

NGHIÊN CỨU SỰ BIẾN ĐỔI CHẤT LƯỢNG CÁ NGỪ ĐẠI DƯƠNG BẢO QUẢN BẰNG CÔNG NGHỆ ĐÁ SỆT KẾT HỢP KHÍ NITƠ NANO

Trương Quốc Cường*, Nguyễn Xuân Thi

Phân Viện Nghiên cứu Hải sản phía Nam - Viện Nghiên cứu Hải sản

*Email: tqc6655@gmail.com

Ngày nhận bài: 04/7/2024; Ngày nhận bài sửa: 29/8/2024; Ngày chấp nhận đăng: 14/10/2024

TÓM TẮT

Bài viết trình bày kết quả phân tích và đánh giá sự biến đổi chất lượng của cá ngừ đại dương bảo quản bằng công nghệ đá sệt kết hợp khí nitơ nano trên tàu câu tay. Thí nghiệm được bố trí với 04 nghiệm thức, trong đó 03 nghiệm thức bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano, 01 nghiệm thức đối chứng bảo quản bằng đá xay, thời gian bảo quản 22 ngày. Kết quả phân tích chất lượng cho thấy: bảo quản cá ngừ đại dương ở nhiệt độ $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, nồng độ đá sệt nano 40%, tỷ lệ đá sệt/cá là 3/1 (v/w), nồng độ oxy hòa tan (DO) $< 1\text{ mg/L}$ cho kết quả nhiệt độ tâm cá duy trì từ $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ đến $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, tỷ lệ tổn thất cảm quan so với ban đầu là 5,29%; tỷ lệ tổn thất protein là 10,83%; hàm lượng amoniac là $13,0\pm 0,04\text{ mg/100g}$; không phát hiện histamine; tổng vi sinh vật hiếu khí là $3,6\times 10^2\text{ CFU/g}$; tỷ lệ hao hụt trọng lượng là 2,39%, sau 22 ngày bảo quản. Đây là cơ sở khoa học và thực tiễn để xây dựng quy trình bảo quản cá ngừ đại dương bằng công nghệ đá sệt kết hợp khí nitơ nano.

Từ khóa: Bảo quản, cá ngừ đại dương, đá sệt, nitơ nano.

1. MỞ ĐẦU

Cá ngừ vây vàng có hàm lượng protein trung bình từ 21,6 - 26,3 g/100g [1], tuy nhiên enzyme có trong cá và vi sinh vật có thể làm giảm chất lượng trong quá trình bảo quản do sự tích tụ các chất chuyển hóa như histamine, amoniac [2]. Ngày nay, phương pháp bảo quản cá ngừ thường được sử dụng trên tàu cá là đá xay với thời gian bảo quản tối đa là 10-12 ngày, phương pháp này có thể làm cá bị tổn thương vật lý do sự va chạm giữa thịt cá và bề mặt sắc của đá, biên độ dao động nhiệt trong hầm bảo quản lớn do sự tan đá, nguy cơ tổn thất chất lượng cao. Một hướng công nghệ mới đang được xem xét nhằm khắc phục những hạn chế trên là hệ thống bảo quản cá bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano. Đá sệt là một hệ phân tán gồm các tinh thể băng có kích thước nhỏ phân bố đồng nhất trong môi trường chất lỏng có điểm đóng băng thấp hơn so với nước tinh khiết. Công nghệ này mang lại nhiều ưu điểm, bao gồm khả năng tích trữ năng lượng cao, tốc độ truyền nhiệt lớn giúp làm lạnh nguyên liệu nhanh, và duy trì nhiệt độ thấp ổn định trong suốt quá trình bảo quản. Ngoài ra, nhờ khả năng bao phủ toàn bộ bề mặt cá, đá sệt hạn chế sự tiếp xúc của sản phẩm với oxy, từ đó giảm thiểu các phản ứng oxy hóa và hiện tượng mất nước [3]. Viện Nghiên cứu Hải sản đã ứng dụng thành công hệ thống bảo quản cá ngừ đại dương bằng đá sệt trên tàu vỏ gỗ. Kết quả nghiên cứu cho thấy rằng khi bảo quản cá ở nhiệt độ $-1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$, với nồng độ đá sệt 40% và tỷ lệ đá/cá 3:1, chất lượng sản phẩm tăng trung bình trên 30% và tỷ lệ tổn thất về số lượng giảm 4,7% so với quy trình bảo quản truyền thống của ngư dân. Đồng thời, thời gian bảo quản được kéo dài đến 20-25 ngày, cao hơn đáng kể so với phương pháp sử dụng đá lạnh thông thường (10-12 ngày) [4]. Khí nitơ được sử dụng trong công nghệ này để giảm nồng độ oxy hòa tan từ đó ức chế sự phát triển của vi sinh vật nhằm kéo dài thời hạn sử dụng của sản phẩm. Năm 2020, công nghệ khí nitơ nano đã được Phạm Văn Long và cộng sự nghiên cứu ứng dụng trong bảo quản cá ngừ đại dương. Kết quả cho thấy tỷ lệ cá ngừ đạt chất lượng loại A khi sử dụng công nghệ tạo bọt khí nano nitơ đạt 73%, cao hơn 10,4 lần so với sản phẩm được bảo quản theo phương pháp truyền thống của ngư dân [5]. Kế thừa các kết quả đã công bố, nghiên cứu này đã đánh giá ảnh hưởng của hệ thống bảo quản bằng đá sệt kết hợp bong bóng nitơ nano lên giá trị cảm quan và các chỉ tiêu vi sinh của cá ngừ vây vàng (*Thunnus albacares*) trong suốt quá trình lưu giữ trên tàu khai thác.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Nguyên liệu, thiết bị và dụng cụ thí nghiệm

Nguyên liệu: cá ngừ vây vàng (*Thunnus albacares*) được đánh bắt bằng nghề câu tay trên vùng biển Việt Nam.

