

ẢNH HƯỞNG CỦA XỬ LÝ NƯỚC NÓNG VÀ MÀNG PHỦ CARRAGEENAN ĐẾN KHẢ NĂNG BẢO QUẢN CHUỐI TIÊU HỒNG

Nguyễn Thị Hạnh*, Nguyễn Thị Hoa

Khoa Công nghệ thực phẩm, Học viện Nông nghiệp Việt Nam

**Tác giả liên hệ: nthanh.cntp@vnua.edu.vn*

Ngày nhận bài: 21.04.2025

Ngày chấp nhận đăng: 17.09.2025

TÓM TẮT

Chuối tiêu hồng là loại cây ăn quả nhiệt đới có sản lượng lớn ở Việt Nam nhưng việc bảo quản sau thu hoạch còn khó khăn và chưa có giải pháp hiệu quả. Nghiên cứu này nhằm đánh giá tác động của xử lý nước nóng kết hợp màng phủ carrageenan đến khả năng duy trì chất lượng quả chuối. Chuối được xử lý theo bốn công thức: không xử lý (đối chứng), xử lý nước nóng (47°C trong 10 phút), phủ màng carrageenan 0,5% và xử lý kết hợp. Các chỉ tiêu theo dõi gồm hao hụt khối lượng, màu sắc, chất khô hòa tan tổng số, chlorophyll *a*, hàm lượng phenolic, hoạt tính chống oxy hóa DPPH thịt quả và vỏ quả, tỷ lệ và mức độ hư hỏng. Kết quả cho thấy xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan giúp hạn chế hao hụt khối lượng, duy trì màu sắc và hàm lượng chlorophyll ở vỏ quả, làm chậm sự biến đổi chất khô hòa tan tổng số, tăng hàm lượng phenolic và khả năng chống oxy hóa ở cả thịt quả và vỏ quả so với các công thức khác. Phương pháp này còn giúp giảm đáng kể tỷ lệ và mức độ hư hỏng của quả chuối. Xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan cho thấy hiệu quả trong việc làm chậm quá trình chín và giảm hư hỏng ở chuối tiêu hồng sau thu hoạch.

Từ khóa: Chuối tiêu hồng, xử lý nhiệt, màng phủ, công nghệ sau thu hoạch.

Hot Water Treatment and Carrageenan Coating Slow Postharvest Ripening and Deterioration of 'Tieu Hong' Banana

ABSTRACT

The 'tieu hong' banana is a tropical fruit with large production in Vietnam but post-harvest preservation is facing many difficulties and there is no effective solution. This study aimed to evaluate the effects of hot water treatment combined with carrageenan coating on the maintenance of the quality of the banana. Bananas were treated with four methods: untreated control, hot water treatment at 47°C for 10 minutes, 0.5% carrageenan coating, and combined treatment. The parameters investigated included weight loss, colour, total soluble solids, chlorophyll *a*, phenolic content, DPPH antioxidant activity of the fruit flesh and peel, and the disease incidence and severity. The results show that hot water treatment combined with carrageenan coating helped reduce weight loss, maintain colour and chlorophyll content in the fruit peel, slow down the change in total soluble solids, and enhance phenolic content and antioxidant capacity in both fruit flesh and peel compared to other treatments. This method also helped significantly reduce the incidence and severity of banana disease. Hot water treatment combined with carrageenan coating showed effectiveness in slowing down the postharvest ripening process and decreasing the deterioration in 'tieu hong' bananas.

Keywords: Banana, heat treatment, coating, postharvest technology.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Chuối tiêu hồng là loại cây ăn quả có sản lượng cao, có tiềm năng phát triển lớn ở Việt Nam. Tuy nhiên, chuối có tuổi thọ sau thu hoạch

rất ngắn do đặc điểm hô hấp đột biến, tốc độ chín nhanh, hiện tượng nâu hóa vỏ quả, hư hỏng do nấm bệnh,... Khi tồn trữ ở nhiệt độ phòng, tuổi thọ sau thu hoạch của các giống chuối chỉ đạt 6-8 ngày (Gol & Rao, 2011; Chen & cs., 2019). Trong

khi đó, các nghiên cứu ở Việt Nam về quản lý chất lượng sau thu hoạch mới chỉ dừng lại ở xác định độ già thu hái, xử lý bằng chất diệt nấm, sử dụng chất hấp thụ ethylen (Nguyễn Đức Hạnh & cs., 2020). Các phương pháp bảo quản an toàn, hiệu quả, thân thiện với môi trường và có khả năng ứng dụng linh hoạt ở nhiều quy mô vẫn chưa được phát triển.

Xử lý nước nóng là phương pháp vật lý giúp hạn chế tác nhân gây bệnh. Xử lý nước nóng ức chế đáng kể sự phát triển và nảy mầm của các loài nấm gây bệnh thối cuống ở chuối như *Colletotrichum musae*, *Fusarium verticillioides*, *Lasiodiplodia theobromae* và *Thielaviopsis paradoxa* (Alvindia, 2012). Xử lý nước nóng còn là tác nhân kích thích tính tự kháng ở trái cây sau thu hoạch thông qua việc làm tăng sự tích tụ các protein liên quan đến kháng bệnh như chitinase, β -1,3-glucanase (Pavoncello & cs., 2001; Liu & cs., 2012), làm tăng hoạt động của enzyme chống oxy hóa hoặc tăng cường biểu hiện gen liên quan đến tính tự kháng (Chen & cs., 2015; Huan & cs., 2017). Xử lý nước nóng cũng giúp cải thiện màu sắc vỏ quả, duy trì các đặc tính sinh hóa sau thu hoạch (Javed & cs., 2022). Tuy nhiên, chế độ xử lý không phù hợp có thể gây thoát hơi nước mạnh (Caleb & cs., 2016), tổn thương mô tế bào (Yoon & cs., 2018), ảnh hưởng xấu đến màu sắc của quả trong quá trình chín (Chavez-Sanchez & cs., 2013). Để khắc phục những hạn chế của biện pháp xử lý nhiệt và tăng cường hiệu quả bảo quản rau quả tươi, công nghệ phủ màng sinh học đã được sử dụng kết hợp với xử lý nước nóng trong nhiều nghiên cứu gần đây.

Màng phủ sinh học tạo ra một rào cản, có thể làm giảm sự thoát hơi nước, thay đổi thành phần khí bên trong và giảm sự thay đổi về chất lượng của rau quả tươi. Kappa (κ)-carrageenan - một polysaccharide có nguồn gốc từ rong biển đỏ có nhiều ưu điểm khi sử dụng làm màng phủ. Carrageenan tạo thành màng chắc, dẻo và trong suốt, thường mịn hơn và bắt mắt hơn so với các dẫn xuất cellulose. Carrageenan có đặc tính ngăn ẩm tốt hơn alginate và một số dẫn xuất cellulose, giúp giảm tình trạng mất khối lượng và nhăn héo ở rau quả (Tavassoli-Kafrani, 2016;

Kocira, 2021). Carrageenan đã được nghiên cứu sử dụng làm màng phủ kéo dài thời gian bảo quản cho xoài, nhãn, thanh long sau thu hoạch (Plotto & cs., 2010; Lin & cs., 2018; Nguyen & cs., 2021).

Nghiên cứu này nhằm đánh giá ảnh hưởng của xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan đến khả năng duy trì chất lượng và giảm hư hỏng của quả chuối tiêu hồng trong quá trình bảo quản.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng

Chuối tiêu hồng đã đạt độ chín thu hoạch theo tiêu chuẩn ngành 10TCN 568-2003 (màu vỏ xanh sáng, cạnh quả hơi tròn nhưng vẫn rõ cạnh), được thu hoạch ở xã Kim Sơn, huyện Gia Lâm, Hà Nội, vận chuyển về phòng thí nghiệm trong vòng 1 giờ và tiến hành xử lý ngay.

2.2. Vật liệu

Đề tài sử dụng κ -carrageenan tinh khiết, dạng bột, được cung cấp bởi Công ty Hóa chất Sigma (Hoa Kỳ).

