

ẢNH HƯỞNG CỦA MÀNG BAO SÁP ONG KẾT HỢP DỊCH CHIẾT LÔ HỘI ĐẾN SỰ THAY ĐỔI CHẤT LƯỢNG CỦA QUẢ TÁO (*Ziziphus mauritiana*) SAU THU HOẠCH

Nguyễn Lê Yến Nhi¹, Trần Minh Phúc¹, Nguyễn Minh Trọng¹, Nguyễn Trung Trực^{1,*}

¹ Khoa Sinh hóa - Thực phẩm, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

*Email: trucnt@vlute.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu đã đánh giá hiệu quả của màng bao sáp ong kết hợp dịch chiết lô hội đến chất lượng của quả táo trong 8 ngày tồn trữ. Thí nghiệm được thiết kế hoàn toàn ngẫu nhiên với bốn nghiệm thức bao gồm: (i) đối chứng (không bao màng), (ii) màng bao chứa 3% w/v sáp ong kết hợp 20% dịch chiết lô hội (AV-BW-3), (iii) màng bao chứa 6% w/v sáp ong kết hợp 20% dịch chiết lô hội (AV-BW-6) và (iv) màng bao chứa 9% w/v sáp ong kết hợp 20% dịch chiết lô hội (AV-BW-9). Kết quả cho thấy, tất cả các mẫu có bao màng đều hạn chế sự suy giảm chất lượng tốt hơn so với mẫu đối chứng. Trong đó, nghiệm thức AV-BW-9 đạt hiệu quả cao nhất đối với sự giảm hao hụt khối lượng (9,9%), duy trì hàm lượng TSS 8,0 - 8,3 độ Brix, độ cứng 2,35 - 2,32 N, hạn chế tổn thất hàm lượng vitamin C 89,58 - 69,52 mg/100 g và hàm lượng phenolic 113,34 - 78,16 mg GAE/100 g. Ngược lại, mẫu đối chứng ghi nhận sự suy giảm chất lượng đáng kể đối với sự hao hụt khối lượng lên đến 19,6%, hàm lượng TSS là 9,8 độ Brix, độ cứng giảm 2,06 N. Đáng chú ý, mẫu đối chứng có sự hao hụt đáng kể đối với hàm lượng vitamin C 30,63 mg/100 g và hàm lượng phenolic 20,66 mg GAE/100 g. Bên cạnh đó, vào cuối giai đoạn bảo quản (ngày 8), các mẫu có màng bao vẫn duy trì được màu sắc cho quả, góp phần tăng khả năng chấp nhận của người tiêu dùng. Kết quả cho thấy, việc sử dụng màng bao AV-BW duy trì chất lượng và kéo dài thời gian sử dụng của quả táo.

Từ khoá: *Chất lượng sau thu hoạch, gel lô hội, màng bao, sáp ong, táo ta.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Táo ta (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) là một loại cây ăn quả phổ biến vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, thuộc họ Rhamnaceae [1]. Ở châu Á, táo được trồng phổ biến ở nhiều quốc gia như: Trung Quốc, Pakistan, Thái Lan, Hàn Quốc, Iran và Việt Nam. Quả táo có nhiều hình dạng, từ hình bầu dục đến thon dài và hình trứng, chiều dài từ 2,5 - 6,25 cm. Táo được xem là nguồn cung cấp dồi dào các vitamin như: Vitamin C, vitamin A, vitamin nhóm B cùng các khoáng chất gồm: Ca, Mg, K, Br... Hơn nữa, táo còn chứa một số hợp chất phenolic axit có giá trị như: p-hydroxybenzoic, caffeine, ferulic và p-coumaric [2]. Tuy nhiên, táo dễ bị mất nước, co ngót, vỏ quả chuyển màu từ màu xanh sang màu vàng nâu và hư hỏng nhanh chóng, do tốc độ hô hấp cao và hoạt động của enzyme nội sinh trong quá trình bảo quản sau thu hoạch [1].

Lô hội (*Aloe barbadensis* Miller), thuộc họ Aloaceae, có nguồn gốc từ vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, với hơn 500 loài được phân bố rộng rãi trên toàn cầu. Gel từ lá lô hội là một dịch nhầy không màu, được thu nhận từ các tế bào nhu mô, có thành phần chính là nước (khoảng 99,2%). Phần còn lại bao gồm carbohydrate, trong đó monosaccharide chủ yếu là glucomannan cùng với một lượng nhỏ arabinan và galactan. Bên cạnh đó, gel lô hội chứa protein, vitamin, khoáng chất và hàm lượng lipid rất thấp (0,07 – 0,42%) tùy loài. Trong công nghiệp thực phẩm, lô hội được ứng dụng phổ biến trong sản xuất đồ uống, nước giải khát và kem [3, 4].

Những năm gần đây, việc sử dụng màng bao ăn được nổi lên như một giải pháp tiềm năng giúp giảm tình trạng hư hỏng của trái cây sau thu hoạch. Lớp phủ này tạo thành một lớp màng bám