Hệ thống thiết bị sản xuất đá sệt kết hợp khí nitơ nano với các thông số như sau: công suất 2,5 - 3,0 tấn/ngày, nhiệt độ đá sệt: $(-1,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, tỷ lệ đá sệt $\geq 40\%$, oxy hòa tan (DO) < 1 mg/lít.

Hầm bảo quản trên tàu câu: dung tích 3-4 m³/hầm, cách nhiệt bằng vật liệu polyurethane - độ dày 20 cm, mặt hầm composite và phủ sơn cách nhiệt, có van điều tiết nước trong hầm.

Một số thiết bị được sử dụng trong thí nghiệm bao gồm: máy đo độ mặn nước biển (Smartsensor AR8012, Trung Quốc), máy đo hàm lượng oxy hòa tan (Hanna HI98193, Romania), chip ghi nhiệt độ tự động (iButton 21G, Philippines) và thiết bị đo nhiệt độ dung dịch đá sệt (Hanna HI93501, Romania).

2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm và lấy mẫu

Phương pháp bố trí thí nghiệm: cá ngừ vây vàng (*Thunnus albacares*) sau khi đánh bắt lên tàu được tiến hành bố trí thí nghiệm với 02 nhân tố cố định là nhiệt độ $(-1,5 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, nồng độ đá sệt (40%) và 01 nhân tố biến đổi là tỷ lệ đá sệt/cá khi bảo quản (1/1; 2/1; 3/1). Cá ngừ vây vàng bảo quản bằng đá xay được sử dụng làm nghiệm thức đối chứng (Bảng 1). Cá ngừ được bảo quản theo sơ đồ tại Hình 1.

Bảng 1. Bố trí thí nghiệm

Nghiệm thức	Nhiệt độ đá sệt (°C)	Nồng độ đá sệt (%)	Tỷ lệ đá sệt/cá	Số lần lặp lại theo thời gian (ngày)				
				0	12	17	20	22
NT1	$-1,5 \pm 0,5$ °C	40%	1/1	3	3	3	3	3
NT2	$-1,5 \pm 0,5$ °C	40%	2/1	3	3	3	3	3
NT3	$-1,5 \pm 0,5$ °C	40%	3/1	3	3	3	3	3
ĐC (đối chứng)	Bảo quản cá ngừ bằng đá xay (nhiệt độ 0 °C, tỷ lệ đá xay/cá: 2/1)			3	3	3	3	3

- Xác định tỷ lệ (nồng độ) đá sệt: Để xác định tỷ lệ pha đá sệt, phần dịch lỏng được tách bằng túi lọc polyester không dệt, kích thước lỗ khoảng 20 µm, phù hợp môi trường nước biển. Kích thước hạt đá sệt dao động 0,25–0,50 mm nên không đi xuyên qua lớp lọc, cho phép thu riêng phần lỏng để tính hàm lượng rắn. Nồng độ đá sệt tính theo công thức:

$$\Delta N = \frac{N_{\text{ban đầu}} - (N_{\text{ban đầu}} - N_{\text{ra}}) * 100}{N_{\text{ban đầu}}}$$

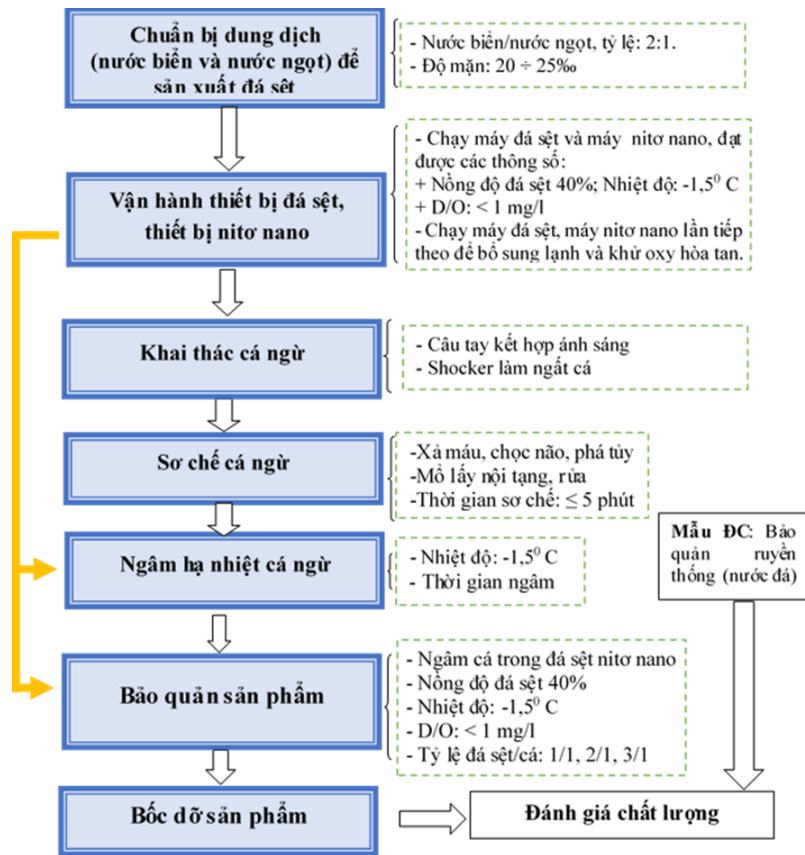
Trong đó: ΔN : Nồng độ đá sệt (%); $N_{\text{ban đầu}}$: Khối lượng (trọng lượng) đá sệt ban đầu (kg); N_{ra} : Khối lượng (trọng lượng) phần nước tách ra (kg)

Phương pháp lấy mẫu: Các nghiệm thức được lấy mẫu tại năm mốc thời gian bảo quản gồm 0 ngày (ban đầu), 12 ngày, 17 ngày, 20 ngày và 22 ngày. Mỗi mẫu tương ứng với một cá thể cá ngừ có kích thước gần tương đồng. Trên mỗi cá thể, mẫu được thu tại ba vị trí đại diện: vùng giáp đầu, giữa thân và giáp đuôi; khối lượng mẫu tại mỗi vị trí là 1 kg. Mỗi nghiệm thức được tiến hành với ba lần lặp lại độc lập.