2.3. Chuẩn bị dung dịch tạo màng phủ

Dung dịch κ -carrageenan 0,5% (w/v) (nồng độ được lựa chọn từ thí nghiệm khảo sát của nhóm nghiên cứu) được chuẩn bị bằng cách hòa tan carrageenan trong nước cất, khuấy đều trong 1 giờ ở nhiệt độ 60°C, sau đó để nguội đến nhiệt độ phòng, tiếp tục thêm hỗn hợp glycerol và PEG 200 (tỷ lệ 50:50, v/v) với lượng 0,75 g/g carrageenan, khuấy tiếp trong 1 giờ để thu được dung dịch màng phủ hoàn chỉnh.

2.4. Bố trí thí nghiệm

Chuối được tách thành các chùm 3 quả, rửa trong nước vôi (5 g/l) để loại bỏ nhựa, sau đó ngâm trong dung dịch NaClO 100ppm trong 5 phút, để ráo. Chuối được xử lý theo 4 công thức thí nghiệm: (1) Đối chứng: không xử lý (CT1); (2) Xử lý bằng nước nóng ở 47°C trong 10 phút (CT2); (3) Phủ màng carrageenan 0,5% (CT3); (4) Kết hợp xử lý nước nóng 47°C trong 10 phút,

sau đó phủ màng carrageenan 0,5% (CT4). Xử lý nước nóng được thực hiện trong bể ổn nhiệt, sau đó làm nguội bằng nước sạch. Việc phủ màng được thực hiện bằng cách nhúng quả trong dung dịch carrageenan trong thời gian 1 phút rồi để khô tự nhiên. Chế độ xử lý nước nóng được lựa chọn dựa trên thí nghiệm khảo sát xử lý nước nóng cho chuối ở 9 điều kiện với 3 mức nhiệt độ (42°C, 47°C, 52°C) và 3 mức thời gian (5, 10, 15 phút). Chuối sau khi xử lý được bảo quản ở thùng carton có diện tích thoáng khí 1%, nhiệt độ phòng (28-32°C, RH ≈ 80%). Mẫu được theo dõi, đánh giá định kỳ 2 ngày/lần trong 12 ngày. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Dung lượng mẫu cho mỗi công thức thí nghiệm/lần lặp là 15 chùm quả.

2.5. Các chỉ tiêu và phương pháp phân tích

Cường độ hô hấp và mức độ sinh ethylene: Cường độ hô hấp và mức độ sinh ethylene được xác định bằng máy phân tích khí ICA250 và máy phân tích ethylene ICA56. Cường độ hô hấp và mức độ sinh ethylene được tính toán và biểu diễn theo ml CO₂/kg.h và µl C₂H₄/kg.h.

Xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên (HHKLTN): HHKLTN của quả được tính theo công thức $(A - B) \times 100/A$, trong đó A là khối lượng ban đầu của quả (ngày 0) và B là khối lượng của quả sau thời gian bảo quản.

Đánh giá màu sắc của quả: Màu sắc của quả được đo bằng máy đo màu (Minolta, model CR-400, Nhật Bản) theo hệ màu L*, a*, b*. Chỉ số biến đổi màu sắc ΔE được tính theo công thức:

$$E = \sqrt{(L_i - L_o)^2 + (a_i - a_o)^2 + (b_i - b_o)^2}.$$

Trong đó, L_o, a_o, b_o là các giá trị đo trước khi bảo quản, L_i, a_i, b_i là các giá trị đo được tại thời điểm theo dõi.

Hàm lượng chất khô hòa tan tổng số (CKHTTS): CKHTTS được xác định bằng máy đo khúc xạ kỹ thuật số Atago PAL-1 (Atago Co. Ltd., Nhật Bản). Mỗi mẫu gồm 3 quả, kết quả là trung bình của 3 lần đo. CKHTTS được biểu thị bằng đơn vị °Brix.

Hàm lượng chlorophyll a trong vỏ quả: Hàm lượng chlorophyll a trong vỏ quả được xác định

nhờ N, N-dimethylformamide (Moran, 1982). chiết 2g vỏ quả trong 10ml dung môi và ủ ở 4°C trong bóng tối trong 24h. Dịch chiết được lọc qua giấy lọc Whatman số 1, pha loãng đến 50ml bằng dung môi. Đo mật độ quang tại bước sóng 664nm bằng máy quang phổ. Chlorophyll a (Chl a) được tính theo phương trình:

$$\text{Chl a } (\mu\text{g/ml}) = (893,5 \times A_{664\text{nm}})/73,98$$

$$\text{Chl a } (\text{mg}/100\text{gFW}) = (\text{Chl a } (\mu\text{g/ml}) \times V \times 100)/(m \times 1.000)$$

Trong đó: A_{664nm}: độ hấp thụ quang của chlorophyll a

V: thể tích dịch chiết

m: khối lượng mẫu ban đầu

Hằng số: khối lượng phân tử chlorophyll a = 893,5 g/mol; hệ số hấp thụ = $73,98 \times 10^3 \text{ M}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

Hàm lượng phenolic tổng số: Hàm lượng phenolic được xác định theo Singleton & cs. (1999). Mẫu quả được đồng nhất trong 80% methanol, lọc qua giấy lọc. Dịch lọc được phản ứng với thuốc thử Folin Ciocalteu 2,5N và Na₂CO₃. Hỗn hợp được ủ ở 25°C trong 2 giờ, đo độ hấp thụ tại 725nm. Hàm lượng phenolic được biểu thị bằng g/kg chất tươi, quy đổi theo axit gallic (GAE).

Hoạt tính chống oxy hóa DPPH: Xác định DPPH dựa theo (Li & cs., 2017). Dịch quả chiết xuất bằng methanol được thêm vào 110µm DPPH hòa tan trong methanol (DPPH hoạt động). Hoạt tính chống oxy hóa DPPH được biểu thị bằng mM Trolox/kg chất tươi.

Tỷ lệ thối hỏng: Quan sát toàn bộ quả của mỗi công thức thí nghiệm ở mỗi lần lặp, tỷ lệ thối hỏng là tỷ lệ phần trăm số quả có triệu chứng hư hỏng tại lần phân tích so với tổng số quả ban đầu.

Mức độ hư hỏng: Mức độ thối hỏng trên quả được đánh giá theo thang điểm (0: 0% diện tích thối bề mặt; 1: 0 < diện tích thối ≤ 5%; 2: 5% < diện tích thối < 10%; 3: 10% < diện tích thối < 20%; 4: > 20% diện tích thối).

Mức độ hư hỏng = (Tổng số điểm của mỗi mức điểm/Tổng số quả được đánh giá) × (100/Mức điểm cao nhất trong thang điểm).

2.6. Xử lý dữ liệu

Dữ liệu được xử lý bằng phân tích phương sai (ANOVA), so sánh trung bình bằng phép kiểm định Duncan ở mức tin cậy 95%, sử dụng phần mềm SAS 9.0

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến các biến đổi sinh lý của quả chuối tiêu hồng

Ảnh hưởng của các phương pháp xử lý nước nóng, phủ màng carrageenan và kết hợp nước nóng - màng phủ carrageenan đến cường độ hô hấp và mức độ sinh ethylene của chuối tiêu hồng được thể hiện ở hình 1.

Kết quả cho thấy, xử lý nước nóng kết hợp với phủ màng carrageenan làm giảm cường độ hô hấp và sự sinh ethylene của chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản. Trong 6 ngày đầu, cường độ hô hấp và khả năng sinh ethylene của chuối đều ở mức thấp và không có sự khác biệt giữa các công thức thí nghiệm, với cường độ hô hấp trong khoảng 20,42-23,61ml CO₂/kg.h, mức độ sinh ethylene < 5μl C₂H₄/kg.h. Tuy nhiên, sau 12 ngày bảo quản, cường độ hô hấp cao nhất ở chuối không được xử lý (124,11ml CO₂/kg.h), thấp nhất ở chuối được xử lý nước nóng kết hợp màng phủ carrageenan (CT4), với giá trị thấp hơn 53% so với đối chứng. Sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê. Tuy nhiên, cường độ hô hấp của chuối được xử lý nước nóng hoặc phủ màng riêng lẻ không khác biệt có ý nghĩa so với đối chứng. Trong khi đó, mức độ sinh ethylene của chuối đối chứng cao hơn có ý nghĩa so với chuối được xử lý sau 10 ngày bảo quản và tăng lên rất mạnh sau 12 ngày bảo quản (111,57μl C₂H₄/kg.h). Chuối được xử lý nước nóng kết hợp với phủ màng carrageenan có mức độ sinh ethylene thấp nhất, với giá trị < 5μl C₂H₄/kg.h trong suốt thời gian bảo quản.

