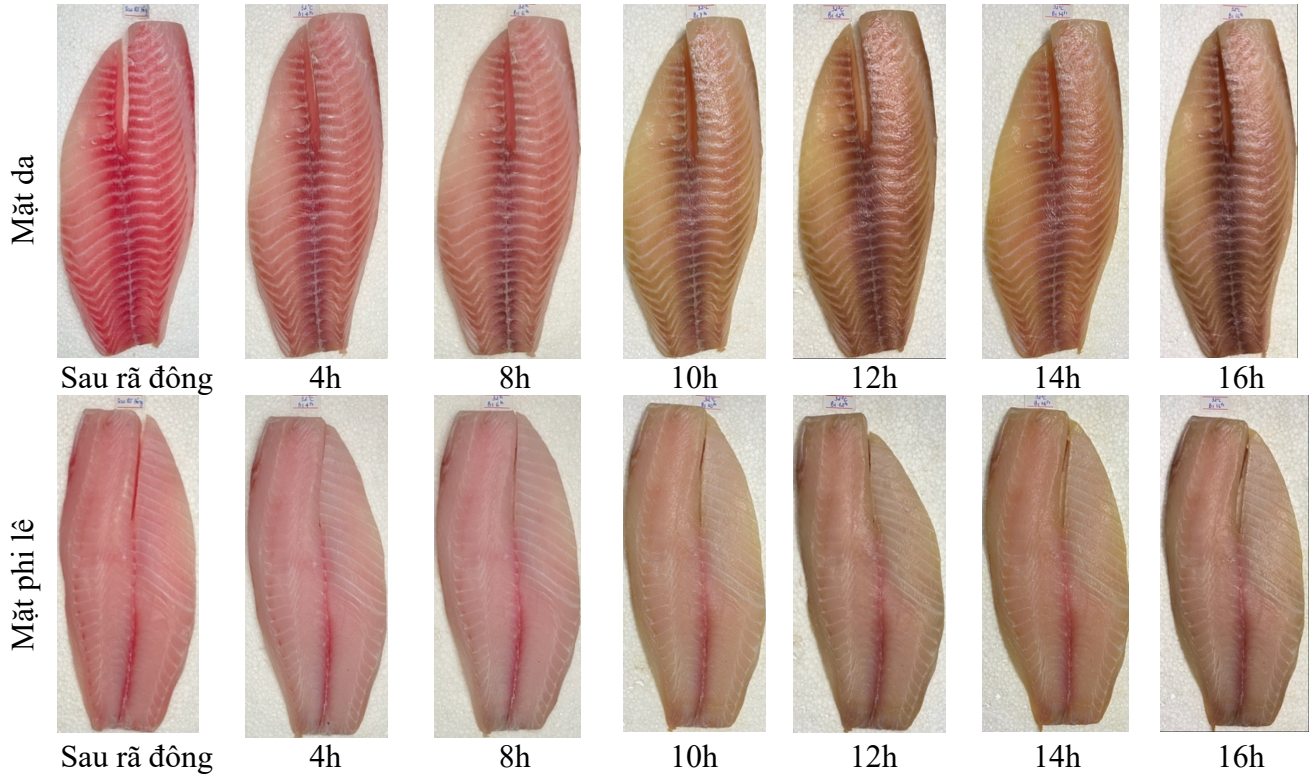
Phụ lục 1.6. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 25 ± 1°C



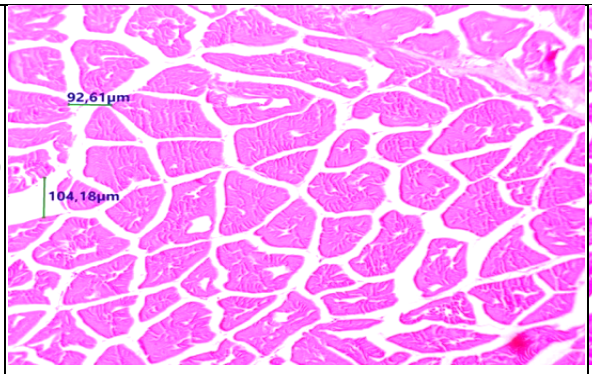
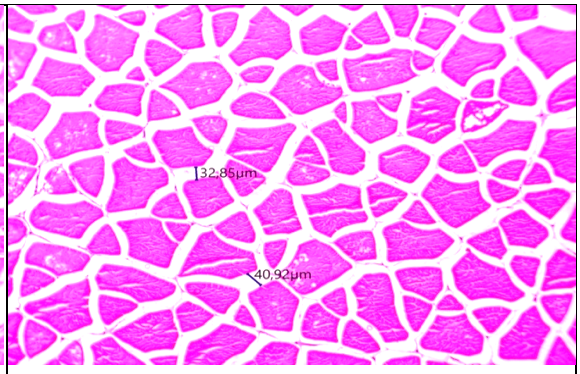
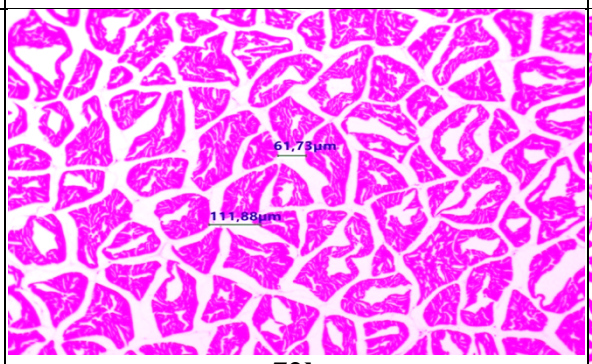
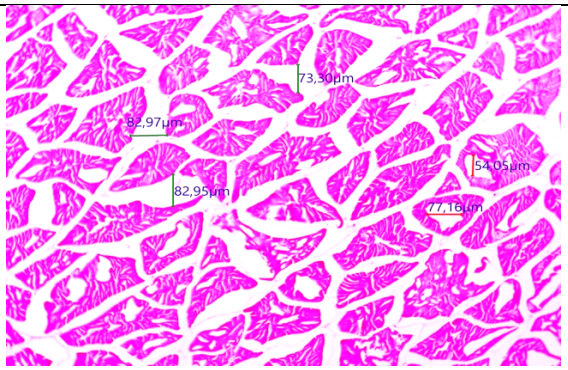
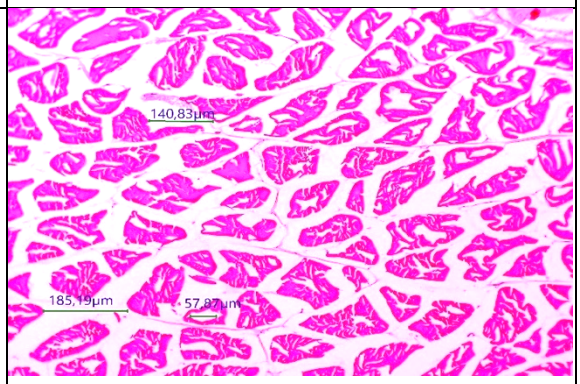
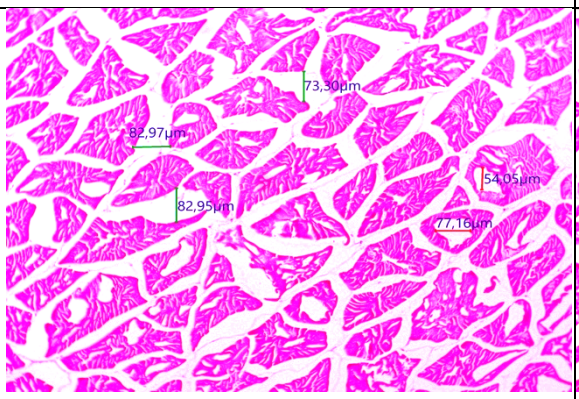
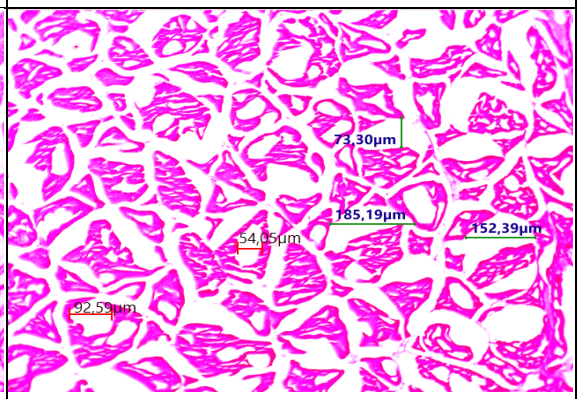
Phụ lục 1.7. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ 29 ± 1°C

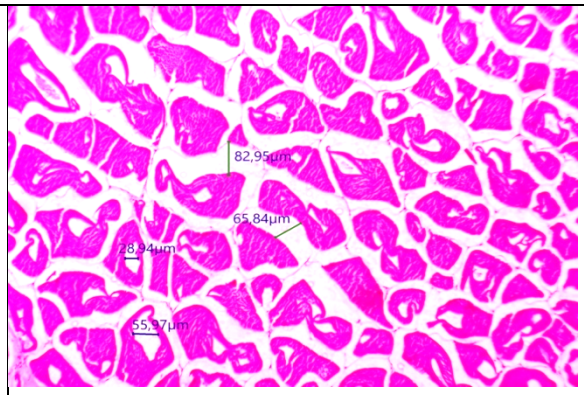
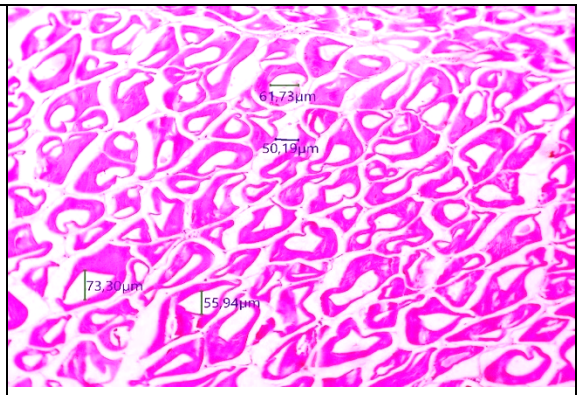
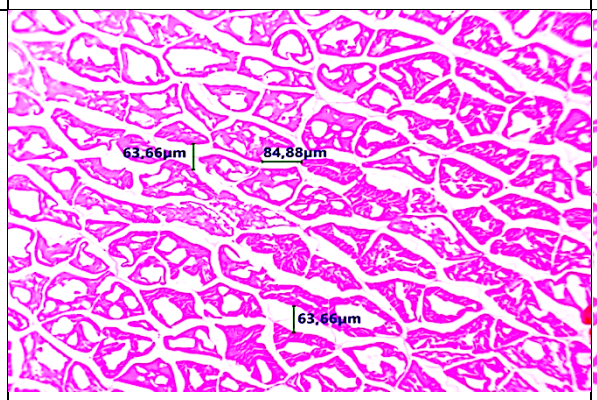
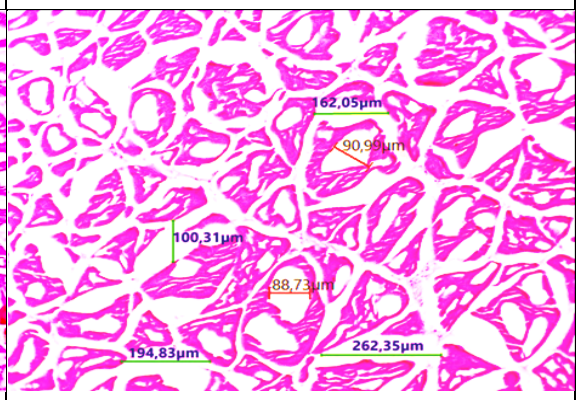
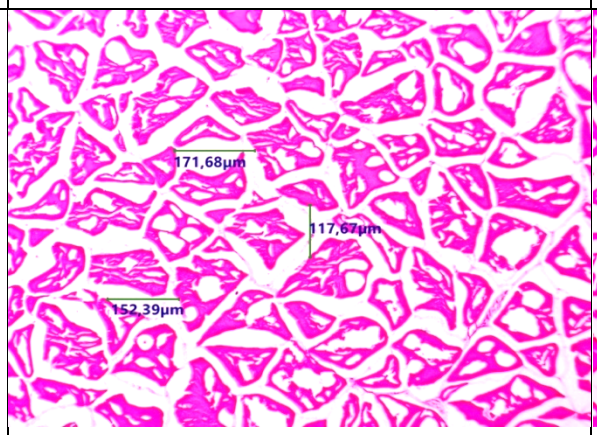
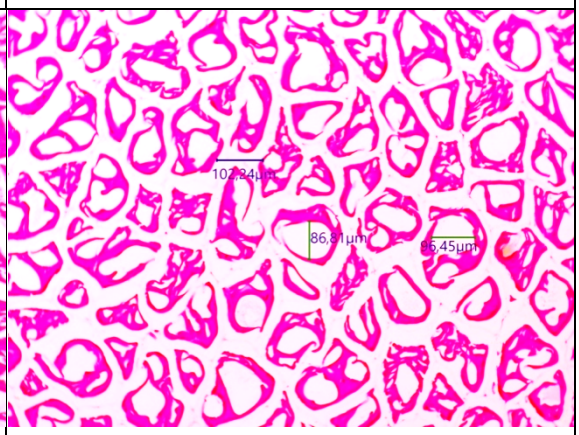
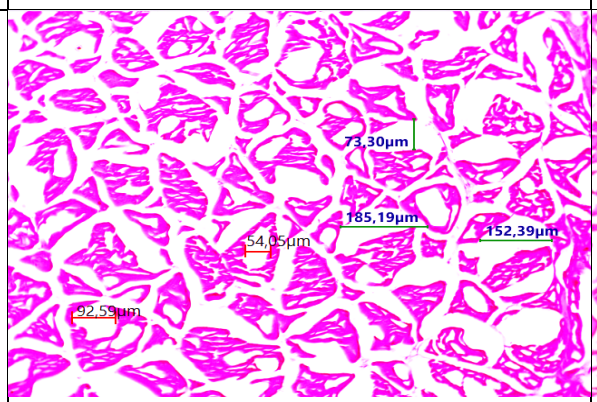
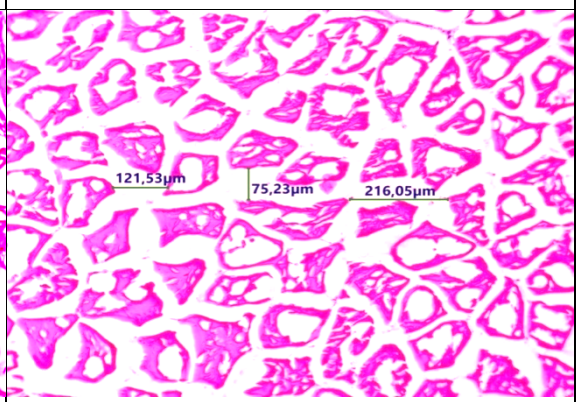


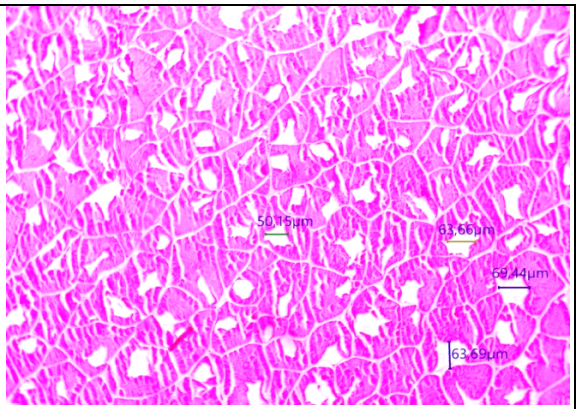
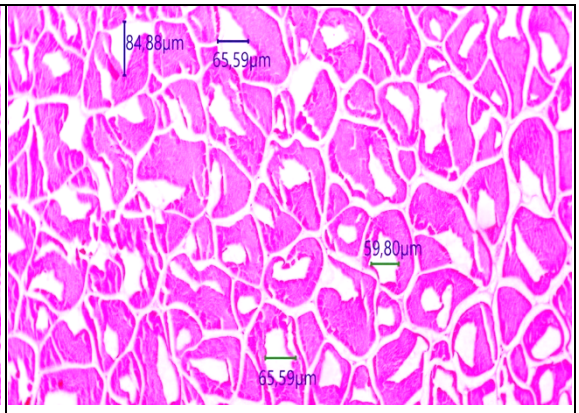
Phụ lục 1.8. Cảm quan phi lê cá rô phi vằn qua các giờ bảo quản tại nhiệt độ môi trường xung quanh