2.3. Phương pháp theo dõi nhiệt độ tâm cá

Nhiệt độ tâm cá được theo dõi trên ba cá thể cá ngừ bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano theo quy trình trình bày ở Hình 1. Nhiệt độ tâm cá được ghi nhận liên tục bằng thiết bị đo nhiệt độ tự động iButton 21G. Trước khi bố trí thí nghiệm, các chip đo được kích hoạt và kiểm tra hoạt động. Sau khi xử lý sơ bộ, mỗi cá thể được tạo một vết rạch nhỏ tại vị trí giữa thân, phía bụng, sát xương sống. Chip đo được đặt trong túi polyethylene kín chống thấm nước và đưa vào lỗ rạch bằng tay, đảm bảo vị trí của chip nằm đúng tại vùng tâm cơ thể cá. Nhiệt độ ban đầu của tâm cá được xác định bằng nhiệt kế cầm tay cầm trực tiếp vào vị trí đo; giá trị được ghi nhận khi nhiệt độ ổn định. Sau khi kết thúc thí

nghiệm, dữ liệu nhiệt độ được trích xuất bằng phần mềm chuyên dụng của thiết bị. Các cá thể cá ngừ bảo quản bằng đá xay được sử dụng làm đối chứng trong toàn bộ thí nghiệm.



Hình 1. Sơ đồ quy trình thí nghiệm

2.4. Phương pháp xác định tổn thất khối lượng

Khối lượng của từng mẫu thí nghiệm được xác định tại các thời điểm: ngày 0, ngày 12, ngày 17, ngày 20 và ngày 22. Mỗi mẫu là một cá thể cá ngừ vây vàng có kích thước gần tương tự nhau. Trước khi cân, mẫu được để ráo và lau khô bề mặt bằng khăn sạch để loại bỏ nước tự do bên ngoài cơ thể cá, tỷ lệ hao hụt khối lượng được tính theo công thức sau:

$$\Delta M = \frac{(M_{\text{bandau}} - M_{\text{sau}}) * 100}{M_{\text{bandau}}}$$

Trong đó: ΔM : độ hao hụt khối lượng (%); M_{bandau} : Khối lượng mẫu trước khi bảo quản(kg); M_{sau} : Khối lượng mẫu sau bảo quản (kg).

2.5. Phương pháp phân tích

Các mẫu thí nghiệm được tiến hành phân tích các chỉ tiêu về cảm quan, hóa học và vi sinh vật theo các phương pháp sau:

- Đánh giá cảm quan dựa theo hướng dẫn của Hội đồng châu Âu (EEC) [6]. Hội đồng đánh giá cảm quan gồm 5 chuyên gia. Tỷ lệ tổn thất cảm quan được tính tương tự như công thức tính hao hụt khối lượng.

Bảng 2. Bảng tiêu chí đánh giá cảm quan cá ngừ đại dương [6]

Chỉ tiêu	Loại A	Loại B ⁺	Loại B	C	Điểm tối đa
Màu sắc cơ thịt	Thịt cá thể hiện trạng thái săn chắc; khi dùng tay ấn vào cho thấy độ đàn hồi khô phục nhanh. Phần thịt tại vị trí cắt đuôi có màu đỏ tươi tự nhiên, đồng nhất, không xuất hiện ánh kim, và các vân cơ quan sát rõ ràng. Đường máu dọc sống lưng không bị bầm, và lớp cơ tiếp giáp đường máu chưa có dấu hiệu biến đổi. Kiểm tra cấu trúc cơ bên trong bằng que thử cho thấy cơ thịt vẫn săn chắc, không xuất hiện hiện tượng biến tính hay đổi màu.	Cơ thịt vẫn duy trì độ săn chắc; khi ấn tay vào, khối cơ phục hồi đàn hồi tương đối nhanh. Tại vị trí cắt đuôi, thịt có màu đỏ tươi nhưng không hoàn toàn đồng nhất, không bị nhợt màu, và khi soi đèn xuất hiện ánh kim nhẹ; các vân cơ được quan sát ở mức độ tương đối rõ. Đường máu dọc sống lưng chưa bị bầm, tuy nhiên lớp cơ tiếp giáp đường máu cho thấy dấu hiệu biến đổi nhẹ. Kiểm tra cấu trúc bên trong bằng que thử cho thấy cơ thịt chưa bị biến tính, nhưng màu sắc bên trong không còn đỏ tươi như ban đầu.	Cơ thịt vẫn duy trì mức độ săn chắc và còn khả năng đàn hồi khi ấn tay. Tuy nhiên, tại vị trí cắt đuôi, thịt cho thấy dấu hiệu biến đổi; dưới ánh sáng đèn quan sát thấy màu ánh kim hoặc hơi nhợt, và các vân cơ chỉ xuất hiện ở mức độ mờ. Đường máu dọc theo sống lưng xuất hiện tình trạng bầm, có màu xám hoặc nâu tương tự màu bã trầu; lớp cơ tiếp giáp đường máu cũng cho thấy sự biến đổi nhẹ về màu sắc và cấu trúc. Dùng que kiểm tra thịt bên trong cơ thịt đã bị biến tính nhất là phần thịt chạy dọc sống lưng cá (màu trắng đục)	Cơ thịt không còn săn chắc. Nếu cắt phần đuôi ra thấy thịt nhợt nhạt, biến màu. Thịt bị chảy hoặc sẫm màu, các vân cơ thịt nhìn thấy mờ. Dùng que kiểm tra thì thấy thịt bị biến đổi nhiều (đục), hoặc thịt bị nhão.	60
Mùi	Mùi tanh rong biển	Mùi tanh rong biển	Hơi có mùi tanh nhẹ	Có mùi hôi, khai.	40
Vị	Nếm vào thịt có vị ngọt, dẻo, lược lên thấy nước trong, không có vị chua.	Nếm vào thịt có vị hơi ngọt, nếu lược lên thấy nước lược trong, không có vị chua.	Nếm vào thịt có vị chua nhẹ, nếu lược lên thấy nước lược ít trong.	Nếm vào thịt có vị chua, nếu lược lên thấy nước lược bị đục.	50
Trạng thái	Thăng, da không trầy xước, màu sắc tự nhiên, không tụ máu cục bộ.	Thăng, da trầy xước nhẹ, màu sắc tự nhiên, không tụ máu cục bộ.	Da bị tụ máu cục bộ hoặc bị trầy xước. Bị khâu vào thân	Mềm, không thăng. Màu da hơi nhợt nhạt.	50
Tổng điểm	180 - 200	150 - 179	110 - 149	70 - 109	200

