

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH SẤY BƠM NHIỆT ĐẾN CHẤT LƯỢNG CẢM QUAN SẢN PHẨM CÁ BÈ VẪU CẮT LÁT (*CARANX IGNOBILIS*) MỘT NĂNG

*EFFECT OF HEAT PUMP DRYING ON THE SENSORY QUALITY OF SEMI-DRIED SLICED GIANT KINGFISH (*CARANX IGNOBILIS*) PRODUCT*

Thái Văn Đức

Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang,

Email: ductv@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 23/12/2025; Ngày phản biện thông qua: 03/04/2026 ; Ngày duyệt đăng: 30/06/2026

TÓM TẮT

Cá bè vẫu một năng là một trong các sản phẩm mới từ cá bè vẫu, sản phẩm có giá trị cảm quan, dinh dưỡng cao, được thị trường ưu chuộng. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm đánh giá tác động của công đoạn sấy đến chất lượng cảm quan sản phẩm cá bè vẫu một năng. Kết quả nghiên cứu cho thấy với chế độ sấy phù hợp: nhiệt độ sấy 45 °C, thời gian sấy 100 phút, tốc độ gió 2,5 m/s cho chất lượng cảm quan sản phẩm tốt nhất, đạt 18,49 điểm theo TCVN 3215-79.

Từ khóa: cá bè vẫu, một năng, sấy bơm nhiệt.

ABSTRACT

Semi-dried sliced giant kingfish product is a novel product derived from giant kingfish, characterized by high sensory and nutritional value and strong market acceptance. This study aimed to evaluate the effects of drying conditions on the sensory quality of Semi-dried sliced giant kingfish. The results indicated that optimal drying conditions namely a drying temperature of 45 °C, a drying duration of 100 minutes, and an air velocity of 2.5 m/s produced the highest sensory quality.

Keywords: sliced giant kingfish, semi-dried, heat pump drying.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cá bè vẫu (*caranx ignobilis*) thuộc họ cá khế (*Carangidae*) là loài cá được nuôi phổ biến ở nước ta, đặc biệt là khu vực Nam Trung Bộ và một số tỉnh ven biển Việt Nam do cá sinh trưởng nhanh, thịt thơm ngon, có giá trị dinh dưỡng cao. Ở nước ta mặc dù cá được nuôi khá phổ biến nhưng sản lượng khá thấp, chủ yếu phục vụ thị trường nội địa. Chính vì vậy người nuôi chưa quan tâm đến kỹ thuật nuôi và đầu tư cho công nghệ chế biến các sản phẩm có giá trị gia tăng cũng là nguyên nhân dẫn đến đầu ra của sản phẩm bị hạn chế. Do vậy, việc đầu tư nghiên cứu phát triển sản phẩm mới, có giá trị dinh dưỡng cao, đảm bảo chất lượng và an toàn thực phẩm, dễ dàng vận chuyển, phân phối, bảo quản, hỗ trợ mở rộng đầu ra là nhu cầu cấp thiết hiện nay.

Sản phẩm một năng là sản phẩm phổ biến tại Việt Nam, với thế mạnh là chất lượng cảm quan và giá trị dinh dưỡng cao nên thu hút các doanh nghiệp, cơ sở chế biến thủy sản, các nhà nghiên cứu quan tâm. Hiện nay có nhiều công bố liên quan đến lĩnh vực sấy, đặc biệt là sấy các sản phẩm thủy sản nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm thủy sản khô nói chung và sản phẩm một năng nói riêng. Một số kết quả nghiên cứu trong nước như công bố của Trần Văn Vương nghiên cứu ảnh hưởng của sấy lạnh đến chất lượng vẹm xanh sau thu hoạch. Kết quả cho thấy phương pháp sấy lạnh đã cải thiện chất lượng cảm quan, hạn chế được sự suy giảm chất lượng vượt trội so với cách sấy truyền thống [1], Trần Đại Tiến đã tiến hành nghiên cứu chế

biến mực ống khô lột da, đặc biệt tập trung nghiên cứu chọn phương pháp sấy phù hợp. Kết quả cho thấy sấy lạnh cho chất lượng cảm quan và giá trị dinh dưỡng cao và chất lượng sản phẩm phụ thuộc vào thông số của quá trình sấy nhiệt độ sấy, thời gian sấy, vận tốc gió và độ ẩm không khí [2]. Đào Trọng Hiếu đã nghiên cứu tối ưu hóa quá trình sấy cá cơm kết hợp sấy bơm nhiệt và hồng ngoại. Kết quả nghiên cứu xác định hiệu quả của việc kết hợp 2 phương pháp này là rút ngắn được thời gian sấy [3]. Trên thế giới cũng có nhiều công trình công bố liên quan như công bố của Strommen và cộng sự nghiên cứu làm khô cá hồi bằng sấy bơm nhiệt, nghiên cứu tập trung chủ yếu vào các yếu tố chính như thời gian sấy, vận tốc gió, nhiệt độ sấy, theo dõi chất lượng cảm quan về màu sắc, biến đổi cấu trúc sản phẩm [4]; Công bố của Parachayawarakorn và cộng sự nghiên cứu dùng phương pháp sấy lạnh để làm khô tôm, kết quả chứng minh sử dụng phương pháp sấy lạnh đã cải thiện đáng kể về màu sắc sản phẩm so với phương pháp truyền thống [5].