3.2. Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến các biến đổi vật lý của quả chuối tiêu hồng

Ảnh hưởng của các phương pháp tiền xử lý đến sự HHKLTN và màu sắc của chuối tiêu hồng được thể hiện ở hình 2.

Sự HHKLTN của chuối tăng dần trong quá trình bảo quản. Chuối đối chứng có tỷ lệ HHKLTN lớn nhất, lên tới 20,67% sau 12 ngày bảo quản. Kết quả xử lý thống kê cho thấy sự khác nhau về HHKLTN của quả chuối được xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan so với công thức đối chứng là có ý nghĩa (P < 0,05).

Trong suốt thời gian bảo quản, sự biến đổi màu sắc vỏ quả (chỉ số ΔE) ở chuối không được xử lý diễn ra nhanh hơn so với 3 công thức còn lại. Sự biến đổi màu sắc vỏ quả rõ rệt từ ngày 8 ở chuối không được xử lý, với chỉ số ΔE là 11,92, cao hơn có ý nghĩa thống kê (P < 0,05) so với các mẫu được xử lý. Chỉ số ΔE của chuối được xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan đến ngày thứ 10 mới có sự tăng lên rõ rệt. Đến ngày 12, chỉ số ΔE của quả ở CT4 là 18,77 và đều thấp hơn có ý nghĩa thống kê (P < 0,05) so với CT1, CT2, CT3.

3.3. Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến các biến đổi hóa sinh của quả chuối tiêu hồng

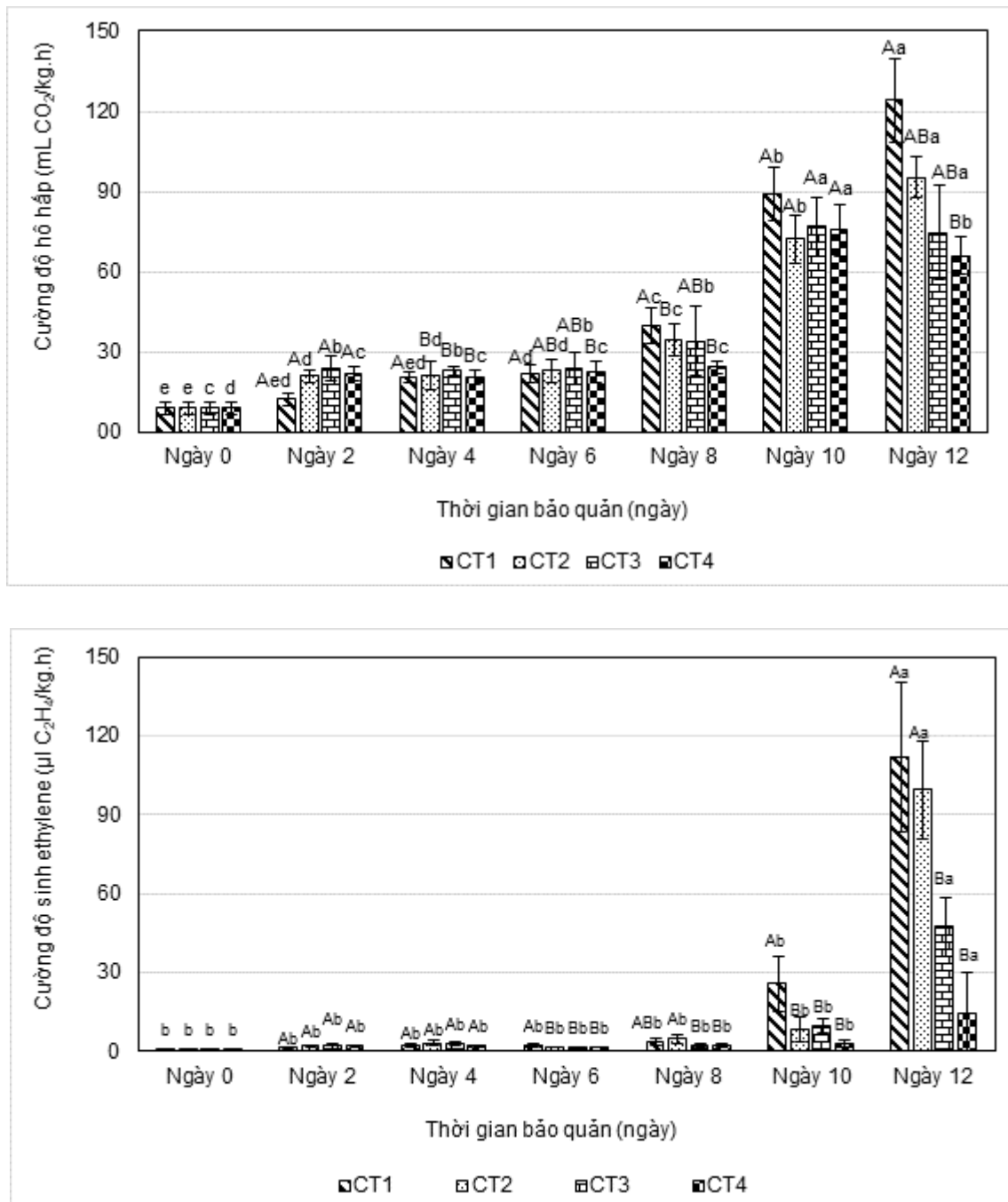
Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến biến đổi hóa sinh của chuối tiêu hồng được thể hiện ở hình 3.

Hàm lượng CKHTTS của chuối tiêu hồng tăng dần theo thời gian bảo quản. CKHTTS của chuối ở CT1 tăng nhanh nhất, sau 8 ngày bảo quản có giá trị cao hơn ở mức ý nghĩa thống kê (P < 0,05) so với chuối được phủ màng carrageenan, và chuối được xử lý nước nóng kết hợp với phủ màng. Sau 12 ngày bảo quản, CKHTTS của chuối ở công thức đối chứng vẫn tăng mạnh nhất lên 20,32°Brix, ở CT3, CT2, CT4 có giá trị lần lượt thấp hơn.

Hàm lượng chlorophyll trên vỏ quả giảm dần trong thời gian bảo quản. Tuy nhiên, kết quả phân tích Anova cho thấy không có sự khác biệt (P < 0,05) về hàm lượng chlorophyll a vỏ quả giữa các công thức ở ngày thứ 4. Đến ngày thứ 8, hàm lượng chlorophyll a của chuối ở CT1, CT2 đều giảm mạnh, trong khi ở CT3, CT4, giá trị này giảm đi không đáng kể, còn lại lần lượt là 3,06 mg/100FW và 2,64 mg/100FW, cao hơn có ý nghĩa (P < 0,05) so với CT1. Ở ngày 12, khi