- Hàm lượng protein tổng số được xác định bằng phương pháp Kjeldahl theo TCVN 3705-90 [7]
- Hàm lượng NH₃-N được xác định dựa theo Tiêu chuẩn Việt Nam số hiệu TCVN 3706 - 90 [8].
- Hàm lượng histamine được xác định bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao theo Tiêu chuẩn Việt Nam số hiệu TCVN 8352 - 2010 [9].
- Tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC) được xác định dựa theo Tiêu chuẩn Việt Nam số hiệu TCVN 4884-1:2015 [10].

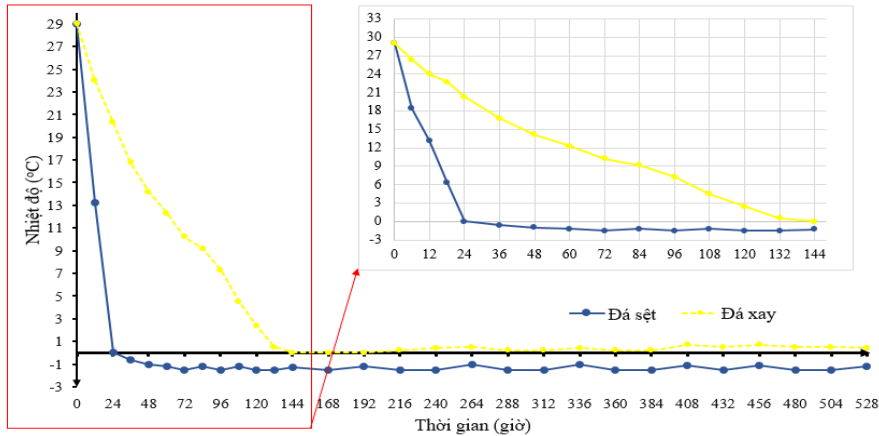
2.6. Phương pháp xử lý số liệu

Phần mềm thống kê SPSS 25.0 đã được sử dụng để xử lý số liệu. Sự khác biệt của các biến định lượng giữa các nghiệm thức được đánh giá bằng phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA) ở mức ý nghĩa 95%, kết hợp với phép thử Duncan để xác định sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm ($p < 0,05$).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Sự biến đổi của nhiệt độ tâm cá ngừ đại dương trong quá trình bảo quản

Khi bảo quản cá ngừ đại dương bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano nhiệt độ tại tâm cá ngừ đại dương giảm nhanh từ 29,0°C xuống 0°C trong 24 giờ, sau đó nhiệt độ tâm duy trì trong khoảng từ -1 °C đến -1,5 °C trong quá trình bảo quản. Ngược lại, khi bảo quản cá ngừ bằng đá xay, thời gian hạ nhiệt độ tâm cá khoảng 144 giờ (Hình 2). Điều này chứng minh khả năng làm lạnh rất nhanh của đá sệt tương tự với kết quả công bố của Viện Nghiên cứu và Phát triển Công nghệ sinh và thực phẩm Iceland kết luận rằng sử dụng đá sệt để bảo quản thủy sản tươi có tác dụng làm lạnh nhanh hơn so với bảo quản bằng đá vảy, đá ống hay đá miếng [11].



Hình 2. Biến đổi nhiệt độ tâm cá ngừ đại dương

Nhiệt độ tâm cá ngừ trong quá trình bảo quản bằng đá sệt dao động nhẹ và luôn duy trì từ -1 °C đến -1,5 °C trong quá trình bảo quản. Trong khi đó, đối với bảo quản bằng đá xay thì nhiệt độ tâm cá ngừ trong quá trình bảo quản dao động từ 10 °C xuống (0,0 - 0,5) °C khi về cảng cá.

Từ các kết quả nghiên cứu trên chúng tôi chứng tỏ việc duy trì nhiệt độ tâm cá ngừ đại dương từ -1 °C đến -1,5 °C là yếu tố quan trọng để giữ chất lượng cá ngừ đại dương từ lúc khai thác đến khi về cảng cá. Điều này phù hợp với mục đích sử dụng cá ngừ đại dương làm sashimi (cá ngừ tươi ướp lạnh) có giá trị cao hơn so với cấp đông. Để có chất lượng tốt nhất dùng sashimi, người ta thường duy trì nhiệt độ bảo quản -1 °C ± 0,5 °C [12].

