

NGHIÊN CỨU BIẾN ĐỔI CỦA BƠ SÁP CẮT (*PERSEA AMERICANA*) TRONG QUÁ TRÌNH BẢO QUẢN BẰNG DUNG DỊCH CHITOSAN KẾT HỢP CALCIUM ASCORBATE

EFFECTS OF CHITOSAN AND CALCIUM ASCROBATE ON THE QUALITY CHANGES OF SICED WAXY AVOCADO (*PRESEA AMERICANA*) DURING COLD STORAGE

Nguyễn Huỳnh Đình Thuận¹, Phạm Thị Quyên¹, Trần Đình Thắng¹,
Nguyễn Ngọc Tuấn¹, Đoàn Lan Phương^{2,*},
Phạm Quốc Long², Phan Mạnh Hương³

DOI: <http://doi.org/10.57001/huinh5804.2025.143>

TÓM TẮT

Nội dung nghiên cứu thử nghiệm bảo quản bơ Sáp cắt bằng dung dịch: Chitosan độ deacetyl 90 kết hợp với chất chống oxy hóa Calcium Ascorbate ở các nồng độ nhất định sau đó theo dõi các chỉ tiêu của bơ để biết khả năng bảo quản của dịch nhúng. Các yếu tố khảo sát bao gồm: nồng độ Calcium Ascorbate (0%, 3%, 6%, 9%, 12%) tiến hành phối vào dịch Chitosan 2% và bảo quản bơ ở nhiệt độ 6°C. Sau khi tạo dung dịch tiến hành đo độ nhớt và độ bám dính trên bơ. Sau đó bơ sáp cắt được bảo quản ở điều kiện 6°C trong vòng 8 ngày, tiến hành theo dõi các chỉ tiêu: độ cứng, màu sắc, độ ôi hóa của lipid, axit béo không no của bơ trong quá trình bảo quản. Kết quả cho thấy dung dịch: Chitosan độ deacetyl 90, nồng độ 2% kết hợp với Calcium Ascorbate có nồng độ 9% có tác dụng làm chậm quá trình hư hỏng, duy trì màu sắc quả, kéo dài được thời gian bảo quản bơ cắt sau 8 ngày.

Từ khóa: Nồng độ Calcium Ascorbate 9%, ôi hóa dầu mỡ.

ABSTRACT

The study aims to create a Chitosan solution with a deacetylation degree of 90, combined with the antioxidant Calcium Ascorbate at certain concentrations, and to test its preservation effect on sliced avocado butter. The goal is to monitor the avocado butter's properties to assess the preservation ability of the dipping solution. The factors investigated include the concentration of Calcium Ascorbate (0%, 3%, 6%, 9%, 12%) mixed with a 2% Chitosan solution, with the butter stored at a temperature of 6°C. After preparing the solution, viscosity and adhesion measurements were taken on the butter. The treated sliced avocado butter was then stored at 6°C for 8 days, during which parameters such as hardness, color, lipid oxidation, and unsaturated fatty acids were measured throughout the process. The results showed that the 2% Chitosan solution with a 9% Calcium Ascorbate concentration effectively slowed down the deterioration process, maintained the fruit's color, and extended the storage time of the sliced avocado butter after 8 days.

Keywords: The concentration of Calcium Ascorbate 9%, lipid oxidation.

¹Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

²Viện Hóa Học, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Trường Đại học Nam Florida, Hoa Kỳ

*Email: doanphuong@ich.vast.vn

Ngày nhận bài: 27/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 22/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Chitosan là một polyme không độc hại có nguồn gốc từ chitin. Chitosan không cung cấp giá trị dinh dưỡng theo

nghĩa truyền thống như carbohydrate, protein hay chất béo, nhưng nó có giá trị dinh dưỡng chức năng rất đáng chú ý, đặc biệt là với vai trò như một chất xơ hòa tan giúp

hỗ trợ tiêu hóa, tạo cảm giác no và thúc đẩy sức khỏe đường ruột. Chitosan có khả năng liên kết với lipid (chất béo) và axit mật trong ruột, từ đó giảm hấp thu cholesterol và chất béo, hạ mức cholesterol toàn phần và LDL (cholesterol xấu) trong máu. Các đặc tính hóa lý và sinh học của chitosan chứng minh cho việc sử dụng nó trong các công thức thực phẩm vì các đặc tính nhũ hóa, kháng khuẩn, chống oxy hóa và tạo gel, đồng thời hoạt động như một chất xơ chức năng, chất hỗ trợ giảm cân và kiểm soát mỡ máu. Điều này làm cho nó đặc biệt thích hợp cho công thức của lớp phủ ăn được, để duy trì chất lượng và kéo dài thời hạn sử dụng của trái cây và rau quả [1].

Chitosan là một đại phân tử mang điện tích dương, trong khi màng tế bào của hầu hết vi sinh vật lại mang điện tích âm. Sự khác biệt này tạo điều kiện cho các tương tác tĩnh điện xảy ra giữa chitosan và bề mặt tế bào vi sinh vật. Các tương tác này làm tổn thương cấu trúc màng tế bào, cản trở quá trình trao đổi chất qua màng, đồng thời gây ra sự hình thành các lỗ thủng trên màng. Hậu quả là các thành phần nội bào như protein và các phân tử thiết yếu khác bị rò rỉ ra ngoài, dẫn đến sự bất hoạt và tiêu diệt vi sinh vật [2].

Chitosan có nhiều ứng dụng đa dạng và có thể được sử dụng để phát triển các công thức thực phẩm khác nhau [3]. Trong đó, lớp phủ ăn được dựa trên chitosan được xem là một giải pháp tiềm năng để bảo quản rau củ quả. Chitosan không chỉ đóng vai trò như một hàng rào vật lý, mà còn có thể được sử dụng làm chất mang cho các thành phần chức năng như chất kháng khuẩn, chất tăng cường kết cấu và dược phẩm dinh dưỡng, từ đó góp phần nâng cao tính an toàn, chất lượng và giá trị chức năng của thực phẩm. Tuy nhiên, việc ứng dụng lớp phủ chitosan mà không làm ảnh hưởng đến đặc tính cảm quan và giá trị dinh dưỡng của rau củ quả vẫn cần được tiếp tục nghiên cứu một cách toàn diện [4].