II. NGUYÊN VẬT LIỆU - PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

1. Vật liệu

1.1. Nguyên liệu chính: Cá bẹ vầu được sử dụng trong nghiên cứu này là cá nuôi thương phẩm, được thu mua ở xã Nam Ninh Hoà, tỉnh Khánh Hòa. Cá có thời gian nuôi từ 10 tháng, khối lượng trung bình $1000 \div 1200$ g/con, chiều dài từ $36 \div 40$ cm.

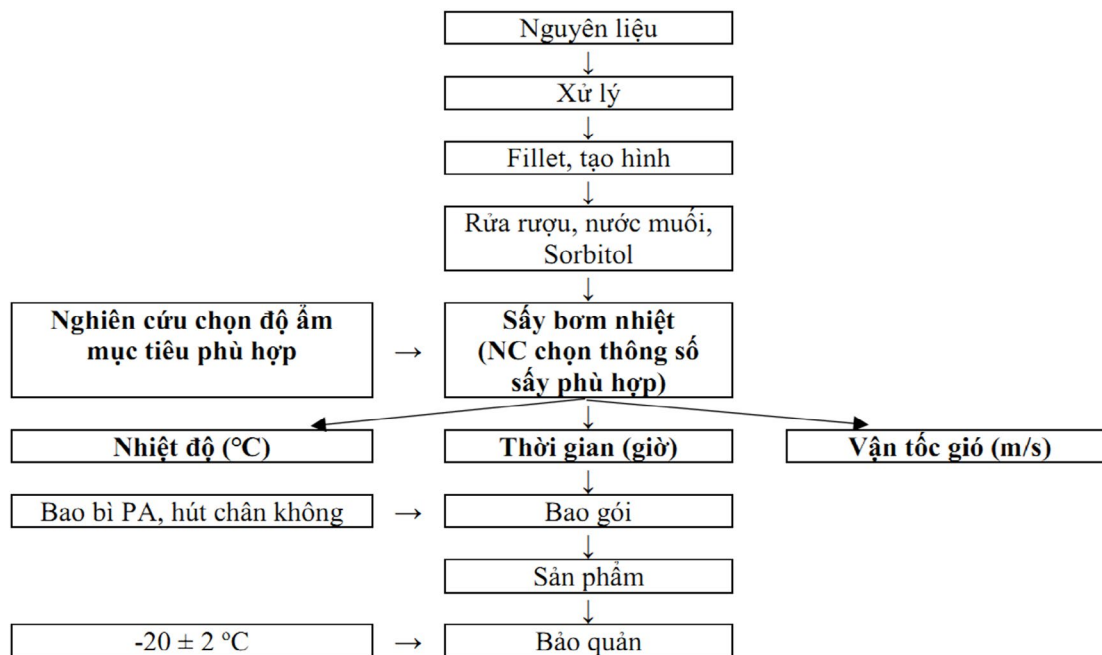
1.2. Muối ăn: Muối ăn đạt chất lượng dùng cho thực phẩm, sản phẩm của công ty TNHH Muối Thành Phát, mua tại siêu thị Co.op Mart, Phường Tây Nha Trang, Khánh Hòa.

1.3. Rượu: Rượu đạt chất lượng dùng cho thực phẩm, do Công Ty TNHH Thực phẩm Việt Men Gold sản xuất. mua tại siêu thị Co.op Mart, Phường Tây Nha Trang, Khánh Hòa.

1.4. Sorbitol: Sorbitol dùng trong nghiên cứu này đạt chất lượng dùng cho thực phẩm. Sorbitol mua tại Cửa hàng hóa chất Việt Mỹ, địa chỉ D2 Hàng Cá, phường Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Sơ đồ quy trình và bố trí thí nghiệm



Hình 1. Sơ đồ quy trình và bố trí thí nghiệm

2.2. Thuyết minh quy trình

Bố trí thí nghiệm được sử dụng phương pháp cổ điển, dựa trên kết quả thí nghiệm thăm dò, tổng quan tài liệu. Trên cơ sở đó chọn điều kiện biên để bố trí thí nghiệm. Nguyên tắc bố trí thí nghiệm là ban đầu chọn cố định một thông số của qui trình đã xác định từ trước, các nghiên cứu sau sẽ dựa trên thông số đã chọn của thí nghiệm trước.

Nguyên liệu: Cá bẹ vầu được chọn là cá tươi, có màu sắc và mùi tanh đặc trưng. Nguyên liệu được xử lý bỏ đầu, nội tạng, rửa sạch, tiến hành fillet tách thịt, loại xương.

Xử lý: Miếng cá fillet được cắt thành lát kích thước: dài 20 ± 1 cm, rộng 12 ± 1 cm, dày $1,5 \pm 0,2$ cm, trọng lượng 200 ± 5 g.

Rửa: Miếng fillet sau khi cắt được rửa nước muối với nồng độ 3%, thời gian 60 phút, rửa rượu nồng độ 20%, thời gian 12 phút, rửa Sorbitol nồng độ 1,5 %, thời gian 50 phút [6].

- Nghiên cứu xác định độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp

Cá Bẹ Vầu sau khi sơ chế, rửa rượu, ngâm nước muối và sorbitol được sấy ở nhiệt độ 45 °C, vận tốc gió là 2,5 m/s, thời gian sấy thay đổi từ 40 - 160 phút, bước nhảy 20 phút. Sấy đến độ ẩm đạt $50 \div 60$ % [7]. Sử dụng phương pháp cho điểm theo TCVN 3215-79 để đánh giá đánh giá chất lượng cảm quan sản phẩm sau khi sấy. Trên cơ sở đó xác định độ ẩm mục tiêu phù hợp cho sản phẩm.