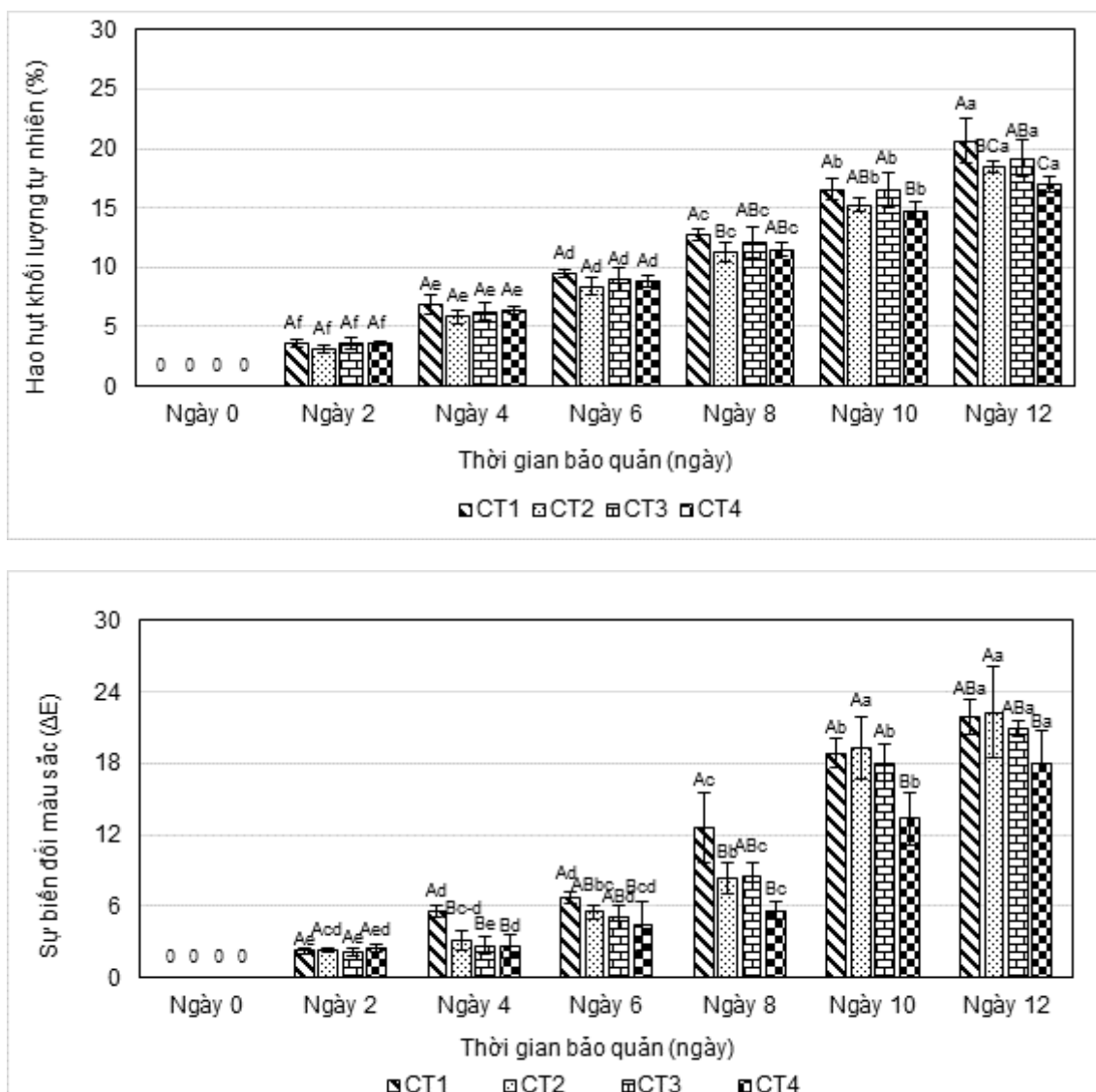
quả đã chín hoàn toàn thì hàm lượng chlorophyll *a* giảm nhanh, ở chuối không xử lý có giá trị thấp nhất và thấp hơn có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với chuối được xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan.

Kết quả nghiên cứu cho thấy xử lý nước nóng kết hợp với phủ màng carrageenan làm chậm các biến đổi vật lý, sinh lý, hóa sinh ở quả chuối tiêu hồng trong quá trình chín 2 ngày so với đối chứng ở điều kiện nhiệt độ thường.



Ghi chú: Các chữ cái thường khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ theo thời gian bảo quản, các chữ cái hoa khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ giữa các công thức thí nghiệm tại cùng thời điểm.

Hình 1. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý đến cường độ hô hấp và mức độ sinh ethylene của chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản



Ghi chú: Các chữ cái thường khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ theo thời gian bảo quản, các chữ cái hoa khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ giữa các công thức thí nghiệm tại cùng thời điểm.

Hình 2. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý đến hao hụt khối lượng tự nhiên và màu sắc của chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản

3.4. Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến hàm lượng phenolic, khả năng chống oxy hóa và tính kháng bệnh của chuối tiêu hồng

3.4.1. Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến hàm lượng phenolic và khả năng chống oxy hóa của chuối tiêu hồng

Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến hàm lượng phenolic và

khả năng chống oxy hóa DPPH ở thịt quả và vỏ quả chuối tiêu hồng được thể hiện ở hình 4 và hình 5.

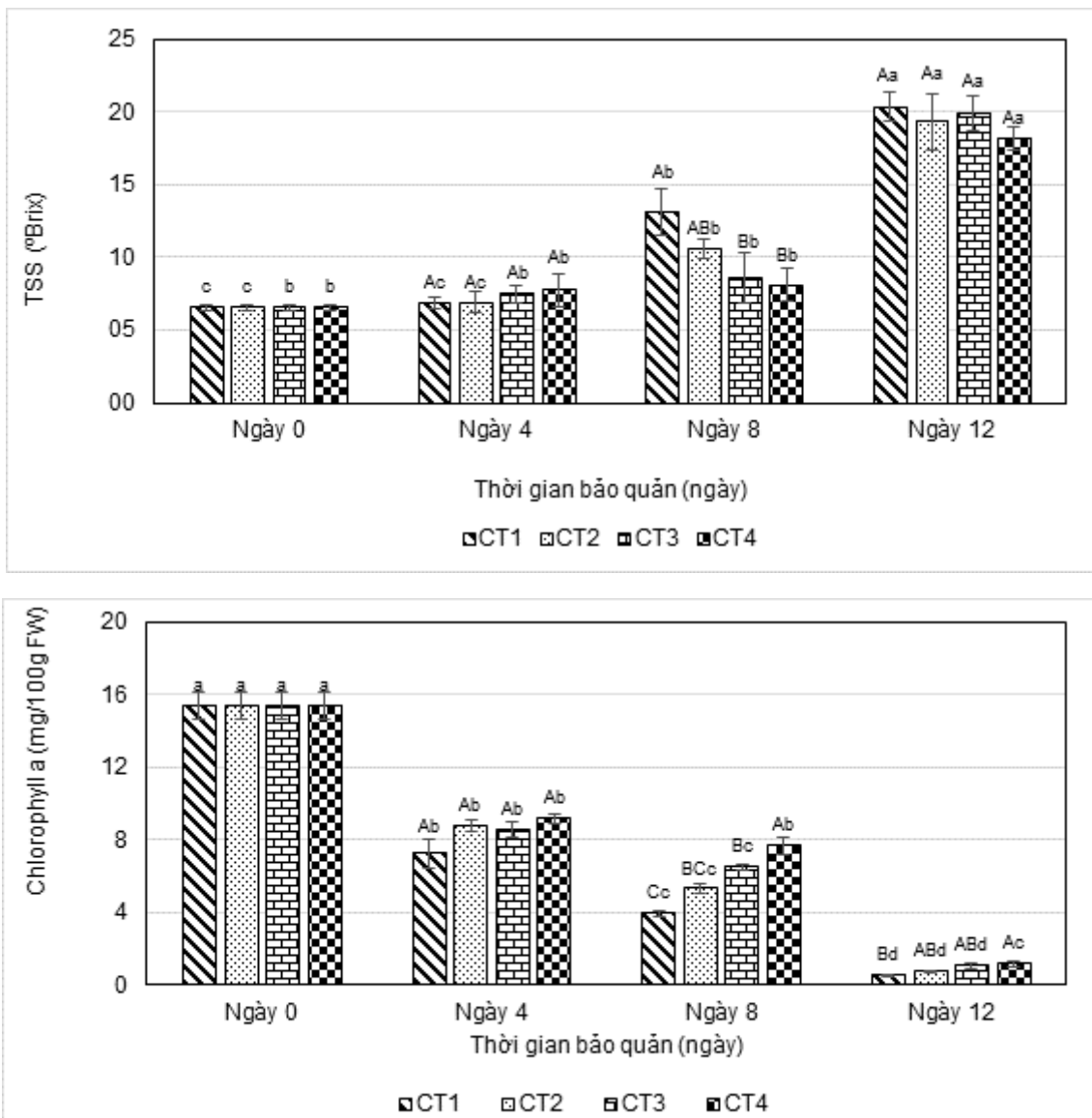
Hàm lượng phenolic của thịt quả tăng dần trong thời gian bảo quản. Sau 8 ngày, hàm lượng phenolic thịt quả ở chuối được xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan là cao nhất (0,43 g/kg), cao hơn có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với các công thức còn lại. Đến ngày cuối, hàm lượng phenolic trong thịt quả ở chuối được phủ màng carrageenan, và chuối được xử lý nước

nóng kết hợp với phủ màng cao hơn có ý nghĩa so với ở hai công thức còn lại.