Phụ lục 1.9. Mặt cắt cấu trúc cơ thịt phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở các chế độ nhiệt độ lạnh ổn định

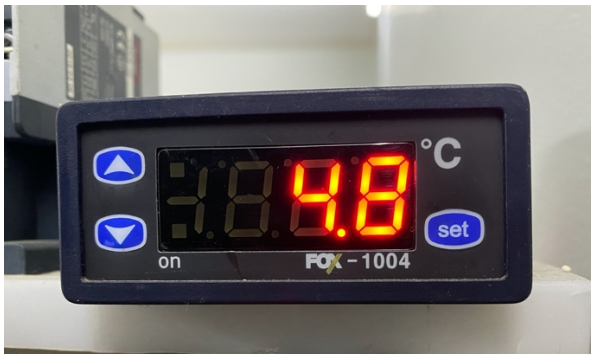
Rã đông		
1°C	 **72h**	**312h**
4°C	 **48h**	 **240h**
9°C	 **48h**	 **192h**

15°C	 63h	 119h
19°C	 44h	 80h
25°C	 26h	 72h
29°C	 12h	 24h

Môi trường (30-33,5°C)		
	8h	**16h**

Phụ lục 1.10. Một số dụng cụ, thiết bị sử dụng trong thí nghiệm

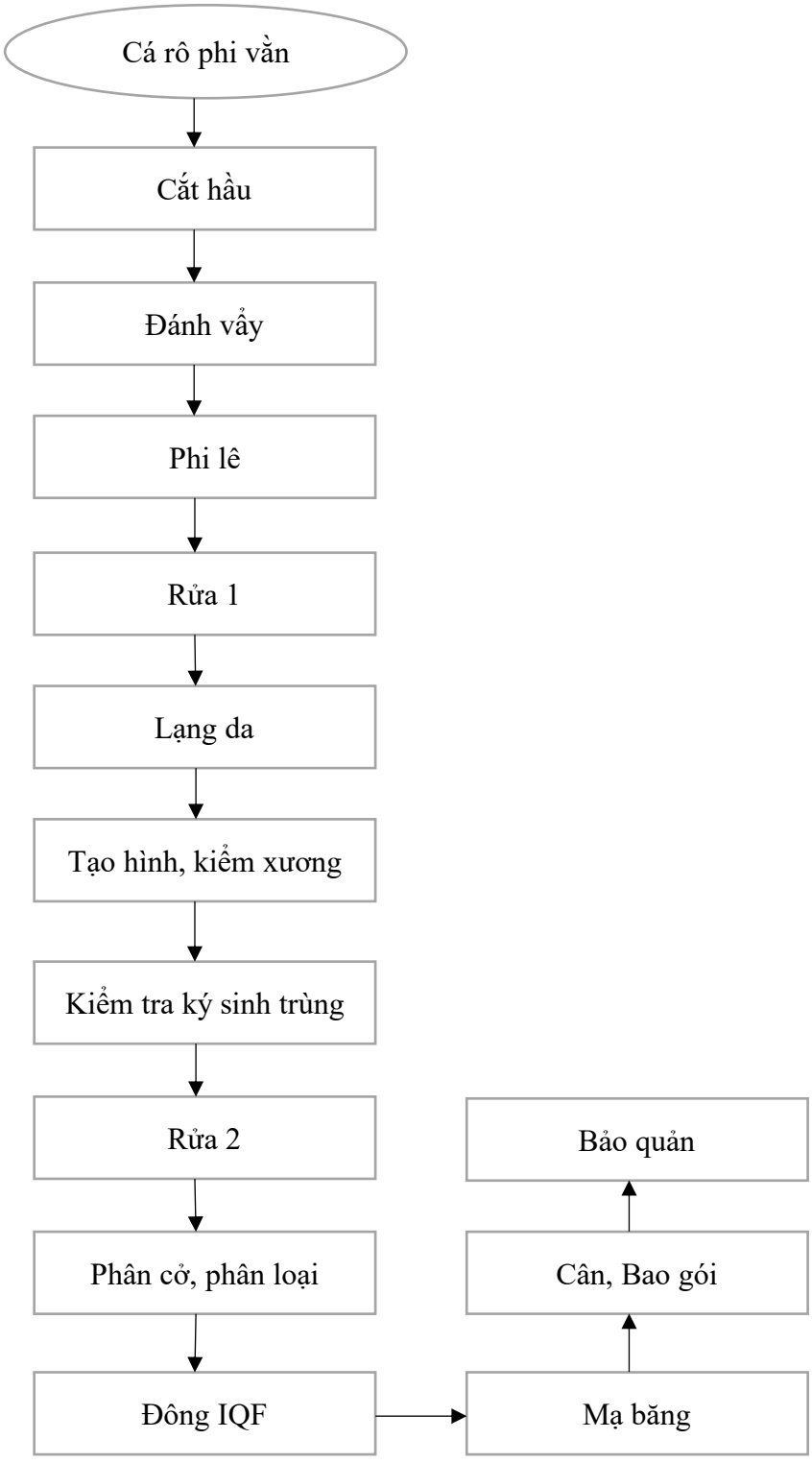
Nhiệt kế tự ghi và thiết bị đọc dữ liệu



Cảm biến nhiệt độ

PHỤ LỤC 2. PHỤ LỤC CÁC PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH

Phụ lục 2.1. Quy trình chế biến phi lê cá rô phi vằn đông rời IQF



Sơ đồ chế biến phi lê cá rô phi vằn đông rời IQF

(Nguồn: Công ty Cổ phần Nam Việt, 2018)

Phụ lục 2.2. Phương pháp xác định tổng số vi khuẩn hiếu khí (TPC)

Tổng số vi khuẩn kiếu khí phát triển ở nhiệt độ thấp được xác định theo phương pháp của Gram và cộng sự (1987)

Chuẩn bị mẫu: Cân chính xác 25g mẫu đồng nhất với 225 ml dung dịch đệm phosphate, quá trình đồng nhất hóa được thực hiện trong 2 phút. Sau đó, thực hiện pha loãng các nồng độ khác nhau.

Cấy mẫu: Dùng micropipet tiến hành hút chuyển 0,2 ml dịch ở các nồng độ pha loãng thích hợp vào trong đĩa petri vô trùng có chứa sẵn khoảng 15-20 ml môi trường plate count agar vô trùng. Dùng que cấy trang đã được khử trùng, trang đều mẫu trong đĩa petri. Đặt các đĩa trên mặt phẳng nằm ngang cho dịch thấm vào thạch. Sau khi cấy trang xong, để dịch thấm vào mặt thạch, tiến hành lật ngược các đĩa petri lên, gói lại và đem cho vào tủ ủ ở 19±1°C trong 5 ngày.

Đọc kết quả: Chọn các đĩa có số khuẩn lạc đếm được trên đĩa trong khoảng 30-300 khuẩn lạc/ đĩa để đếm, đếm hết tất cả các khuẩn lạc có trên đĩa.

Phụ lục 2.3. Phương pháp xác định vi khuẩn sinh H_2S

Chuẩn bị mẫu: lấy 25g mẫu đồng nhất trong 225ml MRD (Maximum Recovery Diluent), mẫu được pha loãng tuần các nồng độ khác nhau

Cấy mẫu: chuyển 1ml huyền phù ở các độ pha loãng thích hợp vào trong đĩa petri vô trùng, thêm khoảng 15÷20ml môi trường IA (Iron Agar) 1% NaCl, không có lớp phủ. Trộn đều dịch mẫu và môi trường bằng cách lắc tròn đĩa xuôi và ngược chiều kim đồng hồ. Đặt các đĩa trên mặt phẳng nằm ngang cho thạch đông đặc. Sau đó lật ngược các đĩa trên cho vào tủ ấm ủ ở 17± 1°C trong 4÷5 ngày.

Kết quả: trên môi trường IA khuẩn lạc của vi khuẩn sinh H_2S có màu đen, không có lớp phủ. Tất cả các khuẩn lạc trên IA không có lớp phủ là TPC phát triển ở nhiệt độ thấp mọc lan rộng có màu mạ vàng.

Phụ lục 2.4. Phương pháp xác định *Pseudomonas* spp.

VSV gây hỏng đặc trưng (*Pseudomonas* spp.) trong quá trình bảo quản được xác định theo phương pháp của Stanbridgeand & Board (1994).

Chuẩn bị mẫu: Cân chính xác 25g mẫu đồng nhất với 225 ml dung dịch đệm phosphate, quá trình đồng nhất hóa được thực hiện trong 2 phút. Sau đó, thực hiện pha loãng các nồng độ khác nhau.

Cấy mẫu: Cấy 0,2 ml dịch mẫu từ các ống pha loãng vào trong đĩa petri vô trùng có chứa sẵn khoảng 15-20 ml môi trường Pseudomonas Base với Pseudomonas CFC supplement vô trùng, Dùng que cấy trang đã được khử trùng, trang đều mẫu trong đĩa petri. Đặt các đĩa trên mặt phẳng nằm ngang cho dịch thấm vào thạch. Lật ngược các đĩa petri và ủ ở 20°C trong 5 ngày.

Đọc kết quả: Đếm khuẩn lạc màu hồng đặc trưng mọc trên môi trường thạch. Tính kết quả lượng *Pseudomonas spp*. (CFU/g) có trong mẫu.

Phụ lục 2.5. Phương pháp xác định lượng coliform

Định lượng coliform theo phương pháp pha loãng tới hạn MPN (số lượng tế bào có xác xuất lớn nhất trong một đơn vị thể tích của dung dịch huyền phù). Phương pháp này dựa vào nguyên tắc mẫu được pha loãng thành một dãy thập phân (hai nồng độ kế tiếp khác nhau 10 lần). Ba mẫu có độ pha loãng thập phân liên tiếp được ủ trong ống nghiệm chứa môi trường thích hợp có ống bẫy khí Durham. Mỗi nồng độ pha loãng được ủ 3 ống lặp lại. Theo dõi sự sinh hơi hay đổi màu để ghi nhận ống dương tính. Ghi nhận ống nghiệm cho phản ứng dương tính ở mỗi nồng độ pha loãng và dựa vào bảng MPN (9 ống) để suy ra số lượng vi sinh vật tương ứng hiện diện trong 1 g (hoặc 1 ml) mẫu ban đầu

Tuần tự cấy 1 ml dịch mẫu đã được pha loãng 10^{-1} vào 3 ống nghiệm giống nhau, mỗi ống chứa 10 ml canh Lauryl Sulphate Broth (LSB) có ống bẫy khí Durham. Thực hiện tương tự với dịch mẫu pha loãng 10^{-2}, 10^{-3}. Ủ các ống nghiệm ở 37°C trong 24 giờ. Ghi nhận ống sinh hơi (+) ứng với mỗi độ pha loãng của mẫu. Tra bảng MacCrandy (bảng 3x3 tức 9 ống nghiệm) để tính ra lượng coliform (MPN/g) có trong mẫu.

Phụ lục 2.6. Phương pháp xác định lượng *E.coli*

Sau khi đọc kết quả coliform, xác định được số ống sinh hơi, ta tiến hành cấy các ống sinh hơi đó qua môi trường EMB để xác định *E.coli*.

Dùng que cấy vòng ria dịch mẫu từ các ống (+) trên môi trường canh LSB sang môi trường thạch đĩa Eosine Methylen Blue (EMB). Ủ các đĩa này ở 37 °C trong vòng

24 giờ. Các khuẩn lạc tròn, dẹt hình đĩa và có ánh kim tím là khuẩn lạc của *E.coli* giả định. Chọn khuẩn lạc có đường kính lớn hơn 1 mm và cấy vào canh Pepton casein, ủ ở 37°C trong 24 giờ. Nhỏ thuốc thử Kovacs' vào ống nghiệm. Ống nghiệm có sự xuất hiện màu đỏ trong môi trường trong một vài phút là ống (+). Ghi nhận số lượng ống có kết quả (+). Tra bảng Mac-Crandy (bảng 3x3 tức 9 ống nghiệm) để tính ra lượng *E. coli* (MPN/g) có trong mẫu.

Đối với các mẫu gây nhiễm *E.coli*, định lượng coliform và *E.coli* theo MNKL 125 4th ed. 2005.

Phụ lục 2.7. Phương pháp xác định *Staphylococcus aureus*

Nguyên tắc: *Staphylococcus aureus* được xác định trên cơ sở các đặc điểm tăng trưởng và phản ứng đông huyết tương của các dòng thuần từ các khuẩn lạc đặc trưng và không đặc trưng trên môi trường phân lập.

Chuẩn bị mẫu: Cân chính xác 25g mẫu đồng nhất với 225 ml dung dịch đệm photphate, quá trình đồng nhất hóa được thực hiện trong 2 phút. Sau đó, thực hiện pha loãng các nồng độ khác nhau nước bằng muối sinh lý 0,85%.

Cấy mẫu: chuyển 1ml huyền phù ở các độ pha loãng thích lợp vào trong đĩa môi trường thạch BP (Baird Packer Agar) dùng que cấy trải đều trên bề mặt môi trường cho đến khi khô, để 15 phút ở nhiệt độ phòng, lật ngược các đĩa ủ ở 37 ± 1°C - từ 48 ± 4h.

Kết quả: sau 48h nuôi cấy *Staphylococcus aureus* có đường kính 1,5÷2,5mm lồi, đen hoặc xám, bóng có vòng trắng đục đẹp và vòng sáng.

Khẳng định: chọn 5 khuẩn lạc cấy vào môi trường phục hồi canh BHI ủ 4÷6h. Từ khuẩn canh trên BHI cấy vào môi trường coagulase đã làm tan để thử nghiệm phản ứng đông huyết. Ủ ở 37 ± 1°C.

Phụ lục 2.8. Phương pháp xác định *Vibrio*

Nguyên tắc: phát hiện *Vibrio cholerae* và *Vibrio parahaemolyticus* trong thực phẩm được thực hiện bằng cách cân một lượng mẫu xác định và nuôi ủ trong môi trường lỏng chọn lọc. Từ đây dịch khuẩn được cấy chuyển sang môi trường rắn chọn lọc. Những khuẩn lạc giống *Vibrio cholerae* và *Vibrio parahaemolyticus* sẽ được thử nghiệm bằng các phản ứng sinh hóa.

Xử lý mẫu: lấy chính xác 25g mẫu và đồng nhất trong 225ml môi trường APW. Tiến hành tăng sinh chọn lọc: ủ ở 37 ± 1°C từ 16÷24h

Cấy mẫu: dùng quen cấy chuyển khuẩn dịch lên bề mặt môi trường phân lập TBCS sao cho tạo được những khuẩn lạc tách rời. Lật ngược đĩa ủ ở 37 ± 1°C từ 24 ± 3h. Đọc kết quả: trên môi trường TCBS khuẩn lạc *Vibrio cholerae* lớn đường kính khoảng 2 - 3mm, tròn, lớn, màu vàng. Khuẩn lạc *Vibrio parahaemolyticus* đường kính 3 - 4mm, tròn, lớn, màu xanh dương.

Phụ lục 2.9. Phương pháp xác định *Listeria monocytogenes*

Chuẩn bị mẫu: Lấy mẫu và tiền tăng sinh *Listeria* trên môi trường dịch thể UVM (University of Vermont broth). Tiến hành lấy 25g mẫu và cho vào bình xay đã được vô khuẩn trước. Bổ sung tiếp 225ml môi trường dịch thể UVM rồi xay hỗn hợp trong thời gian 2 phút. Sau đó ủ hỗn hợp này ở nhiệt độ 30°C trong 24 giờ để tiền tăng sinh *Listeria.*

Tăng sinh *Listeria* trên môi trường môi trường dịch thể Fraser: Lấy 0,1ml canh trường dịch thể UVM sau 24 giờ nuôi cấy để cấy vào ống nghiệm có chứa sẵn 10ml môi trường dịch thể Fraser đã qua tiệt trùng. Lắc đều hỗn hợp rồi đặt ống nghiệm vào tủ ấm ở 35°C, nuôi trong 24 giờ.

Phân lập vi khuẩn: Quan sát canh trường Fraser sau 24 giờ nuôi cấy. Nếu canh trường hóa đen chứng tỏ có sự sinh trưởng của nhóm vi sinh vật có khả năng thủy phân esculin. Chuẩn bị các hộp petri đã chứa sẵn môi trường thạch Oxford. Tương ứng với mỗi ống nghiệm chứa canh trường Fraser dùng que cấy vô trùng để cấy mẫu lên hai hộp petri, tiếp theo sử dụng que cấy vòng để cấy ria mẫu. Sau đó, đặt các hộp petri vào tủ ấm và nuôi ở 35°C trong 24 giờ.