trên bề mặt quả, hình thành rào cản giữa môi trường khí quyển bên trong và bên ngoài, từ đó giúp hạn chế tốc độ hô hấp, kiểm soát quá trình trao đổi khí (O_2 và CO_2) và giảm mất độ ẩm. Do đó, màng bao có khả năng duy trì màu sắc, độ cứng, các thuộc tính chất lượng và kéo dài thời gian tồn trữ [5]. Gần đây, gel lô hội được chú ý khi ứng dụng làm màng bao sinh học an toàn và thân thiện với môi trường trong bảo quản sau thu hoạch. Màng bao được tạo từ gel lô hội đã được chứng minh có hiệu quả làm giảm tốc độ hô hấp, hạn chế mất khối lượng, biến đổi màu sắc và sự sản sinh ethylene trên nhiều loại trái cây như: Đu đủ [6], dâu tây [7], nho [8]. Tuy nhiên, do hàm lượng lipid trong gel lô hội rất thấp nên rào cản khí bị hạn chế, trong khi hàm lượng protein, vitamin và khoáng chất cao lại có thể tạo môi trường thuận lợi cho sự phát triển của vi sinh vật. Để khắc phục hạn chế này, nghiên cứu đã đề xuất bổ sung sáp ong (lipid) vào gel lô hội nhằm tăng tính kỵ nước và cải thiện hiệu quả bảo quản của lớp phủ. Sáp ong, một vật liệu có cấu trúc hóa học của lipid được tiết ra từ tuyến sáp của ong mật, với đặc tính kỵ nước, thích hợp để tạo màng bao ăn được. Sáp ong giúp ngăn ngừa tổn thất khối lượng, tăng cường các thuộc tính vật lý - cơ học cho màng bao và duy trì vẻ ngoài căng bóng cho bề mặt quả [9]. Màng bao sáp ong được ứng dụng hiệu quả trên quả cà tím [10], xoài [11] và ổi [12]. Từ các nghiên cứu trên cho thấy, sáp ong có tiềm năng kết hợp với lô hội nhằm cải thiện một số đặc tính màng bao như: Tăng độ dẻo dai, khả năng bám dính của màng, đồng thời nâng cao hiệu quả kiểm soát khí và làm chậm quá trình thoát hơi nước từ trái cây. Do vậy, mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiệu quả của màng bao sáp ong kết hợp dịch chiết lô hội đến sự thay đổi các chỉ tiêu chất lượng của quả táo sau thu hoạch.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Táo được thu mua tại chợ thuộc phường Long Châu, tỉnh Vĩnh Long sau khi tiếp nhận từ vườn. Quả được vận chuyển ngay đến phòng thí nghiệm, rửa sạch để loại bỏ bụi bẩn, sau đó để ráo tự nhiên ở nhiệt độ môi trường. Táo được lựa chọn những quả đồng nhất về màu sắc, hình dạng, kích thước,

bề mặt quả không có dấu hiệu hư hỏng hoặc bị tổn thương cơ học [13].

Lô hội (*Aloe vera* L.) được mua tại chợ địa phương, chọn những lá có chất lượng tốt, không có dấu hiệu bệnh hoặc tổn thương cơ học, có chiều dài khoảng 40 cm và khối lượng trên 500 g. Lá được chuyển về phòng thí nghiệm trong vòng 2 giờ.

Sáp ong (bee wax): Được mua ở Công ty TNHH Nam Hà (thành phố Cần Thơ), sáp có màu trắng sáng tự nhiên, nhiệt độ nóng chảy từ 61 - 65°C, chỉ số ester là 77,08 mg/g, axit 18,83 mg/g và xà phòng hóa 95,91 mg/g.

Hóa chất: Axit metaphosphoric (HPO_3 , Trung Quốc), thiourea (CH_4N_2S , Trung Quốc), di-indophenol ($C_{12}H_6Cl_2NO_2Na.2H_2O$, Ấn Độ), 2,4-Dinitrophenol ($C_6H_4N_2O_5$, Trung Quốc), axit sulfuric (H_2SO_4 , Trung Quốc), methanol (CH_3OH , Trung Quốc), folin-Ciocalteu's (Ấn Độ), natri carbonat (Na_2CO_3 , Trung Quốc), glycerol ($C_3H_8O_3$, Trung Quốc), Tween 80 ($C_{64}H_{124}O_{26}$, Trung Quốc).

Thiết bị: Bể ổn định nhiệt (Mettler - Đức), cân phân tích PA241 (Ohaus, Mỹ), máy đo quang phổ BioSpectrometer Basic (Eppendorf, Đức), máy so màu cầm tay MiniScan EZ 4500S (Hunterlab, Mỹ), máy đo cấu trúc Food Technology TMS-Pro (Mỹ).

2.2. Chuẩn bị chiết xuất gel lô hội

Lô hội được chuẩn bị theo phương pháp của Farina và cs (2020) [14]: Lá lô hội được cắt 2 bên để loại bỏ gai dọc theo mép lá và loại lớp vỏ bên ngoài để thu được phần thịt quả. Tiếp theo, phần gel được rửa bằng nước cất để loại bỏ nhựa cây màu vàng. Thịt lá (500 g) thu được sau đó được cắt nhỏ và xay nhuyễn với 100 mL nước cất và được lọc qua rây để tách gel khỏi phần xơ. Gel thu được dùng để bổ sung vào dung dịch tạo màng ở bước tiếp theo, với tỷ lệ bổ sung là 20% (v/v) so với tổng thể tích dung dịch tạo màng. Nồng độ này được lựa chọn dựa trên cơ sở nghiên cứu trước đây cho kết quả đảm bảo duy trì các đặc tính hoá lý và hoạt tính chống oxy hoá của quả [15]. Bên cạnh đó, qua khảo sát với tỷ lệ 20% lô hội, đảm bảo màng bao có độ nhớt thích hợp khi phối trộn với các thành phần của màng bao.

2.3. Chuẩn bị màng bao sáp ong và lô hội

Màng bao được chuẩn bị từ gel lô hội (20% v/v), sáp ong (3%, 6%, 9% w/v), glycerol (0,5% v/v) và Tween 80 (0,5% v/v), tỷ lệ còn lại là nước cất.

Tiến hành tạo màng bao: Sáp ong được cân ở các tỷ lệ khác nhau và hoà tan cùng với nước cất bằng máy khuấy từ có gia nhiệt ở 70°C cho đến khi sáp tan hoàn toàn. Tiếp theo, glycerol và Tween 80 được bổ sung vào hỗn hợp và khuấy đều trong 5 phút. Sau đó, hỗn hợp được làm nguội xuống 50°C trước khi bổ sung gel lô hội và khuấy đều trong 15 phút. Cuối cùng, dung dịch được làm nguội ở nhiệt độ phòng trước khi bao màng.