- Nghiên cứu xác định thông số của quá trình sấy (nhiệt độ, thời gian, vận tốc gió)

Nhiệt độ sấy: Chuẩn bị mẫu cá bẹ vầu qua xử lý, rửa như trên, tốc độ gió cố định 2,5 m/s, thời gian sấy được chọn từ nghiên cứu xác định độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp, nhiệt độ sấy thay đổi từ 30-50 °C, bước nhảy 5 °C.

- **Tốc độ gió:** Chuẩn bị mẫu cá bẹ vầu qua xử lý, rửa như trên, nhiệt độ, thời gian sấy được chọn từ nghiên cứu trên, tốc độ gió thay đổi từ $2 \div 3$ m/s, bước nhảy 0,5 m/s.

Sử dụng phương pháp cho điểm theo TCVN 3215-79 để đánh giá đánh giá chất lượng cảm quan sản phẩm sau khi sấy. Kết quả đánh giá dùng để xác định thông số của quá trình sấy phù hợp cho sản phẩm cá bẹ vầu một nắng.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. Phương pháp phân tích hóa lý, vi sinh

- **Độ ẩm:** Sử dụng phương pháp sấy khô đến khối lượng không đổi theo TCVN 3700:1990.

- **Xác định tổng số vi sinh vật hiếu khí:** theo tiêu chuẩn TCVN 6507 – 1:2005 (ISO 6887 – 1:1999)

- **Xác định *Escherichia coli*:** theo tiêu chuẩn TCVN 7924 – 3:2007

- **Xác định *Salmonella spp*:** theo tiêu chuẩn TCVN 4829 : 2005 (ISO 6579: 2002)

- **Xác định *Staphylococcus aureus*:** theo tiêu chuẩn TCVN 4830-1:2005 (ISO 6888 - 1:1999)

- **Kiểm tra chỉ tiêu VSV căn cứ theo QĐ 09/VBHN-BYT năm 2023, v/v ban hành “Quy định giới hạn tối đa ô nhiễm sinh học và hóa học trong thực phẩm” [8]**

2.3.2. Phương pháp đánh giá chất lượng cảm quan

Sử dụng phương pháp cho điểm, theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215 – 79 để đánh giá chất lượng cảm quan sản phẩm. Sử dụng hệ điểm 20, thang 5 điểm (từ 0 đến 5), 6 bậc (từ 1 đến 6).

Bảng 2.1. Bảng mô tả các chỉ tiêu đánh giá cảm quan sản phẩm cá bẹ vầu một nắng

Chỉ tiêu	Điểm	Đánh giá
Trạng thái	5	Miếng cá khô bề mặt, mềm đặc trung, độ nguyên vẹn cao, có độ đàn hồi rất tốt.
	4	Miếng cá khô bề mặt, mềm đặc trung, nguyên vẹn, có độ đàn hồi tốt.
	3	Miếng cá khô bề mặt, khá mềm, nguyên vẹn, có độ đàn hồi khá tốt.
	2	Miếng cá hơi khô bề mặt, tương đối mềm, khá nguyên vẹn, có độ đàn hồi tương đối thấp.
	1	Miếng cá khô, quá mềm hoặc cứng, độ nguyên vẹn thấp, có độ đàn hồi thấp.
	0	Miếng cá quá ướt hoặc quá khô, mềm nhũn hoặc khô ráp, không nguyên vẹn, độ đàn hồi rất thấp.
Màu sắc	5	Vàng sáng, đồng đều giữa các mặt, độ bóng tốt.
	4	Vàng sáng, tương đối đồng đều giữa các mặt, độ bóng tốt.
	3	Vàng hơi sậm, đồng đều giữa các mặt, độ bóng khá tốt.
	2	Vàng sậm, tương đối đồng đều giữa các mặt, tương đối có độ bóng.
	1	Vàng nâu, không đồng đều hay có một vài đốm màu lạ, độ bóng khá thấp.
	0	Nâu sậm, có nhiều đốm màu lạ, không có độ bóng.
Mùi	5	Mùi đặc trưng của cá một nắng, không có mùi lạ.
	4	Mùi khá đặc trưng của cá một nắng, không có mùi lạ.
	3	Mùi ít đặc trưng của cá một nắng, không có mùi lạ.
	2	Mùi ít đặc trưng của cá một nắng, có mùi lạ.
	1	Có mùi lạ, ôi khét rõ rệt.
	0	Có mùi không chấp nhận được, mùi lạ rất rõ rệt.
Vị	5	Vị ngọt tự nhiên của cá một nắng, không có vị lạ, hậu vị dễ chịu.
	4	Vị ngọt tự nhiên của cá một nắng, không có vị lạ, hậu vị khá dễ chịu
	3	Vị ngọt khá tự nhiên của cá một nắng, không có vị lạ, hậu vị ít dễ chịu
	2	Vị ngọt ít tự nhiên của cá một nắng, không có vị lạ, ít hậu vị
	1	Hơi có vị lạ
	0	Vị lạ rõ rệt