Kết quả: quan sát khuẩn lạc và cấy khuẩn lạc điển hình sang môi trường thạch Tryptic soy có bổ sung chất chiết nấm men. Quan sát khuẩn lạc xuất hiện trên môi trường thạch Oxford. Giống khuẩn lạc *Listeria* sẽ cho các khuẩn lạc có màu đen. Chọn ba khuẩn lạc điển hình màu đen để cấy sang môi trường thạch Tryptic soy có bổ sung chất chiết nấm men 0,6%. Tiến hành ủ ở 30°C trong 24 giờ.

Kiểm tra một số tính chất đặc trưng của *Listeria*

+ Quan sát khuẩn lạc theo phương pháp Henry: phương pháp này sử dụng một bộ phận để tia sáng chiếu lên các khuẩn lạc trên bề mặt thạch trong hộp petri với góc nghiêng 45º. Khi đó khuẩn lạc *Listeria* điển hình sẽ cho khuẩn lạc có màu xanh da trời.

+ Nhuộm Gram: tiến hành nhuộm Gram mẫu vi khuẩn từ canh trường thạch Tryptic soy có bổ sung chất chiết nấm men TSA-YE. *Listeria* là những trực khuẩn Gram (+).

+ Quan sát chuyển động của vi khuẩn: tiến hành làm tiêu bản gọt ép. Lấy một ít khuẩn lạc từ canh trường thạch Tryptic soy có bổ sung chất chiết nấm men TSA-YE để huyền phù hóa vi khuẩn trong giọt nước muối sinh lý trên một phiến kính. Quan sát lam kính dưới kính hiển vi. Giống *Listeria* có dạng hình gậy ngắn, chuyển động được bằng cách xoay lộn nhào.

+ Kiểm tra catalase: cho một giọt dung dịch H_2O_2 3% lên một khuẩn lạc và quan sát. Phản ứng là dương tính nếu ta quan sát thấy H_2O_2 bị phân hủy và giải phóng ra khí oxy. *Listeria* cho phản ứng catalase dương tính.

Phụ lục 2.10. Phương pháp xác định *Clostridium perfringens*

Chuẩn bị mẫu: Cân chính xác 10g mẫu đồng nhất với 90 ml dung dịch SPW, quá trình đồng nhất hóa được thực hiện trong 30÷60 giây. Sau đó, thực hiện pha loãng các nồng độ khác nhau bằng SPW

Cấy mẫu: Hút 1ml mẫu đã pha loãng ở nồng độ thích hợp vào đĩa pertri, đổ khoảng 10ml môi trường thạch SC, sau đông cứng phủ tiếp 10ml SC, tiến hành đĩa ủ ở 37°C trong 20÷24h

Kết quả: Chọn các đĩa có nồng độ có số khuẩn lạc trong khoảng 10÷150, chọn khuẩn lạc có màu đen. Chọn 5 khuẩn lạc vào môi trường fluid thioglycolate, ủ ở 37°C, 18÷24h (kỵ khí). Nhỏ 5 giọt sang môi trường LS ở điều kiện khí ủ 46°C, 18÷24h. Dương tính khí LS có màu đen, khí trong ống Durham chiếm hơn ¼

Phụ lục 2.11. Phương pháp phân tích protein

Nguyên lý: Vô cơ hóa mẫu thử bằng axit sunfuric đậm đặc, nitơ có trong mẫu thử chuyển thành amon sunfat. Dùng kiềm đặc đẩy amoniac ra khỏi amon sunfat trong máy cất đạm, tạo thành amon hydroxyt sau đó định lượng bằng acid.

Tiến hành: Cân chính xác 0,3÷0,5g mẫu thử vào một mẩu giấy lọc không tro, cuộn lại, cho vào bình Kjeldah sao cho mẫu thử không dính vào cổ bình, cho tiếp 1g hỗn hợp xúc tác và 10ml axit sunfuric đậm đặc. Đun 15÷20 phút sao cho chất lỏng trong bình không sủi phồng, không bắn lên cổ bình. Sau đó đặt bình thấp gần bếp hơn cho tới

khi dịch vô cơ hóa trong bình trong suốt hoặc trong xanh (không được có màu vàng nhạt) mặt trong bình hoàn toàn trong sạch. Ngừng đun, để nguội.

Lấy chính xác một lượng axit sunfuric 0,1N và 5 giọt chỉ thị hỗn hợp vào bình nón dung tích 250ml, đặt bình vào dưới ống sinh hàn của máy cất đạm sao cho đầu ống sinh hàn ngập hẳn vào dung dịch. Cho dịch đã vô cơ hóa vào bình cất, tráng bình kendan nhiều lần bằng nước cất cho đến khi nước tráng hết phản ứng axit (thử bằng giấy đo pH). Cho tiếp vào bình cất 5 giọt phenolphtalein 1% và dung dịch natrihydroxyt 33% cho đến khi dung dịch trong bình chuyển thành màu hồng, cho tiếp vào một ít dung dịch kiềm, tráng nước cất cho sạch kiềm ở phễu rồi khóa máy lại. Bắt đầu chưng cất trong 40 phút kể từ khi dung dịch trong bình bắt đầu sôi. Hạ bình hứng để ống sinh hàn lên khỏi mặt nước, dùng bình tia rửa đầu ống sinh hàn, tiếp tục chưng cất một vài phút nữa. Sau đó hứng nước chưng chảy ra ở đầu ống sinh hàn, thử bằng giấy đo pH thấy không có phản ứng kiềm là được.

Dùng natri hydroxyt 0,1N chuẩn độ lượng axit dư trong bình hứng cho đến khi dung dịch trong bình chuyển từ màu tím sang xanh lá mạ.

Hàm lượng nitơ tổng số (X) tính bằng phần trăm theo công thức:

$$X = \frac{(v_1 - v_2) * 0{,}0014 * 100}{m}$$

Trong đó:

V_1: Thể tích dung dịch natri hydroxyt 0,1N tiêu tốn khi chuẩn độ mẫu trắng (ml)

V_2 : Thể tích dung dịch natri hydroxyt 0,1N tiêu tốn khi chuẩn độ mẫu thử (ml)

m: khối lượng mẫu thử (g)

Phụ lục 2.12. Phương pháp phân tích lipid

Nguyên lý: Chất béo có trong mẫu thử được chiết tách bằng dung môi hữu cơ trong thiết bị Soxhlet, sau đó được sấy và cân.

Tiến hành: Cân từ 5÷10 g mẫu thử đã chuẩn bị, cho vào cối sứ nghiền với khoảng 20÷30g natri sulfat khan hoặc canxi sulfat khan, để thu được hỗn hợp bột khô. Chuyển hết hỗn hợp thu được vào gói giấy lọc kín một đầu. Đặt gói mẫu vào bình chiết của thiết bị rồi nối với bình cầu ở dưới (đã biết trước khối lượng). Cho ete vào bình chiết sao cho vừa ngập ống gói mẫu. Ngâm mẫu trong ete khoảng 3÷ 4 giờ hoặc ngâm qua đêm.

Sau thời gian ngâm mẫu, nâng ống sinh hàn lên, cho thêm ete vào bình chiết vừa đủ để chảy xuống bình cầu. Chờ cho ete chảy hết, cho tiếp ete vào đến khoảng một nửa chiều cao ống xiphông. Lắp ống sinh hàn vào và cho nước lạnh chảy qua. Chưng cất trên nồi cách thủy trong khoảng 10 h đến 12 h. Chú ý điều chỉnh nồi cách thủy sao cho ete tuần hoàn từ bình chiết xuống bình cầu và ngược lại khoảng 6 lần đến 7 lần một giờ, tránh đun ở nhiệt độ quá cao (trên 60°C) vì sẽ làm hao hụt dung môi. Sau thời gian chưng cất, chờ cho dung môi chảy hết xuống bình cầu thì ngừng đun, để nguội rồi tháo ống sinh hàn và lấy gói mẫu ra khỏi bình chiết. Lắp lại ống sinh hàn vào và chưng cất tiếp cho dung môi ngưng hết lên bình chiết của máy cất. Ngừng đun và lấy bình cầu ra, cho vào tủ sấy và sấy ở nhiệt độ 50°C đến 60°C trong 30÷40 phút. Đem ra để nguội trong bình hút ẩm 30 phút và cân, chính xác đến 0,001g. Lại sấy tiếp 15 phút rồi để nguội và cân. Lặp lại thao tác trên đến khi thu được khối lượng không đổi.

Khối lượng chất béo được tính bằng lấy khối lượng của bình cầu chứa chất béo đã sấy khô trừ đi khối lượng của bình cầu.

Hàm lượng chất béo (*X*) được biểu thị bằng phần trăm khối lượng (%), theo công thức:

$$X = \frac{m_1 * 100}{m}$$

Trong đó:

m_1 là khối lượng chất béo thu được (g)

m là khối lượng mẫu thử (g).

Phụ lục 2.13. Phương pháp xác định chỉ số peroxide

Nguyên lý: Mẫu được hòa tan trong isooctan và acid acetic rồi bổ sung kali iodua. lot được giải phóng bởi các peroxide được xác định bằng chuẩn độ với dung dịch natri thiosulfat.

Tiến hành: Cho 5,0 g mẫu + 50 ml diethyl ete vào bình tam giác, đậy nắp bình, lắc bình trong vòng 2 phút để hòa tan phần chất béo có trong mẫu. Tiến hành lọc để loại bỏ phần chất rắn và thu phần dung dịch đã hòa tan chất béo. Đun cách thủy để diethyl ete có trong dung dịch bay hơi. Phần chất béo còn lại trong bình cho thêm 30 ml acid acetic và 20 ml isooctan. Đậy nắp, lắc bình trong vòng 2 phút để hòa tan phần chất béo. Thêm 0,5 mldung dịch kali iodua bão hòa. Đậy bình nón và dùng máy khuấy từ để trộn mà không tạo dòng xoáy, hoặc lắc trộn bằng tay mà không để lẫn bọt khí trong 1 phút. Mở bình nón, thêm ngay 50 ml nước đã loại khoáng, tráng rửa nút thủy tinh mài và lắc bình. Chuẩn độ ngay lượng iôt giải phóng bằng dung dịch chuẩn natri thiosulfat 0,01N đến màu vàng cam rồi vàng nhạt và sau khi thêm 0,5 ml dung dịch tinh bột thì chuyển từ màu tím đến không màu. Trong phép thử mẫu trắng, được thực hiện đồng thời với phép xác định, không sử dụng quá 0,1 ml dung dịch natri thiosulfat 0,01N. Tính kết quả: Trị số peroxide (PV) được tính bằng công thức sau:

$$PV = \frac{(v\ - v_0) * Cthio * 100}{m}$$

Trong đó:

V: là thể tích dung dịch natri thiosulfat 0,01N chuẩn độ mẫu thử (ml)

Vo: là thể tích dung dịch natri thiosulfat 0,01 N chuẩn độ mẫu trắng (ml)

Cthio: là nồng độ của dung dịch chuẩn natri thiosulfat 0,01 N(mol/l)

m:là khối lượng mẫu thử (g)

Phụ lục 2.14. Phương pháp phân tích tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N)

Xác định tổng hàm lượng nitơ bazơ bay hơi (TVB-N) bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn bằng hơi nước trong thiết bị chưng cất đạm bán tự động theo phương pháp của Malle và Poumeyrol (1989).

Tiến hành: lấy 200 ml dung dịch 7,5% TCA được thêm vào 100 g thịt cá tiến hành đồng nhất mẫu. Hỗn hợp này được lọc qua lớp giấy lọc Whatman số 3. Quá trình chưng cất được thực hiện bằng thiết bị chưng cất Kjeldahl tiêu chuẩn. Thêm vào 25 ml phần dịch lọc được chuyển vào bình chưng cất, thêm 6 ml dung dịch NaOH 10%. Dùng cốc hứng dưới bình chưng được cho trước 10 ml dung dịch 4% acid boric, 0,04 ml methyl đỏ và 0,04 ml chất chỉ thị màu xanh lá cây bromocresol

Quá trình chưng cất được bắt đầu, tiếp tục chưng cho đến khi thu được 50ml dịch trong cốc thủy tinh (40 ml sản phẩm chưng cất) hoặc 4 phút. Dung dịch acid boric chuyển sang màu xanh bởi sự kiềm hóa của quá trình hòa tan TVB-N. Sau khi chưng cất xong thu được dịch cất, tiến hành đem chuẩn độ với dung dịch H_2SO_4 0,025N. Trung hòa đến khi dịch trong cốc có màu xám phớt hồng thì dừng quá trình chuẩn độ lại.

Tính kết quả:

$$\frac{14mg/mol * a * b * 100}{25ml} \quad \text{(mgN/100g)}$$

Trong đó: a: Số ml H_2SO_4 tiêu tốn trong quá trình chuẩn độ.

b: Nồng độ mol H_2SO_4 dùng để chuẩn độ.

Phụ lục 2.15. Phương pháp phân tích TBARs

Giá trị TBARs được xác định theo phương pháp phương pháp so màu quang phổ của Raharjo et al. (1992)

T iến hành: Mẫu được tiến hành chiết tách bằng cách lấy 8 g mẫu cá được cân trực tiếp vào ống Falcon 50 ml, tiếp theo cho 15 ml TCA 5%, đồng nhất mẫu bằng máy nghiền Turax 13.000 rpm, rửa đầu trục máy nghiền với 5 ml TCA 5% và thu lại dung dịch trong ống Fancol đó, sau đó dung dịch được chuyển sang ống Falcon 15 ml để ly tâm với tốc độ 1050 g ở 4℃ trong 15 phút, sau khi ly tâm xong lọc qua bình định mức 50 ml. Thêm vào phần kết tủa 10 ml TCA 5%, nghiền bằng máy nghiền rồi tiến hành các bước tương tự như lần chiết thứ nhất. Sau khi lọc xong, định mức dung dịch thu được bằng TCA 5% đến vạch 50 ml và lắc đều. Sau đó tiến hành hút 2 ml dung dịch mẫu (mẫu trắng hút 2 ml TCA 5%) và trộn với 2 ml TBA 80 mM, lắc đều, sau đó cho vào bể điều nhiệt ở 94℃ trong 5 phút, làm nguội và đo độ hấp thụ ở bước sóng 530 nm.

Đường chuẩn được xây dựng với nồng độ TEP tăng dần trong khoảng 0-10 µM/L bằng cách pha loãng lần lượt dung dịch TEP. Đường chuẩn đạt được bằng cách vẽ độ hấp thụ (530 nm) với nồng độ TEP.

Phụ lục 2.16. Phương pháp chỉ số chất lượng QIM

Bảng điểm chỉ số chất lượng QIM cho phi lê cá rô phi được xây dựng dựa theo phương pháp của Martinsdottir và cộng sự (2001). Thang điểm QIM được Mai Thị Tuyết

Nga và cộng sự xây dựng cho phi lê cá rô phi dựa vào sự đánh giá 2 thuộc tính cảm quan như màu sắc và độ nhớt của mặt da và 4 chỉ tiêu cảm quan cho mặt bụng (màu, cấu trúc, mùi, độ dính tay), theo thang điểm QIM.

Hội đồng đánh giá cảm quan QIM bao gồm 3 cảm quan viên được lựa chọn là những người có kinh nghiệm trong đánh giá cảm quan theo phương pháp QIM và được huấn luyện theo ISO 8586: 2012. Nguyên liệu được lấy mẫu tại các điểm mẫu đã thiết kế trước ở mỗi chế độ bảo quản. Lô đầu là lô khảo sát để biết thời hạn bảo quản của nguyên liệu. Lô thứ hai và ba bảo quản cách nhau 3 ngày. Định kỳ lấy mẫu được bố trí theo ngày cho 2 lô sau. Mỗi lần lấy 1 mẫu đôi gồm 2 miếng phi lê cá rô phi đặt trên mặt bàn đã được bọc màng PE. Mẫu đánh giá QIM được chuẩn bị bằng cách cho phi lê cá rô phi (đã mã hóa) được đặt trên mặt bàn inox sạch.