Chuẩn bị 148 quả táo theo yêu cầu ở mục 2.1 được sử dụng cho nghiên cứu, các quả táo được chia thành bốn nhóm, tương ứng với 4 nghiệm thức bao gồm: AV-BW-3 (gel lô hội kết hợp với 3% sáp ong, w/v), AV-BW-6 (gel lô hội kết hợp với 6% sáp ong, w/v), AV-BW-9 (gel lô hội kết hợp với 9% sáp ong, w/v) và mẫu đối chứng không xử lý bao màng. Các nghiệm thức được nhúng vào lớp phủ đã chuẩn bị trong 1 phút và nghiệm thức đối chứng được nhúng vào nước cất trong 1 phút. Sau khi xử lý, các mẫu được để ráo trên khay và để khô tự nhiên ở nhiệt độ môi trường. Kết thúc quá trình, các mẫu được cho vào bao bì polypropylene đã đục lỗ (8 lỗ mỗi túi, lỗ có đường kính 6 mm) và bảo quản ở nhiệt độ môi trường trong 8 ngày để quan sát và phân tích các chỉ tiêu như sự thay đổi màu sắc, tỷ lệ hao hụt khối lượng, độ cứng, tổng số hàm lượng chất khô hoà tan, hàm lượng phenolic tổng số, hàm lượng vitamin C, sau mỗi 4 ngày trong suốt quá trình. Thí nghiệm được bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại.

2.4. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu theo dõi

2.4.1. Sự thay đổi màu sắc

Sự thay đổi màu sắc của quả táo được xác định dựa vào thiết bị đo màu Hunter Lab (MH-C800 4500L, Mỹ). Các giá trị L^* , a^* , b^* được ghi nhận [16].

2.4.2. Tỷ lệ hao hụt khối lượng

Sự giảm khối lượng của mẫu được thực hiện dựa trên sự thay đổi khối lượng của mẫu theo thời gian bảo quản sau mỗi 4 ngày theo phương pháp của Martínez-Romero và cs (2006) [17].

Tỷ lệ hao hụt khối lượng (%) = $[(\text{Khối lượng ban đầu} - \text{Khối lượng cuối}) / \text{Khối lượng ban đầu}] \times 100$.

2.4.3. Độ cứng của thịt quả

Độ cứng của thịt quả táo được xác định theo Eshetu và cs (2019) [18] dựa trên thiết bị đo cấu trúc Food Technology TMS-Pro (Mỹ). Đầu dò hình trụ có đường kính 3 mm được sử dụng để xuyên sâu 5 mm vào quả táo với tốc độ 5 mm/s. Giá trị độ cứng được biểu thị bằng Newton (N).

2.4.4. Tổng hàm lượng chất khô hoà tan (TSS)

TSS của dịch táo được xác định bằng cách sử dụng khúc xạ kế cầm tay Atago Master-20M được mô tả bởi Zewdie và cs (2022) [19].

2.4.5. Hàm lượng phenolic tổng số

Hàm lượng phenolic tổng số được xác định theo phương pháp của Singleton và cs (1999) [20] với một số điều chỉnh. Sử dụng 1 g mẫu cho vào 10 mL methanol lạnh, vortex trong 1 phút, hỗn hợp được lọc qua giấy lọc thu được dịch trích dùng để thực hiện phản ứng. Hỗn hợp phản ứng gồm: 100 μ L dịch trích (mẫu blank dùng methanol thay cho dịch trích), 250 μ L thuốc thử Folin-Ciocalteu, 750 μ L sodium carbonate 7,5% (w/v) và 2 mL nước cất. Hỗn hợp được vortex và ủ trong bể ổn định nhiệt ở 40°C trong 30 phút. Độ hấp thụ bước sóng của hỗn hợp phản ứng được đo ở bước sóng 750 nm và kết quả được tính toán dựa vào đường chuẩn của axit gallic trong cùng điều kiện.

2.4.6. Hàm lượng vitamin C

Hàm lượng vitamin C được phân tích theo Pongsri và cs (2021) [21], với một số điều chỉnh. Hỗn hợp của phản ứng bao gồm: 0,4 mL dịch quả được lọc qua giấy lọc trong điều kiện lạnh, 0,6 mL di-indophenol 0,02%, 0,8 mL thiourea 2% và 0,6 mL dinitrophenol hydrazine 2%, sau đó vortex và ủ trong bể ổn định nhiệt độ ở 50°C trong 1 giờ. Tiếp đến, 1 mL của axit sulfuric 85% được thêm vào hỗn hợp trên và tiếp tục ủ ở nhiệt độ 25°C trong 30 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp phản ứng được đo ở bước sóng 540 nm và kết quả được tính toán dựa vào đường chuẩn của vitamin C trong cùng điều kiện.

2.5. Xử lý số liệu

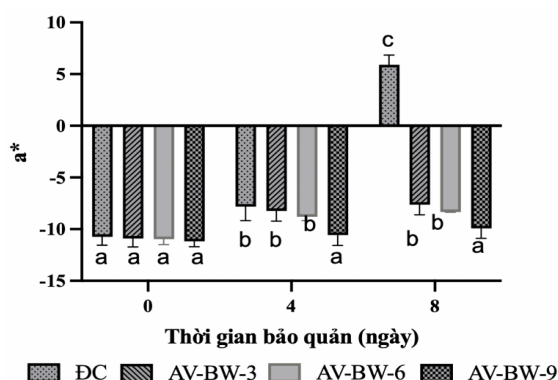
Tất cả các thí nghiệm được lặp lại ba lần và kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình và

độ lệch chuẩn (SD). So sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức được thực hiện với phân tích phương sai ANOVA ($p < 0,05$) bằng phần mềm thống kê Stagraphics Centurion XVIII. Các giá trị trung bình của nghiệm thức được so sánh bằng phương pháp LSD ở mức ý nghĩa 5%. Biểu đồ được vẽ trên phần mềm GraphPad Prism 10.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến sự thay đổi màu sắc của quả táo sau thu hoạch

Màu sắc là một trong những chỉ tiêu được dùng để đánh giá sự chấp nhận của người tiêu dùng. Giá trị a^* trong hệ màu L^*, a^*, b^* là một chỉ số quan trọng phản ánh quá trình thay đổi màu sắc của quả từ xanh lá cây (giá trị âm) sang đỏ (giá trị dương). Kết quả ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến sự thay đổi màu sắc của quả táo sau thu hoạch được trình bày ở hình 1.