Vào năm 2015, Cơ quan An toàn Thực phẩm Châu Âu (EFSA) giám sát an toàn thực phẩm trong Liên minh Châu Âu (EU) đã xem xét mức độ tiếp xúc của axit ascorbic và muối của nó (natri ascorbat E301 và canxi ascorbat E302) và xác định thêm rằng không cần thiết để xác định ADI vì mức tiêu thụ hàng ngày của một trong hai không gây ra bất kỳ mối đe dọa nào tới chức năng của thận [5]. Natri Ascorbat và Canxi Ascorbat là hai dạng muối khoáng phổ biến nhất của axit ascorbic (vitamin C). Sự khác biệt chính giữa hai dạng này là Natri Ascorbat cung cấp thêm natri, trong khi Canxi Ascorbat cung cấp thêm canxi cho cơ thể. Do đó, những người đang theo chế độ ăn hạn chế natri nên ưu tiên sử dụng Canxi Ascorbat để tránh làm tăng

nồng độ natri trong máu. Vào năm 2015, Cơ quan An toàn Thực phẩm Châu Âu (EFSA), đơn vị giám sát an toàn thực phẩm trong Liên minh Châu Âu (EU), đã tiến hành đánh giá mức độ phơi nhiễm đối với axit ascorbic và các dạng muối của nó (bao gồm Natri Ascorbat - E301 và Canxi Ascorbat - E302). EFSA kết luận rằng không cần thiết thiết lập mức dung nạp hàng ngày chấp nhận được (ADI), vì mức tiêu thụ thông thường của các hợp chất này không gây ra bất kỳ nguy cơ sức khỏe nào [5]. Bơ (*Persea americana*) là một loại cây thân gỗ thường xanh cỡ trung bình thuộc họ nguyệt quế (Lauraceae). Nó có nguồn gốc từ châu Mỹ và lần đầu tiên được thuần hóa bởi các bộ lạc Mesoamerican hơn 5.000 năm trước [5]. Bơ hiện được trồng ở hầu hết các vùng nhiệt đới hoặc cận nhiệt đới [6].

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU VÀ BỐ TRÍ THÍ NGHIỆM

2.1. Nguyên liệu

Bơ được thu hoạch sau 8 - 9 tháng kể từ khi nở hoa, khi này vỏ quả có màu xanh lục đậm, có độ bóng sáng, trạng thái quả cứng và khi lắc không phát ra tiếng.

Bơ quả tươi phải đạt được độ phát triển sinh lý, đảm bảo cho quá trình tiếp tục chín. Quả chín không bị đắng. Số ngày để quả chín mềm khoảng từ 4 ngày đến 7 ngày ở nhiệt độ khoảng 20°C đến 25°C.

Đến được nơi tiêu thụ với trạng thái tốt, không bị sâu bệnh, không bị tổn thương cơ học. Đóng thùng carton và vận chuyển đến phòng thí nghiệm. Bơ quả tươi hướng dẫn vận chuyển và bảo quản theo TCVN 10921:2015



Hình 1. Mẫu bơ tươi cắt trước khi đem đi xử lý và bảo quản

2.2. Hóa chất

Chitosan: độ deacetyl 90%, Calcium Ascorbate (Chất chống oxy hóa), xuất xứ Việt Nam. Axit Axetic ($\geq 99,8\%$) loại tinh khiết, xuất xứ Hàn Quốc. Sodium chloride ($\geq 99,8\%$) loại tinh khiết, xuất xứ Việt Nam. Hexan, xuất xứ Việt Nam. KI 15% $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,01N, hồ tinh bột 1%, xuất xứ Việt Nam. Clorofom, xuất xứ Việt Nam.

2.3. Thiết bị

Thiết bị đo độ nhớt, máy đo độ cứng trái cây, cân sấy đo độ ẩm, tủ sấy.

2.4. Các phương pháp phân tích

Phương pháp xác định giá trị độ nhớt: Xác định độ cứng của dung dịch chitosan bằng máy đo độ nhớt DV3 Rheometer hãng Brookfield (Xuất xứ: Mỹ). RPM:100, đơn vị cP.

Phương pháp xác định độ cứng: Xác định độ cứng thịt quả bằng máy đo độ cứng thịt quả bằng máy đo độ cứng trái cây Guss GS-15 Fruit Texture Analyser FTA. Sử dụng đầu đo đường kính 8mm, khoảng cách đâm xuyên là 1cm, đơn vị lbf/cm².

Phương pháp đo màu: Phân tích màu sắc được thực hiện trên phần bên trong phía đầu cuống của những lát bơ. Những thay đổi về màu sắc trong quá trình bảo quản ở ngày 2, 4, 6, 8 được theo dõi bằng các phép đo so màu bằng cách sử dụng máy đo màu Konica Minolta (Nhật Bản) Model CR-410. Thiết bị được chuẩn hóa trên nền gạch trắng trước mỗi lần xác định, sau đó nhận được 3 giá trị L*, a*, b*. Màu sắc của bơ được xác định theo L* và giá trị h (góc màu sắc) giữa mẫu thử và mẫu đối chứng.

Phương pháp xác định chỉ số peroxide: Chỉ số peroxyt (PoV) là lượng chất có trong mẫu thử được tính bằng mili đương lượng (miliequivalent) của oxy hoạt tính làm oxy hóa KI trên 1kg mẫu dưới các điều kiện thao tác đã được quy định. Chỉ số này phản ánh sự ôi hóa của dầu mỡ. Hiện tượng ôi hóa dầu mỡ hình thành chủ yếu khi oxy trong không khí kết hợp vào nối đôi ở trong phân tử acid béo không no tạo thành peroxyt. Dựa vào lượng natriethiosulphat tiêu tốn khi chuẩn độ lượng iod được giải phóng ta xác định được chỉ số peroxyt.

Sử dụng phương pháp chiết dầu bơ bằng bộ chiết soxhlet. Mang mẫu bơ muốn chiết dầu đem đi sấy khô, nghiền nhỏ để tăng năng suất của dầu chiết và giảm đi thời gian thực hiện. Mẫu bơ sẽ được chiết trong vòng 3 tiếng ở nhiệt độ sôi của dung môi chiết (69°C). Sau đó thu hồi dung môi đem đi sấy đến khi khối lượng dầu không còn thay đổi.

Cân chính xác 3g mẫu thử vào erlen nút nhám 250mL. Thêm vào 10mL hỗn hợp cloroform.

Acid acetic (pha hỗn hợp tỉ lệ 2 - 3). Lắc đều, thêm tiếp 2mL dung dịch KI bão hòa. Đậy nắp, lắc hỗn hợp cẩn thận trong 1 phút (thỉnh thoảng mở nắp), để yên 10 phút trong bóng tối. Sau đó thêm vào hỗn hợp khoảng 20mL nước cất. Cho 2 - 3 giọt chỉ thị hồ tinh bột lúc này hỗn hợp chuyển sang màu xanh đen. Định phân iod bằng dung dịch Na₂S₂O₃ 0,01N cho tới khi dung dịch mất màu. Làm thí nghiệm như trên nhưng không có mẫu để lấy kết quả cho mẫu trắng. Theo TCVN 6121:2018.

Phương pháp xử lý số liệu: Các nghiệm thức được lặp lại 3 lần để tính giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, kết quả được trình bày ở dạng giá trị trung bình $\pm$ giá trị sai số. Kết quả thí nghiệm được phân tích phương sai ANOVA và kiểm định LSD (5%) để đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa giữa các mẫu thí nghiệm. Các phân tích thống kê được thực hiện trên phần mềm Statgraphics 19, tính toán và thể hiện đồ thị trên Excel 2019.