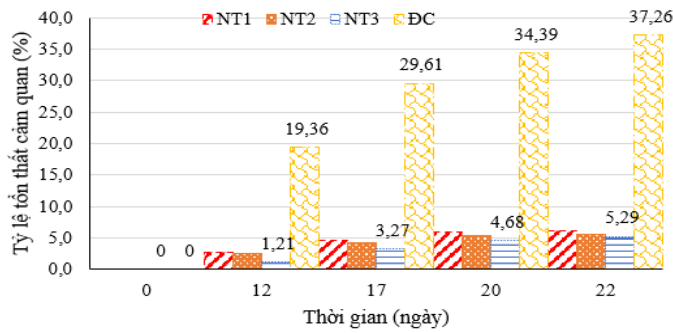
3.2. Biến đổi chất lượng cảm quan

Đối với cá ngừ đại dương dùng làm sashimi, chất lượng cảm quan là một yếu tố quan trọng. Kết quả biến đổi về chất lượng cảm quan cá ngừ đại dương bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano được thể hiện tại bảng dưới.

Bảng 3. Biến đổi điểm cảm quan cá ngừ đại dương

Nghiệm thức	Thời gian (ngày)				
	BĐ	12	17	20	22
NT1	200	194,65±0,61 ^b	190,63±0,51 ^b	188,24±0,55 ^b	187,75±0,60 ^b
NT2		195,08±0,33 ^b	191,49±0,25 ^b	189,13±0,25 ^b	188,82±0,33 ^c
NT3		197,57±0,49 ^c	193,33±0,36 ^c	190,42±0,64 ^c	189,31±0,31 ^d
ĐC		161,28±0,23 ^a	140,78±1,37 ^a	131,22±0,92 ^a	125,48±1,20 ^a

*Chú thích: Giá trị trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các giá trị trung bình trong cùng một cột theo sau có các mẫu tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

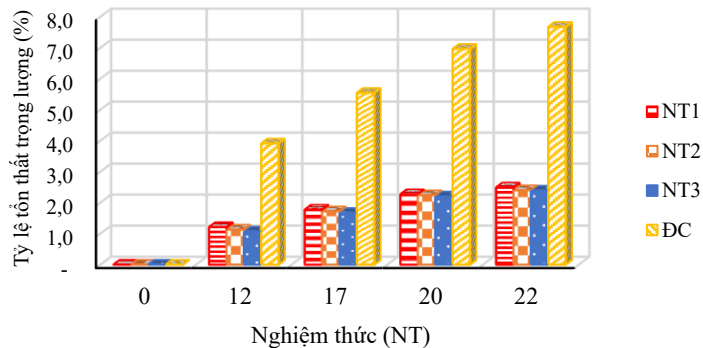


Hình 3. Tỷ lệ tổn thất cảm quan cá ngừ đại dương

Từ Bảng 3 và Hình 3 cho thấy, sau 12 ngày bảo quản điểm cảm quan có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p < 0,05$), điểm cảm quan của các mẫu thí nghiệm bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano cao hơn mẫu đối chứng, trong đó mẫu cá ngừ đại dương tại NT3 có điểm cảm quan ở ngày thứ 22 cao nhất ($189,31 \pm 0,31$ điểm), xếp loại A (tốt) theo thang điểm đánh giá (188 - 200), giảm 5,29 % so với chất lượng cảm quan ban đầu. Ngược lại, mẫu đối chứng (đá xay) có điểm cảm quan ở ngày thứ 22 thấp nhất ($125,48 \pm 1,2$ điểm), giảm 37,26 % so với ban đầu (xếp loại B). Kết quả đánh giá cảm quan các mẫu bảo quản cá ngừ bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano (nhất là NT3) cao hơn so với kết quả cảm quan của cá ngừ đại dương khi bảo quản bằng đá sệt (182 điểm ở ngày thứ 20) [4], đồng thời kết quả này cũng cao hơn mẫu cá ngừ đại dương khi bảo quản bằng công nghệ nano UFB (Ultra Fine Bubble) (186 điểm ở ngày 21) [5].

3.3. Hao hụt khối lượng trong quá trình bảo quản

Sau 22 ngày bảo quản, tổn thất khối lượng của mẫu cá ngừ ở nghiệm thức 3 là 2,39%; ngược lại, hao hụt khối lượng của mẫu đối chứng là 7,67%. Như vậy, bảo quản cá ngừ bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano giảm được 4,49% tổn thất về khối lượng so với mẫu đối chứng bảo quản bằng nước đá xay, cụ thể trình bày tại Hình 4.



Hình 4. Tỷ lệ tổn thất trọng lượng

Hao hụt khối lượng của cá ngừ trong quá trình bảo quản do các biến đổi về chất lượng làm mềm cơ thịt cá, mất đàn hồi (kém đàn) dẫn đến hiện tượng mất nước, kèm theo tổn thất một phần các chất dinh dưỡng hòa tan. Đối với cá ngừ đại dương, sự hao hụt trọng lượng chủ yếu do mất nước trong quá trình bảo quản.

3.4. Sự biến đổi hàm lượng protein

Trong thời gian bảo quản, protein trong thủy sản có thể bị mất đi do hoạt động của các vi khuẩn gây ươn hỏng, thất thoát do bị mất nước (các protein hòa tan) trong quá trình bảo quản hoặc tan giá. Trong điều kiện bảo quản lạnh bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano, hàm lượng protein có sự thay đổi,

nhưng không nhiều trong thời gian bảo quản, do thành phần protein tương đối ổn định hơn các thành phần khác.