Hoạt tính chống oxy hóa DPPH của thịt quả chuối có xu hướng tăng dần trong thời gian bảo quản. Sau 8 ngày, khả năng ức chế DPPH của thịt quả ở chuối được xử lý nước nóng kết hợp với màng phủ carrageenan là cao nhất, cao hơn có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với các công thức khác. Hoạt tính chống oxy hóa DPPH của thịt quả ở chuối được xử lý nước nóng, hoặc được phủ màng carrageenan riêng lẻ, cũng cao hơn có ý

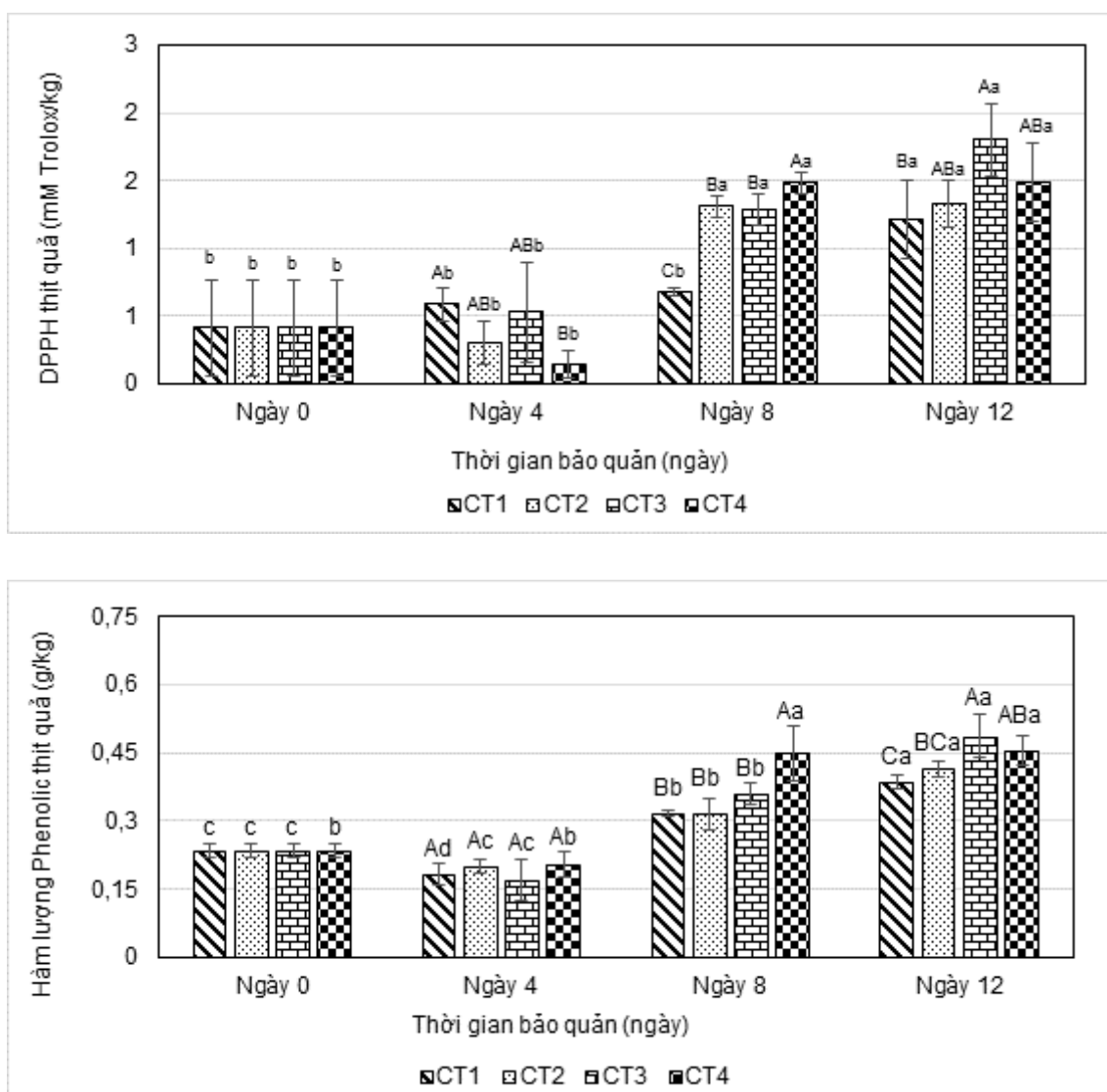
nghĩa so với chuối đối chứng.

Hàm lượng phenolic của vỏ quả có xu hướng tăng dần trong thời gian bảo quản. Tuy nhiên, trong 8 ngày đầu chưa có sự khác nhau ở mức ý nghĩa ở $P < 0,05$ giữa các công thức thí nghiệm. Đến ngày thứ 12, hàm lượng phenolic vỏ quả của chuối ở công thức đối chứng là thấp nhất, khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với các công thức còn lại, trong khi đó hàm lượng phenolic vỏ quả ở chuối được xử lý nước nóng kết hợp phủ màng carrageenan là cao nhất.



Ghi chú: Các chữ cái thường khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ theo thời gian bảo quản, các chữ cái hoa khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ giữa các công thức thí nghiệm tại cùng thời điểm.

Hình 3. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý đến các biến đổi hóa sinh của chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản



Ghi chú: Các chữ cái thường khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ theo thời gian bảo quản, các chữ cái hoa khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ giữa các công thức thí nghiệm tại cùng thời điểm.

Hình 4. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý đến hàm lượng phenolic và hoạt tính chống oxy hóa DPPH ở thịt quả chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản

Khả năng ức chế DPPH của vỏ quả chuối trong quá trình bảo quản cũng có xu hướng tăng dần. Trong 8 ngày đầu, khả năng ức chế DPPH của vỏ quả tăng nhẹ, không có sự khác biệt giữa các công thức thí nghiệm ở mức ý nghĩa thống kê. Sau 12 ngày bảo quản, khi quả chuyển sang giai đoạn chín hoàn toàn và có biểu hiện hư hỏng, khả năng ức chế DPPH của vỏ quả tăng cao ở chuối được phủ màng carrageenan riêng lẻ, hoặc xử lý nước nóng kết hợp phủ màng carrageenan.

3.4.2. Ảnh hưởng của xử lý nước nóng và màng phủ carrageenan đến tỷ lệ và mức độ hư hỏng của quả chuối tiêu hồng