2.5. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm 1: Thí nghiệm tạo dịch

Mục đích: Lựa chọn nồng độ chitosan phù hợp để tạo dung dịch có độ bám dính tốt.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên một yếu tố với ba lần lặp lại.

Yếu tố khảo sát: Nồng độ bột chitosan: thực hiện tạo dung dịch với nồng độ chitosan dự kiến ở 4 mức: 1,5%; 2%; 2,5%; 3% (w/v).

Yếu tố cố định: Axit axetic 1%.

Hàm mục tiêu: Độ nhớt của dung dịch.

Cách tiến hành: Hòa tan lượng chitosan có độ deacetyl 90% ở các nồng độ 1,5%, 2%, 2,5%, 3% trong dung môi Axit Axetic 1%. Khuấy trong 1 giờ rồi bọc màng bao bảo quản trong tủ lạnh trong vòng 48 giờ để chờ tan hoàn toàn. Sau đó, đem dịch đi lọc để loại bỏ các tạp chất. Cuối cùng, lấy dịch đi đo độ nhớt.

Kết luận: Nồng độ chitosan phù hợp

Thí nghiệm 2: Nghiên cứu biến đổi của bơ trong quá trình bảo quản bằng dung dịch chitosan kết hợp bổ sung chất chống oxy hóa (Calcium Ascorbate) ở nhiệt độ 6°C.

Mục đích: Quan sát biến đổi của bơ trong quá trình bảo quản bằng dung dịch chitosan kết hợp bổ sung chất chống oxy hóa (Calcium Ascorbate) ở nhiệt độ 6°C.

Cách tiến hành: Mua bơ tại vườn càn đồng nhất các mẫu càn tốt. Sau khi mua và vận chuyển bơ về phòng thí nghiệm, bơ được rửa sạch bằng nước ấm 45°C, sau đó đem đi xử lý bằng cách gọt vỏ, tách hạt. Cắt bơ thành miếng dài có trọng lượng tầm 135 - 140g với độ dày tương đương nhau 15mm.

Thí nghiệm 2: Khảo sát các nồng độ Calcium Ascorbate

Mục đích: Pha dung dịch Calcium Ascorbate để khảo sát.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên một yếu tố với ba lần lặp lại.

Yếu tố khảo sát: Bổ sung Calcium Ascorbate dự kiến ở 5 mức: 0%; 3%; 6%; 9%; 12% (w/v).

Yếu tố cố định: Dung dịch chitosan độ deacetyl 90% có nồng độ tối ưu được chọn.

Cách tiến hành: Sau khi đã chọn được dung dịch chitosan độ deacetyl 90% có nồng độ tối ưu thì bổ sung các nồng độ Calcium Ascorbate cần khảo sát (0%, 3%, 6%, 9%, 12%). Quả sau khi được xử lý thì đem đi tiến hành nhúng vào dung dịch chitosan đã được bổ sung Calcium Ascorbate, thực hiện nhúng 2 lần, mỗi lần sẽ nhúng 1 bề mặt trong vòng 2 phút, không nhúng quá nhiều lần tránh làm cho tạo thành 1 lớp màng dày. Quả sau khi nhúng để khô cả hai bề mặt trong 15 phút rồi tiến hành bỏ vào túi zip để bảo quản. Nếu không để ráo thì lớp dung dịch được nhúng sẽ dính vào bề mặt túi, không đảm bảo hiệu quả bảo quản của dung dịch chitosan. Tiến hành bảo quản ở nhiệt độ 6°C, xếp bơ vào khay tránh các túi đè lên nhau làm dập mẫu, ảnh hưởng đến kết quả của thí nghiệm. Theo dõi các chỉ tiêu 2 ngày 1 lần.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả tạo dịch của chitosan

Chitosan là chất có độ nhớt cao, độ nhớt của chitosan phụ thuộc vào nhiều yếu tố như độ deacetyl hóa, khối lượng nguyên tử, độ mạnh của lực ion, pH, nhiệt độ và nồng độ dung dịch,... chất lượng của chitosan cũng phụ thuộc vào độ nhớt của chitosan, độ nhớt của chitosan càng được nâng cao khi việc khử khoáng và khử protein càng triệt để [8].

Chitosan khi hòa tan trong dung dịch axit sẽ cho dung dịch nhớt. Độ nhớt quyết định mức độ bao phủ của chitosan lên bơ. Chitosan trong điều kiện thích hợp cho thấy sự hình thành hydrogel và tính nhớt đàn hồi.

Bảng 1. Tỷ lệ nồng độ và độ nhớt của chitosan

Tỷ lệ nồng độ	VN	N
Nồng độ 1,5%	254	0,0023%
Nồng độ 2%	820	0,009%
Nồng độ 2,5%	2930	0,02%
Nồng độ 3%	5040	N/A

Chitosan được pha trong dung dịch axit axetic 1% ở các nồng độ: 1,5%; 2,0%; 2,5% và 3,0%. Ở các nồng độ này chitosan tan sau 48h cho dung dịch trong, màu vàng nhạt, dung dịch không có vẩn đục hay vón cục. Độ nhớt tăng lên theo nồng độ của chitosan. Ở các nồng độ lớn hơn ($\geq 3\%$) chitosan không tan hết, vón cục.

Ở thí nghiệm này, % bám dính của các nồng độ chitosan được thể hiện lần lượt ở bảng 1, khả năng bám dính của nồng độ 2,5% là tốt nhất sau 2 lần nhúng, vì độ nhớt càng cao thì độ bám dính càng tốt. Ở nồng độ 3% do dịch không tan hết, vón cục nên bị loại bỏ. Các nghiên cứu trước đây đều được các tác giả kết luận rằng ở

chitosan ở nồng độ 2% có độ bám dính cao và khả năng bảo quản tốt nhất được dẫn chứng ở dưới đây.

Ở nồng độ từ 1% đến 2,5% đều có hiệu quả tốt trong việc duy trì chất lượng, các chỉ tiêu đo đạc đều được biến đổi chậm lại, hạn chế sự biến đổi của một số chỉ tiêu dinh dưỡng. Kết quả cho thấy rằng sử dụng nồng độ chitosan 2% kết hợp với bảo quản ở nhiệt độ lạnh có thể kéo dài thời gian sử dụng hơn so với mẫu khác được bảo quản ở điều kiện tương đương [9].