2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

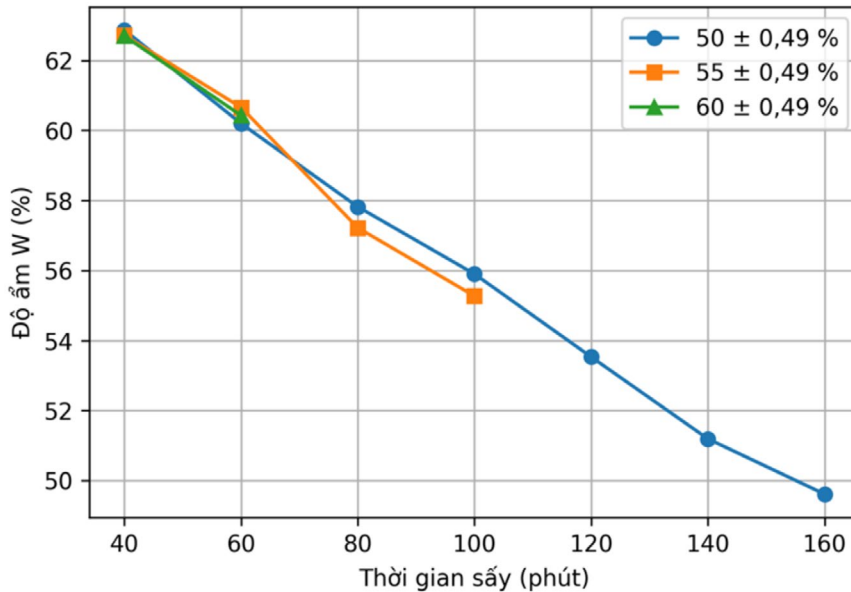
Các thí nghiệm được thực hiện lặp lại 3 lần. Số liệu được tiến hành thống kê, xử lý bằng phần mềm thống kê SPSS.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả nghiên cứu xác định độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp

Việc xác định độ ẩm sản phẩm sau sấy phù

hợp có ý nghĩa quan trọng nhằm điều chỉnh các thông số của quá trình sấy bơm nhiệt cho phù hợp với độ ẩm mục tiêu sản phẩm hướng đến. Trong nghiên cứu này, với độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp được chọn $50 \pm 0,49\%$, $55 \pm 0,49\%$ và $60 \pm 0,49\%$, các thông số nhiệt độ 45°C , vận tốc độ gió $2,5 \text{ m/s}$ được cố định, thay đổi thời gian sấy nhằm xác định biến động của độ ẩm của sản phẩm. Kết quả được biểu thị trên Hình 3.1.

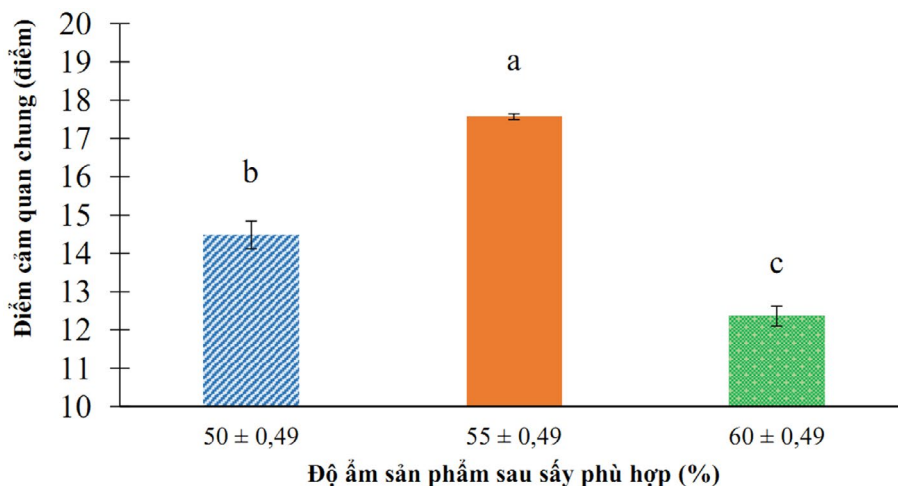


Hình 3.1. Biến đổi độ ẩm của sản phẩm theo thời gian sấy

Kết quả nghiên cứu cho thấy độ ẩm của sản phẩm giảm dần, phản ánh quá trình thoát ẩm diễn ra liên tục và ổn định theo thời gian sấy. Cụ thể trong suốt quá trình từ 40 đến 160 phút, độ ẩm giảm rõ rệt, ở giai đoạn đầu từ 40 đến 60 phút, độ ẩm giảm nhanh, cho thấy quá trình bay hơi ẩm bề mặt sản phẩm diễn ra mạnh. Ở giai đoạn sau (80–160 phút), tốc độ giảm độ ẩm chậm hơn, đặc biệt thể hiện rõ ở đường có

độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp $50 \pm 0,49\%$, phản ánh có sự ảnh hưởng của khuếch tán ẩm từ bên trong vật liệu ra bề mặt. Xu hướng này phù hợp với đặc điểm chung của quá trình sấy thực phẩm, bao gồm giai đoạn sấy tốc độ không đổi và giai đoạn sấy giảm tốc.

Kết quả đánh giá chất lượng cảm quan sản phẩm có độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp khác nhau được trình bày ở Hình 3.2.



