

MÀNG PHỦ ĂN ĐƯỢC CHITOSAN/GUM ARABIC BỔ SUNG CHIẾT XUẤT LÁ VỎI (*Cleistocalyx operculatus*) ĐỂ BẢO QUẢN TÁO TA (*Ziziphus mauritiana* Lam.) SAU THU HOẠCH

Phan Thị Vân Anh¹, Nguyễn Đắc Bình Minh¹, Nguyễn Văn Lam¹,
Vũ Văn Du², Đào Văn Minh^{1*}

*Tác giả liên hệ, Email: minhdaovan87@gmail.com. ORCID: 0009-0001-0246-7953

Ngày tòa soạn nhận được bài báo: 03/03/2026

Ngày phản biện đánh giá: 25/05/2026

Ngày bài báo được duyệt đăng: 25/06/2026

DOI: 10.59266/houjs.2026.1305

Tóm tắt: Nghiên cứu phát triển màng phủ ăn được từ chitosan, gum arabic, glycerol và chiết xuất lá vối (*Cleistocalyx operculatus*) để bảo quản táo ta (*Ziziphus mauritiana* Lam.) ở điều kiện thường. Giai đoạn 1 cố định chitosan (CH) 1% (w/v) và khảo sát gum arabic (GA) 1-5% (w/v) nhằm chọn nền màng phủ phù hợp; giai đoạn 2 bổ sung dịch chiết lá vối 0,2-1,0% vào nền đã chọn. Hiệu quả được đánh giá qua ΔE , hao hụt khối lượng, chất rắn hòa tan tổng số (TSS), đường khử và axit tổng số (TA). Kết quả cho thấy CH 1%/GA 2% là công thức nền tốt nhất. Sau 9 ngày, công thức bổ sung 0,6% CE giảm ΔE từ 26,49 xuống 16,62, giảm hao hụt khối lượng từ 28,84% xuống 20,56%, giảm đường khử từ 7,683 xuống 5,901 mg/g và duy trì axit tổng số 0,089 mg/g so với 0,038 mg/g ở mẫu không CE. Kết quả cho thấy CH/GA/CE có tiềm năng bảo quản táo ta trong phạm vi điều kiện nghiên cứu.

Từ khóa: chitosan, gum arabic, glycerol, chiết xuất lá vối, màng phủ ăn được, táo ta, bảo quản sau thu hoạch

I. Đặt vấn đề

Táo ta (*Ziziphus mauritiana* Lam.) là quả có giá trị cảm quan và thương mại, được tiêu thụ tươi hoặc chế biến. Sau thu hoạch, quả nhanh mất nước, hô hấp mạnh, đổi màu và dễ nhiễm vi sinh vật, làm giảm độ tươi và thời gian lưu thông. Do đó, giải pháp bảo quản an toàn, dễ áp dụng trong

điều kiện thường có ý nghĩa thực tiễn đối với chuỗi sản xuất và tiêu thụ táo ta.

Màng phủ ăn được là hướng tiếp cận phù hợp cho trái cây tươi vì tạo hàng rào bán thấm trên bề mặt quả, hạn chế thoát hơi nước, điều hòa trao đổi O_2/CO_2 , làm chậm hô hấp và chín (Charan và cộng sự, 2017; Ncama và cộng sự, 2018),

¹ Viện Đổi mới sáng tạo Quốc gia, Bộ Khoa học và Công nghệ, Hà Nội, Việt Nam

² Trung tâm kiểm nghiệm kiểm chứng và dịch vụ chất lượng, Bộ Nông nghiệp và Môi Trường, Hà Nội, Việt Nam

(Riva và cộng sự, 2020). So với bao gói thông thường, lớp phủ có ưu điểm là tiếp xúc trực tiếp với bề mặt quả, có thể ăn được và dễ kết hợp với hoạt chất sinh học. Chitosan được dùng rộng rãi nhờ khả năng tạo màng, tương thích sinh học và hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hóa (Zhang và cộng sự, 2014; Dutta và cộng sự, 2009). Gum arabic giúp tăng độ đồng nhất, giảm nứt gãy và cải thiện khả năng bao phủ trên bề mặt không đồng nhất của quả, còn glycerol đóng vai trò chất hóa dẻo, giúp lớp màng mềm hơn và bám tốt hơn trong quá trình bảo quản.