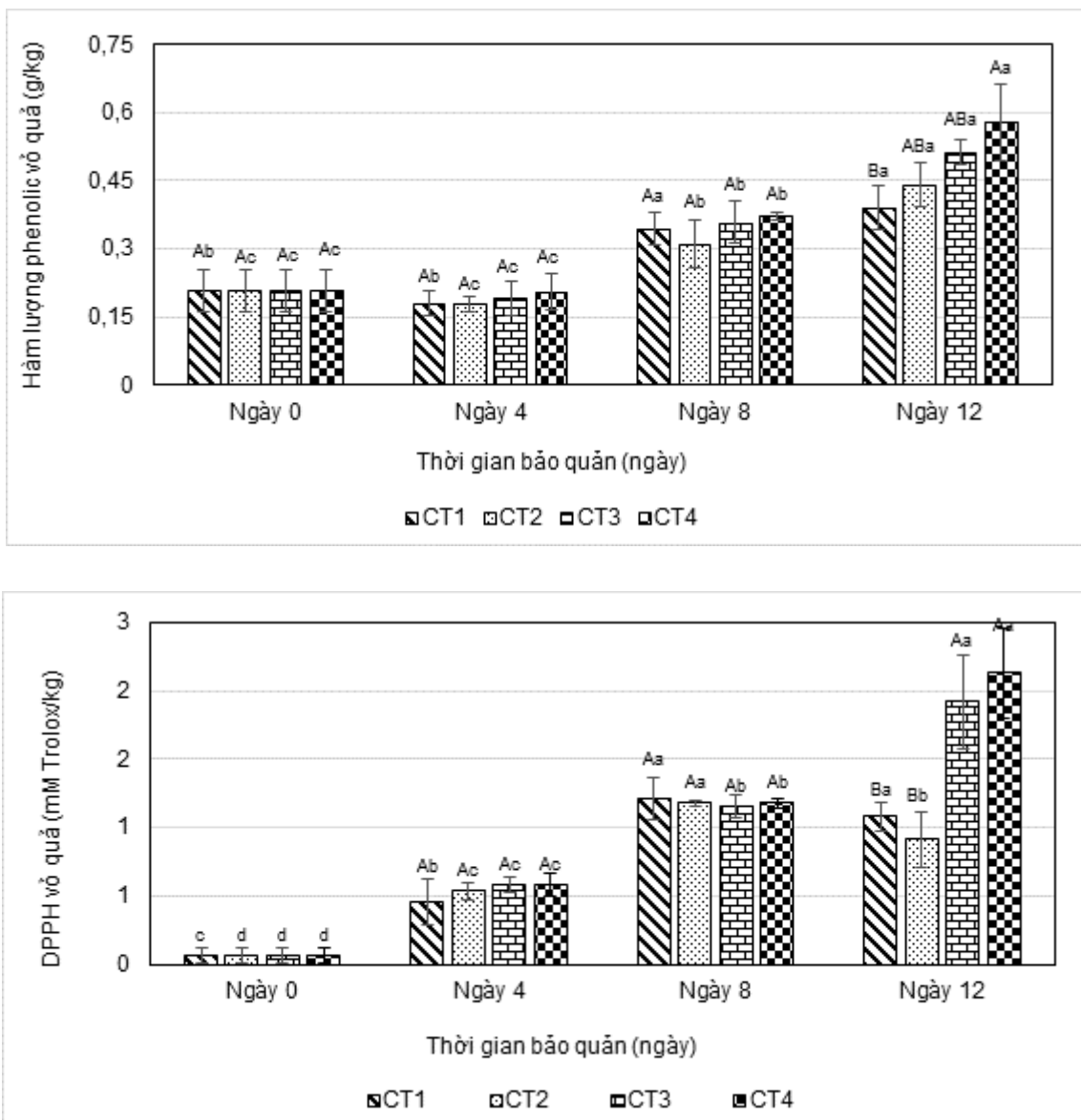
Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng phương pháp xử lý nước nóng kết hợp và phủ màng carrageenan có hiệu quả trong việc giảm tỷ lệ hư hỏng và mức độ hư hỏng của quả chuối (Hình 6, Hình 7).

Ngày thứ 8 trong quá trình bảo quản bắt đầu xuất hiện dấu hiệu thối hỏng trên chuối ở

công thức đối chứng. Sau 12 ngày, sự thối hỏng của chuối tăng lên rất cao, > 80% số quả hư hỏng ở công thức đối chứng, > 50% số quả hư hỏng ở chuối được xử lý nước nóng hoặc phủ màng riêng lẻ. Chuối được xử lý nước nóng kết hợp với phủ màng carrageenan có tỷ lệ quả hư hỏng thấp hơn tới 54,2% so với đối chứng. Sự khác biệt về tỷ lệ hư hỏng giữa các công thức là có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

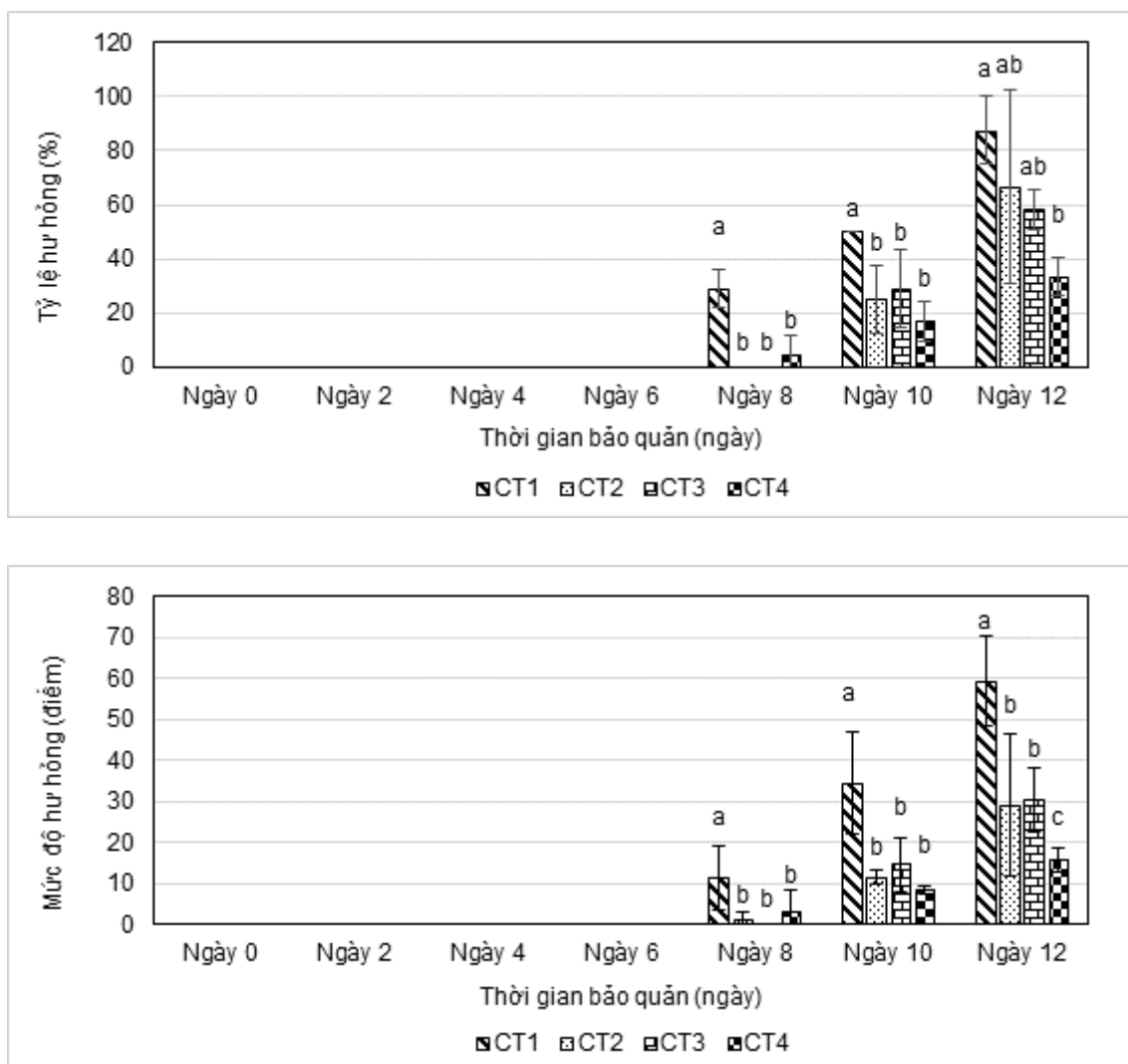
Mức độ hư hỏng của chuối ở các công thức

cũng có sự khác nhau rõ rệt. Mức độ hư hỏng của chuối đối chứng luôn cao nhất ở các ngày theo dõi, khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$) so với các công thức còn lại. Mức độ hư hỏng của chuối được xử lý nước nóng kết hợp phủ màng carrageenan luôn ở mức thấp nhất trong suốt thời gian bảo quản. Xử lý nước nóng kết hợp với phủ màng carrageenan giúp giảm mức độ hư hỏng ở chuối tiêu hồng tới 73,7% so với đối chứng.



Ghi chú: Các chữ cái thường khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ theo thời gian bảo quản, các chữ cái hoa khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ giữa các công thức thí nghiệm tại cùng thời điểm.

Hình 5. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý đến hàm lượng phenolic và hoạt tính chống oxy hóa DPPH ở vỏ quả chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản



Ghi chú: Các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt ở mức $P < 0,05$ giữa các công thức thí nghiệm tại cùng thời điểm.