Hình 3.2. Biến đổi của chất lượng cảm quan sản phẩm theo độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp

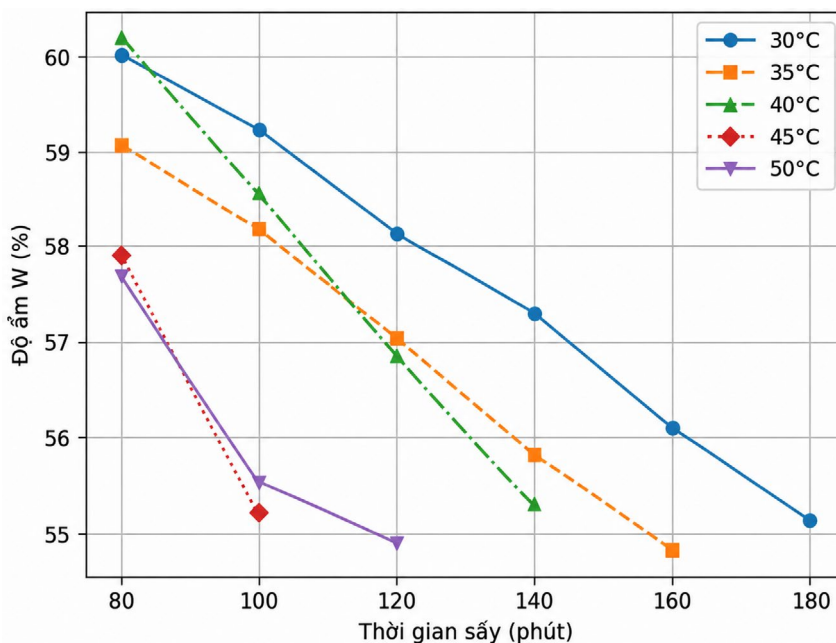
(Ghi chú: Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê)

Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) về điểm cảm quan của sản phẩm ở các độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp khác nhau. Mẫu có độ ẩm $55 \pm 0,49\%$ đạt điểm cao nhất 17,57 (điểm), vượt trội hơn so với mẫu độ ẩm $50 \pm 0,49\%$ là 14,48 (điểm), trong khi mẫu có độ ẩm $60 \pm 0,49\%$ đạt điểm thấp nhất 12,36 (điểm).

Từ dữ liệu trên có thể đánh giá độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp ảnh hưởng rõ rệt đến chất lượng cảm quan sản phẩm. Khi tăng độ ẩm từ 50% lên 55%, điểm cảm quan cải thiện rõ rệt, với độ ẩm $55 \pm 0,49\%$ được đánh giá là phù hợp, mang lại hương vị, màu sắc và trạng thái tốt nhất. Tuy nhiên, khi độ ẩm đạt $60 \pm 0,49\%$, điểm cảm quan giảm xuống 12,36 (điểm).

Kết quả này có thể giải thích ở độ ẩm phù hợp ($55 \pm 0,49\%$) quá trình biến tính protein và mất nước diễn ra vừa phải, tạo cấu trúc thịt dai nhưng mềm mại. Phản ứng Maillard diễn ra mức độ thấp, sự biến tính protein tạo màu vàng hấp dẫn và hương vị đặc trưng. Ngược lại, khi độ ẩm quá thấp ($50 \pm 0,49\%$) dẫn đến biến tính protein mạnh, khiến thịt cá cứng và mất độ đàn hồi, phản ứng Maillard và sự mất nước nhiều hơn có thể làm sản phẩm bị đậm màu. Nếu độ ẩm quá cao ($60 \pm 0,49\%$), sản phẩm có màu vàng nhạt, độ ẩm cao dẫn đến suy giảm chất lượng cảm quan, thời gian bảo quản ngắn do vi sinh vật, enzyme hoạt động mạnh [9].

3.2. Biến đổi chất lượng sản phẩm theo nhiệt độ và thời gian sấy



Hình 3.3: Biến đổi độ ẩm của sản phẩm theo nhiệt độ và thời gian sấy

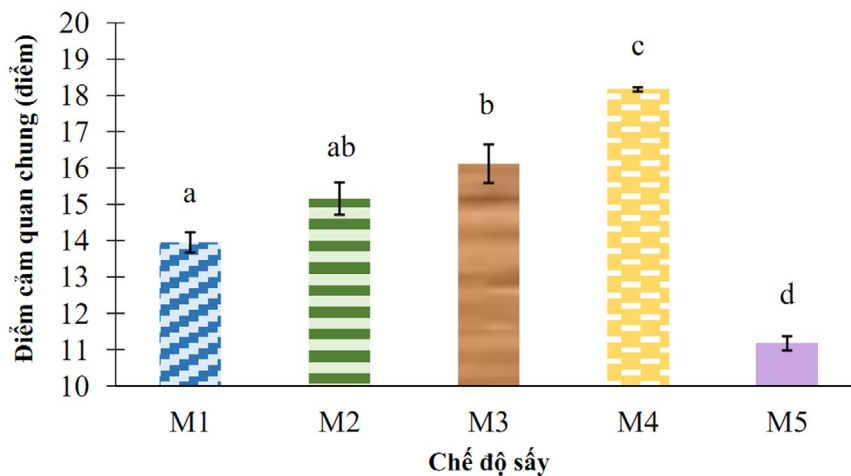
Kết quả nghiên cứu cho thấy khi gia tăng nhiệt độ sấy thì độ ẩm sản phẩm giảm, thời gian sấy càng ngắn. Cụ thể, khi tăng nhiệt độ từ 30 °C lên 45 °C, thời gian sấy giảm từ 180 phút xuống 100 phút, nhưng nếu tăng lên 50 °C, thời gian sấy lại kéo dài đến 120 phút.