Hình 1. Sự thay đổi giá trị a^* của quả táo trong quá trình bảo quản

Ghi chú: Các ký tự khác nhau trong cùng một nhóm ở một ngày thể hiện sự khác biệt ý nghĩa 5% với kiểm định LSD, giá trị thể hiện trung bình và độ lệch chuẩn.

Bảng 1. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến tỷ lệ hao hụt khối lượng của quả táo sau thu hoạch

Nghiệm thức	Tỷ lệ hao hụt khối lượng (%)		
	Thời gian tồn trữ (ngày)		
	0	4	8
Đối chứng	-	13,1 ^a ± 3,8	19,6 ^a ± 3,6
AV-BW-3	-	11,3 ^b ± 1,8	12 ^b ± 2,8
AV-BW-6	-	9,1 ^c ± 2,9	10,2 ^c ± 2,1
AV-BW-9	-	8,7 ^d ± 2,7	9,9 ^d ± 2,9

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt đáng kể ($P < 0,05$).

Kết quả ở hình 1 cho thấy, sự thay đổi màu sắc vỏ quả có sự khác biệt giữa mẫu đối chứng và mẫu có màng bao trong thời gian bảo quản ($P < 0,05$). Nhìn chung, giá trị a^* của quả táo ở tất cả các nghiệm thức đều tăng dần trong thời gian bảo quản. Tuy nhiên, các nghiệm thức được xử lý bằng màng bao có giá trị a^* tăng chậm hơn so với nghiệm thức đối chứng, cụ thể ở các mẫu bao màng dao động trong khoảng từ -11,17 đến -7,63, trong khi ở mẫu đối chứng có sự biến động lớn hơn, từ -10,75 - 5,9. Trong các mẫu được bao màng, mẫu AV-BW-9 (chứa tỷ lệ sáp ong cao nhất) thể hiện khả năng duy trì màu xanh tốt nhất, với giá trị a^* tăng chậm nhất đạt giá trị -10,91 ở ngày 0 và -9,93 ở ngày 8. Những kết quả trên cho thấy, màng bao lô hội kết hợp sáp ong có khả năng làm chậm quá trình chuyển màu ở vỏ quả, từ màu xanh sang màu vàng, nâu. Nguyên nhân do màng bao tạo thành rào cản hạn chế oxy tiếp xúc với quả, từ đó ức chế quá trình tổng hợp ethylene, đây là một hormone thúc đẩy hoạt động của enzyme chlorophyllase, chịu trách nhiệm phân hủy diệp lục, đồng thời thúc đẩy quá trình tổng hợp carotenoid, dẫn đến sự chuyển màu ở quả [22]. Kết quả nghiên cứu của Tosif và cs (2023) [23] cũng cho thấy, quả táo được phủ màng bao lô hội, carboxymethyl cellulose có màu sắc ít thay đổi hơn so với mẫu đối chứng.

3.2. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến tỷ lệ hao hụt khối lượng của quả táo sau thu hoạch

Sự giảm khối lượng là một trong những chỉ số đánh giá độ tươi của trái cây, hiện tượng này là kết quả của quá trình hô hấp và mất nước của quả sau khi thu hoạch [11]. Sự hao hụt khối lượng của quả táo được xử lý bằng màng bao lô hội kết hợp sáp ong ở các tỷ lệ khác nhau được thể hiện ở bảng 1.

Kết quả ở bảng 1 cho thấy, tất cả các mẫu được xử lý bao màng có mức độ hao hụt khối lượng thấp hơn so với mẫu đối chứng trong thời gian bảo quản. Cụ thể, sự giảm khối lượng ở các mẫu bao màng dao động trong khoảng từ 8,7 - 12%, trong khi ở mẫu đối chứng có sự biến động lớn hơn, từ 13,1 - 19,6%. Trong thời gian bảo quản, các mẫu đều ghi nhận sự hao hụt khối lượng đáng kể nhất từ ngày 0 đến ngày 4 (dao động từ 0 - 13,1%). Trong các mẫu được bao màng, mẫu AV-BW-9 (chứa tỷ lệ sáp ong cao nhất) có mức hao hụt khối lượng thấp nhất, với tỷ lệ hao hụt là 8,7% ở ngày 4 và 9,9% ở ngày 8. Điều này cho thấy, màng bao lô hội kết hợp sáp ong có hiệu quả làm giảm sự hao hụt khối lượng ở quả táo. Hơn nữa, kết quả cũng chỉ ra rằng, tỷ lệ hao hụt khối lượng càng giảm khi tăng dần tỷ lệ sáp ong bổ sung vào màng bao. Sự cải thiện này có thể giải

thích, bởi đặc tính kỵ nước tăng lên của lớp phủ khi nồng độ sáp ong tăng, tạo ra hàng rào chắn hơi nước hiệu quả hơn, từ đó giảm tốc độ thoát ẩm từ mô quả, giúp hạn chế sự mất khối lượng trong quá trình bảo quản [24]. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Dadzie và cs (2023) [10], ghi nhận kết quả tương tự về hiệu quả của màng bao sáp ong trong việc hạn chế hao hụt khối lượng ở quả cà tím.

3.3 Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến độ cứng của quả táo sau thu hoạch

Độ cứng là chỉ số quan trọng phản ánh chất lượng cảm quan và độ chín của quả trong quá trình bảo quản [25]. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến độ cứng của quả táo sau thu hoạch được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến độ cứng của quả táo sau thu hoạch

Nghiệm thức	Độ cứng (N)		
	Thời gian tồn trữ (ngày)		
	0	4	8
Đối chứng	2,36 ^a ± 0,3	2,10 ^d ± 0,2	2,06 ^d ± 0,1
AV-BW-3	2,33 ^a ± 0,1	2,23 ^c ± 0,3	2,09 ^c ± 0,2
AV-BW-6	2,38 ^a ± 0,2	2,26 ^b ± 0,2	2,21 ^b ± 0,1
AV-BW-9	2,35 ^a ± 0,1	2,35 ^a ± 0,1	2,32 ^a ± 0,1

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt đáng kể ($P < 0,05$).