Việc bổ sung dịch chiết thực vật giàu polyphenol vào màng phủ có thể tăng chức năng chống oxy hóa và ức chế vi sinh vật (Siripatrawan & Vitchayakitti, 2016; Nxumalo và cộng sự, 2021). Các hợp chất phenolic có khả năng bắt giữ gốc tự do, tạo phức với ion kim loại và làm chậm một số phản ứng oxy hóa liên quan đến hóa nâu. Lá vối (*Cleistocalyx operculatus*) là nguyên liệu phổ biến ở Việt Nam, chứa nhiều hợp chất polyphenol (Vu và cộng sự, 2022; Le và cộng sự, 2021) đã phát triển màng chitosan/gum arabic bổ sung dịch chiết lá vối để bảo quản chuỗi sau thu hoạch (Le và cộng sự, 2021), gợi ý khả năng mở rộng hệ CH/GA/CE cho quả tươi. Tuy nhiên, cho đến nay chưa có nghiên cứu nào áp dụng hệ màng này để bảo quản táo ta (*Ziziphus mauritiana*) ở điều kiện thường.

Nghiên cứu này phát triển màng phủ chitosan/gum arabic/glycerol bổ sung dịch chiết lá vối, đồng thời xác định tỷ lệ CH/GA và nồng độ dịch chiết phù hợp nhằm hạn chế đổi màu, giảm hao hụt khối lượng, làm chậm biến đổi chất rắn hòa tan, đường khử và duy trì axit

tổng số của táo ta sau thu hoạch. Điểm mới của nghiên cứu là kết hợp nguồn dịch chiết thực vật bản địa với nền màng polysaccharide ăn được và đánh giá đồng bộ các chỉ tiêu cảm quan, sinh lý và hóa sinh cơ bản của quả.

II. Phương pháp, vật liệu nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Quả táo được chọn đồng đều về màu sắc, kích thước và độ chín; loại bỏ quả dập, nứt, sâu bệnh hoặc hư hỏng. Chitosan độ deacetyl 90% do Công ty Cổ phần Tin Cây cung cấp; gum arabic do Công ty Green Cosmetics cung cấp. Các hóa chất gồm glycerol, ethanol, Na_2CO_3 , NaClO , axit acetic và hóa chất phân tích.

Lá vối (*Cleistocalyx operculatus*) được thu mua tại Hà Nội, sấy khô, nghiền dưới 1 mm và chiết bằng ethanol 96% trong 2 giờ ở 60°C với tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1:6 (g/mL), lặp lại hai lần. Dịch chiết được gộp lại, cô quay chân không ở 45°C để loại dung môi, thu được dịch chiết đặc, được bảo quản ở 4°C đến khi sử dụng. Nồng độ CE bổ sung vào màng phủ (từ 0,2% đến 1,0%) được tính trên khối lượng cao chiết trên thể tích dung dịch nền (w/v).

2.2. Xác định công thức màng phủ bảo quản táo

Thí nghiệm gồm hai giai đoạn độc lập. Giai đoạn 1 cố định chitosan 1% (w/v), khảo sát gum arabic 1-5% (w/v), gồm ĐC1 (không phủ), CT1 (CH 1% + GA 1%), CT2 (CH 1% + GA 2%), CT3 (CH 1% + GA 3%), CT4 (CH 1% + GA 4%) và CT5 (CH 1% + GA 5%). Tỷ lệ GA tối ưu, dựa trên màu sắc, hao hụt khối lượng và °Brix táo được bảo quản trong 6 ngày.

Giai đoạn 2 bổ sung dịch chiết lá vối (CE) vào nền CH/GA đã chọn ở giai đoạn 1, gồm ĐC2 (CH/GA không CE), CE1 (0,2% CE), CE2 (0,4% CE), CE3 (0,6% CE), CE4 (0,8% CE) và CE5 (1,0% CE). Tỷ lệ CE được xác định dựa trên hiệu quả bảo quản táo qua các chỉ tiêu như màu sắc vỏ quả, khối lượng quả và hàm lượng chất khô hòa tan ($^{\circ}$ Brix), hàm lượng đường, hàm lượng axit tổng số trong 9 ngày theo dõi.