Việc đánh giá thực hiện ở nhiệt độ phòng và dưới ánh sáng trắng của đèn huỳnh quang. Ba thành viên sẽ độc lập đánh giá các mẫu về màu sắc của mặt da; nhớt, màu sắc, cấu trúc, mùi và độ dính tay của mặt phi lê, theo thang điểm QIM của Mai Thị Tuyết Nga và cộng sự (2016) như ở bảng sau

Bảng điểm cảm quan QIM (Quality Index Method) cho phi lê cá rô phi vằn

Chỉ tiêu chất lượng		**Mô tả**	**Điểm**
Mặt da	**Màu sắc**	Cơ thịt màu hồng; đường xương sống màu đỏ nhạt; sáng bóng.	0
		Cơ thịt màu hồng nhạt, xuất hiện một vài đường chỉ đen mờ, thưa; đường xương sống màu đỏ tái, xung quanh xuất hiện đốm xanh; ít bóng.	1
		Cơ thịt màu xanh nhạt, xám nhạt, hoặc nâu nhạt, có các sợi chỉ đen dầy hơn, đậm, rõ nét; đường xương sống màu nâu nhạt, xung quanh vàng hoặc có lớp màng trắng đục mỏng bám xung quanh.	2
	Nhớt	Rất ít, hầu như không có.	0
		Lớp nhớt trên cơ thịt mỏng, mờ và đục.	1
		Lớp nhớt khô, dầy.	2
		Lớp nhớt khô, dầy, vón cục.	3

Mặt bụng mặt phi lê	**Mùi**	Mùi tanh nhẹ của cá tươi, thoáng mùi rong biển hoặc/ và mùi cỏ.	0
		Mùi tanh nhẹ, thoáng mùi cồn.	1
		Mùi chua	2
		Mùi ôi chua nồng, mùi ươn thối.	3
	Màu sắc	Cơ thịt màu hồng, đồng đều, sáng bóng.	0
		Màu sắc ít đồng đều, cơ thịt màu hồng nhạt, xung quanh đường xương sống có màu xanh nhạt.	1
		Cơ thịt màu sắc không đồng đều, xám nhạt và/ hoặc vàng nhạt, nhợt nhạt/tái, xuất hiện các sợi chỉ đen thưa; đường xương sống có màu đỏ tái đến nâu nhạt, phần rìa bụng và rìa đuôi bị biến màu vàng, vàng xanh, sậm.	2
	Cấu trúc/ kết cấu	Săn chắc	0
		Hơi mềm	1
		Mềm	2
	Độ dính tay	Không có thịt vụn dính tay (khi dùng bàn tay xoa lên bề mặt miếng phi lê).	0
		Một số đến nhiều thịt vụn dính tay (khi dùng bàn tay xoa lên bề mặt miếng phi lê).	1
Tổng điểm QI (Quality index) (0-13)			

(Nguồn: Mai Thị Tuyết Nga và cộng sự (2016)

Phụ lục 2.17. Phương pháp mô tả định lượng QDA và thang điểm Torry

Phương pháp mô tả định lượng QDA được dùng để xác định thời hạn bảo quản tối đa cho sản phẩm, áp dụng trong trường hợp mẫu được đánh giá là mẫu chín. Bảng thuộc tính cảm quan QDA được xây dựng dựa theo phương pháp của Bremer (1985).

Hội đồng đánh giá cảm quan mẫu cá chín (theo QDA và Torry) bao gồm 5 cảm quan viên được lựa chọn và huấn luyện cách sử dụng thang điểm QDA và bảng điểm Torry cho cá rô phi vằn phi lê. Nguyên liệu được lấy mẫu tại các điểm mẫu đã thiết kế trước ở mỗi chế độ bảo quản (cùng thời điểm với đánh giá cảm quan QIM). Thang điểm QDA cho cá rô phi phi lê đã được Mai Thị Tuyết Nga và cộng sự (2019) xây dựng gồm

20 thuộc tính thuộc 4 nhóm chỉ tiêu: Mùi (7 thuộc tính), Bề ngoài (2 thuộc tính), Cấu trúc/ kết cấu cơ thịt (6 thuộc tính) và Vị (5 thuộc tính). Các thành viên của hội đồng cảm quan được huấn luyện là cán bộ, giảng viên, học viên cao học của Khoa Công nghệ Thực Phẩm và Trung tâm Thí nghiệm Thực hành Trường Đại học Nha Trang, đã có kiến thức cơ bản về đánh giá cảm quan và kinh nghiệm đánh giá cảm quan bằng phương pháp QDA và Torry cho một số thủy sản như cá tra, cá bớp.

Có 3 buổi đánh giá cảm quan theo QDA và Torry, gồm các mẫu từ các ngày bảo quản khác nhau, mỗi buổi kéo dài từ 0,5-1 giờ, các thành viên được huấn luyện bởi Mai Thị Tuyết Nga. Tất cả các mẫu đều được mã hóa bằng 3 chữ số ngẫu nhiên.

Mẫu được chuẩn bị bằng cách cắt bỏ phần bụng và phần đuôi khoảng 3-4 cm của miếng cá rô phi phi lê. Sau đó, cắt phần còn lại ra thành các miếng nhỏ, dài khoảng 2-2,5cm và rộng khoảng 2-3cm. Các miếng thịt cá được đặt vào hộp nhôm có bọc giấy bạc ở bên trong và bên ngoài, hấp chín bằng hơi nước ở nhiệt độ 100°C trong 15 phút.

Mỗi cảm quan viên sẽ nhận được 2 mẫu đôi có ngày bảo quản khác nhau. Mỗi lần đánh giá chỉ đánh giá 2 mẫu, tức 4 mẫu được đưa 2 lần. Các mẫu được đánh giá cảm quan đồng thời bằng 2 phương pháp QDA và Torry.

Việc đánh giá cảm quan luôn thực hiện trong cùng 1 buồng cảm quan, ở nhiệt độ phòng, dưới ánh sáng trắng và ít bị ảnh hưởng bởi các tác động bên ngoài.

Thang điểm QDA cho phi lê cá rô phi vằn

I. Mùi

1. Mùi khoai tây nguyên củ mới luộc/ mùi bột luộc
2. Mùi tanh khi để nguội
3. Mùi bùn
4. Mùi khai
5. Mùi mốc
6. Mùi ôi khét
7. Mùi thối, mùi trứng ung

II. Bề ngoài

1. Màu sáng – sậm
2. Bề mặt láng mịn – khô/ rỗ

III. Cấu trúc/ kết cấu cơ thịt

1. Độ bở khi xắn bằng thìa/ nĩa: 0% = không/ ít bở; 100% = rất bở
2. Mềm mại – khô xác
3. Độ sợi – độ nhám bề mặt của sợi
4. Cảm giác hồ bột khi nhai
5. Bở - dai
6. Khô (hút nước bọt khi nhai) - ứa dịch khi nhai

IV. Vị

1. Ngọt đạm
2. Béo
3. Chua
4. Ôi khét
5. Hỏng/ thối

(Nguồn: Mai Thị Tuyết Nga và cộng sự, 2019)

Bảng điểm cảm quan Torry sử dụng là bảng điểm dùng cho cá có độ béo trung bình, được phát triển bởi Shewan (1953) và cải tiến bởi Phòng Thí nghiệm Thủy sản IFL (cũ)- Iceland.

Bảng điểm Torry để đánh giá phi lê cá rô phi vằn

Chọn cho <u>một điểm duy nhất cho cả mùi, vị và cấu trúc</u>, có thể cho điểm lẻ đến 0,5.

Mùi	Vị	Điểm
Ban đầu thoảng mùi của gan cá tuyết luộc, mùi dầu tươi, mùi bột	Gan cá tuyết luộc, nước, kim loại	10
Mùi nhuyễn thể hai mảnh vỏ, mùi rong, mùi thịt luộc, mùi dầu, mùi gan cá tuyết	Béo, gan cá tuyết luộc, ngọt, thịt, đặc trưng	9
Mất mùi, mùi trung tính	Vị ngọt và đặc trưng, nhưng giảm cường độ	8
Mùi bào gỗ, nhựa gỗ, vani	Trung tính	7
Mùi sữa cô đặc, khoai tây luộc	Vô vị, lạt lẽo, lạt	6
Mùi bình sữa, gợi mùi quần áo luộc	Chua nhẹ, vết của vị lạ, ôi khét	5
Mùi acid lactic, sữa chua, TMA	Hơi đắng, chua, vị lạ, TMA, ôi khét	4
Mùi acid béo mạch ngắn (như acid acetic hoặc butyric), cỏ phân hủy, xà phòng, củ cải, mỡ bò	Đắng mạnh, cao su, sunfit nhẹ, ôi khét	3

(Nguồn: Shewan (1953), cải tiến bởi Phòng Thí nghiệm Thủy sản IFL (cũ) Iceland)

Phụ lục 2.18. Mô hình dự đoán mật độ vi sinh vật theo thời gian và nhiệt độ bảo quản

Mật độ vi sinh vật tại các nhiệt độ và thời gian bảo quản được tính toán dựa trên phương trình sơ cấp Baranyi & Roberts như sau

$$y = y_{max} + ln\left(\frac{1+exp\,(\mu_{max}t-h_0)-\exp\,(-h_0)}{\exp(y_{max}-y_0)+\exp(\mu_{max}t-h)-\exp\,(-h_0)}\right) \quad (1)$$

Trong đó

y: là logarit của nồng độ tế bào vi sinh vật ở thời gian t (lnN)

y_0: là logarit của nồng độ tế bào vi sinh vật ban đầu (CFU/g hay CFU/ml)

y_{max}: là logarit của nồng độ tế bào vi sinh vật tối đa (CFU/g hay CFU/ml)

μ_{max}: là tốc độ sinh trưởng tối đa của vi sinh vật (1/giờ)

t: là thời gian (giờ)

h_0: là thông số của mô hình $h_0 = \ln\left(\frac{1-q_0}{q_0}\right)$

$\boldsymbol{\lambda}$: là thời gian trễ, tức pha lag (giờ) $\lambda.\mu_{max} = h_0$

q_0: là thông số của mô hình, một đại lượng đặc trưng cho trạng thái sinh lý của tế bào vi sinh vật

Các thông số được tính toán từ phương trình sơ cấp (1) được dùng để tính tốc độ sinh trưởng tối đa bằng phương trình căn bậc hai của Ratkowsky (2)

$$\sqrt{\mu_{max}} = b(T - T_{min}) \quad (2)$$

Trong đó:

T_{min} : là nhiệt độ tối thiểu cho sự sinh trưởng của vi sinh vật ($°C^{-1}$)

b: là thông số của mô hình thực nghiệm ($°C^{-1}.h^{-1/2}$).

PHỤ LỤC 3. PHỤ LỤC SỐ LIỆU

Phụ lục 3.1. Giá trị trung bình và độ lệch chuẩn của các thành phần hoá học ban đầu trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản lạnh/lạnh đông

Mẫu	Lipid		Acid béo tự do		Peroxide		TBARS	
	TB	SD	TB	SD	TB	SD	TB	SD
Sau phi lê	1,19	0,03	2,86	0,05			0,170	0,004
Sau đông	0,68	0,04	4,87	0,12			0,107	0,012
3 tháng	2,25	0,07	5,81	0,09			0,631	0,048
6 tháng	3,18	0,1	3,55	0,09			0,697	0,021
9 tháng	2,06	0,15	4,07	0,21			0,759	0,027
12 tháng	1,75	0,08	3,97	0,13			0,801	0,113
0h							0,694	0,039
144h-1°C	2,51	0,09	6,89	0,11			0,912	0,053
216h-1°C	1,66	0,02	3,39	0,05			0,851	0,060
312h-1°C	1,81	0,05	1,93	0,05	2,13	0,15	0,745	0,046
96h-4°C	3,35	0,06	4,67	0,08			1,494	0,274
168h-4°C	2,9	0,1	6,54	0,24			1,024	0,125
240h-4°C	3,36	0,13	6,30	0,05	1,82	0,18	1,230	0,158

Phụ lục 3.2. Ảnh hưởng của phương pháp rã đông đến mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tháng 0	Between Groups	3E+10	3	9E+09	1.395	0.313
	Within Groups	5E+10	8	6E+09		
	Total	8E+10	11			
Tháng 1	Between Groups	7E+06	3	2E+06	0.535	0.671
	Within Groups	4E+07	8	5E+06		
	Total	4E+07	11			
Tháng 2	Between Groups	2E+07	3	6E+06	0.902	0.482
	Within Groups	6E+07	8	7E+06		
	Total	8E+07	11			
Tháng 3	Between Groups	9E+10	3	3E+10	0.788	0.534
	Within Groups	3E+11	8	4E+10		
	Total	4E+11	11			
Tháng 4	Between Groups	2E+09	3	6E+08	0.65	0.605
	Within Groups	7E+09	8	9E+08		
	Total	9E+09	11			

Tháng 5	Between Groups	1E+08	3	4E+07	1.12	0.397
	Within Groups	3E+08	8	3E+07		
	Total	4E+08	11			
Tháng 6	Between Groups	371092	3	1E+05	0.113	0.95
	Within Groups	9E+06	8	1E+06		
	Total	9E+06	11			
Tháng 7	Between Groups	6E+08	3	2E+08	0.763	0.546
	Within Groups	2E+09	8	3E+08		
	Total	3E+09	11			
Tháng 8	Between Groups	2E+07	3	6E+06	1.35	0.325
	Within Groups	3E+07	8	4E+06		
	Total	5E+07	11			

Coliform tháng 0 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	4816.7
1	3	5000
4	3	28733
2	3	118267
Sig.		0.357

Coliform tháng 1 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	1543.3
1	3	1610
4	3	3120
2	3	3183.3
Sig.		0.789

Coliform tháng 2 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	0
3	3	1466.7
2	3	2216.7
4	3	3483.3
Sig.		0.427

Coliform tháng 3 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	1643.3
3	3	5333.3
4	3	74117
2	3	211560
Sig.		0.564

Coliform tháng 4 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4	3	633.33
1	3	1000
2	3	24310
3	3	25567
Sig.		0.743

Coliform tháng 5 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	1326.7
3	3	1383.3
4	3	2016.7
2	3	8643.3
Sig.		0.458

Coliform tháng 6 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	1026.7
1	3	1033.3
4	3	1260
2	3	1450
Sig.		0.958

Coliform tháng 7 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	500
2	3	566.67
3	3	5833.3
4	3	18500
Sig.		0.581

Coliform tháng 8 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	0
3	3	500
4	3	566.67
2	3	3076.7
Sig.		0.329

Phụ lục 3.3. Ảnh hưởng của phương pháp rã đông đến mật độ *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tháng 0	Between Groups	1E+09	3	485523028	0.5	0.673
	Within Groups	6E+09	8	908445133		
	Total	8E+09	11			
Tháng 1	Between Groups	3E+13	3	2.5076E+13	2.4	0.221
	Within Groups	3E+13	8	1.0538E+13		
	Total	6E+13	11			
Tháng 2	Between Groups	1E+15	3	4.679E+14	127	0.008
	Within Groups	7E+12	8	3.6941E+12		
	Total	1E+15	11			
Tháng 3	Between Groups	2E+11	3	5.3516E+10	2.6	0.144
	Within Groups	1E+11	8	2.0251E+10		
	Total	3E+11	11			
Tháng 4	Between Groups	1E+12	3	3.7535E+11	5.5	0.024
	Within Groups	5E+11	8	6.789E+10		
	Total	2E+12	11			
Tháng 5	Between Groups	7E+14	3	2.3681E+14	18	0.001

	Within Groups	1E+14	8	1.3384E+13		
	Total	8E+14	11			
Tháng 6	Between Groups	3E+14	3	1.0971E+14	232	0
	Within Groups	4E+12	8	4.7332E+11		
	Total	3E+14	11			
Tháng 7	Between Groups	8E+12	3	2.5264E+12	23	0
	Within Groups	9E+11	8	1.1013E+11		
	Total	8E+12	11			
Tháng 8	Between Groups	2E+07	3	5342430.56	0.6	0.648
	Within Groups	7E+07	8	9316675		
	Total	9E+07	11			

***Pseudomon*as spp. tháng 0 (Tuckey HSD[a])**

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	2	3480
3	3	21137
4	3	23317
2	3	38100
Sig.		0.577

***Pseudomon*as spp. tháng 3 (Tuckey HSD[a])**

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4	3	54300
3	2	55400
1	3	69067
2	2	4E+05
Sig.		0.161

***Pseudomon*as spp. tháng 4 (Tuckey HSD[a])**

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	1E+05	
1	3	1E+05	
4	3	2E+05	186833.3333
2	3		836000
Sig.		0.976	0.062

***Pseudomon*as spp. tháng 5 (Tuckey HSD[a])**

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	1E+05	
1	3	1E+05	
4	3	3E+05	
2	3		17956666.67
Sig.		1	1

***Pseudomon*as spp. tháng 6 (Tuckey HSD[a])**

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	91267	
4	3	1E+05	
1	3	1E+05	
2	3		12200000
Sig.		1	1

***Pseudomon*as spp. tháng 7 (Tuckey HSD[a])**

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	59133	
3	3	63633	
4	3	1E+05	
2	3		1916666.667
Sig.		0.995	1

***Pseudomon*as spp. tháng 8 (Tuckey HSD[a])**

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	1127
3	3	2077
2	3	3493
4	3	4060
Sig.		0.657

Phụ lục 3.4. Ảnh hưởng của phương pháp rã đông đến lượng TPC trên phi lê cá rô phi vằn theo thời gian bảo quản