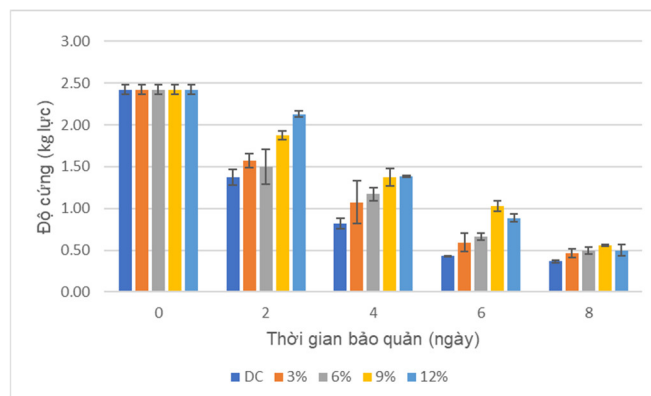
Quả sau khi thu hái được làm sạch, để ráo và nhúng trong dung dịch chitosan ở các nồng độ 1%; 1,5%; 2,0% và 2,5% rồi bao gói bằng túi PE có đục lỗ, sau đó bảo quản ở nhiệt độ lạnh (6 - 8°C). Mẫu được xử lý ở nồng độ chitosan 2,0% cho tỷ lệ hao hụt khối lượng của quả thấp nhất; độ cứng của quả biến đổi chậm nhất, các chỉ tiêu hóa sinh; hàm lượng chất khô tổng số tổn thất ít nhất trong tất cả các mẫu thí nghiệm. Với nồng độ chitosan 2,0% có thể bảo quản điều kiện lạnh mà vẫn giữ được chất lượng tốt.

3.2. Sự thay đổi của bơ trong quá trình bảo quản

3.2.1. Độ cứng

Độ cứng là một đặc tính quan trọng của quả bơ vì đây là phương pháp đáng tin cậy nhất để xác định xem quả hư hỏng. Việc giảm độ cứng của quả có thể chủ yếu liên quan đến quá trình thủy phân các hợp chất peptid có trong thành tế bào, do tác động của enzyme và hậu quả là mất khả năng giữ nước trong màng của tế bào thực vật.

Một trong những dấu hiệu của sự chín, sự già hóa sau thu hoạch là thay đổi trạng thái cấu trúc của quả. Quả thường chuyển từ trạng thái cứng sang mềm trong quá trình chín. Ngoài ra, những biến đổi hóa sinh trong tế bào, sự mất nước của quả cũng là nguyên nhân gây ra trạng thái mềm hóa [10].



Hình 2. Biểu đồ hiện thị kết quả độ cứng

Bơ tươi sau khi cắt thường bị mềm là một trong những yếu tố làm giảm chất lượng cảm quan và giá trị thương mại của quả. Trong quá trình chín, enzyme protopectinase

hoạt động mạnh, thủy phân protopectin (dạng không hòa tan) thành pectin (dạng hòa tan). Bên cạnh đó, các enzyme như cellulase, xylanase, polygalacturonase và một số enzyme khác cũng góp phần phá vỡ thành tế bào bằng cách chuyển các cấu trúc thành phần sang dạng hòa tan. Quá trình này làm suy giảm sự liên kết giữa các tế bào, dẫn đến độ cứng của quả giảm và quả trở nên mềm hơn.

Sự mềm hóa này tiếp tục diễn ra trong quá trình bảo quản do sự biến đổi các hợp chất pectic dưới tác động của quá trình trao đổi chất tăng cường. Pectin bị phân hủy thêm thành acid pectic và methanol, gây ra hiện tượng nhũn và phá vỡ cấu trúc mô của quả [11].

Kết quả thể hiện ở hình 2 cho thấy, độ cứng của quả bơ giảm đáng kể theo thời gian bảo quản. Cụ thể, mẫu đối chứng giảm nhanh nhất, sau 8 ngày bảo quản độ cứng chỉ còn 0,37kg lực. Quá trình chín ở mẫu này diễn ra mạnh mẽ hơn, với sự phân hủy đáng kể của pectin thành acid pectic và methanol, khiến cấu trúc quả bị phá hủy. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu đã được công bố trước đó [12].

Ngược lại, các mẫu bơ được xử lý bằng dung dịch chitosan kết hợp với chất chống oxy hóa cho thấy độ cứng giảm chậm hơn rõ rệt so với mẫu đối chứng. Trong đó, mẫu xử lý với chitosan 6% và 3% có độ cứng sau 8 ngày bảo quản lần lượt là 0,49kg lực và 0,47kg lực. Đáng chú ý, nhóm mẫu 9% và 12% cho kết quả bảo quản tốt hơn cả. Mẫu 12% có độ cứng cao nhất ở ngày thứ 4, tuy nhiên sau ngày thứ 6 và 8 thì độ cứng giảm nhanh hơn so với mẫu 9%. Tính đến ngày thứ 8, mẫu có độ cứng cao nhất là mẫu 9%, đạt 0,56kg lực, cho thấy đây là nồng độ xử lý tối ưu trong điều kiện thí nghiệm này. Biểu đồ ở hình 2 minh họa rõ ràng sự khác biệt này.

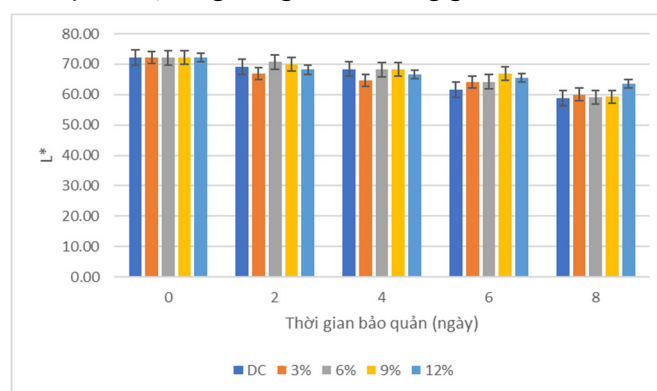
Hoạt tính kháng khuẩn của chitosan có thể gián tiếp làm giảm lượng enzyme pectolytic bằng cách ức chế sự phát triển của vi sinh vật. Ngoài ra, khả năng ngăn cản oxy và hơi nước hiệu quả của lớp phủ chitosan cũng làm giảm hoạt động trao đổi chất của bơ, điều này có lợi cho duy trì độ cứng. Hơn nữa, bản thân lớp phủ chitosan có tính chất cơ học tốt và giúp cải thiện giá trị độ cứng [13]. Lớp phủ ăn được có khả năng hạn chế mất độ ẩm từ quả bơ trong quá trình bảo quản hoặc làm giảm sự hấp thụ oxy do quả cây và do đó làm chậm hô hấp. Áp dụng lớp phủ có thể cản trở sự chín của hoa quả cũng như làm chậm sự thay đổi liên quan đến độ cứng, màu sắc, trọng lượng và thành phần hóa học [14].

3.2.2. Màu sắc

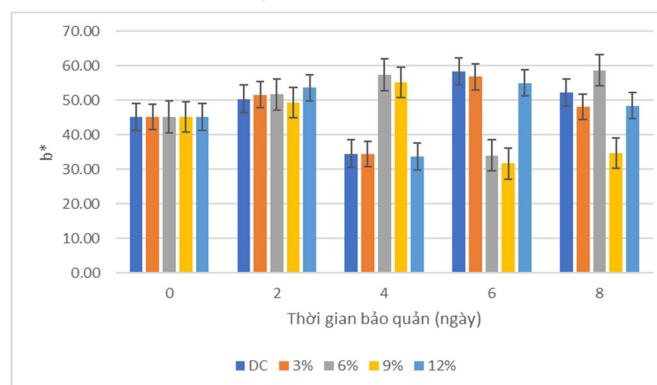
Màu sắc là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng của quả và hiệu quả của phương pháp bảo quản, đây cũng là chỉ tiêu không thể thiếu liên quan đến cảm

quan thẩm mỹ của quả. Bơ sau khi thu hoạch có màu xanh, theo thời gian do sự tác động của oxy không khí và do quá trình hô hấp màu của quả sẽ bị thay đổi. Sự biến đổi màu sắc của quả thể hiện qua chỉ số L^* , a^* , b^* và h được trình bày trong các hình 3 ÷ 6 [10].