2.3. Ứng dụng màng bảo quản trên quả táo

Táo được rửa bằng nước cất, để khô, phân nhóm theo công thức thí nghiệm (7 quả/công thức), mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần (tổng 21 quả/ công thức). Quả được nhúng trong dung dịch tạo màng 5 phút, để khô tự nhiên và bảo quản ở điều kiện nhiệt độ trung bình $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ và độ ẩm tương đối $65 \pm 5\%$. Mẫu của từng công thức được bố trí riêng để tránh nhiễm chéo.

2.4. Đánh giá hiệu quả của màng trong bảo quản quả táo

2.4.1. Đánh giá sự thay đổi màu sắc vỏ quả

Màu sắc vỏ táo được đo trực tiếp trên bề mặt quả bằng máy Minolta CR-400 theo hệ L^* , a^* , b^* . Mức biến đổi màu tổng thể được tính theo công thức $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ so với thời điểm ban đầu.

2.4.2. Đánh giá độ hao hụt khối lượng quả

Khối lượng quả được xác định 3 ngày/lần. Hao hụt khối lượng (%) = $[(m_0 - m_t)/m_0] \times 100$, trong đó m_0 là khối lượng ban đầu và m_t là khối lượng tại thời điểm

khảo sát. Kết quả được biểu diễn dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

2.4.3. Đánh giá hàm lượng chất rắn hoà tan tổng số

Chất rắn hòa tan tổng số được xác định theo TCVN 7771:2007 bằng khúc xạ kế cầm tay Kruss (Đức), sau khi hiệu chuẩn bằng nước cất; kết quả biểu diễn theo $^{\circ}$ Brix.

2.4.4. Đánh giá hàm lượng axit tổng số

Axit tổng số được xác định theo TCVN 5483:2007. Mẫu được nghiền với 40 mL nước cất, ly tâm 6000 vòng/phút trong 10 phút, lọc, lấy 5 mL dịch lọc, thêm phenolphthalein 0,1% và chuẩn độ bằng NaOH 0,1 N cho đến khi quan sát dung dịch chuyển sang màu hồng.

2.4.5. Đánh giá hàm lượng đường khử

Đường khử được xác định bằng phương pháp DNS. Thịt quả táo được xay nhuyễn với nước cất, ly tâm tốc độ 7000 vòng/phút trong 15 phút và lọc qua giấy lọc. Hút 1 ml dung dịch lọc cho vào ống nghiệm thủy tinh cùng với 2 ml axit dinitrosalicylic (DNS) làm chất chuẩn để xác định hàm lượng đường khử. Đun nóng hỗn hợp ở nhiệt độ 100°C trong 5 phút và làm nguội tự nhiên đến nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ của dung dịch thu được được xác định bằng máy quang phổ UV tại bước sóng 540 nm. Hàm lượng đường khử được tính dựa trên đường chuẩn glucose.

2.4.6. Phân tích số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA) trên phần mềm Minitab 16 và phần mềm Microsoft Excel. Sự khác biệt của giá trị trung bình giữa các công thức được đánh giá nhờ phép so sánh Tukey

với mức tin cậy 95%. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

III. Kết quả và thảo luận

3.1. Xác định tỷ lệ CH/GA thích hợp tạo màng phủ bảo quản táo

3.1.1. Ảnh hưởng tỷ CH/GA đến màu sắc táo được phủ màng

Chitosan và gum arabic là hai polysaccharide tạo nền cho màng phủ. Khảo sát tỷ lệ CH/GA trước khi bổ sung dịch chiết giúp xác định nền màng có khả năng bao phủ ổn định, hạn chế mất nước và làm chậm biến đổi sinh lý của quả. Các công thức được đánh giá qua ΔE , hao hụt khối lượng và °Brix trong 6 ngày bảo quản.



Hình 1. Táo được phủ màng CH/GA ở các công thức khác nhau sau 3, 6 ngày bảo quản

Hình 1 cho thấy vỏ quả ở mẫu đối chứng chuyển nhanh từ xanh sang vàng xanh và nâu sau 6 ngày, trong khi các mẫu phủ màng duy trì màu xanh và độ tươi tốt hơn, đặc biệt ở công thức gum arabic trung bình. Quan sát này phù hợp với vai trò hàng rào của lớp phủ polysaccharide trong hạn chế tiếp xúc oxy và thoát ẩm.