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tháng 0	Between Groups	2E+11	3	5E+10	1.03	0.43
	Within Groups	4E+11	8	5E+10		
	Total	6E+11	11			
Tháng 1	Between Groups	6E+16	3	2E+16	2.234	0.162
	Within Groups	8E+16	8	9E+15		
	Total	1E+17	11			
Tháng 2	Between Groups	5E+16	3	2E+16	2.952	0.098
	Within Groups	5E+16	8	6E+15		
	Total	1E+17	11			
Tháng 3	Between Groups	3E+13	3	1E+13	1.138	0.391
	Within Groups	7E+13	8	9E+12		
	Total	1E+14	11			
Tháng 4	Between Groups	5E+14	3	2E+14	108.13	0
	Within Groups	1E+13	8	2E+12		
	Total	5E+14	11			
Tháng 5	Between Groups	8E+15	3	3E+15	34.631	0
	Within Groups	6E+14	8	8E+13		
	Total	9E+15	11			
Tháng 6	Between Groups	9E+15	3	3E+15	7.236	0.011
	Within Groups	3E+15	8	4E+14		
	Total	1E+16	11			
Tháng 7	Between Groups	7E+12	3	2E+12	32.958	0
	Within Groups	6E+11	8	7E+10		
	Total	8E+12	11			
Tháng 8	Between Groups	2E+10	3	8E+09	1.715	0.241
	Within Groups	4E+10	8	5E+09		
	Total	6E+10	11			

TPC tháng 0 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	25467
3	3	2E+05
4	3	3E+05
2	3	3E+05
Sig.		0.45

TPC tháng 1 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	5E+05
3	3	1E+06
4	3	4E+07
2	3	2E+08
Sig.		0.196

TPC tháng 2 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	2E+05
3	3	3E+06
4	3	5E+06
2	3	2E+08
Sig.		0.14

TPC tháng 3 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	90767
4	3	1E+06
1	3	1E+06
2	3	4E+06
Sig.		0.349

TPC tháng 4 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	2E+05	
1	3	5E+05	
4	3	2E+06	
2	3		2E+07
Sig.		0.299	1

TPC tháng 5 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	7E+05	
1	3	1E+06	
4	3	6E+06	
2	3		6E+07
Sig.		0.891	1

TPC tháng 6 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	1E+06	
3	3	1E+06	
4	3	1E+07	
2	3		7E+07
Sig.		0.932	1

TPC tháng 7 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	2E+05	
3	3	2E+05	
2	3		2E+06
4	3		2E+06
Sig.		1	0.443

TPC tháng 8 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4	3	15167
3	3	37333
1	3	56433
2	3	1E+05
Sig.		0.222

Phụ lục 3.5. Ảnh hưởng của thời gian bảo quản lạnh đông đến hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tháng 0	Between Groups	0.4	3	0.118	0.552	0.661
	Within Groups	1.7	8	0.213		
	Total	2.1	11			
Tháng 1	Between Groups	8.6	3	2.877	2.375	0.146
	Within Groups	9.7	8	1.211		
	Total	18	11			
Tháng 2	Between Groups	3.8	3	1.264	4.095	0.049
	Within Groups	2.5	8	0.309		
	Total	6.3	11			
Tháng 3	Between Groups	30	3	9.983	7.426	0.011
	Within Groups	11	8	1.344		
	Total	41	11			
Tháng 4	Between Groups	8	3	2.65	3.211	0.083
	Within Groups	6.6	8	0.825		
	Total	15	11			
Tháng 5	Between Groups	7	3	2.323	6.32	0.017
	Within Groups	2.9	8	0.368		
	Total	9.9	11			
Tháng 6	Between Groups	13	3	4.443	6.054	0.019
	Within Groups	5.9	8	0.734		
	Total	19	11			
Tháng 7	Between Groups	5.9	3	1.954	7.225	0.012
	Within Groups	2.2	8	0.27		
	Total	8	11			
Tháng 8	Between Groups	9.6	3	3.201	24.361	0
	Within Groups	1.1	8	0.131		
	Total	11	11			

TVB-N Tháng 0 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	10.08
3	3	10.08
2	3	10.22
4	3	10.5
Sig.		0.692

TVB-N Tháng 1 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	10.5
1	3	11.312
4	3	12.39
2	3	12.6
Sig.		0.168

TVB-N Tháng 2 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	11.9	
3	3	12.81	12.81
4	3	13.16	13.16
2	3		13.37
Sig.		0.091	0.624

TVB-N Tháng 3 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
2	3	13.3	
1	3	13.372	
3	3	14.812	14.812
4	3		17.2
Sig.		0.431	0.13

TVB-N Tháng 4 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
4	3	13.832
2	3	14.84
1	3	15.694
3	3	15.892
Sig.		0.091

TVB-N Tháng 5 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	14.84	
4	3	14.98	
3	3	15.89	15.89
2	3		16.73
Sig.		0.225	0.384

TVB-N Tháng 6 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	14.28	
3	3	15.288	15.288
2	3		16.548
4	3		16.947
Sig.		0.511	0.161

TVB-N Tháng 7 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	15.162	
1	3	16.002	16.002
2	3		16.752
4	3		16.93
Sig.		0.272	0.207

TVB-N Tháng 8 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	16.38	
1	3	16.45	
4	3		17.99
2	3		18.375
Sig.		0.995	0.587

Phụ lục 3.6. Ảnh hưởng của quá trình rã đông đến điểm QI của phi lê cá rô phi vằn

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Tháng 0	Between Groups	.173	3	.058	1.007	.438
	Within Groups	.458	8	.057		
	Total	.631	11			
Tháng 1	Between Groups	.345	3	.115	4.515	.039
	Within Groups	.204	8	.025		
	Total	.549	11			
Tháng 2	Between Groups	1.034	3	.345	1.428	.305
	Within Groups	1.931	8	.241		
	Total	2.965	11			
Tháng 3	Between Groups	.238	3	.079	1.223	.363
	Within Groups	.519	8	.065		
	Total	.756	11			
Tháng 4	Between Groups	.599	3	.200	2.594	.125
	Within Groups	.616	8	.077		
	Total	1.215	11			
Tháng 5	Between Groups	1.211	3	.404	12.537	.002
	Within Groups	.258	8	.032		
	Total	1.469	11			
Tháng 6	Between Groups	.826	3	.275	4.445	.041
	Within Groups	.495	8	.062		
	Total	1.321	11			
Tháng 7	Between Groups	.032	3	.011	.566	.653
	Within Groups	.153	8	.019		
	Total	.185	11			
Tháng 8	Between Groups	.289	3	.096	6.944	.013
	Within Groups	.111	8	.014		
	Total	.400	11			

QI của Tháng 0 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	.1389
2	3	.2500
1	3	.2778
4	3	.4722
Sig.		.381

QI của Tháng 1 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
1	3	0.0000	
3	3	.1667	.1667
2	3	.1944	.1944
4	3		.4722
Sig.		.484	.166

QI của Tháng 2 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	.3333
2	3	.4722
3	3	.6111
4	3	1.1111
Sig.		.286

QI của Tháng 3 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	.3611
2	3	.5000
3	3	.5833
4	3	.7500
Sig.		.311

QI của Tháng 4 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	.5000
1	3	.6667
4	3	1.0000
2	3	1.0278
Sig.		.170

QI của Tháng 5 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	.6933	
1	3	.7233	
4	3		1.1933
2	3		1.4433
Sig.		.997	.380

QI của Tháng 6 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
3	3	1.1111
1	3	1.1667
4	3	1.5833
2	3	1.7222
Sig.		.066

QI của Tháng 7 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05
		1
1	3	1.6944
3	3	1.7778
4	3	1.8056
2	3	1.8333
Sig.		.626

QI của Tháng 8 (Tuckey HSD[a])

Phương pháp	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
3	3	1.5556	
1	3	1.5833	
4	3	1.6389	1.6389
2	3		1.9444
Sig.		.822	.052

Phụ lục 3.7. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	705.357	6	117.559	3.527	0.016
Within Groups	633.382	19	33.336		
Total	1338.739	25			

TVB-N ở nhiệt độ 1 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0	8	12.8224	
72	3	16.135	16.135
144	3	16.5375	16.5375
240	3	17.9725	17.9725
192	3	18.375	18.375
288	3	24.325	24.325
312	3		28.8575
Sig.		0.194	0.121

Phụ lục 3.8. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3177.845	6	529.641	7.325	0
Within Groups	1373.815	19	72.306		
Total	4551.66	25			

TVB-N ở nhiệt độ 4 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0	8	12.8224	
48	3	14.56	
96	3	15.757	
144	3	16.8175	
168	3	18.872	
216	3	25.263	
240	3		48.902
Sig.		0.517	1

Phụ lục 3.9. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	825.745	6	137.624	5.877	0.001
Within Groups	17:45.6	19	23.417		
Total	1270.674	25			

TVB-N ở nhiệt độ 9 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
0	8	12.8224	
120	3	15.2775	
24	3	17.367	
48	3	18.4975	18.4975
72	3	21.91	21.91
168	3	23.1875	23.1875
192	3		30.5025
Sig.		0.139	0.061

Phụ lục 3.10. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	20327.5	6	3387.916	23.037	0
Within Groups	2794.27	19	147.067		
Total	23121.77	25			

TVB-N ở nhiệt độ 15 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	12.8224			
24	3	14.4025			
63	3	19.8275	19.8275		
87	3		47.11	47.11	
97	3			57.435	57.435
119	3				80.2725
111	3				82.215
Sig.		0.988	0.108	0.923	0.174

Phụ lục 3.11. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 19 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	33534	6	5588.9	41.361	0
Within Groups	2567.4	19	135.13		
Total	36101	25			

TVB-N ở nhiệt độ 19 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	8	12.822				
20	3	18.41				
44	3	33.705	33.705			
68	3		60.235	60.235		
74	3			74.375	74.375	
78	3				92.295	92.295
80	3					111.24
Sig.		0.291	0.1	0.707	0.458	0.396

Phụ lục 3.12. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	65937.9	6	10989.65	81.961	0
Within Groups	2547.583	19	134.083		
Total	68485.483	25			

TVB-N ở nhiệt độ 25 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	8	12.8224				
14	3	26.915				
26	3	37.275	37.275			
38	3		59.78	59.78		
48	3			70.385		
60	3				108.29	
69	3					169.61
Sig.		0.149	0.216	0.895	1	1

Phụ lục 3.13. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1716.118	6	286.02	50.732	0
Within Groups	107.119	19	5.638		
Total	1823.237	25			

TVB-N ở nhiệt độ 29 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	8	12.8224				
5	3	18.725	18.725			
9	3		20.265	20.265		
11	3		22.575	22.575		
15	3			25.2	25.2	
19	3				30.835	
24	3					37.66
Sig.		0.06	0.401	0.161	0.08	1

Phụ lục 3.14. Hàm lượng TVB-N của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	318.018	6	53.003	26.181	0
Within Groups	38.465	19	2.024		
Total	356.483	25			

TVB-N ở nhiệt độ môi trường (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	12.8224			
4	3	15.484	15.484		
12	3		16.695	16.695	
8	3		19.026	19.026	
10	3			19.586	
14	3			19.635	19.635
16	3				23.275
Sig.		0.251	0.06	0.165	0.05

Phụ lục 3.15. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	216.538	6	36.09	6.083	.000
Within Groups	207.646	35	5.933		
Total	424.184	41			

QI ở nhiệt độ 1 ± 1°C (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
72	6	1.6383		
0	6	1.64		
144	6	2.4717	2.4717	
240	6	4.4717	4.4717	4.4717
192	6	4.9183	4.9183	4.9183
288	6		6.3333	6.3333
312	6			8.0533
Sig.		0.258	0.117	0.174

Phụ lục 3.16. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	465.739	6	77.623	22.894	.000
Within Groups	118.667	35	3.39		
Total	584.406	41			

QI ở nhiệt độ 4 ± 1°C (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	6	1.0833				
48	6	3.6	3.6			
96	6		5.1333	5.1333		
144	6		6.4833	6.4833		
168	6			7.5833	7.5833	
216	6				9.8667	9.8667
240	6					11.55
Sig.		0.243	0.125	0.27	0.349	0.693
0	6	1.0833				

Phụ lục 3.17. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	640.213	6	106.702	40.069	640.213
Within Groups	93.203	35	2.663		93.203
Total	733.416	41			733.416

QI ở nhiệt độ 9 ± 1°C (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
24	6	0.95			
0	6	1.0833			
48	6	3.7333	3.7333		
72	6		4.7167		
120	6			8.05	
168	6			9.6833	9.6833
192	6				11.75
Sig.		0.074	0.94	0.599	0.325

Phụ lục 2.18. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	985.583	6	164.264	296.735	.000
Within Groups	19.375	35	.554		
Total	1004.958	41			

QI ở nhiệt độ 15 ± 1°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	6	1.0833			
24	6	1.4167			
63	6		8.4167		
87	6			11.5	
97	6			11.8333	11.8333
111	6				12.9167
119	6				12.9167
Sig.		0.986	1	0.986	0.183

Phụ lục 3.19. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 19± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	832.205	6	138.701	85.582	.000
Within Groups	56.723	35	1.621		
Total	888.928	41			

QI ở nhiệt độ 19 ± 1°C (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	6	1.0833		
20	6	2.945		
44	6		8.7367	
68	6		10.7217	10.7217
74	6			11.25
78	6			13
80	6			13
Sig.		0.179	0.128	0.053

Phụ lục 3.20. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	616.706	6	102.784	523.329	.000
Within Groups	6.874	35	0.196		
Total	623.58	41			

QI ở nhiệt độ 25 ± 1°C (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	6	1.0833				
14	6		3.8667			
26	6			7.5083		
38	6				9.6667	
48	6					11.125
60	6					11.5
69	6					11.5833
Sig.		1	1	1	1	0.562

Phụ lục 3.21. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	461	6	76.858	130.07	0
Within Groups	21	35	0.591		
Total	482	41			

QI ở nhiệt độ 29 ± 1°C (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	6	1.8333			
5	6	2			
9	6	2.875	2.875		
11	6	3.0917	3.0917		
15	6		4		
19	6			8.25	
24	6				11.2083
Sig.		0.096	0.178	1	1

Phụ lục 3.22. Điểm QI phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	427.22	6	71.203	62.599	0
Within Groups	39.81	35	1.137		
Total	467.03	41			

QI ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	6	1.5833			
4	6	2.0417	2.0417		
8	6	3.0833	3.0833		
10	6		3.9583		
12	6			7.2083	
14	6			8.925	8.925
16	6				10.125
Sig.		0.214	0.052	0.107	0.464

Phụ lục 3.23. Đánh giá cảm quan QDA và điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
M1	Between Groups	2175.392	6	362.565	1.302	0.27
	Within Groups	17550.12	63	278.573		
	Total	19725.51	69			
M2	Between Groups	706.748	6	117.791	0.418	0.864
	Within Groups	17753.62	63	281.803		
	Total	18460.37	69			
M3	Between Groups	223.012	6	37.169	0.143	0.99
	Within Groups	16341.26	63	259.385		
	Total	16564.27	69			
M4	Between Groups	653.698	6	108.95	1.328	0.258
	Within Groups	5167.619	63	82.026		
	Total	5821.317	69			
M5	Between Groups	37.864	6	6.311	0.369	0.896
	Within Groups	1076.547	63	17.088		

	Total	1114.411	69			
M6	Between Groups	15.948	6	2.658	0.405	0.873
	Within Groups	413.96	63	6.571		
	Total	429.908	69			
M7	Between Groups	201.456	6	33.576	1.427	0.218
	Within Groups	1482.25	63	23.528		
	Total	1683.706	69			
B1	Between Groups	5453.077	6	908.846	2.415	0.037
	Within Groups	23711.56	63	376.374		
	Total	29164.64	69			
B2	Between Groups	5237.997	6	873	2.694	0.022
	Within Groups	20411.67	63	323.995		
	Total	25649.67	69			
CT1	Between Groups	491.894	6	81.982	0.223	0.968
	Within Groups	23161.33	63	367.64		
	Total	23653.23	69			
CT2	Between Groups	1454.943	6	242.49	0.849	0.537
	Within Groups	17986.32	63	285.497		
	Total	19441.27	69			
CT3	Between Groups	3364.247	6	560.708	2.684	0.022
	Within Groups	13162.43	63	208.927		
	Total	16526.67	69			
CT4	Between Groups	783.885	6	130.647	0.319	0.925
	Within Groups	25817.74	63	409.805		
	Total	26601.62	69			
CT5	Between Groups	2225.06	6	370.843	1.863	0.101
	Within Groups	12542.39	63	199.085		
	Total	14767.45	69			
CT6	Between Groups	1426.985	6	237.831	0.712	0.641
	Within Groups	21050.82	63	334.14		
	Total	22477.81	69			
V1	Between Groups	3961.851	6	660.309	1.625	0.155
	Within Groups	25600.33	63	406.354		
	Total	29562.18	69			
V2	Between Groups	722.692	6	120.449	1.6	0.162
	Within Groups	4742.004	63	75.27		
	Total	5464.696	69			
V3	Between Groups	266.481	6	44.413	0.986	0.443