Kết quả ở bảng 2 cho thấy, độ cứng của quả ở tất cả các nghiệm thức đều giảm dần từ 2,38 xuống 2,06 N trong thời gian bảo quản. Đối với các nghiệm thức được xử lý bằng màng bao cho giá trị độ cứng cao hơn so với nghiệm thức đối chứng tại thời điểm ngày thứ 8, cụ thể là AV-BW-3 đạt 2,09 N, AV-BW-6 đạt 2,21 N và AV-BW-9 đạt cao nhất với giá trị là 2,32 N. Trong khi nghiệm thức đối chứng đạt giá trị thấp nhất là 2,06 N. Kết quả này cho thấy, màng bao lô hội kết hợp sáp ong có hiệu quả trong việc duy trì độ cứng của quả sau thu hoạch. Nguyên nhân có thể do lớp màng bao lô hội và sáp ong tạo thành hàng rào bán thấm giúp giảm tốc độ thoát hơi nước và trao đổi khí, từ đó duy trì cấu trúc tế bào và chậm quá trình làm mềm quả [26]. Ngoài ra, lớp màng còn có tác dụng ức chế hoạt động của enzyme phân hủy thành tế bào như: Cellulase, pectin esterase, polygalacturonase, các

enzyme này đóng vai trò xúc tác quá trình thủy phân cellulose và pectin trong thành tế bào [16]. Tương tự, kết quả nghiên cứu của Amin và cs (2021) [26] cũng chứng minh nồng độ sáp ong trong màng bao càng cao, càng có hiệu quả trong việc duy trì độ cứng của quả xoài.

3.4 Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến tổng chất khô hòa tan (TSS) của quả táo sau thu hoạch

Sự gia tăng hàm lượng TSS là dấu hiệu cho thấy quá trình chín diễn ra nhanh ở trái cây, từ đó rút ngắn thời gian bảo quản sau thu hoạch. Tuy nhiên, quá trình này có thể được kiểm soát bằng cách sử dụng các loại màng bao ăn được phù hợp [27]. Sự ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng TSS của quả táo sau thu hoạch lần lượt được trình bày ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng TSS của quả táo sau thu hoạch

Thí nghiệm	Hàm lượng TSS (°Bx)		
	Thời gian tồn trữ (ngày)		
	0	4	8
Đối chứng	8,0 ^a ± 0,1	8,8 ^a ± 0,1	9,8 ^a ± 1,2
AV-BW-3	8,2 ^a ± 0,2	8,7 ^b ± 0,9	9,1 ^b ± 0,5
AV-BW-6	8,1 ^a ± 0,0	8,3 ^c ± 0,8	8,7 ^c ± 0,3
AV-BW-9	8,0 ^a ± 0,0	8,1 ^d ± 0,1	8,3 ^d ± 0,2

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt đáng kể ($P < 0,05$).

Kết quả phân tích thống kê cho thấy, việc xử lý màng bao AV-BW trên quả táo sau thu hoạch có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng TSS ($P < 0,05$). Bảng 3 cho thấy, hàm lượng TSS có xu hướng tăng trong thời gian bảo quản ở tất cả các thí nghiệm, dao động trong khoảng từ 8,0 - 9,8 °Bx. Đáng chú ý, TSS ở thí nghiệm AV-BW-9 thấp hơn so với thí nghiệm còn lại là AV-BW-6, AV-BW-3 và đối chứng ở ngày 4 và 8. Sự gia tăng TSS ở mẫu đối chứng nhanh hơn so với mẫu có xử lý màng bao có thể do quá trình hô hấp diễn ra mạnh hơn [28]. Sự gia tăng hàm lượng TSS có mối liên hệ trực tiếp với các quá trình sinh lý và sinh hóa diễn ra trong quả trong thời gian bảo quản, bao gồm sự biến đổi của các thành phần pectin, quá trình thủy phân tinh bột thành các loại đường đơn, cũng như hiện tượng mất nước [29]. Ngoài ra, sự phân hủy các polysaccharide như pectin và cellulose trong thành tế bào cũng đóng vai trò quan trọng trong việc làm gia tăng TSS. Ngược lại, quả được xử lý bao màng làm chậm tốc độ tăng TSS bằng cách tạo ra một

hàng rào vật lý giúp hạn chế quá trình thoát hơi nước và thay đổi môi trường bên trong quả, làm tăng nồng độ CO₂ và giảm nồng độ O₂, từ đó dẫn đến giảm quá trình hô hấp của quả [30]. Khi tốc độ hô hấp chậm lại, quá trình chuyển hóa carbohydrate thành đường hòa tan diễn ra chậm hơn, do đó hàm lượng TSS trong quả táo được duy trì ở hàm lượng thấp hơn [19]. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Eshetu và cs (2019) [18], khi quả xoài được bao màng bởi sáp ong và chitosan 2% làm chậm đáng kể tốc độ tăng hàm lượng TSS trong quả.

3.5. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng phenolic của quả táo sau thu hoạch

Hợp chất phenolic được xem như chất chuyển hoá thứ cấp quan trọng có trong hầu hết các loài thực vật, đóng vai trò thiết yếu trong việc bảo vệ và duy trì chất lượng quả. Kết quả ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng phenolic của quả táo sau thu hoạch được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng phenolic của quả táo sau thu hoạch

Thí nghiệm	Hàm lượng phenolic (mg GAE/100g)		
	Thời gian tồn trữ (ngày)		
	0	4	8
Đối chứng	114,33 ^a ± 3,4	33,99 ^d ± 1,3	20,66 ^d ± 1,7
AV-BW-3	113,03 ^a ± 2,4	62,04 ^c ± 4,0	33,99 ^c ± 1,3
AV-BW-6	112,53 ^a ± 4,1	72,85 ^b ± 0,7	66,14 ^b ± 0,3
AV-BW-9	113,34 ^a ± 2,7	92,33 ^a ± 4,6	78,16 ^a ± 0,3

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt đáng kể ($P < 0,05$).