Kết quả trên là do trong quá trình sấy, khi nhiệt độ tăng, năng lượng cung cấp cho nước trên bề mặt sản phẩm bay hơi tăng, hệ số bay hơi tăng và áp suất hơi nước trên bề mặt cá tăng, dẫn đến độ chênh lệch với độ ẩm không khí không khí tăng. Đây chính là động lực

làm bay hơi nước, làm tăng nhanh quá trình khuếch tán ngoại, từ đó thúc đẩy quá trình khuếch tán nội, quá trình sấy được rút ngắn. Tuy nhiên, nếu nhiệt độ quá cao, khuếch tán ngoại diễn ra quá nhanh, tạo lớp màng trên bề mặt và cản trở việc thoát ẩm từ bên trong, khiến thời gian sấy bị kéo dài vì vậy mà ở nhiệt độ 50 °C thời gian sấy lại lâu hơn ở 45 °C. Còn khi nhiệt độ thấp, sự chênh lệch áp suất hơi nước trên bề mặt cá so với áp suất riêng phần của hơi nước trong cơ thịt cá thấp, làm cho quá trình khuếch tán diễn ra chậm, dẫn đến thời gian sấy kéo dài [7].

Dựa trên kết quả ở Hình 3.3, các mẫu đạt độ ẩm sản phẩm sau sấy phù hợp $55 \pm 0,49\%$ được chọn để đánh giá chất lượng cảm quan bao gồm: mẫu sấy ở 30 °C trong 180 phút (M1), mẫu sấy ở 35 °C trong 160 phút (M2), mẫu sấy ở 40 °C trong 140 phút (M3), mẫu sấy ở 45 °C trong 100 phút (M4), và mẫu sấy ở 50 °C trong 120 phút (M5).

Kết quả đánh giá chất lượng cảm quan các mẫu M1, M2, M3, M4, M5 với các chế độ sấy khác nhau như kết luận trên được trình bày ở Hình 3.3 như sau:



Hình 3.4. Biến đổi của chất lượng cảm quan sản phẩm theo nhiệt độ và thời gian sấy

(Ghi chú: Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê)

Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) về giá trị cảm quan của sản phẩm theo nhiệt độ và thời gian sấy. Theo đồ thị hình 3.4, mẫu sấy ở 45 °C trong 100 phút (M4) đạt điểm cao nhất với 18,17 (điểm), tiếp theo là mẫu ở 40 °C trong 140 phút (M3) với 16,12 (điểm), mẫu ở 35 °C trong 160 phút (M2) đạt 15,16 (điểm), và mẫu ở 30 °C trong 180 phút (M1) chỉ có 13,95 (điểm). Mẫu sấy ở 50 °C trong 120 phút (M5) có điểm thấp nhất với 11,17 (điểm).

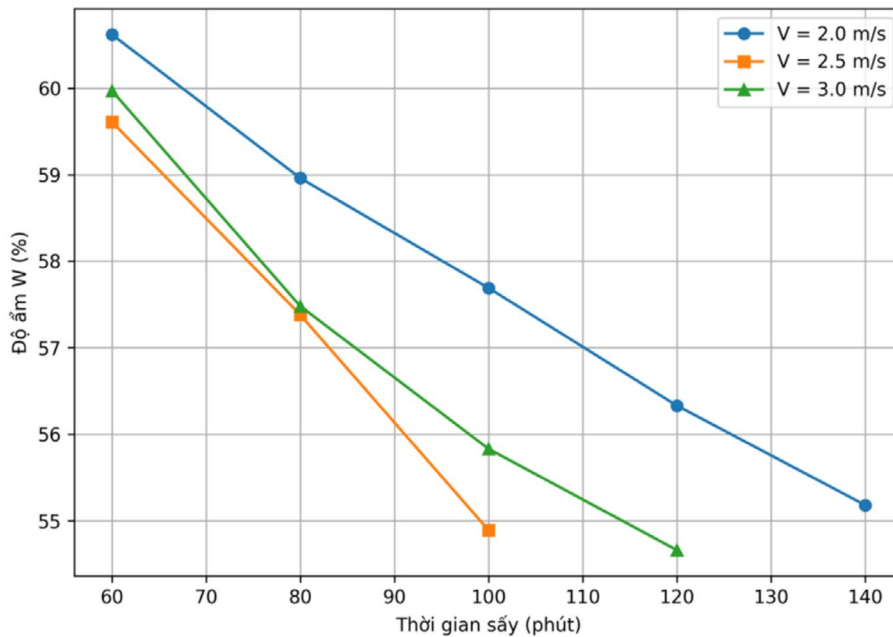
Từ dữ liệu trên có thể nhận định nhiệt độ và thời gian sấy ảnh hưởng lớn đến chất lượng

cảm quan sản phẩm. Khi nhiệt độ sấy tăng từ 30 °C lên 45 °C, điểm cảm quan chung được cải thiện rõ rệt từ 13,95 lên 18,17 điểm. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng lên 50 °C, điểm cảm quan chung lại giảm xuống 11,17 (điểm). Nhiệt độ quá cao (50 °C) làm tăng quá trình bay hơi bề mặt, trong khi khuếch tán nội diễn ra chậm, dẫn đến hình thành lớp màng cứng, cản trở thoát ẩm và ảnh hưởng tiêu cực đến chất lượng sản phẩm. Đồng thời, nhiệt độ sấy tăng đã cắt đứt các liên kết hydro, dẫn đến khả năng liên kết với nước của protein giảm, làm cho kết cấu tổ chức của cơ thịt khô càng