	Within Groups	2838.222	63	45.051		
	Total	3104.703	69			
V4	Between Groups	13.959	6	2.327	1.051	0.402
	Within Groups	139.469	63	2.214		
	Total	153.429	69			
V5	Between Groups	244.275	6	40.712	1.154	0.342
	Within Groups	2222.39	63	35.276		
	Total	2466.665	69			
Torry	Between Groups	9.982	6	1.664	1.889	0.097
	Within Groups	55.491	63	0.881		
	Total	65.473	69			

M1: Mùi khoai tây nguyên củ mới luộc/ mùi bột luộc (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
72	10	44.599
240	10	45.069
0	10	45.734
144	10	51.066
216	10	54.066
192	10	56.400
264	10	59.667
Sig.		.414

M2: Mùi tanh khi để nguội (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
192	10	17.332
264	10	17.466
0	10	20.400
240	10	23.401
216	10	24.533
72	10	24.533
144	10	25.334
Sig.		.936

M3: Mùi bùn (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
144	10	10.201
240	10	11.332
192	10	11.666
216	10	11.666
264	10	12.333
72	10	14.202
0	10	15.868
Sig.		.985

M4: Mùi khai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
144	10	4.867
72	10	5.268
0	10	7.734
216	10	7.932
192	10	9.935
240	10	10.733
264	10	14.332
Sig.		.243

M5: Mùi mốc (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	1.733
192	10	2.533
144	10	3.066
240	10	3.533
72	10	3.599
264	10	3.600
216	10	4.067
Sig.		.866

M6: Mùi ôi khét (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	.600
144	10	.733
192	10	1.200
72	10	1.266
240	10	1.333
216	10	1.734
264	10	2.066
Sig.		.859

M7: Mùi thôi, mùi trứng ung (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	.933
72	10	1.333
144	10	1.400
240	10	2.800
216	10	3.200
192	10	3.932
264	10	6.133
Sig.		.217

B1: Màu sáng – sậm (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
144	10	25.599	
240	10	39.466	39.466
216	10	44.800	44.800
72	10	47.335	47.335
192	10	50.467	50.467
264	10	51.733	51.733
0	10		52.668
Sig.		.054	.731

B2: Bề mặt láng mịn-khô/rỗ (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
144	10	20.933	
216	10	26.134	26.134
264	10	33.267	33.267
240	10	33.468	33.468
0	10	37.666	37.666
192	10	43.267	43.267
72	10		47.934
Sig.		.097	.113

CT1: Độ bở khi xắn thìa/nĩa (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
144	10	30.200
240	10	33.667
0	10	35.401
192	10	37.200
264	10	37.332
216	10	37.400
72	10	38.333
Sig.		.963

CT2: Mềm mại/ khô xác (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
144	10	38.000
216	10	44.467
0	10	48.001
240	10	48.267
264	10	50.133
72	10	51.600
192	10	52.133
Sig.		.507

CT3: Độ sợi-độ nhám bề mặt của sợi (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
144	10	28.600	
0	10	41.199	41.199
240	10	42.134	42.134
216	10	44.267	44.267
72	10	45.334	45.334
264	10		50.665
192	10		50.733
Sig.		.147	.758

CT4: Cảm giác hồ bột khi nhai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
144	10	27.532
0	10	29.066
72	10	32.467
240	10	33.000
264	10	33.933
192	10	35.268
216	10	38.201
Sig.		.900

CT5: Bở - dai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	40.600
264	10	43.800
192	10	45.332
240	10	46.601
216	10	54.467
72	10	54.800
144	10	55.532
Sig.		.230

CT6: Khô- ứa dịch khi nhai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	31.133
72	10	33.000
264	10	34.668
192	10	36.600
216	10	38.068
240	10	42.200
144	10	44.665
Sig.		.648

V1: Ngọt đạm (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
264	10	26.000
192	10	29.066
216	10	32.200
240	10	38.531
144	10	39.000
72	10	43.867
0	10	48.666
Sig.		.172

V2: Béo (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
192	10	4.600
264	10	4.732
240	10	9.067
0	10	9.266
72	10	10.266
216	10	12.867
144	10	13.269
Sig.		.293

V3: Chua (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
72	10	1.200
144	10	2.532
0	10	3.067
240	10	3.799
264	10	4.335
216	10	4.466
192	10	7.934
Sig.		.288

V4: Ôi khét (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
144	10	0.000
216	10	.067
192	10	.467
0	10	.533
264	10	.533
240	10	.667
72	10	1.467
Sig.		.308

V5: Hỏng/Thối (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
144	10	0.00
216	10	0.00
0	10	.067
72	10	.067
240	10	.333
264	10	.400
192	10	5.466
Sig.		.390

Torry (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
264	10	7.0
192	10	7.25
240	10	7.50
72	10	7.78
216	10	7.87
0	10	8.05
144	10	8.06
Sig.		.168

Phụ lục 3.24. Đánh giá cảm quan QDA và điểm Torry của phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
M1	Between Groups	481.236	6	80.206	.190	.979
	Within Groups	26572.119	63	421.780		
	Total	27053.355	69			
M2	Between Groups	449.502	6	74.917	.209	.973
	Within Groups	22551.501	63	357.960		
	Total	23001.003	69			
M3	Between Groups	272.863	6	45.477	.326	.921
	Within Groups	8790.737	63	139.536		
	Total	9063.601	69			
M4	Between Groups	282.548	6	47.091	.444	.847
	Within Groups	6682.466	63	106.071		
	Total	6965.014	69			
M5	Between Groups	184.509	6	30.752	.705	.646
	Within Groups	2746.427	63	43.594		
	Total	2930.936	69			
M6	Between Groups	287.129	6	47.855	.500	.806
	Within Groups	6034.439	63	95.785		
	Total	6321.568	69			
M7	Between Groups	35.760	6	5.960	.056	.999
	Within Groups	6652.895	63	105.602		

	Total	6688.655	69			
B1	Between Groups	1704.942	6	284.157	.664	.679
	Within Groups	26945.301	63	427.703		
	Total	28650.243	69			
B2	Between Groups	803.863	6	133.977	.431	.855
	Within Groups	19562.397	63	310.514		
	Total	20366.261	69			
CT1	Between Groups	2220.338	6	370.056	1.243	.297
	Within Groups	18759.604	63	297.771		
	Total	20979.942	69			
CT2	Between Groups	2209.750	6	368.292	1.329	.257
	Within Groups	17453.874	63	277.046		
	Total	19663.624	69			
CT3	Between Groups	1503.833	6	250.639	.949	.467
	Within Groups	16642.172	63	264.161		
	Total	18146.004	69			
CT4	Between Groups	1136.509	6	189.418	.481	.820
	Within Groups	24791.719	63	393.519		
	Total	25928.228	69			
CT5	Between Groups	1592.027	6	265.338	1.161	.339
	Within Groups	14398.495	63	228.548		
	Total	15990.522	69			
CT6	Between Groups	2552.622	6	425.437	1.252	.292
	Within Groups	21406.869	63	339.792		
	Total	23959.492	69			
V1	Between Groups	5945.754	6	990.959	2.398	.038
	Within Groups	26029.445	63	413.166		
	Total	31975.199	69			
V2	Between Groups	596.107	6	99.351	1.678	.141
	Within Groups	3729.647	63	59.201		
	Total	4325.754	69			
V3	Between Groups	102.609	6	17.101	.540	.776
	Within Groups	1993.970	63	31.650		
	Total	2096.579	69			
V4	Between Groups	89.607	6	14.934	.834	.548
	Within Groups	1128.572	63	17.914		
	Total	1218.178	69			

V5	Between Groups	61.391	6	10.232	.928	.482
	Within Groups	694.949	63	11.031		
	Total	756.340	69			
Torry	Between Groups	8.638	6	1.440	2.017	.076
	Within Groups	44.956	63	.714		
	Total	53.594	69			

M1: Mùi khoai tây nguyên củ mới luộc/ mùi bột luộc (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
192	10	43.734
144	10	44.534
0	10	46.667
120	10	47.399
168	10	48.999
96	10	49.934
48	10	51.535
Sig.		.978

M2: Mùi tanh khi để nguội (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
192	10	14.534
120	10	15.867
144	10	15.934
48	10	18.267
96	10	19.532
0	10	19.533
168	10	22.399
Sig.		.966

M3: Mùi bùn (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
168	10	6.133
0	10	7.734

120	10	8.266
96	10	9.667
144	10	10.199
48	10	11.201
192	10	12.334
Sig.		.901

M4: Mùi khai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
168	10	8.933
120	10	11.399
0	10	11.666
192	10	11.733
96	10	13.933
48	10	14.598
144	10	15.066
Sig.		.835

M5: Mùi mốc (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
168	10	2.933
48	10	3.399
0	10	3.533
192	10	4.867
120	10	5.202
144	10	5.800
96	10	7.999
Sig.		.608

M6: Mùi ôi khét (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
168	10	2.332
48	10	2.933
0	10	3.266

144	10	4.466
120	10	5.733
192	10	7.333
96	10	7.866
Sig.		.865

M7: Mùi thối, mùi trứng ung (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
48	10	4.733
192	10	4.733
96	10	5.266
144	10	5.266
120	10	5.933
0	10	5.999
168	10	6.866
Sig.		.999

B1: Màu sáng – sậm (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
120	10	39.533
144	10	43.267
168	10	44.533
192	10	47.401
48	10	47.866
0	10	53.267
96	10	54.400
Sig.		.678

B2: Bề mặt láng mịn – khô/rỗ (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	32.067
168	10	35.867
120	10	36.933

192	10	36.933
48	10	39.732
96	10	42.00
144	10	42.40
Sig.		.844

CT1: Độ bở khi xắn thìa/nĩa (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
120	10	38.535
0	10	41.199
48	10	44.201
96	10	45.268
144	10	50.334
168	10	50.533
192	10	56.133
Sig.		.270

CT2: Mềm mại – khô xác (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	32.933
96	10	40.80
48	10	41.134
120	10	41.267
192	10	46.20
144	10	47.80
168	10	51.667
Sig.		.171

CT3: Độ sợi – độ nhám bề mặt của sợi (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	37.401
96	10	43.665

192	10	43.934
48	10	44.134
120	10	48.733
144	10	50.401
168	10	52.066
Sig.		.414

CT4: Cảm giác hồ bột khi nhai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
96	10	33.401
0	10	35.533
120	10	37.60
48	10	38.067
192	10	41.332
144	10	44.001
168	10	45.133
Sig.		.839

CT5: Bở - dai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
192	10	38.067
144	10	39.734
96	10	43.333
48	10	43.401
120	10	46.734
168	10	47.60
0	10	53.332
Sig.		.281

CT6: Khô-ứ dịch khi nhai (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
120	10	29.667

168	10	30.334
192	10	30.465
144	10	35.533
48	10	39.199
96	10	40.066
0	10	47.201
Sig.		.350

V1: Ngọt đạm (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
192	10	15.334	
120	10	25.666	25.666
168	10	27.466	27.466
144	10	35.867	35.867
96	10	37.935	37.935
48	10	39.6	39.6
0	10		44.199
Sig.		.123	.401

V2: Béo (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
192	10	2.134
144	10	4.532
120	10	5.467
48	10	5.80
0	10	8.666
96	10	10.335
168	10	10.534
Sig.		.199

V3: Chua (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	1.133
192	10	1.533

120	10	1.867
96	10	3.20
48	10	3.666
144	10	4.20
168	10	4.265
Sig.		.874

V4: Ôi khét (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	0.00
48	10	.333
144	10	.534
120	10	.60
192	10	1.733
168	10	2.40
96	10	3.267
Sig.		.602

V5: Hỏng/ thối (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
0	10	0.00
48	10	.134
144	10	.267
120	10	.333
192	10	.60
168	10	.799
96	10	2.934
Sig.		.44

Torry (Tuckey HSD[a])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05
		1
48	10	6.60
120	10	6.65

0	10	6.85
144	10	7.00
96	10	7.03
192	10	7.45
168	10	7.60
Sig.		.130

Phụ lục 3.25. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 1 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	28.46	8.00E+00	3.56E+00	10.251	0
	Within Groups	6.941	20	0.347		
	Total	35.401	28			

Log Coliform ở nhiệt độ 1 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	5	2.862		
144	3	4.0175	4.0175	
240	3	4.4214	4.4214	
192	3	4.4411	4.4411	
72	3		4.5815	
216	3		4.9417	4.9417
264	3		5.323	5.323
288	3		5.4942	5.4942
312	3			6.2197
Sig.		0.062	0.094	0.203

Phụ lục 3.26. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 4 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	105.499	8	13.187	46.9	0
	Within Groups	5.624	20	0.281		
	Total	111.123	28			

Log coliform ở nhiệt độ 4 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
0	5	2.862					
48	3	3.6833	3.6833				
96	3		4.89	4.89			
120	3			5.3033	5.3033		
144	3			6.24	6.24		
168	3				6.5467		
192	3				6.76	6.76	
240	3					8.1633	8.1633
216	3						8.6433
Sig.		0.596	0.161	0.086	0.052	0.067	0.961

Phụ lục 3.27. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 9 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	142.486	8	17.811	57.717	0
	Within Groups	6.172	20	0.309		
	Total	148.658	28			

Log coliform ở nhiệt độ 9 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	5	2.862			
48	3	3.7275			
24	3	4.2463			
72	3		5.7887		
120	3		6.5939	6.5939	
96	3		6.7942	6.7942	
144	3			7.9572	7.9572
168	3				8.6342
192	3				9.3241
Sig.		0.098	0.404	0.107	0.105

Phụ lục 3.28. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 15 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	115.692	8	14.461	38.115	0
	Within Groups	7.588	20	0.379		
	Total	123.28	28			

Log coliform ở nhiệt độ 15 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	5	2.862				
24	3	4.026	4.026			
48	3		4.6995	4.6995		
73	3		5.3818	5.3818	5.3818	
63	3			6.0069	6.0069	
97	3				6.909	6.909
119	3					8.1529
87	3					8.1977
111	3					8.4679
Sig.		0.351	0.19	0.224	0.101	0.089

Phụ lục 3.29. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 19 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	201.044	8	25.13	174.691	0
	Within Groups	2.877	20	0.144		
	Total	203.921	28			

Log coliform ở nhiệt độ 19 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
0	5	2.862					
20	3		4.6381				

32	3			6.1739			
44	3			6.7413			
56	3				7.9553		
78	3				8.7041	8.7041	
68	3					9.057	
74	3					9.2205	
80	3						11.3898
Sig.		1	1	0.637	0.301	0.737	1

Phụ lục 3.30. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 25 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	477.798	8	59.725	376.962	0
	Within Groups	3.169	20	0.158		
	Total	480.967	28			

Log coliform ở nhiệt độ 25 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
0	5	2.862					
14	3		6.4203				
26	3			8.2732			
38	3				11.4833		
66	3				12.4854	12.4854	
48	3					12.5962	
60	3					13.2015	
69	3					13.5361	13.5361
72	3						14.5525
Sig.		1	1	1	0.092	0.068	0.084

Phụ lục 3.31. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 29 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	155.397	8	19.425	30.489	0
	Within Groups	12.742	20	0.637		
	Total	168.139	28			

Log coliform ở nhiệt độ 29 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	5	2.862				
5	3		5.1509			
9	3		5.822	5.822		
15	3		7.178	7.178		
11	3			7.3786	7.3786	
19	3			7.4634	7.4634	
22	3			7.8536	7.8536	
23	3				9.4445	9.4445
24	3					10.4416
Sig.		1	0.087	0.086	0.077	0.812

Phụ lục 3.32. Mật độ coliform trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log coliform	Between Groups	164.729	8	20.591	68.348	0
	Within Groups	6.025	20	0.301		
	Total	170.755	28			

Log coliform ở nhiệt độ 30-33,5°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
0	5	2.862					
2	3	4.3254	4.3254				
4	3		4.7131	4.7131			
6	3			6.1785	6.1785		
8	3				7.2869	7.2869	
10	3					8.6737	8.6737
12	3					8.7823	8.7823
14	3						9.0925
16	3						9.2492
Sig.		0.064	0.991	0.063	0.275	0.055	0.916