Bảng 4. Hàm lượng protein trong cá ngừ đại dương

Đơn vị: %

Nghiệm thức	Hàm lượng protein theo thời gian (ngày)				
	0 (BĐ)	12	17	20	22
NT1	30,10±0,15 ^a	28,20±0,12 ^b	27,70±0,12 ^d	26,80±0,13 ^b	26,02±0,12 ^b
NT2	30,10±0,15 ^a	28,90±0,11 ^c	28,15±0,13 ^c	27,20±0,12 ^c	26,41±0,13 ^c
NT3	30,10±0,15 ^a	29,36±0,12 ^d	28,81±0,10 ^b	27,70±0,11 ^d	26,84±0,11 ^d
ĐC	30,10±0,15 ^a	26,50±0,12 ^a	25,80±0,13 ^a	24,30±0,12 ^a	22,80±0,11 ^a

**Chú thích: Giá trị trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các giá trị trung bình trong cùng một cột theo sau có các mẫu tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê (p<0,05).*

Theo kết quả phân tích hàm lượng protein trong quá trình bảo quản cá ngừ đại dương (Bảng 4) có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê sau 12 ngày bảo quản (p < 0,05). Hàm lượng protein ban đầu của cá là 28,10%. Sau 22 ngày bảo quản, mẫu cá ngừ xử lý bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano duy trì hàm lượng protein cao hơn so với mẫu đối chứng. Cụ thể, hàm lượng protein ở nghiệm thức NT3 đạt 26,84 ± 0,11%, trong khi mẫu bảo quản bằng đá xay chỉ còn 23,75 ± 0,11%. Điều này chứng tỏ quy trình bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano ở nghiệm thức NT3 làm giảm đáng kể mức độ suy giảm protein trong suốt 22 ngày bảo quản. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Bin Zhang, trong đó sử dụng đá sệt để bảo quản cá ngừ đã cho thấy khả năng làm chậm quá trình phân hủy protein sợi cơ sau 18 ngày lưu trữ [13]. Kết quả phân tích protein các mẫu bảo quản cá ngừ bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano (nhất là NT3) cao hơn so với kết quả protein của cá ngừ đại dương khi bảo quản bằng đá sệt [4], đồng thời kết quả này cũng cao hơn mẫu cá ngừ đại dương khi bảo quản bằng công nghệ nano UFB [5].

3.5. Sự biến đổi hàm lượng NH₃ – N

Amoniac là một chỉ số để đánh giá chất lượng của thủy sản, sự biến đổi NH₃ sẽ giúp dự báo quá trình tự phân giải và gây ươn hỏng thủy sản do hoạt động của vi khuẩn, NH₃ chiếm tỷ lệ chính trong tổng số các hợp chất nitơ bazo bay hơi (TVB) [14].

Bảng 5. Hàm lượng amoniac trong cá ngừ đại dương

Đơn vị: mg/100g

Nghiệm thức	Hàm lượng amoniac theo thời gian (ngày)				
	0 (BĐ)	12	17	20	22
NT1	6,00±0,13 ^a	12,50±0,05 ^c	12,80±0,05 ^c	13,90±0,05 ^c	14,30±0,05 ^c
NT2		12,30±0,04 ^b	12,40±0,04 ^b	13,60±0,04 ^b	13,80±0,04 ^b
NT3		12,00±0,04 ^a	12,00±0,04 ^a	13,00±0,04 ^a	13,00±0,04 ^a
ĐC		13,50±0,03 ^d	27,05±0,03 ^d	30,54±0,03 ^d	33,78±0,03 ^d

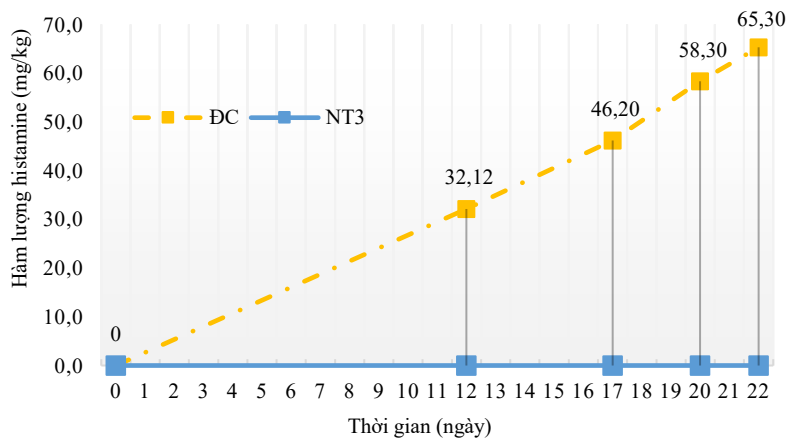
**Chú thích: Giá trị trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các giá trị trung bình trong cùng một cột theo sau có các mẫu tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê (p<0,05).*

Kết quả phân tích tại Bảng 5 cho thấy, có sự khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức về hàm lượng amoniac sinh ra trong quá trình bảo quản (p<0,05). Trong đó, hàm lượng amoniac sinh ra trong mẫu cá ngừ đại dương bảo quản theo NT3 ở ngày thứ 22 là thấp nhất (13,0±0,04 mg/100g), trong khi hàm lượng amoniac ở mẫu đối chứng bảo quản bằng đá xay là cao nhất (33,78±0,03 mg/100g), cao hơn 2,6 lần so với mẫu bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano. Như vậy, cá ngừ đại dương bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano có hàm lượng amoniac sinh ra thấp hơn so với cá ngừ bảo quản bằng đá xay theo phương pháp truyền thống. Điều này chứng tỏ, cá ngừ bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano ức chế được các hoạt động phân hủy của vi sinh vật, hạn chế các phản ứng phân giải tạo ra các sản phẩm cấp thấp chứa nhóm amin sau đó phân giải nhóm amin thành NH₃ và các chất khác. Kết quả này cũng thấp hơn khi bảo quản cá ngừ bằng đá sệt sau 20 ngày bảo quản là 14,0 mg/100g [4]. Theo nghiên cứu trước đây của Phạm Văn Long (2020) khi bảo quản cá ngừ đại dương bằng nano UFB thì sau 21 ngày bảo quản hàm lượng NH₃ là 18,0 mg; như vậy, bảo quản cá ngừ bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano có hàm lượng NH₃ thấp hơn so với bảo quản cá ngừ bằng nano UFB [5].