Kết quả ở bảng 4 cho thấy, hàm lượng phenolic đều giảm ở tất cả các thí nghiệm trong thời gian bảo quản. Tuy nhiên, những thí nghiệm được phủ màng bao có mức độ giảm ít hơn đáng

kể so với thí nghiệm đối chứng. Cụ thể, vào ngày thứ 8, thí nghiệm AV-BW-9 duy trì được hàm lượng phenolic trong quả cao nhất (78,16 mg GAE/100 g), tiếp đến là thí nghiệm AV-BW-6

(66,14 mg GAE/100 g). Trong khi đó, nghiệm thức đối chứng cho thấy sự giảm đáng kể hàm lượng phenolic từ 114,33 xuống còn 20,66 mg GAE/100 g, lần lượt vào ngày 0 và 8. Kết quả cũng chỉ ra rằng, màng bao có tỷ lệ sập ong càng cao thì khả năng giữ lại hợp chất phenolic càng tốt. Nguyên nhân có thể do, phần lớn phenolic tồn tại dưới dạng liên kết cộng hoá trị với các thành phần của thành tế bào và khi cấu trúc tế bào bị phá vỡ trong quá trình lão hoá, các hợp chất này dễ bị oxy hoá, dẫn đến giảm hàm lượng phenolic. Tuy nhiên, khi quả được phủ màng bao, lớp màng này đóng vai trò như một hàng rào bán thấm, giúp duy trì cấu trúc thành tế bào và hạn chế oxy tiếp xúc với mô quả, qua đó làm chậm quá trình oxy hoá

phenolic do enzyme trong quả, từ đó giúp duy trì hàm lượng phenolic tốt hơn [24]. Kết quả này tương đồng với kết quả nghiên cứu của Mendy và cs (2019), lớp phủ gel lô hội 50% cũng giúp duy trì hàm lượng phenolic cao hơn đáng kể so với mẫu đối chứng trong bảo quản quả đu đủ [30].

3.6. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng vitamin C của quả táo sau thu hoạch

Vitamin C là hoạt chất chống oxi hoá nhạy cảm, dễ bị mất đi trong quá trình bảo quản trái cây sau thu hoạch, do các yếu tố như oxy, nhiệt độ, độ ẩm và enzyme [31]. Kết quả về ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng vitamin C của quả táo sau thu hoạch được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của màng bao AV-BW đến hàm lượng vitamin C của quả táo sau thu hoạch

Nghiệm thức	Hàm lượng vitamin C (mg/100 g)		
	Thời gian tồn trữ (ngày)		
	0	4	8
Đối chứng	89,08 ^a ± 5,0	64,37 ^d ± 1,1	30,63 ^d ± 6,2
AV-BW-3	90,18 ^a ± 4,6	67,52 ^c ± 3,6	52,27 ^c ± 9,0
AV-BW-6	88,21 ^a ± 5,6	74,69 ^b ± 1,3	59,53 ^b ± 2,6
AV-BW-9	89,58 ^a ± 5,3	80,60 ^a ± 5,5	69,52 ^a ± 1,1

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt đáng kể ($P < 0,05$).

Bảng 5 cho thấy, hàm lượng vitamin C đều giảm dần ở tất cả các nghiệm thức trong thời gian bảo quản. Tuy nhiên, những nghiệm thức được phủ màng bao có mức độ giảm ít hơn đáng kể so với nghiệm thức đối chứng. Cụ thể, vào ngày thứ 8, nghiệm thức AV-BW-9 duy trì được hàm lượng vitamin C trong quả cao nhất (69,52 mg/100 g), tiếp đến là nghiệm thức AV-BW-6 (59,53 mg/100 g). Trong khi đó, nghiệm thức đối chứng cho thấy sự giảm đáng kể hàm lượng vitamin C từ 89,18 xuống còn 30,63 mg/100 g, tương ứng với thời gian bảo quản từ ngày 0 - 8. Việc giữ lại hàm lượng vitamin C ở các mẫu có màng bao cao hơn so với mẫu đối chứng cho thấy hiệu quả bảo vệ của màng bao trong việc làm chậm quá trình oxy hóa axit ascorbic thành axit dehydroascorbic. Nguyên nhân được giải thích, bởi khả năng giảm tốc độ hô hấp của quả và điều chỉnh quá trình khuếch tán khí (O_2 và CO_2) của màng bao, từ đó hạn chế sự tiếp xúc của quả với oxy. Bên cạnh đó, hoạt động của các enzyme như oxidase và polyphenol

oxidase (PPO) là tác nhân xúc tác quá trình oxy hóa vitamin C và phụ thuộc vào sự hiện diện của oxy cũng bị ức chế bởi lớp màng phủ [32]. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Jahan và cs (2020) [22] về hiệu quả của màng bao trong việc duy trì hàm lượng vitamin C trong dưa chuột trong quá trình bảo quản.