Phụ lục 3.33. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 9 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log *E.coli*	Between Groups	20.89	6	3.482	7.269	0.001
	Within Groups	6.227	13	0.479		
	Total	27.117	19			

Log *E.coli* ở nhiệt độ 9 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
48	2	3.1746	
72	3	4.631	4.631
96	3	5.1134	5.1134
120	3		5.4752
144	3		6.1171
192	3		6.5138
168	3		6.5244
Sig.		0.063	0.072

Phụ lục 3.34. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 15 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log *E.coli*	Between Groups	38.621	7	5.517	17.636	0
	Within Groups	5.005	16	0.313		
	Total	43.626	23			

Log *E.coli* ở nhiệt độ 15 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
24	3	3.2702			
48	3	3.6749			
63	3	4.4276	4.4276		
111	3		5.6171	5.6171	
73	3		5.7097	5.7097	5.7097
87	3		5.9353	5.9353	5.9353
97	3			6.1754	6.1754
119	3				7.2812
Sig.		0.249	0.067	0.913	0.052

Phụ lục 3.35. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 19 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log *E.coli*	Between Groups	105.011	7	15.002	127.315	0
	Within Groups	1.885	16	0.118		
	Total	106.896	23			

Log *E.coli* ở nhiệt độ 19 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
20	3	4.3586					
32	3		5.628				
44	3			7.1324			
56	3				8.1789		
68	3				8.2951		
74	3					9.5565	
78	3					9.7119	
80	3						11.1452
Sig.		1	1	1	1	0.999	1

Phụ lục 3.36. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 25 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log *E.coli*	Between Groups	102.825	7	14.689	126.435	0
	Within Groups	1.859	16	0.116		
	Total	104.684	23			

Log *E.coli* ở nhiệt độ 25 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
14	3	5.9199			
26	3	6.7395			
38	3		9.092		
60	3		9.5017	9.5017	
48	3		9.566	9.566	
66	3			10.0624	
69	3				11.9538
72	3				12.2275
Sig.		0.127	0.686	0.502	0.97

Phụ lục 3.37. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 29 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log *E.coli*	Between Groups	75.69	7	10.813	50.763	0
	Within Groups	3.408	16	0.213		
	Total	79.098	23			

Log *E.coli* ở nhiệt độ 29 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
5	3	3.3657					
9	3	4.2781	4.2781				
15	3		5.2459	5.2459			
19	3			6.151	6.151		
11	3				6.6983		
22	3				7.3256	7.3256	
23	3					8.3212	8.3212
24	3						8.7719
Sig.		0.295	0.236	0.303	0.094	0.211	0.922

Phụ lục 3.38. Mật độ *E.coli* trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log *E.coli*	Between Groups	64.69	7	9.241	129.639	0
	Within Groups	1.141	16	0.071		
	Total	65.83	23			

Log *E.coli* ở nhiệt độ 30 - 33,5°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
2	3	3.9162		
4	3	4.2626		
8	3		5.7999	
6	3		6.1111	
10	3		6.3473	
16	3			8.0918
12	3			8.317
14	3			8.3601
Sig.		0.75	0.258	0.911

Phụ lục 3.39. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 1 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	68.323	8	8.54	29.189	0
	Within Groups	6.73	23	0.293		
	Total	75.053	31			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	103.434	8	12.929	21.971	0
	Within Groups	13.535	23	0.588		
	Total	116.969	31			

Log TPC ở nhiệt độ 1 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	5.5982			
72	3	5.6894			
144	3	6.7814	6.7814		
192	3		7.4592	7.4592	
240	3			8.2985	8.2985
264	3			8.5205	8.5205
216	3			8.7051	8.7051
288	3			8.8258	8.8258
312	3				9.6375
Sig.		0.176	0.8	0.077	0.087

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 1 ± 1°C (Tuckey HSDab)

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05	
		1	2
72	3	3.557	
0	8	4.2248	
144	3	4.3549	
192	3		6.6896
288	3		6.9518
216	3		7.6345
264	3		7.8899
240	3		7.9942
312	3		8.419
Sig.		0.915	0.151

Phụ lục 3.40. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	84.484	8	10.561	27.079	0
	Within Groups	8.97	23	0.39		
	Total	93.454	31			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	103.346	8	12.918	27.128	0
	Within Groups	10.953	23	0.476		
	Total	114.299	31			

Log TPC ở nhiệt độ 4 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	8	5.5982		
48	3	5.8452		
96	3	6.8053	6.8053	
144	3		8.138	8.138
120	3		8.1545	8.1545
192	3			9.1052
168	3			9.2533
240	3			9.5747
216	3			9.6699
Sig.		0.303	0.187	0.093

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 4 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	8	4.2248				
48	3	4.8645	4.8645			
96	3	5.4202	5.4202	5.4202		
144	3		6.312	6.312	6.312	
120	3			7.1627	7.1627	7.1627
168	3				8.0883	8.0883
192	3					8.3003
240	3					8.721
216	3					8.8754
Sig.		0.438	0.215	0.077	0.068	0.086

Phụ lục 3.41. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 9 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	75.777	8	9.472	21.776	0
	Within Groups	10.005	23	0.435		
	Total	85.781	31			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	94.253	8	11.782	62.841	0
	Within Groups	4.312	23	0.187		
	Total	98.565	31			

Log TPC ở nhiệt độ 9 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
24	3	5.5974					
0	8	5.5982					
48	3	5.8415	5.8415				
72	3	6.9237	6.9237	6.9237			
120	3		7.3865	7.3865	7.3865		
96	3			7.9222	7.9222	7.9222	
144	3				8.8483	8.8483	8.8483
168	3					9.2081	9.2081
192	3						9.7755
Sig.		0.259	0.122	0.607	0.165	0.293	0.691

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 9 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	4.2248			
48	3	4.2938			
24	3	4.3755			
72	3		5.7704		
96	3		6.4098		
120	3		6.8986	6.8986	
144	3			7.9085	7.9085
168	3				8.4181
192	3				8.6357
Sig.		1	0.062	0.125	0.477

Phụ lục 3.42. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 15 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	111.537	8	13.942	38.187	0
	Within Groups	8.397	23	0.365		
	Total	119.934	31			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	99.731	8	12.466	40.243	0
	Within Groups	7.125	23	0.31		
	Total	106.856	31			

Log TPC ở nhiệt độ 15 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
24	3	5.0198			
0	8	5.5982			
48	3		7.6582		
87	3		8.5535	8.5535	
73	3		8.5847	8.5847	
63	3		8.6906	8.6906	8.6906
111	3			9.6896	9.6896
97	3			9.9749	9.9749
119	3				10.2955
Sig.		0.945	0.455	0.119	0.054

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 15 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	8	4.2248		
24	3	4.8352		
48	3		6.6788	
73	3		7.7636	7.7636
97	3		7.8086	7.8086
87	3		7.8151	7.8151
63	3		7.9865	7.9865
119	3			8.6914
111	3			8.7507
Sig.		0.89	0.12	0.408

Phụ lục 3.43. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi vằn trong quá trình bảo quản ở 19 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	91.052	8	11.382	53.36	0
	Within Groups	4.906	23	0.213		
	Total	95.958	31			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	115.409	8	14.426	141.704	0
	Within Groups	2.342	23	0.102		
	Total	117.751	31			

Log TPC ở nhiệt độ 19 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	5.5982			
20	3	6.2237			
32	3		8.3708		
44	3		8.4915	8.4915	
56	3		9.0397	9.0397	9.0397
74	3		9.4163	9.4163	9.4163
68	3		9.4901	9.4901	9.4901
78	3			9.65	9.65
80	3				9.8452
Sig.		0.729	0.1	0.08	0.429

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 19 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	4.2248			
20	3	4.5362			
32	3		6.7056		
44	3			7.6076	
56	3			8.3839	8.3839
78	3			8.4017	8.4017
68	3				8.5195
74	3				8.6664
80	3				8.6682
Sig.		0.939	1	0.085	0.963

Phụ lục 3.44. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 25 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	235.867	8	29.483	45.368	0
	Within Groups	20.146	31	0.65		
	Total	256.013	39			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	65.858	8	8.232	63.478	0
	Within Groups	4.02	31	0.13		
	Total	69.878	39			

Log TPC ở nhiệt độ 25 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	5.5982			
14	4		8.6255		
38	4		9.814	9.814	
26	4		9.8686	9.8686	
48	4		9.8888	9.8888	
66	4			10.9477	
60	4			10.9999	
72	4				12.8502
69	4				13.0043
Sig.		1	0.383	0.466	1

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 25 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	8	4.2248				
66	4		5.3974			
69	4		6.0897	6.0897		
72	4			6.2473		
14	4			6.7665	6.7665	
26	4				7.0972	
60	4				7.1361	
48	4				7.5689	7.5689
38	4					8.2564
Sig.		1	0.157	0.177	0.061	0.163

Phụ lục 3.45. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở 29 ± 1°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	62.416	8	7.802	41.702	0
	Within Groups	5.8	31	0.187		
	Total	68.216	39			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	65.831	8	8.229	177.82	0
	Within Groups	1.435	31	0.046		
	Total	67.265	39			

Log TPC ở nhiệt độ 29 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	8	5.5982		
5	4	6.3166	6.3166	
11	4	6.3244	6.3244	
9	4	6.5041	6.5041	
15	4		7.0344	
24	4			8.414
22	4			8.5665
19	4			8.7011
23	4			8.8792
Sig.		0.094	0.312	0.816

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 29 ± 1°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
0	8	4.2248					
5	4	4.2393					
9	4		4.9907				
15	4			5.8423			
11	4			5.8674			
22	4				6.3632		
24	4				6.7445		
23	4					7.3631	
19	4						7.9791
Sig.		1	1	1	0.236	1	1

Phụ lục 3.46. Mật độ TPC và *Pseudomonas* spp. trên phi lê cá rô phi trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30 - 33,5°C

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Log TPC	Between Groups	150.018	8	18.752	154.373	0
	Within Groups	2.794	23	0.121		
	Total	152.812	31			
Log *Pseudomonas*	Between Groups	125.421	8	15.678	57.658	0
	Within Groups	6.254	23	0.272		
	Total	131.675	31			

Log TPC ở nhiệt độ 30 - 33,5°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	8	5.5982			
2	3	5.9081			
4	3	6.4292			
6	3		8.1143		
8	3		8.6333	8.6333	
12	3			9.4444	
10	3				10.4097
14	3				10.8867
16	3				11.3457
Sig.		0.11	0.626	0.127	0.05

Log *Pseudomonas* spp. ở nhiệt độ 30 - 33,5°C (Tuckey HSD[ab])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
0	8	4.2248					
2	3	4.8279	4.8279				
4	3		5.9552	5.9552			
6	3			7.1977	7.1977		
8	3				7.7968	7.7968	
12	3				8.0142	8.0142	
14	3				8.0627	8.0627	
16	3					8.9574	8.9574
10	3						10.0648
Sig.		0.859	0.187	0.11	0.493	0.161	0.203

Phụ lục 3.47. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.589a	1	0,207		
Continuity Correctionb	0,266	1	0,606		
Likelihood Ratio	2,322	1	0,128		
Fisher's Exact Test				0,492	0,323
Linear-by-Linear Association	1,528	1	0,216		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .85.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.48. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 1 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.589a	1	0,207		
Continuity Correctionb	0,266	1	0,606		
Likelihood Ratio	2,322	1	0,128		
Fisher's Exact Test				0,492	0,323
Linear-by-Linear Association	1,528	1	0,216		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .85.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.49. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)	Exact Sig.(1-sided)
Pearson Chi-Square	2.487a	1	0,115		
Continuity Correctionb	0,913	1	0,339		
Likelihood Ratio	3,585	1	0,058		
Fisher's Exact Test				0,238	0,175
Linear-by-Linear Association	2,391	1	0,122		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.27.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.50. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig.(2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	2.487a	1	0,115		
Continuity Correctionb	0,913	1	0,339		
Likelihood Ratio	3,585	1	0,058		
Fisher's Exact Test				0,238	0,175
Linear-by-Linear Association	2,391	1	0,122		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.27.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.51. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)	Exact Sig.(1-sided)
Pearson Chi-Square	5.306a	1	0,021		
Continuity Correctionb	3,256	1	0,071		
Likelihood Ratio	7,208	1	0,007		
Fisher's Exact Test				0,042	0,03
Linear-by-Linear Association	5,102	1	0,024		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.31.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.52. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 9 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	6.686a	1	0,01		
Continuity Correctionb	4,489	1	0,034		
Likelihood Ratio	8,969	1	0,003		

Fisher's Exact Test				0,017	0,013
Linear-by-Linear Association	6,429	1	0,011		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.77.
b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.53. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)	Exact Sig.(1-sided)
Pearson Chi-Square	16.343a	1	0		
Continuity Correctionb	13,282	1	0		
Likelihood Ratio	20,878	1	0		
Fisher's Exact Test				0	0
Linear-by-Linear Association	15,714	1	0		
N of Valid Cases	26				

a 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.08.
b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.54.Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 15 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)	Exact Sig.(1-sided)
Pearson Chi-Square	16.343a	1	0		
Continuity Correctionb	13,282	1	0		
Likelihood Ratio	20,878	1	0		
Fisher's Exact Test				0	0
Linear-by-Linear Association	15,714	1	0		
N of Valid Cases	26				

a 0 cells (0.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 5.08.
b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.55. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 19 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)	Exact Sig.(1-sided)
Pearson Chi-Square	16.059a	1	0		
Continuity Correctionb	12,916	1	0		
Likelihood Ratio	20,046	1	0		
Fisher's Exact Test				0	0
Linear-by-Linear Association	15,441	1	0		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4.15.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.56. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 19 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	13.765a	1	0		
Continuity Correctionb	10,876	1	0,001		
Likelihood Ratio	17,493	1	0		
Fisher's Exact Test				0	0
Linear-by-Linear Association	13,235	1	0		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 4.50.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.57. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig.(2-sided)	Exact Sig.(1-sided)
Pearson Chi-Square	18.489a	1	0		
Continuity Correctionb	14,924	1	0		
Likelihood Ratio	22,089	1	0		
Fisher's Exact Test				0	0

Linear-by-Linear Association	17,778	1	0
N of Valid Cases	26		

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.08.
b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.58. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	9.905a	1	0,002		
Continuity Correctionb	7,404	1	0,007		
Likelihood Ratio	12,975	1	0		
Fisher's Exact Test				0,002	0,002
Linear-by-Linear Association	9,524	1	0,002		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 3.69.
b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.59. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	6.118a	1	0,013		
Continuity Correctionb	4,108	1	0,043		
Likelihood Ratio	8,588	1	0,003		
Fisher's Exact Test				0,023	0,016
Linear-by-Linear Association	5,882	1	0,015		
N of Valid Cases	26				

a 1 cells (25.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 2.77.
b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.60. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ 29 ± 1°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1.507a	1	0,22		
Continuity Correctionb	0,317	1	0,574		
Likelihood Ratio	2,376	1	0,123		
Fisher's Exact Test				0,529	0,314
Linear-by-Linear Association	1,449	1	0,229		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is .92.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.61. Tương quan giữa lượng TPC và hàm lượng TVB-N trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

Chi-Square Tests

	Value
Pearson Chi-Square	.a
N of Valid Cases	26

a No statistics are computed because TVBN is a constant.