3.6. Sự biến đổi hàm lượng Histamine

Thịt cá ngừ chứa nhiều histidine, đây là một loại axit amin mà trong những điều kiện nhất định có thể chuyển hóa thành histamin gây dị ứng và tiềm ẩn nguy cơ ngộ độc. Vì vậy, Cục quản lý Thực phẩm và Dược phẩm Hoa Kỳ (FDA) năm 2005 đã thiết lập mức an toàn đối với histamin tối đa là 50 mg/kg sản phẩm. Trong khi đó, EC (1996) thiết lập mức an toàn cho histamin đối với cá ngừ tối đa là 100mg/kg sản phẩm. Tại Việt Nam theo TCVN 12153:2018 (Cá ngừ nguyên liệu) hàm lượng histamin ≤ 100 mg/kg [15].

Vì vậy, chỉ tiêu histamin là một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất cần theo dõi trong bảo quản và chế biến cá ngừ, nó được xem như một chỉ tiêu để kiểm soát chất lượng cá ngừ bảo quản khi bảo quản lạnh. Hàm lượng histamine trong cá ngừ càng cao thì sự hư hỏng do biến đổi chất lượng của cá ngừ đại dương càng lớn.



Hình 5. Hàm lượng histamine trong cá ngừ

Kết quả hàm lượng histamin trong cơ thịt cá ngừ theo thời gian bảo quản ở các nghiệm thức thể hiện trên Hình 5 cho thấy, sau 22 ngày bảo quản mẫu cá ngừ bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano không phát hiện hàm lượng histamine, trong khi đó histamin của mẫu đối chứng là 65,3 mg/kg, vượt ngưỡng theo quy định của Cục quản lý Thực phẩm và Dược phẩm Hoa Kỳ (FDA), nhưng vẫn nằm trong ngưỡng cho phép theo TCVN 12153:2018 [15]. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Nguyễn Xuân Thi và cộng sự bảo quản cá ngừ bằng đá sệt sau 20 ngày và nghiên cứu của Phạm Văn Long và cộng sự bảo quản cá ngừ đại dương bằng nano UFB, sau 21 ngày bảo quản cũng không phát hiện histamine trong thịt cá ngừ [4][5].

3.7. Sự biến đổi của tổng số vi sinh vật hiếu khí (TPC)

Vi sinh vật hiếu khí là một trong những nguyên nhân quan trọng gây ra sự hư hỏng trên thủy sản. Tổng số vi sinh vật hiếu khí trong các mẫu thí nghiệm được trình bày tại Bảng 6.

Bảng 6. Biến đổi tổng số vi sinh vật hiếu khí theo thời gian bảo quản

Nghiệm thức	Tổng số VSV hiếu khí theo thời gian (ngày)				Đơn vị: CFU/g
	ĐĐ	12	17	20	
NT1	<10	$5,5 \times 10^{1b}$	$2,5 \times 10^{2b}$	$3,9 \times 10^{2b}$	$4,5 \times 10^{2b}$
NT2		$4,1 \times 10^{1b}$	$1,9 \times 10^{2b}$	$3,5 \times 10^{2b}$	$4,0 \times 10^{2b}$
NT3		$3,0 \times 10^{1b}$	$1,1 \times 10^{2b}$	$3,0 \times 10^{2b}$	$3,6 \times 10^{2b}$
ĐC		$1,9 \times 10^{3a}$	$7,2 \times 10^{3a}$	$5,2 \times 10^{5a}$	$4,8 \times 10^{6a}$

*Chú thích: Giá trị trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các giá trị trung bình trong cùng một cột theo sau có các mẫu tự khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,05$).

Các mẫu bảo quản cá ngừ bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano, tổng số vi sinh vật hiếu khí tăng dần và tỷ lệ thuận với thời gian bảo quản, có sự khác biệt ý nghĩa thống kê so với mẫu đối chứng ($p < 0,05$). Trong đó, mẫu ở NT3 tăng ít nhất, sau 22 ngày bảo quản tổng số vi sinh vật hiếu khí là $3,6 \times 10^2$ CFU/g, chỉ bằng khoảng 30% theo TCVN 12153:2018 (tổng số vi sinh vật hiếu khí tối đa 10^6 CFU/g). Trong khi tổng số vi sinh vật hiếu khí của mẫu đối chứng (bảo quản bằng đá xay) là $4,8 \times 10^6$ CFU/g, gần sát ngưỡng cho phép theo TCVN 12153:2018 [14]. Như vậy, cá ngừ đại dương bảo quản bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano ở NT3 ở nhiệt độ $-1,5$ °C hạn chế được sự phát triển của vi sinh vật, dẫn đến vi sinh vật tổng số sau 22 ngày bảo quản thấp hơn nhiều so với mẫu đối chứng. Kết quả này thấp hơn nghiên cứu của đề tài bảo quản cá ngừ bằng đá sệt là tổng số vi sinh vật hiếu khí $7,4 \times 10^3$ CFU/g ở ngày thứ 20 [4] và kết quả đề tài bảo quản cá ngừ đại dương bằng nano UFB thì tổng số vi sinh vật hiếu khí là $4,75 \times 10^3$ CFU/g ở ngày thứ 21 [5].