4. KẾT LUẬN

Màng bao AV-BW có hiệu quả trong việc duy trì chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản của quả táo ta. Lớp màng bao này có tác dụng làm giảm đáng kể sự hao hụt khối lượng và duy trì tốt các đặc tính hoá lý và chất lượng của quả táo sau thu hoạch ở 8 ngày bảo quản. Trong đó, nghiệm thức AV-BW-9 là nghiệm thức tốt nhất. Cụ thể, hao hụt khối lượng là 9,9%, hàm lượng TSS 8,3 độ Brix và độ cứng 2,32 N, hàm lượng vitamin C 69,52 mg/100 g và hàm lượng phenolic 78,16 mg GAE/100 g. Phương pháp sử dụng màng bao này có ưu điểm là chi phí thấp, nguồn nguyên liệu tạo màng khá phổ biến. Đồng thời, góp phần hạn chế

sử dụng chất bảo quản hoá học, từ đó đảm bảo an toàn cho người tiêu dùng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chen, H., Sun, Z. & Yang, H. (2019). Effect of carnauba wax-based coating containing glycerol monolaurate on the quality maintenance and shelf-life of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana* Lamk.) fruit during storage. *Sci Horti*, 244, 99 - 106. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.09.039>.
2. Al-Reza, S. M., Yoon, J. I., Kim, H. J., Kim, J. S. & Kang, S. C. (2010). Anti-inflammatory activity of seed essential oil from *Zizyphus jujuba*. *Food Chem Toxicol*, 48(2), 530 - 535. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.11.045>.
3. Jati, I. R. A., Setijawaty, E., Utomo, A. R. & Darmoatmodjo, L. M. Y. (2022). The application of Aloe vera gel as coating agent to maintain the quality of tomatoes during storage. *Coatings*, 12(10), 1480. <https://doi.org/10.3390/coatings12101480>.
4. Singh, J., Pareek, S., Maurya, V. K., Sagar, N. A., Kumar, Y., Badgujar, P. C. & Fawole, O. A. (2022). Application of Aloe vera gel coating enriched with cinnamon and rosehip oils to maintain quality and extend shelf life of pomegranate arils. *Foods*, 11(16), 2497. <https://doi.org/10.3390/foods11162497>.
5. Iahtisham-Ul-Haq, Zulfiqar, S., Hadiya, Shahbaz, S., Alsulami, T., Sharma, A., Jagdale, Y. D., Mugabi, R. & Nayik, G. A. (2025). Aloe vera and chitosan-based coatings: A strategy to enhance quality and shelf life of fresh jujube (*Zizyphus mauritiana*). *Int J Food Prop*, 28(1), 2504659. <https://doi.org/10.1080/10942912.2025.2504659>.
6. Marpudi, S. L., Abirami, L. S. S., Pushkala, R. & Srividya, N. (2011). Enhancement of storage life and quality maintenance of papaya fruits using aloe vera based antimicrobial coating. *Indian J Biotechnol*, 10(1), 83 - 86.
7. Vahdat, S., Ghazvini, R. F. & Ghasemnezhad, M. (2010). Effect of aloe vera gel on maintenance of strawberry fruits quality. *In Acta Horticulturae*, 877, 919 - 923. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.877.122>.
8. Serrano, M., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Martínez-Romero, D. & Valero, D. (2006). Use of aloe vera gel coating preserves the functional properties of table grapes. *J Agric Food Chem*, 54(11), 3882 - 3886. <https://doi.org/10.1021/jf060168p>.
9. Hosseini, S. F., Mousavi, Z. & McClements, D. J. (2023). Beeswax: A review on the recent progress in the development of superhydrophobic films/coatings and their applications in fruits preservation. *Food Chem*, 424, 136407. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136407>.
10. Dadzie, R. G., Ampofo-Asiama, J., Quaye, B., Kizzie-Hayford, N., Amoako-Andoh, F., Abano, E. E. & Amoah, R. S. (2023). Effect of beeswax coating on the quality of eggplant fruit during cold storage and optimization of coating conditions. *J FoodQual*, 1, 5879085. <https://doi.org/10.1155/2023/5879085>.
11. Fithriyah, N. H., Nugrahani, R. A. & Hakim, R. J. (2020). The performance of beeswax coating containing vegetable oil-based lecithin as an emulsifier on weight loss and shelflife estimation of mango. *Jurnal Natural*, 20(2), 90 - 94. <https://doi.org/10.24815/jn.v20i2.16758>.
12. Oliveira, V. R. L., Santos, F. K. G., Leite, R. H. L., Aroucha, E. M. M. & Silva, K. N. O. (2018). Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. *Food Chem*, 259, 55 - 61. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.101>.
13. Sarkar, A., Sadaf, N., Alam, M., Miah, M. S., Roy, P. & Rahman, M. (2025). Enhancing the Postharvest quality of Indian jujube (*Zizyphus mauritiana*) using aloe vera gel and ascorbic acid-based edible coatings. *Asian Food Science Journal*, 24(3), 22 - 33. doi:10.9734/afsj/2025/v24i3774.
14. Farina, V., Passafiume, R., Tinebra, I., Scuderi, D., Saletta, F., Gugliuzza, G., Gallotta, A., Sortino, G. (2020). Postharvest application of aloe vera gel-based edible coating to improve the quality and storage stability of fresh-cut papaya. *J.Food Qual*, 1, 1 - 10. <https://doi.org/10.1155/2020/8303140>.
15. Arrubla Vélez, J. P., Guerrero Álvarez, G. E., Vargas Soto, M. C., Cardona Hurtado, N.,