Phụ lục 3.62. Tương quan giữa lượng TPC và điểm QI trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ môi trường xung quanh 30-33,5°C

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	2.751a	1	0,097		
Continuity Correctionb	1,254	1	0,263		
Likelihood Ratio	4,186	1	0,041		
Fisher's Exact Test				0,281	0,13
Linear-by-Linear Association	2,646	1	0,104		
N of Valid Cases	26				

a 2 cells (50.0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1.54.

b Computed only for a 2x2 table

Phụ lục 3.63. Lượng TPC của phi lê cá rô phi vằn dự đoán theo mô hình sơ cấp

1 ± 1°C		4 ± 1°C		9 ± 1°C		15 ± 1°C		19 ± 1°C		25 ± 1°C		29 ± 1°C		30-33,5°C	
Giờ	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**
0	5.5	0	5.57	0	5.09	0	5.08	0	5.46	0	5.69	0	5.9	0	5.58
6.24	5.52	4.8	5.58	3.84	5.16	2.38	5.12	1.6	5.52	1.2	5.94	0.48	5.91	0.32	5.65
12.48	5.53	9.6	5.59	7.68	5.23	4.76	5.17	3.2	5.59	2.4	6.18	0.96	5.91	0.64	5.72
18.72	5.55	14.4	5.61	11.52	5.31	7.14	5.23	4.8	5.67	3.6	6.43	1.44	5.91	0.96	5.8
24.96	5.58	19.2	5.62	15.36	5.38	9.52	5.3	6.4	5.76	4.8	6.68	1.92	5.91	1.28	5.88
31.2	5.61	24	5.65	19.2	5.47	11.9	5.37	8	5.85	6	6.93	2.4	5.91	1.6	5.98
37.44	5.64	28.8	5.68	23.04	5.55	14.28	5.45	9.6	5.95	7.2	7.18	2.88	5.91	1.92	6.08
43.68	5.67	33.6	5.71	26.88	5.64	16.66	5.54	11.2	6.05	8.4	7.42	3.36	5.91	2.24	6.19
49.92	5.71	38.4	5.76	30.72	5.73	19.04	5.63	12.8	6.16	9.6	7.67	3.84	5.91	2.56	6.3
56.16	5.76	43.2	5.81	34.56	5.82	21.42	5.73	14.4	6.28	10.8	7.92	4.32	5.92	2.88	6.42
62.4	5.81	48	5.88	38.4	5.91	23.8	5.84	16	6.39	12	8.16	4.8	5.92	3.2	6.54
68.64	5.86	52.8	5.95	42.24	6	26.18	5.95	17.6	6.51	13.2	8.41	5.28	5.93	3.52	6.67
74.88	5.92	57.6	6.04	46.08	6.1	28.56	6.07	19.2	6.64	14.4	8.65	5.76	5.94	3.84	6.8
81.12	5.98	62.4	6.13	49.92	6.19	30.94	6.19	20.8	6.76	15.6	8.89	6.24	5.95	4.16	6.93
87.36	6.05	67.2	6.24	53.76	6.29	33.32	6.31	22.4	6.89	16.8	9.12	6.72	5.96	4.48	7.06
93.6	6.13	72	6.35	57.6	6.39	35.7	6.44	24	7.02	18	9.33	7.2	5.98	4.8	7.2
99.84	6.2	76.8	6.47	61.44	6.49	38.08	6.57	25.6	7.15	19.2	9.53	7.68	6	5.12	7.34
106.08	6.28	81.6	6.6	65.28	6.58	40.46	6.71	27.2	7.28	20.4	9.71	8.16	6.03	5.44	7.48
112.32	6.37	86.4	6.73	69.12	6.68	42.84	6.84	28.8	7.41	21.6	9.85	8.64	6.07	5.76	7.63
118.56	6.45	91.2	6.86	72.96	6.78	45.22	6.98	30.4	7.54	22.8	9.96	9.12	6.12	6.08	7.77
124.8	6.54	96	7	76.8	6.88	47.6	7.12	32	7.67	24	10.04	9.6	6.17	6.4	7.91

131.04	6.63	100.8	7.14	80.64	6.98	49.98	7.26	33.6	7.8	25.2	10.09	10.08	6.24	6.72	8.06
137.28	6.72	105.6	7.29	84.48	7.08	52.36	7.41	35.2	7.93	26.4	10.12	10.56	6.32	7.04	8.2
143.52	6.82	110.4	7.43	88.32	7.18	54.74	7.55	36.8	8.06	27.6	10.14	11.04	6.4	7.36	8.35
149.76	6.91	115.2	7.58	92.16	7.28	57.12	7.69	38.4	8.19	28.8	10.15	11.52	6.5	7.68	8.49
156	7.01	120	7.72	96	7.39	59.5	7.84	40	8.32	30	10.16	12	6.6	8	8.64
162.24	7.11	124.8	7.87	99.84	7.49	61.88	7.98	41.6	8.45	31.2	10.16	12.48	6.71	8.32	8.78
168.48	7.21	129.6	8.01	103.68	7.59	64.26	8.12	43.2	8.57	32.4	10.16	12.96	6.83	8.64	8.93
174.72	7.31	134.4	8.16	107.52	7.69	66.64	8.27	44.8	8.69	33.6	10.17	13.44	6.95	8.96	9.07
180.96	7.41	139.2	8.3	111.36	7.79	69.02	8.41	46.4	8.81	34.8	10.17	13.92	7.08	9.28	9.22
187.2	7.51	144	8.44	115.2	7.89	71.4	8.55	48	8.92	36	10.17	14.4	7.2	9.6	9.36
193.44	7.61	148.8	8.58	119.04	7.99	73.78	8.69	49.6	9.02	37.2	10.17	14.88	7.33	9.92	9.5
199.68	7.71	153.6	8.71	122.88	8.09	76.16	8.83	51.2	9.12	38.4	10.17	15.36	7.47	10.24	9.64
205.92	7.82	158.4	8.84	126.72	8.19	78.54	8.96	52.8	9.2	39.6	10.17	15.84	7.6	10.56	9.78
212.16	7.92	163.2	8.96	130.56	8.29	80.92	9.09	54.4	9.28	40.8	10.17	16.32	7.73	10.88	9.91
218.4	8.02	168	9.07	134.4	8.39	83.3	9.21	56	9.34	42	10.17	16.8	7.86	11.2	10.05
224.64	8.12	172.8	9.16	138.24	8.49	85.68	9.32	57.6	9.39	43.2	10.17	17.28	7.98	11.52	10.17
230.88	8.22	177.6	9.25	142.08	8.59	88.06	9.43	59.2	9.44	44.4	10.17	17.76	8.11	11.84	10.3
237.12	8.32	182.4	9.32	145.92	8.69	90.44	9.53	60.8	9.47	45.6	10.17	18.24	8.22	12.16	10.42
243.36	8.43	187.2	9.38	149.76	8.79	92.82	9.62	62.4	9.5	46.8	10.17	18.72	8.32	12.48	10.53
249.6	8.53	192	9.42	153.6	8.88	95.2	9.69	64	9.52	48	10.17	19.2	8.41	12.8	10.63
255.84	8.63	196.8	9.45	157.44	8.98	97.58	9.76	65.6	9.53	49.2	10.17	19.68	8.49	13.12	10.72
262.08	8.73	201.6	9.48	161.28	9.07	99.96	9.81	67.2	9.54	50.4	10.17	20.16	8.54	13.44	10.81
268.32	8.83	206.4	9.5	165.12	9.17	102.34	9.86	68.8	9.55	51.6	10.17	20.64	8.58	13.76	10.89
274.56	8.92	211.2	9.51	168.96	9.26	104.72	9.89	70.4	9.56	52.8	10.17	21.12	8.61	14.08	10.95

280.8	9.02	216	9.52	172.8	9.35	107.1	9.92	72	9.56	54	10.17	21.6	8.63	14.4	11.01
287.04	9.12	220.8	9.53	176.64	9.44	109.48	9.94	73.6	9.56	55.2	10.17	22.08	8.64	14.72	11.06
293.28	9.21	225.6	9.53	180.48	9.53	111.86	9.96	75.2	9.57	56.4	10.17	22.56	8.65	15.04	11.1
299.52	9.3	230.4	9.53	184.32	9.61	114.24	9.97	76.8	9.57	57.6	10.17	23.04	8.65	15.36	11.13
312	9.48	240	9.54	192	9.77	119	9.99	80	9.57	60	10.17	24	8.66	16	11.18

Phụ lục 3.64. Mật độ *Pseudomonas* spp. của phi lê cá rô phi vằn dự đoán theo mô hình sơ cấp

1 ± 1°C		**4 ± 1°C**		**9 ± 1°C**		**15 ± 1°C**		**19 ± 1°C**		**25 ± 1°C**		**29 ± 1°C**		**30-33,5°C**	
Giờ	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**	**Giờ**	**Fitted**
0	3.87	0	4.18	0	4.24	0	4.22	0	4.13	0	4.17	0	4.31	0	4.08
6.24	3.87	4.8	4.2	3.84	4.25	2.38	4.23	1.6	4.14	1.2	4.39	0.48	4.32	0.32	4.16
12.48	3.87	9.6	4.23	7.68	4.26	4.76	4.25	3.2	4.15	2.4	4.62	0.96	4.33	0.64	4.26
18.72	3.87	14.4	4.27	11.52	4.28	7.14	4.28	4.8	4.16	3.6	4.84	1.44	4.35	0.96	4.37
24.96	3.87	19.2	4.31	15.36	4.3	9.52	4.32	6.4	4.17	4.8	5.07	1.92	4.37	1.28	4.5
31.2	3.87	24	4.35	19.2	4.33	11.9	4.37	8	4.19	6	5.29	2.4	4.4	1.6	4.63
37.44	3.87	28.8	4.41	23.04	4.36	14.28	4.43	9.6	4.23	7.2	5.52	2.88	4.43	1.92	4.78
43.68	3.87	33.6	4.47	26.88	4.4	16.66	4.5	11.2	4.27	8.4	5.74	3.36	4.48	2.24	4.94
49.92	3.87	38.4	4.53	30.72	4.44	19.04	4.59	12.8	4.33	9.6	5.97	3.84	4.53	2.56	5.1
56.16	3.87	43.2	4.61	34.56	4.5	21.42	4.7	14.4	4.4	10.8	6.19	4.32	4.6	2.88	5.28
62.4	3.87	48	4.69	38.4	4.56	23.8	4.83	16	4.5	12	6.41	4.8	4.68	3.2	5.45
68.64	3.87	52.8	4.78	42.24	4.63	26.18	4.97	17.6	4.61	13.2	6.62	5.28	4.76	3.52	5.64
74.88	3.87	57.6	4.87	46.08	4.71	28.56	5.13	19.2	4.75	14.4	6.82	5.76	4.86	3.84	5.82
81.12	3.87	62.4	4.97	49.92	4.79	30.94	5.3	20.8	4.91	15.6	7.01	6.24	4.97	4.16	6.01
87.36	3.87	67.2	5.08	53.76	4.89	33.32	5.48	22.4	5.08	16.8	7.17	6.72	5.09	4.48	6.21

93.6	3.88	72	5.19	57.6	4.99	35.7	5.67	24	5.26	18	7.3	7.2	5.21	4.8	6.4
99.84	3.88	76.8	5.3	61.44	5.1	38.08	5.86	25.6	5.46	19.2	7.39	7.68	5.34	5.12	6.59
106.08	3.89	81.6	5.42	65.28	5.21	40.46	6.06	27.2	5.66	20.4	7.45	8.16	5.48	5.44	6.79
112.32	3.91	86.4	5.54	69.12	5.33	42.84	6.26	28.8	5.87	21.6	7.48	8.64	5.62	5.76	6.98
118.56	3.94	91.2	5.67	72.96	5.45	45.22	6.47	30.4	6.08	22.8	7.5	9.12	5.76	6.08	7.17
124.8	3.99	96	5.79	76.8	5.58	47.6	6.67	32	6.3	24	7.51	9.6	5.9	6.4	7.36
131.04	4.07	100.8	5.92	80.64	5.71	49.98	6.88	33.6	6.51	25.2	7.51	10.08	6.04	6.72	7.55
137.28	4.18	105.6	6.05	84.48	5.84	52.36	7.08	35.2	6.73	26.4	7.51	10.56	6.19	7.04	7.73
143.52	4.34	110.4	6.18	88.32	5.97	54.74	7.27	36.8	6.94	27.6	7.52	11.04	6.33	7.36	7.9
149.76	4.54	115.2	6.31	92.16	6.11	57.12	7.46	38.4	7.15	28.8	7.52	11.52	6.47	7.68	8.06
156	4.79	120	6.44	96	6.24	59.5	7.63	40	7.36	30	7.52	12	6.61	8	8.2
162.24	5.08	124.8	6.58	99.84	6.38	61.88	7.78	41.6	7.56	31.2	7.52	12.48	6.74	8.32	8.32
168.48	5.4	129.6	6.71	103.68	6.52	64.26	7.91	43.2	7.75	32.4	7.52	12.96	6.86	8.64	8.43
174.72	5.73	134.4	6.85	107.52	6.66	66.64	8.01	44.8	7.93	33.6	7.52	13.44	6.97	8.96	8.51
180.96	6.07	139.2	6.98	111.36	6.79	69.02	8.08	46.4	8.08	34.8	7.52	13.92	7.06	9.28	8.57
187.2	6.42	144	7.11	115.2	6.93	71.4	8.12	48	8.21	36	7.52	14.4	7.13	9.6	8.62
193.44	6.76	148.8	7.24	119.04	7.07	73.78	8.15	49.6	8.31	37.2	7.52	14.88	7.18	9.92	8.65
199.68	7.08	153.6	7.38	122.88	7.2	76.16	8.17	51.2	8.38	38.4	7.52	15.36	7.22	10.24	8.67
205.92	7.36	158.4	7.51	126.72	7.34	78.54	8.18	52.8	8.44	39.6	7.52	15.84	7.24	10.56	8.68
212.16	7.57	163.2	7.64	130.56	7.47	80.92	8.19	54.4	8.47	40.8	7.52	16.32	7.26	10.88	8.69
218.4	7.7	168	7.76	134.4	7.6	83.3	8.2	56	8.49	42	7.52	16.8	7.27	11.2	8.7
224.64	7.76	172.8	7.88	138.24	7.72	85.68	8.2	57.6	8.51	43.2	7.52	17.28	7.28	11.52	8.7
230.88	7.79	177.6	8	142.08	7.85	88.06	8.2	59.2	8.52	44.4	7.52	17.76	7.28	11.84	8.71
237.12	7.8	182.4	8.12	145.92	7.96	90.44	8.2	60.8	8.52	45.6	7.52	18.24	7.28	12.16	8.71

243.36	7.81	187.2	8.23	149.76	8.07	92.82	8.2	62.4	8.53	46.8	7.52	18.72	7.28	12.48	8.71
249.6	7.81	192	8.33	153.6	8.17	95.2	8.2	64	8.53	48	7.52	19.2	7.28	12.8	8.71
255.84	7.81	196.8	8.42	157.44	8.26	97.58	8.2	65.6	8.53	49.2	7.52	19.68	7.28	13.12	8.71
262.08	7.81	201.6	8.5	161.28	8.33	99.96	8.2	67.2	8.53	50.4	7.52	20.16	7.29	13.44	8.71
268.32	7.81	206.4	8.58	165.12	8.4	102.34	8.2	68.8	8.53	51.6	7.52	20.64	7.29	13.76	8.71
274.56	7.81	211.2	8.64	168.96	8.46	104.72	8.2	70.4	8.53	52.8	7.52	21.12	7.29	14.08	8.71
280.8	7.81	216	8.7	172.8	8.5	107.1	8.2	72	8.53	54	7.52	21.6	7.29	14.4	8.71
287.04	7.81	220.8	8.74	176.64	8.54	109.48	8.2	73.6	8.53	55.2	7.52	22.08	7.29	14.72	8.71
293.28	7.81	225.6	8.78	180.48	8.57	111.86	8.2	75.2	8.53	56.4	7.52	22.56	7.29	15.04	8.71
299.52	7.81	230.4	8.81	184.32	8.59	114.24	8.2	76.8	8.53	57.6	7.52	23.04	7.29	15.36	8.71
312	7.81	240	8.85	192	8.62	119	8.2	80	8.53	60	7.52	24	7.29	16	8.71

Phụ lục 3.65. Kết quả thống kê lượng TPC trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ biến động 1

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	142.044	7	20.292	54.12	0
Within Groups	8.249	22	0.375		
Total	150.293	29			

Log TPC (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
0	9	5.3373		
32	3	5.9248		
54	3	6.9177		
70	3		8.5282	
102	3		9.3121	
118	3		9.5744	
150	3		10.0406	10.0406
168	3			11.525
Sig.		0.054	0.072	0.081

Phụ lục 3.66. Kết quả thống kê lượng TPC trên phi lê cá rô phi vằn khi bảo quản ở nhiệt độ biến động 2

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	124.939	8	15.617	39.234	0
Within Groups	9.553	24	0.398		
Total	134.492	32			

Log TPC (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05				
		1	2	3	4	5
0	9	5.34				
22	3	5.61				
78	3	6.54	6.5449			
50	3		7.4537	7.4537		
94	3			8.3655	8.3655	

122	3			9.0872	9.0872	
150	3				9.297	9.297
166	3				9.8668	9.8668
168	3					10.8261
Sig.		0.31	0.661	0.062	0.108	0.096

Phụ lục 3.67. Kết quả thống kê lượng TPC khi bảo quản phi lê cá rô phi vằn ở điều kiện thực tế chuỗi cung ứng

ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	80.676	8	10.085	99.751	0
Within Groups	0.91	9	0.101		
Total	81.586	17			

Log TPC (Tuckey HSD[a,b])

Thời gian	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
0	2	5.4462			
22	2	6.2416			
50	2		9.3735		
78	2		9.9112	9.9112	
94	2		10.5134	10.5134	10.5134
122	2			10.9592	10.9592
150	2			11.0947	11.0947
166	2			11.1569	11.1569
168	2				11.6778
Sig.		0.338	0.083	0.053	0.075