4. KẾT LUẬN

Kết quả thử nghiệm bảo quản cá ngừ đại dương bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano trên tàu câu cho thấy: trong 03 nghiệm thức thử nghiệm bảo quản cá ngừ đại dương bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano thì tất cả các nghiệm thức đều cho kết quả chất lượng tốt hơn so với nghiệm thức đối chứng bảo quản bằng nước đá truyền thống: nhiệt độ tại tâm cá ngừ đại dương giảm nhanh từ $29,0$ °C xuống 0 °C trong 24 giờ, sau đó nhiệt độ tâm duy trì trong khoảng từ -1 °C đến $-1,5$ °C trong suốt quá trình bảo quản; Nghiệm thức 3 có điểm cảm quan ở ngày thứ 22 cao nhất ($189,31 \pm 0,31$ điểm), giảm 5,29% so với chất lượng cảm quan ban đầu; tổn thất trọng lượng của mẫu bảo quản cá ngừ bằng đá sệt kết hợp khí nitơ nano theo NT3 là 2,39%; hàm lượng protein mẫu bảo quản ở NT3 là $26,84 \pm 0,11\%$, có tỷ lệ tổn thất thấp nhất (4,48%); hàm lượng amoniac sinh ra ở ngày thứ 22 là thấp nhất ($13,0 \pm 0,04$ mg/100g); không phát hiện hàm lượng histamine (có thể có nhưng hàm lượng rất thấp, ở dạng vết); hàm lượng vi sinh vật hiếu khí sau 22 ngày bảo quản là $3,6 \times 10^2$ CFU/g.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] G. A. D. Violentina, Y. Ramona, and I. G. N. Mahardika, "Identifikasi bakteri dari ikan tongkol (*Euthynnus affinis*) yang diperdagangkan di pasar ikan Kedongan Bali," *Jurnal Biologi*, vol. 19, pp. 1–5, 2015.
- [2] H. H. Hizbullah, N. K. Sari, T. Nurhayati, and M. Nurilmala, "Quality changes of little tuna fillet (*Euthynnus affinis*) during chilling temperature storage," *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, vol. 404, 2020, doi:10.1088/1755-1315/404/1/012015.
- [3] A. Huidobro, M. López-Caballero, and R. Mendes, "Onboard processing of deepwater pink shrimp (*Parapenaeus longirostris*) with liquid ice: Effect on quality," *Eur. Food Res. Technol.*, vol. 214, no. 6, pp. 469–475, 2002, doi:10.1007/s00217-002-0490-5.
- [4] X. T. Nguyễn, *Nghiên cứu ứng dụng hệ thống thiết bị bảo quản cá ngừ đại dương bằng đá sệt trên tàu vỏ gỗ*. Báo cáo tổng kết. Viện Nghiên cứu Hải sản, 2020.
- [5] V. L. Phạm, *Ứng dụng công nghệ Nano UFB (Ultra Fine Bubble) để bảo quản cá ngừ đại dương trên tàu câu tay*. Báo cáo tổng kết. Viện Nghiên cứu Hải sản, 2020.
- [6] Council Regulation (EEC) No. 103/76 of 19 January 1976 laying down common marketing standards for certain fishery products, *J. Eur. Communities*, L20, pp. 1–7, 1976.
- [7] Bộ Thủy sản, TCVN 3705-90: Thủy sản – Phương pháp xác định hàm lượng nitơ tổng số và protein thô, 1990.
- [8] Bộ Thủy sản, TCVN 3706-90: Thủy sản – Phương pháp xác định hàm lượng Nitơ amoniac, 1990.
- [9] Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, TCVN 8352-2010: Thủy sản và sản phẩm thủy sản (Xác định hàm lượng Histamin bằng phương pháp sắc ký lỏng hiệu năng cao), 2010.
- [10] Bộ Khoa học và Công nghệ, Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 4884-1:2015 (ISO 4833-1:2013) về Vi sinh vật trong chuỗi thực phẩm - Phương pháp định lượng vi sinh vật - Phần 1: Đếm khuẩn lạc ở 30 độ C bằng kỹ thuật đồ đĩa, 2015.

- [11] B. Margeirsson et al., *Optimised Chilling Protocols for Fresh Fish*. Iceland: Icelandic Food and Biotech R&D, 2010.
- [12] M. Blanc, A. Desurmont, and S. Beverly, *Onboard Handling of Sashimi-Grade Tuna: A Practical Guide for Crew Members*. Secretariat of the Pacific Community (Fisheries), 2005.
- [13] B. Zhang, S. Deng, M. Gao, and J. Chen, "Effect of slurry ice on the functional properties of proteins related to quality loss during skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) chilled storage," *J. Food Sci.*, vol. 80, 2015, doi:10.1111/1750-3841.12812.
- [14] T. C. Nguyễn và M. P. Đỗ, *Công nghệ chế biến thực phẩm thủy sản*. Hà Nội: NXB Nông nghiệp, 2006.
- [15] Bộ Khoa học và Công nghệ, Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 12153:2018 về Cá ngừ nguyên liệu, 2018.

ABSTRACT

STUDY ON THE CHANGE IN QUALITY OF OCEAN TUNA PRESERVED USING SLURRY ICE COMBINED WITH NANO NITROGEN GAS TECHNOLOGY.

Truong Quoc Cuong*, Nguyen Xuan Thi
*South Research Sub-Institute for Marine Fisheries,
Research Institute for Marine Fisheries.*

*Email: tqc6655@gmail.com

This study summarizes the evaluation of quality changes in ocean tuna preserved using slurry ice combined with nano nitrogen gas on fishing vessels. Four treatments were investigated, including three treatments using slurry ice supplemented with nano nitrogen gas and one control treatment using conventional crushed ice, over a 22-day storage period. The results showed that preserving tuna at $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ with a slurry ice concentration of 40%, an ice-to-fish ratio of 3:1, and dissolved oxygen (DO) below 1 mg/L effectively maintained the core temperature of the fish between $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$. After 22 days of storage, the sensory quality decreased by only 5.29%, protein loss reached 10.83%, and ammonia content was $13.0 \pm 0.04\text{ mg/100 g}$. Histamine was not detected, total aerobic mesophilic bacteria were quantified at $3.6 \times 10^2\text{ CFU/g}$, and weight loss was 2.39%. These results provide a scientific and practical foundation for establishing a preservation protocol for ocean tuna using slurry ice technology combined with nano nitrogen gas.

Keywords: Preservation, ocean tuna, ice slurry, nano nitrogen.