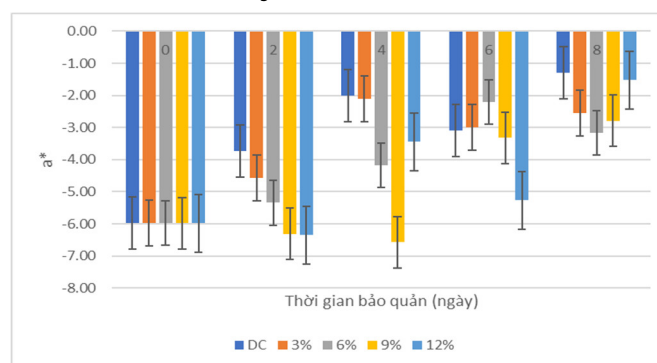
Thông thường ở các chế độ bảo quản khác nhau màu sắc của quả bơ sẽ thay đổi từ màu xanh sang màu xanh vàng. Ở giai đoạn đầu của quá trình bảo quản, quả có màu xanh đậm, sáng bóng, theo thời gian bảo quản màu xanh sẽ giảm dần và màu vàng xuất hiện. Bên cạnh đó, ở cuối quá trình bảo quản, trên vỏ quả sẽ xuất hiện thêm các đốm màu đen, các đốm màu đen này sẽ lớn dần đến khi chiếm hết diện tích bề mặt vỏ quả. Cùng với thời gian bảo quản, độ sáng bóng của vỏ cũng giảm dần.



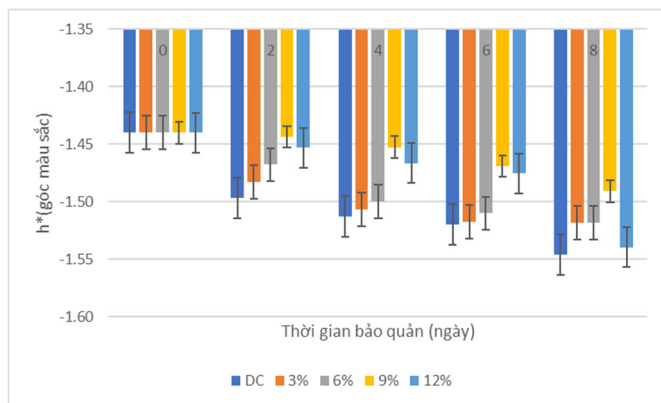
Hình 3. Biểu đồ thể hiện giá trị L^*



Hình 4. Biểu đồ thể hiện giá trị a^*



Hình 5. Biểu đồ thể hiện giá trị b^*



Hình 6. Biểu đồ thể hiện giá trị h

Do đặc điểm màu sắc không đồng nhất của quả bơ, việc đánh giá màu sắc cần được thực hiện một cách có hệ thống và phân vùng cụ thể. Trong nghiên cứu này, mẫu bơ được chia làm hai vùng chính để đo màu: phần ngoài sát vỏ là lớp thịt bơ có màu xanh lục đến xanh đậm, tiếp xúc gần với lớp vỏ quả. Vùng này thường chứa nhiều diệp lục và có khả năng phản ứng mạnh với các yếu tố oxy hóa. Phần trong gần hạt: là lớp thịt bơ có màu vàng nhạt đến vàng đậm, ít chịu ảnh hưởng từ ánh sáng và khí oxy hơn so với phần ngoài. Màu sắc vùng này thường ổn định hơn trong thời gian đầu bảo quản. Việc phân vùng rõ ràng khi đo các chỉ số màu: độ sáng (chỉ số L), màu lục của quả bơ (chỉ số a), màu vàng (chỉ số b) cho phép đánh giá chính xác hơn mức độ biến đổi màu trong quá trình bảo quản. Điều này đặc biệt quan trọng trong các nghiên cứu so sánh hiệu quả của các chất xử lý bảo quản (như chitosan hoặc Calcium Ascorbate), vì mỗi vùng có phản ứng khác nhau với các điều kiện bảo quản và xử lý.