- Pinzón, M. I. & Villa, C. C. (2021). Aloe vera gel edible coating for shelf life and antioxidant proprieties preservation of Andean blackberry. *Processes*, 9(6), 999. <https://doi.org/10.3390/pr9060999>.
16. Klangmuang, P. & Sothornvit, R. (2018). Active hydroxypropyl methylcellulose-based composite coating powder to maintain the quality of fresh mango. *LWT - Food Sci Technol*, 91, 447 – 455. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.01.089>.
17. Martínez-Romero, D., Alburquerque, N., Valverde, J. M., Guillén, F., Castillo, S., Valero, D. & Serrano, M. (2006). Postharvest sweet cherry quality and safety maintenance by aloe vera treatment: A new edible coating. *Postharvest Biol Technol*, 39(1), 93 - 100. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2005.09.006>.
18. Eshetu, A., Ibrahim, A. M., Forsido, S. F. & Kuyu, C. G. (2019). Effect of beeswax and chitosan treatments on quality and shelf life of selected mango (*Mangifera indica* L.) cultivars. *Heliyon*, 5(1), e01116. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e01116>.
19. Zewdie, B., Shonte, T. T. & Woldetsadik, K. (2022). Shelf life and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) fruits as affected by neem leaf extract dipping and beeswax coating. *Int J Food Prop*, 25(1), 836 - 850. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2053709>.
20. 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. *Methods Enzymol*, 299, 152 - 178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1).
21. Pongsri, R., Aiamla-or, S., Srilaong, V., Uthairatanakij, A. & Jitareerat, P. (2021). Impact of electron-beam irradiation combined with shellac coating on the suppression of chlorophyll degradation and water loss of lime fruit during storage. *Postharvest Biol Technol*, 172, 111364. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111364>.
22. Jahan, S. E., Hassan, M. K., Roy, S., Ahmed, Q. M., Hasan, G. N., Muna, A. Y. & Sarkar, M. N. (2020). Effects of different postharvest treatments on nutritional quality and shelf life of cucumber. *Asian J Crop Soil Sci Plant Nutr*, 2(1), 47 - 53. <https://doi.org/10.18801/ajcsp.020120.08>.
23. Tosif, M. M., Bains, A., Dhull, S. B., Chawla, P. & Goksen, G. (2023). Effect of Aloe vera and carboxymethyl cellulose-derived binary blend edible coating on the shelf life of fresh-cut apple. *Food Sci. Nutr.*, 11(11), 6987 - 6999. <https://doi.org/10.1002/fsn3.3623>.
24. Riaz, A., Aadil, R. M., Amoussa, A. M. O., Bashari, M., Abid, M. & Hashim, M. M. (2021). Application of chitosan-based apple peel polyphenols edible coating on the preservation of strawberry (*Fragaria ananassa* cv Hongyan) fruit. *J Food Process Preserv*, 45(1), e15018. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15018>.
25. Ziv, C. & Fallik, E. (2021). Postharvest storage techniques and quality evaluation of fruits and vegetables for reducing food loss. *Agronomy*, 11(6), 1163. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061163>.
26. Amin, U., Khan, M. K. I., Khan, M. U., Akram, M. E., Pateiro, M., Lorenzo, J. M. & Maan, A. A. (2021). Improvement of the performance of chitosan-aloe vera coatings by adding beeswax on postharvest quality of mango fruit. *Foods*, 10(10), 2240. <https://doi.org/10.3390/foods10102240>.
27. Raghav, P. K., Agarwal, N. & Saini, M. (2016). Edible coating of fruits and vegetables: A review. *Education*, 1(2), 188 - 204. doi: 10.37273/chesci.cs205312557.
28. Saleem, M. S., Ejaz, S., Anjum, M. A., Ali, S., Hussain, S., Nawaz, A., Naz, S., Maqbool, M. & Abbas, A. M. (2022). Aloe vera gel coating delays softening and maintains quality of stored persimmon (*Diospyros kaki* Thunb.) fruits. *J Food Sci Technol*, 59(8), 3110 - 3120. <https://doi.org/10.1007/s13197-022-05412-5>.
29. Adhikary, T., Gill, P. P. S., Jawandha, S. K. & Sinha, A. (2022). Chitosan coating modulates cell wall degrading enzymes and preserved postharvest quality in cold-stored pear fruit. *J. Food meas. charact*, 16(2), 1395 - 1403. doi:10.1007/s11694-022-01291-8.

30. Mendy, T. K., Misran, A., Mahmud, T. M. M. & Ismail, S. I. (2019). Application of aloe vera coating delays ripening and extends the shelf life of papaya fruit. *Sci Horti*, 246, 769 - 776. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.11.054>.
31. Mditshwa, A., Magwaza, L. S., Tesfay, S. Z. & Opara, U. L. (2017). Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: A review. *Sci Horti*, 218, 95 - 104. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.014>.
32. Panahirad, S., Naghshiband-Hassani, R., Bergin, S., Katam, R. & Mahna, N. (2020). Improvement of postharvest quality of plum (*Prunus domestica* L.) using polysaccharide-based edible coatings. *Plants*, 9(9), 1148. <https://doi.org/10.3390/plants9091148>.

EFFECT OF ALOE VERA EXTRACT AND BEESWAX COATING ON THE QUALITY CHANGES OF JUJUBE FRUITS (*Ziziphus mauritiana*)

Nguyen Le Yen Nhi¹, Tran Minh Phuc¹, Nguyen Minh Trong¹, Nguyen Trung Truc¹

¹Faculty of Biochemistry and Food technology, Vinh Long University of Technology Education

Abstract

The study evaluated the effectiveness of beeswax-aloe vera extract coatings on the quality of apples during 8 days of storage. A completely randomized design was employed with four treatments: (i) control (uncoated), (ii) coating containing 3% w/v beeswax combined with 20% aloe vera extract (AV-BW-3), (iii) coating containing 6% w/v beeswax combined with 20% aloe vera extract (AV-BW-6) and (iv) coating containing 9% w/v beeswax combined with 20% aloe vera extract (AV-BW-9). Results indicated that all coated samples exhibited better preservation of quality compared to the control. Among the treatments, AV-BW-9 showed the highest effectiveness in reducing weight loss (9.9%), maintaining total soluble solids (TSS) at 8.0 - 8.3 °Brix, firmness at 2.35 - 2.32 N and limiting the loss of vitamin C (89.58 - 69.52 mg/100 g) as well as phenolic content (113.34 - 78.16 mg GAE/100 g). In contrast, the control recorded a substantial deterioration in quality, with weight loss reaching 19.6%, TSS at 9.8 °Brix, firmness reduced by 2.06 N and sharp declines in vitamin C (30.63 mg/100 g) and phenolic content (20.66 mg GAE/100 g). Notably, at the end of the storage period (day 8), coated samples retained more desirable color attributes, enhancing consumer acceptability. Overall, the findings demonstrated that AV-BW coatings are effective in maintaining the quality and extending the shelf life of apples.

Keywords: *Aloe vera gel, beeswax, edible coating, jujube, post-harvest quality.*

Ngày nhận bài: 20/6/2025

Ngày chuyển phản biện: 25/6/2025

Ngày thông qua phản biện: 30/7/2025

Ngày duyệt đăng: 15/9/2025