trở nên khô cứng hơn [10]. Ngoài ra, nhiệt độ sấy cao còn làm tăng cường phản ứng oxy hóa lipid trong cơ thịt cá khiến cho sản phẩm sau sấy bị sẫm màu, có mùi vị hơi khét và ôi dầu. Ngược lại, ở nhiệt độ thấp ($30 \div 40$ °C), dẫn đến thời gian sấy kéo dài, vi sinh vật và enzyme hoạt động mạnh hơn, chất lượng cảm quan và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm thấp [2]. Khi sấy ở nhiệt độ phù hợp (45 °C),

khuếch tán nội và ngoại diễn ra cân bằng, giúp ẩm thoát ra đều đặn, tạo sản phẩm có độ mềm dẻo, màu sắc hấp dẫn và hương vị thơm ngon. Một số nghiên cứu trước đó cũng chỉ ra rằng sấy ở 45 °C mang lại chất lượng cảm quan tốt nhất cho thủy sản [11],[3].

3.3. Biến đổi của chất lượng sản phẩm theo vận tốc gió



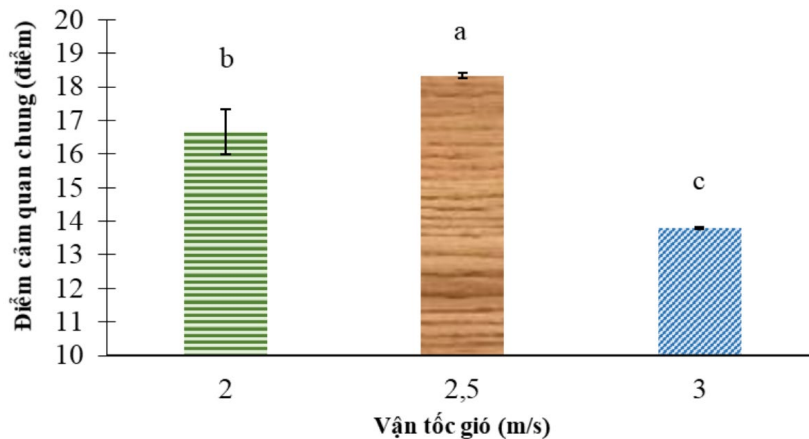
Hình 3.5: Biến đổi độ ẩm của sản phẩm theo vận tốc gió (nhiệt độ sấy ở 45°C)

Kết quả ở Bảng 3.4 cho thấy, ở cùng nhiệt độ 45 °C, khi tăng vận tốc gió từ 2 m/s lên 2,5 m/s, thời gian sấy giảm từ 140 phút xuống 100 phút. Tuy nhiên, khi vận tốc gió tăng lên 3 m/s, thời gian sấy lại tăng lên 120 phút. Điều này cho thấy vận tốc gió cao giúp độ ẩm sản phẩm giảm nhanh hơn, rút ngắn thời gian sấy nhưng nếu quá lớn dẫn đến thời gian sấy sẽ kéo dài.

Kết quả trên có thể được lý giải khi vận tốc gió đạt mức thích hợp (2,5 m/s), hệ số bay hơi nước tăng, giúp tăng khả năng bay hơi nước trên bề mặt sản phẩm vào không khí tốt hơn. Quá trình khuếch tán ngoại và nội trở nên đồng bộ, giảm thời gian sấy. Ngoài ra,

tốc độ gió càng cao còn giúp lưu thông không khí trong tủ sấy, loại bỏ ẩm và tạo điều kiện khô cần thiết, thúc đẩy quá trình khuếch tán ngoại nên thời gian sấy cũng rút ngắn lại. Tuy nhiên, khi tốc độ gió quá cao (3 m/s), ẩm ở bề mặt bay hơi quá nhanh, tạo ra lớp màng cứng trên bề mặt, khiến cho quá trình dịch chuyển ẩm từ trong ra ngoài khó khăn, dẫn đến tăng thời gian sấy. Ngược lại, khi tốc độ gió thấp (2 m/s), quá trình khuếch tán ngoại diễn ra chậm, dẫn đến độ ẩm cao trên bề mặt cá, kìm hãm khuếch tán nội và kéo dài thời gian sấy [7].

Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của vận tốc gió đến chất lượng cảm quan sản phẩm trình bày trên hình 3.3.



Hình 3.3. Biến đổi chất lượng cảm quan sản phẩm theo vận tốc gió

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) điểm cảm quan chung của sản phẩm ở các vận tốc gió khác nhau. Cụ thể, với cùng nhiệt độ sấy 45 °C, mẫu cá sấy ở vận tốc gió 2,5 m/s trong 100 phút đạt điểm cao nhất là $18,33 \pm 0,08$ (điểm), trong khi mẫu sấy ở 2 m/s trong 140 phút đạt $16,67 \pm 0,68$ (điểm) và mẫu ở 3 m/s trong 120 phút có điểm thấp nhất là $13,80 \pm 0,04$ (điểm). Khi vận tốc gió tăng từ 2 m/s lên 2,5 m/s, thời gian sấy giảm từ 140 phút xuống còn 100 phút, và điểm cảm quan cải thiện rõ rệt. Chế độ sấy với tốc độ gió 2,5 m/s được đánh giá là phù hợp, mang lại chất lượng sản phẩm tốt nhất. Tuy nhiên khi tăng lên 3 m/s thì điểm cảm quan lại giảm xuống.

Kết quả này cho thấy khi tốc độ gió ở mức 2,5 m/s, quá trình khuếch tán nội và ngoại diễn ra đồng bộ, giúp ẩm thoát ra nhanh chóng, tránh các phản ứng oxy hóa gây ra mùi vị lạ.