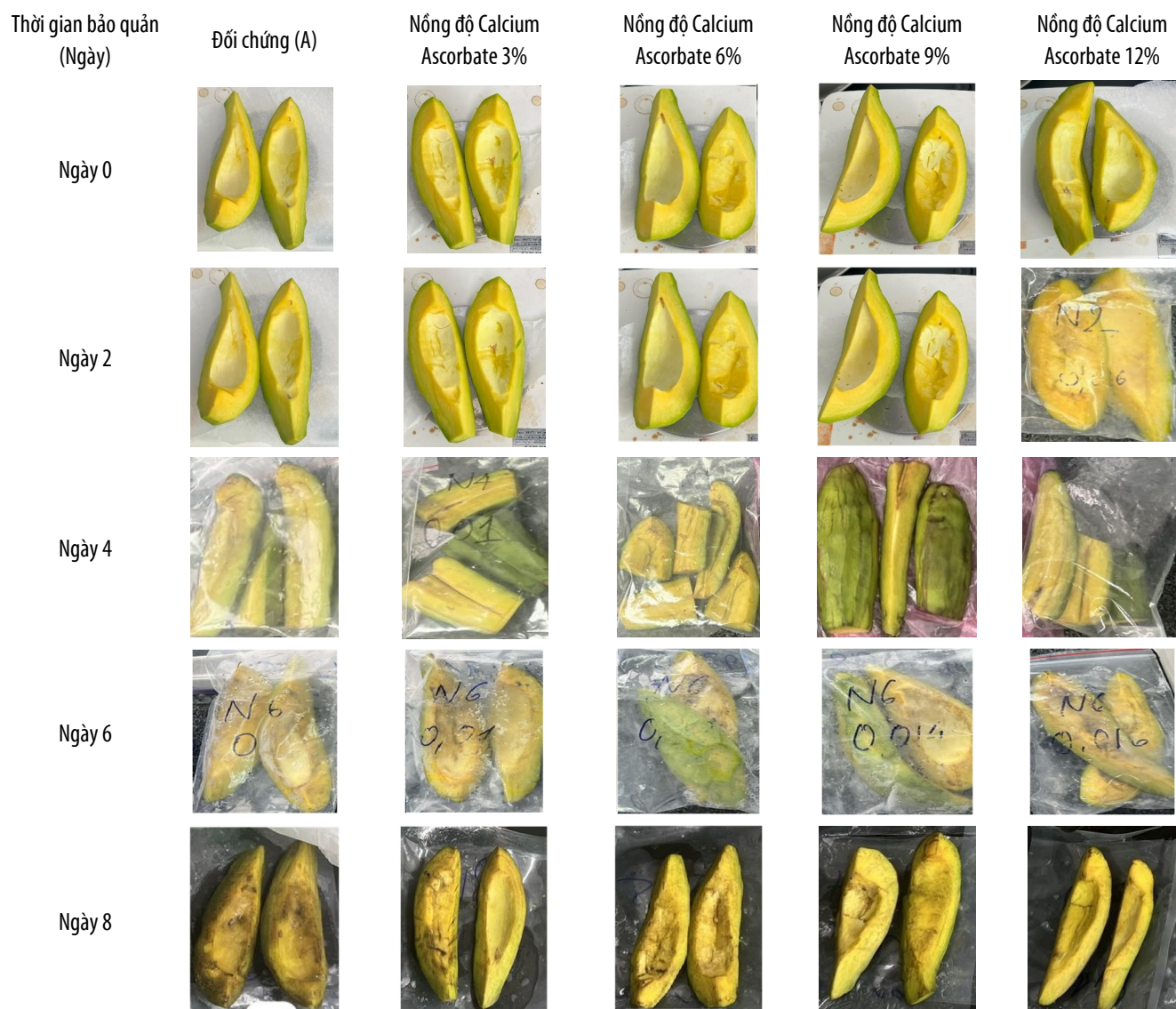
Kết quả cho thấy các chỉ tiêu về màu sắc ở các nồng độ Calcium Ascorbate có xu hướng giảm sau 8 ngày bảo quản. Công thức đổi chứng chỉ số L của bơ có sự giảm nhanh hơn từ ngày 0 cho tới ngày 4 so với công thức bơ được bảo quản bằng Calcium Ascorbate và sự thay đổi này là khác nhau có ý nghĩa ($P < 0,05$). Các thông số màu sắc của bơ tươi khi bị ảnh hưởng bởi các điều kiện xử lý dịch chitosan bổ sung các nồng độ Calcium Ascorbate khác nhau được thể hiện trong hình 3. Độ đậm nhạt (L^*) là thông số mang tính biểu thị nhất liên quan đến quá trình hóa nâu do enzyme của bơ [12].

Giá trị L^* ban đầu của bơ tươi chưa xử lý là 77,68; 0,68. Những thay đổi tương đối về độ sáng cho thấy giá trị L^* giảm đáng kể ở cả mẫu chưa xử lý và mẫu xử lý bằng dịch chitosan bổ sung các nồng độ Calcium Ascorbate khác nhau trong 8 ngày, do đó cho thấy hiện tượng hóa nâu oxy hóa rõ rệt trong quá trình bảo quản. Thịt quả bị sẫm màu do quá trình phân hủy cho phép các chất nền, các

hợp chất phenolic, tiếp xúc với tyrosinase. Sự thay đổi màu sắc được cho là do sự phá vỡ màng tế bào, điều này sẽ gây ra sự mất chức năng ngăn tế bào chức năng, làm tăng sự tiếp xúc giữa enzyme và cơ chất dẫn đến sự gia tăng màu nâu của mô. Khi tăng % Calcium Ascorbate lên từ 0% đến 12%, giá trị L^* của bơ giảm đều. Ở mẫu có nồng độ 9% thể hiện rõ nhất về sự giảm màu sắc của bơ trong vòng 8 ngày bảo quản ($72,15 \pm 0,57$; $69,99 \pm 0,76$; $68,30 \pm 0,25$; $66,81 \pm 0,56$; $59,26 \pm 1,05$). Giá trị L là thước đo màu sắc trong trục sáng-tối, nên giá trị giảm này cho thấy các mẫu bơ bị giảm độ sáng khi nhiệt độ bảo quản và thời gian bảo quản tăng lên (mô có màu đậm hơn).

Quả bơ tươi chưa xử lý thể hiện giá trị góc màu (h) là -1,44. Mặc dù không thể tránh được hiện tượng hóa nâu do enzyme ở bơ tươi khi cắt nhưng kết quả cho thấy các mẫu được xử lý bằng dịch chitosan bổ sung Calcium Ascorbate duy trì tốt hơn các giá trị góc màu (h) theo thời gian so với các miếng bơ không được xử lý. Cụ thể, bơ được xử lý thể hiện giá trị màu sắc tương đối tốt nhất sau 8 ngày bảo quản (hình 4) là có nồng độ 9% (-1,44; -1,44; -1,45; -1,47; -1,49). Giá trị sắc độ cho biết mức độ bão hòa của màu và tỷ lệ thuận với độ đậm nhạt của màu. Có một chút thay đổi về màu sắc giữa các nồng độ Calcium Ascorbate nhưng sự thay đổi không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$). Tuy nhiên, không tìm thấy mối quan hệ giữa sự thay đổi màu sắc và giá trị chất diệp lục, cho thấy rằng sự thay đổi chất diệp lục không đủ để có tác động đến màu sắc. Việc giảm hoạt động của các enzyme như peroxidase và chlorophyll oxidase gây ra bởi quá trình bảo quản có dịch chitosan bổ sung Calcium Ascorbate có thể là một lời giải thích hợp lý cho việc giảm sự phân hủy tỷ lệ diệp lục [7].

Quan sát từ hình 7 cho thấy sự khác biệt rõ rệt về màu sắc của miếng bơ trong suốt 8 ngày bảo quản, giữa các công thức xử lý khác nhau (0%; 3%; 6%; 9% và 12% Calcium Ascorbate). Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng thịt bơ rất dễ bị biến đổi màu sắc sau khi cắt do hiện tượng hóa nâu - chủ yếu xảy ra dưới tác dụng của các enzyme, 14 oxidase (PPO) và peroxidase (POD). Tuy nhiên, kết quả trong nghiên cứu này cho thấy sự kết hợp giữa dung dịch chitosan và chất chống oxy hóa Calcium Ascorbate đã giúp làm chậm quá trình hóa nâu rõ rệt. Ở các mẫu được xử lý, màu xanh đặc trưng của thịt bơ vẫn được duy trì khá ổn định trong 4 ngày đầu tiên (ngày 0, 2 và 4). Đến ngày thứ 6, thịt bơ bắt đầu có dấu hiệu sẫm màu nhẹ nhưng chưa rõ rệt. Đến ngày thứ 8, ở mẫu đối chứng (0%), hiện tượng hư hỏng, nâu hóa và mốc xuất hiện rõ ràng, trong khi các mẫu được xử lý bằng dịch



Hình 7. Sự thay đổi màu sắc của bơ cắt theo từng mốc thời gian bảo quản

chitosan (đặc biệt ở nồng độ 6%, 9% và 12%) vẫn giữ được trạng thái tốt hơn, với mức độ hư hỏng thấp hơn đáng kể.