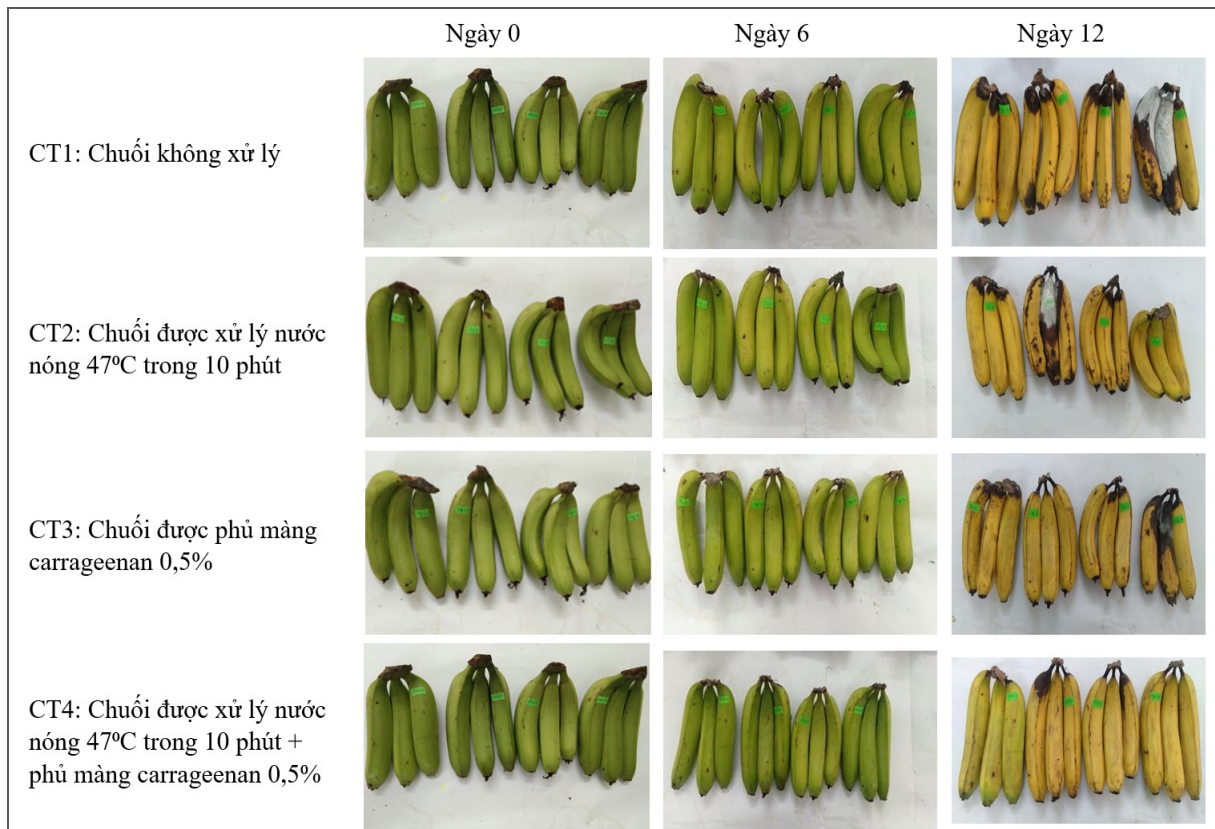
Hình 6. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý đến tỷ lệ hư hỏng và mức độ hư hỏng của chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản

4. THẢO LUẬN

Quá trình chín sau thu hoạch và các bệnh do nấm gây ra là nguyên nhân chính gây hư hỏng ở quả chuối sau thu hoạch. Kết quả của nghiên cứu này cho thấy, xử lý nước nóng ở 47°C trong 10 phút hoặc phủ màng carrageenan 0,5% riêng lẻ, hoặc kết hợp, đều làm chậm quá trình chín và giảm sự hư hỏng của chuối tiêu hồng. Kết quả này đồng thuận với nhiều nghiên cứu trước đây.

Màng phủ carrageenan đã được chứng minh có khả năng làm chậm quá trình chín của một

số loại quả như đu đủ (Hamzah & cs., 2013), xoài (Meindrawan & cs., 2018). Tính chất cản khí của màng carrageenan tương đương với cellophane hoặc polyethylene mật độ cao (HDPE) (Sanchez-García, 2011), vì vậy giúp hạn chế tiếp xúc với oxy - yếu tố thúc đẩy các phản ứng hóa sinh trong quá trình chín. Nhờ đó, hoạt động hô hấp và sinh ethylene bị ức chế, kéo theo tốc độ chín của quả cũng được làm chậm. Màng phủ carrageenan 1% cũng được biết giúp giảm đến 40% tỷ lệ hư hỏng, kéo dài tuổi thọ của đu đủ thêm 12 ngày so với đối chứng (Vyas & cs., 2014).



Hình 7. Hình ảnh chuối tiêu hồng trong thời gian bảo quản

Bên cạnh đó, xử lý nước nóng (hot water treatment - HWT) cũng là một phương pháp phổ biến trong kiểm soát sinh lý sau thu hoạch và phòng trừ nấm bệnh. Trên chuối 'Buñgulan', HWT ở 50°C trong 20 phút giúp giảm đến 33% tỷ lệ thối cuống sau 14 ngày bảo quản. HWT ức chế đáng kể sự phát triển và nảy mầm của các loài nấm gây bệnh như *Colletotrichum musae*, *Fusarium verticillioides*, *Lasiodiplodia theobromae* và *Thielaviopsis paradoxa* (Alvindhia, 2012). Umamarat & cs. (2011) chỉ ra rằng HWT ở 50°C trong 10 phút làm chậm quá trình chín của chuối 'Hom Thong' thông qua tăng cường tổng hợp các hợp chất chống oxy hóa như ascorbic acid, glutathione, các hợp chất phenolics, flavonoids, và giảm sự tích tụ H_2O_2 trong mô quả. Trong nghiên cứu này, việc xử lý bằng nước nóng riêng lẻ hoặc kết hợp với màng carrageenan cũng giúp tăng hoạt tính chống oxy hóa DPPH ở thịt quả chuối, làm chậm sự biến đổi màu sắc, chất khô hòa tan tổng số của quả. Hiệu quả của xử lý nước nóng cũng được ghi

nhận trên nhiều loại quả khác như làm tăng hàm lượng phenolic và giảm sự hư hỏng ở kiwi (Chen & cs., 2015), kiểm soát nấm bệnh ở dứa (Vilaplana & cs., 2017), làm chậm quá trình lão hóa ở chanh (Kaewsuksaeng & cs., 2015).

Trong nghiên cứu này, việc kết hợp xử lý nước nóng với màng phủ carrageenan cho thấy hiệu quả cao hơn so với các phương pháp đơn lẻ. Sự kết hợp này tạo ra hiệu ứng cộng hưởng trong việc ức chế các quá trình sinh hóa liên quan đến sự chín, đồng thời tăng cường cơ chế phòng vệ của mô quả. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của phương pháp kết hợp này. Theo Vilaplana & cs. (2020), đu đủ được xử lý nước nóng (49°C trong 20 phút) kết hợp phủ chitosan 20 g/l cho thấy khả năng giảm bệnh thán thư cao hơn và quá trình chín chậm lại so với đu đủ chỉ được xử lý bằng nước nóng. Xử lý nước nóng ở 50°C trong 5 phút kết hợp với phủ màng phức hợp chitosan 1%-κ-carrageenan 0,2% cho quả thanh long giúp tăng cường hoạt động của enzyme chống oxy hóa và giảm sự tích

tụ H_2O_2 trong vỏ, điều này chứng minh phản ứng phòng vệ trong các mô tế bào, dẫn đến giảm sự phát triển của bệnh (Nguyễn Hanh Thi & cs., 2020). Tương tự, Djioa & cs. (2010) cũng đã chứng minh rằng tác dụng kháng khuẩn của lớp phủ chitosan 0,25% có hiệu quả hơn khi được áp dụng kết hợp với xử lý nước nóng $50^\circ C$ trong 30 phút cho xoài chế biến tối thiểu.