Thời gian sấy ngắn cũng giúp protein ít bị biến tính, giữ bề mặt sản phẩm láng bóng và màu sắc tươi sáng, nhờ đó cải thiện chất lượng cảm quan. Trong khi đó, ở tốc độ gió 2 m/s, thời gian sấy kéo dài dẫn đến enzyme và vi sinh vật gia tăng hoạt động, chất lượng cảm quan và giá trị dinh dưỡng của sản phẩm giảm. Ngược lại, với tốc độ gió quá cao (3 m/s), lớp màng cứng hình thành trên bề mặt cá ngăn cản sự thoát ẩm, làm tăng thời gian sấy (120 phút) và các phản ứng sinh hóa, giảm chất lượng cảm quan của sản phẩm. Kết quả nghiên cứu hoàn toàn phù hợp với các công bố trước đây của Pigotto và cs (1990), Rockland và cs (1980) cho thấy hàm ẩm giảm nhanh có thể làm cơ thịt cá dễ bị cứng, giảm chất lượng cảm quan [12-13].

3.4. Kết quả đánh giá các chỉ tiêu vi sinh vật của sản phẩm cá bẹ vầu một nắng

Bảng 3.1. Kết quả kiểm tra các chỉ tiêu vi sinh của sản phẩm cá bẹ vầu một nắng

STT	Tên chỉ tiêu	Kết quả	QĐ 09/VBHN-BYT năm 2023
1.	Tổng vi khuẩn hiếu khí (CFU/g)	2.10^4	5.10^4
2.	<i>E.coli</i> (MPN/g)	0	3
3.	<i>S.aureus</i> (CFU/g)	0	10
4.	<i>Salmonella</i> (không phát hiện trong 25g sản phẩm)	0	0
5.	Nấm mốc và nấm men (CFU/g)	10	100

IV. KẾT LUẬN

Sấy là công đoạn quan trọng nhằm kéo dài thời gian bảo quản, hạn chế sự biến đổi chất lượng cảm quan, giá trị dinh dưỡng sản phẩm. Cá bè vầu nguyên liệu sau khi sơ chế, rửa rượu, ngâm nước muối và sorbitol được sấy bằng

thiết bị sấy bơm nhiệt. Kết quả nghiên cứu đã xác định được thông số của quá trình sấy bơm nhiệt sản phẩm cá bè vầu một nắng thích hợp với độ ẩm mục tiêu $55 \pm 0,49\%$, vận tốc gió 2,5 m/s, nhiệt độ sấy 45 °C, thời gian sấy 100 phút, sản phẩm có điểm cảm quan tốt, đạt 18,67 (điểm).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trần Văn Vương (2004), *Nghiên cứu sự biến đổi của vẹm xanh sau thu hoạch và trong quá trình sấy lạnh để sản xuất mặt hàng vẹm xanh sấy khô có chất lượng cao*, Luận văn thạc sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Nha Trang
- [2] Trần Đại Tiến (2007), *Nghiên cứu phương pháp sấy và bảo quản mực ống khô lột da*, Luận án tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Nha Trang
- [3] Đào Trọng Hiếu (2005), *Ứng dụng công nghệ gói bức xạ hồng ngoại dài tần hẹp chọn lọc kết hợp với không khí có nhiệt độ thấp để sấy cá cơm săng (stolephorus tri) xuất khẩu*, Luận văn thạc sỹ, trường Đại học Nha Trang
- [4] Strommen I. & Kramer K. (1994), “New Applications of Heat Pumps in Drying Processes”, *Drying Technology*, 12(4).
- [5] Parachayawarakorn S., Soponronnarit S., Wetchakama S. & Jaisut D. (2002), “Desorption isotherms and drying characteristics of shrimps in superheat steam and hot air”, *Drying Technology*, 20(3), pp. 669-684
- [6] Thái Văn Đức, Lê Nguyễn Kim Huyền. Nghiên cứu ảnh hưởng của công đoạn rửa đến chất lượng cảm quan sản phẩm cá bè vầu một nắng. *Tạp chí KH-CN thủy sản số 2/2025*
- [7] Trần Đại Tiến, Lê Như Chính và Nguyễn Văn Hoàng (2022), *Kỹ thuật sấy thủy sản*, NXB: Khoa học và Công nghệ, Hà Nội
- [8] Bộ Y tế (2023), Quyết định số 09/VBHN-BYT về việc ban hành Quy định giới hạn tối đa ô nhiễm sinh học và hóa học trong thực phẩm
- [9] Lê Ngọc Tú (2002), *Hóa học thực phẩm*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội
- [10] Kamalakar K., Rajak A. N. & Prasad R. B. L. (2013), “Rubber seed oil-based biolubricant base stocks: a potential source for hydraulic oils”, *Crops Prod*, Volume 51, pp. 249-257
- [11] Lê Anh Đức, Nguyễn Văn Lành và Nguyễn Hay (2018), “Nghiên cứu sấy cá lù đù theo nguyên lý sấy bơm nhiệt kết hợp vi sóng”, *Tạp chí năng lượng nhiệt*, 139 (1), tr. 11 – 15
- [12] Pigotto G. M. & Tucker B. M. (1990), *Seafood: Effect of technology on Nutrition*, Marcel Dekker, New York, pp. 146 – 157
- [13] Rockland L. B. & Nishi S. K. (1980), “Influence of water activity on food product quality and stability”, *Food Technology*, 34, pp. 42 – 51