Kết quả này cho thấy việc kết hợp chitosan với Calcium Ascorbate có hiệu quả trong việc ức chế hoạt động enzyme oxy hóa và kéo dài thời gian bảo quản thịt bơ sau khi cắt.

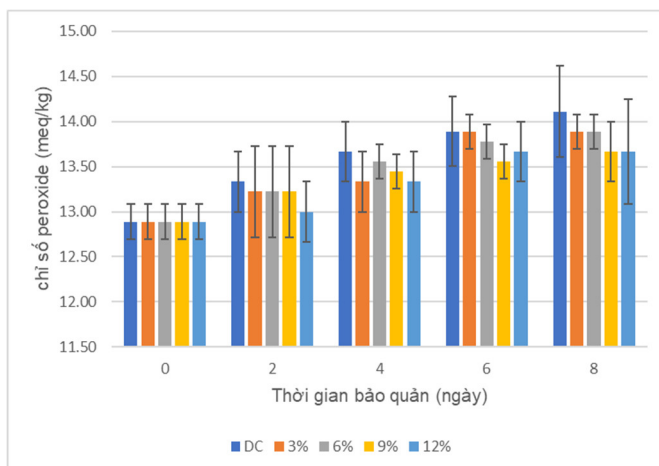
Trong điều kiện bảo quản lạnh ($6 \pm 1^\circ\text{C}$), thời gian bảo quản tối đa của quả bơ là 8 ngày đối với cả mẫu đối chứng và các mẫu được xử lý bằng dịch nhúng chitosan (hình 7). Mặc dù sự khác biệt về thời gian bảo quản tổng thể không đáng kể, nhưng sự biến đổi màu sắc giữa các mẫu cho thấy tác dụng rõ rệt của chitosan và chất chống oxy hóa lên chất lượng cảm quan của sản phẩm. Cụ thể, ở mẫu đối chứng, hiện tượng hóa nâu và hư hỏng xuất hiện sớm và rõ rệt hơn so với các mẫu có xử lý chitosan. Điều này được

lý giải bởi cơ chế hoạt động của chất chống oxy hóa, vốn có khả năng phản ứng với oxy tự do để ngăn chặn quá trình oxy hóa enzyme - đặc biệt là phản ứng hóa nâu do enzyme polyphenol oxidase (PPO) và peroxidase (POD) xúc tác. Ngoài ra, các chất chống oxy hóa cũng có thể phản ứng với các hợp chất trung gian trong chuỗi phản ứng oxy hóa, từ đó phá vỡ quá trình hình thành melanin, là sản phẩm cuối cùng gây ra hiện tượng hóa nâu. Bên cạnh đó, hiệu quả chống hóa nâu của chất chống oxy hóa còn phụ thuộc vào nhiệt độ bảo quản. Trong điều kiện lạnh, tốc độ hô hấp và hoạt động của vi sinh vật và enzyme bị ức chế, góp phần làm chậm quá trình phân hủy và kéo dài thời gian bảo quản. Ngoài vai trò của Calcium Ascorbate, dịch nhúng chitosan cũng cho thấy ảnh hưởng tích cực đến việc duy trì màu sắc của bơ cắt. Lớp

màng chitosan có khả năng hạn chế tiếp xúc với oxy, từ đó làm giảm tốc độ hô hấp và phát nhiệt của quả, dẫn đến giảm tốc độ biến đổi màu sắc. Đặc biệt, lớp phủ chitosan còn tạo một bề mặt bóng và hấp dẫn, góp phần cải thiện chất lượng cảm quan. Tuy nhiên, nếu lớp phủ quá dày, khả năng thoát khí bị hạn chế, có thể dẫn đến tích tụ khí nội sinh (ethylen hoặc CO_2), thúc đẩy quá trình chín nhanh và làm màu sắc biến đổi sớm hơn [13, 14].

3.2.3. Độ ôi hóa

Sự ôi thiu do oxy hóa là một trong những dạng hư hỏng phổ biến nhất xảy ra ở thực phẩm chứa lipid, đặc biệt trong quá trình bảo quản. Đây là phản ứng phân hủy hóa học giữa lipid và oxy, thường xảy ra mạnh ở các loại axit béo không bão hòa, dẫn đến sự hình thành các hợp chất dễ bay hơi gây mùi vị khó chịu, sự biến đổi màu sắc (chuyển sang nâu) và sự phá hủy các vitamin tan trong lipid như A, D, E và K. Thịt quả bơ rất giàu axit béo không bão hòa, bao gồm axit oleic, linoleic và palmitoleic, những axit này có xu hướng bị oxy hóa trong quá trình bảo quản. Quá trình oxy hóa các axit béo trong thịt quả bơ có thể dẫn đến sự hình thành các hợp chất dễ bay hơi gây ra mùi vị lạ và thất thoát dinh dưỡng. Hệ thống chống oxy hóa trong tế bào ức chế quá trình oxy hóa lipid và do đó có thể góp phần bảo vệ chống lại sự suy giảm oxy hóa của axit béo [15].



Hình 8. Biểu đồ thể hiện giá trị peroxide

Oxy hóa lipid là một trong những nguyên nhân chính gây ra sự suy giảm chất lượng cảm quan và dinh dưỡng của quả bơ trong quá trình bảo quản. Sự hình thành hydroperoxide - sản phẩm trung gian của quá trình oxy hóa lipid - là giai đoạn đầu tiên, có vai trò khởi động chuỗi phản ứng tạo ra các hợp chất dễ bay hơi, từ đó gây ra mùi vị lạ và hiện tượng ôi thiu. Chỉ số peroxide (PV - Peroxide Value) là chỉ tiêu phản ánh mức độ hình thành hydroperoxide, được biểu thị bằng mili đương lượng oxy

hoạt tính trên mỗi kilogam dầu ($\text{meq O}_2/\text{kg}$). Đây là chỉ tiêu quan trọng để đánh giá mức độ ôi hóa của dầu và chất béo. Theo TCVN 6121:2018, ngưỡng chỉ số peroxide cho phép đối với dầu thực vật thô và dầu ép là không vượt quá 15 $\text{meq O}_2/\text{kg}$ dầu. Mẫu dầu bơ thương mại thường có giá trị peroxide khoảng 6,93 $\text{meq O}_2/\text{kg}$. Tuy nhiên, kết quả từ hình 7 cho thấy chỉ số peroxide ở các mẫu dầu bơ thu được từ thí nghiệm (bao gồm cả đối chứng và mẫu xử lý) đều cao hơn so với giá trị thị trường. Điều này có thể xuất phát từ quy trình chiết xuất (nhiệt độ, thời gian, điều kiện bảo quản), tuy nhiên vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn. Sự oxy hóa lipid trong bơ chủ yếu xảy ra khi oxy không khí phản ứng với liên kết đôi của các axit béo không bão hòa như axit oleic, linoleic và palmitoleic, tạo thành peroxide. Ngoài ra, enzyme peroxidase (POD) cũng góp phần thúc đẩy quá trình này thông qua việc phá hủy màng tế bào, giải phóng các thành phần phản ứng, làm thay đổi tính chất cảm quan và rút ngắn thời hạn bảo quản [15].