5. KẾT LUẬN

Xử lý nước nóng kết hợp với phủ màng carrageenan giúp làm chậm quá trình chín và giảm hư hỏng ở quả chuối tiêu hồng sau thu hoạch ở điều kiện thường. Phương pháp này giúp làm chậm các biến đổi vật lý, sinh lý, hóa sinh ở quả 2 ngày so với đối chứng, tăng tổng hợp phenolic và hoạt tính chống oxy hóa của thịt và vỏ quả, đồng thời giảm tỷ lệ hư hỏng tới 54,2% và giảm 73,7% mức độ thối hỏng của quả chuối so với không xử lý. Do đó, xử lý nước nóng kết hợp phủ màng carrageenan được đánh giá là một giải pháp tiềm năng, an toàn để nâng cao hiệu quả bảo quản chuối tiêu hồng sau thu hoạch và mở ra hướng kết hợp với bảo quản lạnh để đạt hiệu quả cao hơn.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn PGS. TS. Chalermchai Wongs-Aree, Bộ môn Công nghệ sau thu hoạch, Khoa Tài nguyên sinh học và Công nghệ, Đại học Công nghệ King Mongkut Thonburi, Thái Lan đã hỗ trợ vật liệu κ -carrageenan cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Alvindia D.G. (2012). Revisiting hot water treatments in controlling crown rot of banana cv. Buñgulan. *Crop protection*. 33: 59-64.

Caleb O.J., Wegner G., Rolleczeck C., Herppich W.B., Geyer M. & Mahajan P.V. (2016). Hot water dipping: Impact on postharvest quality, individual sugars, and bioactive compounds during storage of 'Sonata' strawberry. *Scientia horticulturae*. 210: 150-157.

Chavez-Sanchez I., Carrillo-Lopez A., Vega-Garcia M. & Yahia E.M. (2013). The effect of antifungal hot-

water treatments on papaya postharvest quality and activity of pectinmethylesterase and polygalacturonase. *Journal of Food Science and Technology*. 50(1): 101-7.

- Chen H., Cheng Z., Wisniewski M., Liu Y. & Liu J. (2015). Ecofriendly hot water treatment reduces postharvest decay and elicits defense response in kiwifruit. *Environmental Science and Pollution Research*. 22(19): 15037-45.
- Chen J., Li F., Li Y., Wang Y., Wang C., Yuan D. & Jiang Y. (2019). Exogenous procyanidin treatment delays senescence of harvested banana fruit by enhancing antioxidant responses and in vivo procyanidin content. *Postharvest biology and technology*. 158: 110999.
- Djioa T., Charles F., Freire M., Filgueiras H., Ducamp-Collin M.-N. & Sallanon H. (2010). Combined effects of postharvest heat treatment and chitosan coating on quality of fresh-cut mangoes (*Mangifera indica* L.). *International Journal of Food Science & Technology*. 45(4): 849-855.
- Gol N.B. & Rao T.V.R. (2011). Banana fruit ripening as influenced by edible coatings. *International journal of fruit science*. 11(2): 119-135.
- Hamzah H.M., Osman A., Tan C.P. & Ghazali F.M. (2013). Carrageenan as an alternative coating for papaya (*Carica papaya* L. cv. Eksotika). *Postharvest biology and technology*. 75: 142-146.
- Huan C., Han S., Jiang L., An X., Yu M., Xu Y., Ma R. & Yu Z. (2017). Postharvest hot air and hot water treatments affect the antioxidant system in peach fruit during refrigerated storage. *Postharvest biology and technology*. 126: 1-14.
- Javed S., Fu H., Ali A., Nadeem A., Amin M., Razzaq K., Ullah S., Rajwana I.A., Nayab S. & Ziogas V. (2022). Comparative response of mango fruit towards pre-and post-storage quarantine heat treatments. *Agronomy*. 12(6): 1476.
- Kaewsuksaeng S., Tatmala N., Srilaong V. & Pongprasert N. (2015). Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintains quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) fruit. *Postharvest biology and technology*. 100: 1-7.
- Kocira A., Kozłowicz K., Panasiewicz K., Staniak M., Szpunar-Krok E. & Horthyńska P. (2021). Polysaccharides as edible films and coatings: Characteristics and influence on fruit and vegetable quality - A review. *Agronomy*. 11(5): 813.
- Lin M. G., Lasekan O., Saari N. & Khairunniza-Bejo S. (2018). Effect of chitosan and carrageenan-based edible coatings on post-harvested longan (*Dimocarpus longan*) fruits. *CyTA-Journal of Food*. 16(1): 490-497.

- Liu J., Sui Y., Wisniewski M., Droby S., Tian S., Norelli J. & HersHKovitz V. (2012). Effect of heat treatment on inhibition of *Monilinia fructicola* and induction of disease resistance in peach fruit. *Postharvest biology and technology*. 65: 61-68.
- Meindrawan B., Suyatma N. E., Wardana A.A. & Pamela V.Y. (2018). Nanocomposite coating based on carrageenan and ZnO nanoparticles to maintain the storage quality of mango. *Food Packaging and Shelf Life*. 18: 140-146.
- Moran R. (1982). Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N, N-dimethylformamide. *Plant physiology*. 69(6): 1376-1381.
- Nguyễn Đức Hạnh, Hoàng Thị Lệ Hằng, Nguyễn Thị Thu Hương & Hoàng Thị Tuyết Mai (2020). Nghiên cứu biện pháp chống thối hỏng và hấp thụ ethylene trong bao gói vận chuyển, bảo quản chuối tiêu hồng. *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*. 3: 180-187
- Nguyen H.T., Boonyaritthongchai P., Buanong M., Supapvanich S. & Wongs-Aree C. (2020). Postharvest hot water treatment followed by chitosan-and κ -carrageenan-based composite coating induces the disease resistance and preserves the quality in dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *International journal of fruit science*. 20(sup3): S2030-S2044.
- Nguyen T., Boonyaritthongchai P., Buanong M., Supapvanich S. & Wongs-Aree C. (2021). Edible coating of chitosan ionically combined with κ -carrageenan maintains the bract and postharvest attributes of dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *International Food Research Journal*. 28(4): 682-694.
- Pavoncello D., Lurie S., Droby S. & Porat R. (2001). A hot water treatment induces resistance to *Penicillium digitatum* and promotes the accumulation of heat shock and pathogenesis-related proteins in grapefruit flavedo. *Physiologia Plantarum*. 111(1): 17-22.
- Plotto A., Narciso J.A., Rattanapanone N. & Baldwin E.A. (2010). Surface treatments and coatings to maintain fresh-cut mango quality in storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 90(13): 2333-2341.
- Sanchez-García M. (2011). Carrageenan polysaccharides for food packaging. *In* Multifunctional and nanoreinforced polymers for food packaging. Elsevier. pp. 594-609.
- Singleton V.L., Orthofer R. & Lamuela-Raventós R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Trong: Methods in Enzymology (Oxidants and Antioxidants, Part A)*. Packer L. (ed.). Academic Press San Diego. pp. 152-178.
- Tavassoli-Kafrani E., Shekarchizadeh H. & Masoudpour-Behabadi M. (2016). Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. *Carbohydrate polymers*. 137: 360-374.
- Ummarat N., Matsumoto T. K., Wall M.M. & Seraypheap K. (2011). Changes in antioxidants and fruit quality in hot water-treated 'Hom Thong' banana fruit during storage. *Scientia horticulturae*. 130(4): 801-807.
- Vilaplana R., Chicaiza G., Vaca C. & Valencia-Chamorro S. (2020). Combination of hot water treatment and chitosan coating to control anthracnose in papaya (*Carica papaya* L.) during the postharvest period. *Crop protection*. 128: 105007.
- Vilaplana R., Pérez D. & Valencia-Chamorro S. (2017). Control of black rot caused by *Alternaria alternata* in yellow pitahaya (*Selenicereus megalanthus*) through hot water dips. *LWT - Food Science and Technology*. 82: 162-169.
- Vyas P.B., Gol N.B. & Rao T.R. (2014). Postharvest quality maintenance of papaya fruit using polysaccharide-based edible coatings. *International journal of fruit science*. 14(1): 81-94.
- Yoon H.S., Choi I.-L., Heo J.-Y., Kim J.Y., Han S.J. & Kang H.-M. (2018). Influence of Hot Water Immersion and MAP Pre-treatments on Sterilization and Asparagus Spear Qualities During Cold Storage. *Horticultural Science and Technology*. 36(5): 756-765.