Kết quả trình bày trong hình 8 cho thấy, chỉ số peroxide của các mẫu bơ tăng nhẹ theo thời gian bảo quản, tuy nhiên sự khác biệt giữa các ngày không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$). Cụ thể, chỉ số peroxide của mẫu đối chứng là $12,89 \pm 0,19 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ ở ngày đầu, và tăng lên $14,11 \pm 0,51 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ sau 8 ngày bảo quản - tương ứng mức tăng 1,22 $\text{meq O}_2/\text{kg}$. Đối với mẫu bơ được xử lý bằng dịch chitosan kết hợp Calcium Ascorbate 12%, chỉ số peroxide tăng chậm trong 2 ngày đầu, nhưng từ ngày thứ 4 đến ngày thứ 8 lại tăng nhanh, đạt 13,67 $\text{meq O}_2/\text{kg}$, gần bằng mẫu 9%. Điều này cho thấy rằng, mặc dù nồng độ 12% có tác dụng ban đầu tốt, nhưng không bền vững trong thời gian bảo quản dài hơn. Như vậy, nồng độ Calcium Ascorbate 9% được xem là tối ưu trong điều kiện thí nghiệm này, khi cho hiệu quả bảo quản tương đương với nồng độ 12%, nhưng giảm thiểu được lượng phụ gia sử dụng, từ đó góp phần duy trì chất lượng dầu bơ mà vẫn đảm bảo tính an toàn thực phẩm.

4. KẾT LUẬN

Qua các kết quả thí nghiệm thu được ở trong quá trình nghiên cứu chế tạo dịch nhúng chitosan có bổ sung chất chống oxy hóa Calcium Ascorbate và ứng dụng trong bảo quản quả bơ cắt, đề tài có thể rút ra kết luận như sau:

Quá trình tạo dịch Chitosan bổ sung Calcium Ascorbate được thực hiện với các thông số: nồng độ Chitosan 2%, kết hợp với nồng độ Calcium Ascorbate 9% là thích hợp nhất để tạo ra dịch nhúng Chitosan - Calcium Ascorbate độ bám dính tốt trên bơ cắt thuận lợi cho việc bảo quản ở nhiệt độ 6°C.

Việc sử dụng dịch nhúng Chitosan - Calcium Ascorbate với nồng độ 9% là hiệu quả nhất trong việc bảo quản bơ so với các phương pháp ở nồng độ Calcium Ascorbate khảo sát khác. Sử dụng dịch nhúng chitosan - Calcium Ascorbate để bảo quản bơ cắt có khả năng kéo dài thời gian bảo quản tốt hơn so với mẫu đối chứng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được hỗ trợ bởi Bộ khoa học và Công nghệ Việt Nam, mã số: NĐT/CU/22/25.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Rinaudo M. "Chitin and Chitosan: Properties and Applications," *Progress in Polymer Science*, 31, 603-632, 2006.
- [2]. The 2015 European Union report on pesticide residues in food (2017).
- [3]. Nguyễn Thị Hạnh, "Ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến chất lượng và thời gian bảo quản quả hồng thạch thất," *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, 16(11): 998-1004, 2008,
- [4]. Trần Văn Chí, Phạm Thị Tuyết Mai, Tạ Thị Lượng, Lưu Hồng Sơn, "Nghiên cứu tỷ lệ phối trộn thích hợp giữa chitosan và nisin để bảo quản cam sau thu hoạch ở nhiệt độ thường," *scientific Journal of Tan Trao university* 6(17):47-53, 2021.
- [5]. Shahidi Arachchi và Jeon, "Food applications of chitin and chitosans," *Trends in Food Science and Technology*, 1999.
- [6]. Alessandro F Martins, Suelen P Facchi, Heveline D M Follmann, Antonio G B Pereira, Adley F Rubira, Edvani C Muniz, "Antimicrobial activity of chitosan derivatives containing N-quaternized moieties in its backbone: a review," *Int J Mol Sci.*, Nov 13;15(11):20800–20832.
- [7]. Quách Đình, Nguyễn Văn Tiệp, Nguyễn Văn Thoa, *Công nghệ sau thu hoạch và chế biến rau quả, Hà Nội*, NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1996
- [8]. Vicente Manuel Gómez-López, "Some biochemical properties of polyphenol oxidase from two varieties of avocado," *Food Chemistry*, 77, 2, 2002, 163-169, 2002.
- [9]. P. Gómez Salvatori, GarcíaLoredo, S. Alzamora, "Pulsed Light Treatment of Cut Apple: Dose Effect on Color, Structure, and Microbiological Stability," *Food and Bioprocess Technology*, 5(6)
- [10]. TCVN 6121:2018. Dầu mỡ động vật và thực vật - Xác định trị số peroxit - Phương pháp xác định điểm kết thúc chuẩn độ iôt (quan sát bằng mắt).
- [11]. Normalina Arpi Satriana, Wan Aida Wan Mustapha, Yanna Syamsuddin, Tomy Wijaya Putra, Muhammad Dani Supardan, "Effect of cooking pre-treatment on the properties of dried avocado flesh and its oil extract," *South African Journal of Chemical Engineering*, 43, Pages 1-8, 2023.

[12]. Nguyễn Thị Hạnh, Nguyễn Văn Hưng, "Ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến chất lượng và thời gian bảo quản quả cam Hà Giang," *Tạp chí Công thương*, 41, 16-19, 2020.

[13]. Placido G.R., da Silva R.M., Cagnin C., Cavalcante M.D., da Silva M.A.P., Caliar M., de Lima M.S., do Nascimento L.E.C., "Effect of chitosan-based coating on postharvest quality of tangerines (*Citrus deliciosa* Tenore): Identification of physical, chemical, and kinetic parameters during storage," *African Journal of Agricultural Research*, 11(24): 2185-2192, 2016.

[14]. Nguyễn Quang Tùng, Nguyễn Văn Lợi, Nguyễn Minh Thắng, Nguyễn Xuân Cảnh, "Nghiên cứu ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến chất lượng và thời gian bảo quản quả cam đường Canh," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, 51, 51-56, 2019.

[15]. Ingrid Aguiló-Aguayo, Gemma Oms-Oliu, Olga Martín-Belloso, Robert Soliva-Fortuny, "Impact of pulsed light treatments on quality characteristics and oxidative stability of fresh-cut avocado," 59 (1), 320-326, 2014.

AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Huynh Dinh Thuan¹, Pham Thi Quyen¹,
Tran Dinh Thang¹, Nguyen Ngoc Tuan¹, Doan Lan Phuong²,
Pham Quoc Long², Phan Manh Huong³**

¹Institute of Biotechnology and Food Technology, Lwt-Food Science And Technology, Ho Chi Minh City University of Industry, Vietnam

²Institute of Chemistry, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

³University of South Florida, USA