Giá trị ΔE ở Bảng 3.1 khẳng định hiệu quả của lớp phủ CH/GA. Sau 3 ngày,

đối chứng đạt $4,479 \pm 0,31$, còn CT2 đạt $3,728 \pm 0,22$. Sau 6 ngày, ΔE của đối chứng tăng lên $13,956 \pm 0,61$, trong khi CT2 chỉ đạt $10,012 \pm 0,05$, thấp nhất trong các công thức, chứng tỏ lớp phủ CH 1%/GA 2% làm chậm biến đổi màu hiệu quả nhất. Xu hướng này phù hợp với các nghiên cứu đã công bố về lớp phủ chitosan trên ôi và anh đào ngọt (Hong và cộng sự, 2012; Tokatli, 2020).

Bảng 1. Giá trị màu sắc ΔE của táo phủ màng CH/GA sau 3, 6 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6
ĐC1	4,479 $\pm$ 0,31 ^a	13,956 $\pm$ 0,61 ^a
CT1	3,919 $\pm$ 0,14 ^b	11,236 $\pm$ 0,78 ^{bc}
CT2	3,728 $\pm$ 0,22 ^{ab}	10,012 $\pm$ 0,05 ^c
CT3	4,305 $\pm$ 0,32 ^{ab}	11,525 $\pm$ 0,49 ^b
CT4	4,342 $\pm$ 0,19 ^{ab}	11,416 $\pm$ 0,5 ^b
CT5	4,155 $\pm$ 0,27 ^{ab}	11,047 $\pm$ 0,21 ^{bc}

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$).

3.1.2. Độ hao hụt khối lượng của táo phủ màng CH/GA

Hao hụt khối lượng phản ánh mức thoát hơi nước, hô hấp và suy giảm chất lượng sau thu hoạch. Màng phủ có khả năng giảm trao đổi hơi nước và khí sẽ góp phần duy trì khối lượng, độ căng và cảm quan của quả.

Bảng 2 cho thấy CH/GA làm giảm rõ rệt hao hụt khối lượng so với đối chứng. Sau 6 ngày, đối chứng hao hụt 15,39 $\pm$ 0,56%,

còn CT2 chỉ 10,96 $\pm$ 0,56%, thấp nhất trong nhóm khảo sát. Các công thức còn lại cũng cải thiện nhưng kém CT2, cho thấy tỷ lệ CH 1%/GA 2% tạo lớp phủ cân bằng hơn. Về cơ chế, chitosan tạo màng liên tục, trong khi gum arabic có thể hỗ trợ phân bố dung dịch phủ. Khi GA quá thấp, lớp phủ có thể chưa đủ đồng đều; khi GA quá cao, độ nhớt và tính thấm có thể thay đổi, làm hiệu quả bảo vệ không tăng tương ứng.

Bảng 2. Độ hao hụt khối lượng (%) của táo phủ màng CH/GA sau 3, 6 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6
ĐC1	11,27 $\pm$ 0,48 ^a	15,39 $\pm$ 0,56 ^a
CT1	9,33 $\pm$ 0,22 ^b	12,26 $\pm$ 0,91 ^{bc}
CT2	5,55 $\pm$ 0,28 ^d	10,96 $\pm$ 0,56 ^c
CT3	7,21 $\pm$ 0,19 ^c	12,4 $\pm$ 0,46 ^{bc}
CT4	7,91 $\pm$ 0,29 ^c	12,08 $\pm$ 0,34 ^{bc}
CT5	7,43 $\pm$ 0,25 ^c	12,98 $\pm$ 0,84 ^b

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$).

3.1.3. Hàm lượng chất khô hoà tan của táo phủ màng CH/GA

Chất rắn hòa tan tổng số phản ánh mức chín và chuyển hóa carbohydrate. Ban đầu, giá trị đạt 11,6 °Brix. Sau 6 ngày, đối chứng đạt 14,8 $\pm$ 0,18 °Brix, trong khi CT2 đạt 12,4 $\pm$ 0,26 °Brix, thấp nhất trong các công thức. Xu hướng này phù hợp với màu sắc và hao hụt khối lượng, chứng tỏ CH 1%/GA 2% làm chậm tiến trình chín và được chọn làm nền cho giai đoạn bổ sung dịch chiết. So

với các công thức có hàm lượng GA cao hơn, CT2 thể hiện sự cân bằng giữa khả năng hạn chế trao đổi khí và duy trì trạng thái sinh lý bình thường của quả. Sự tăng °Brix chậm hơn có thể do lớp phủ làm giảm tốc độ hô hấp, từ đó làm chậm thủy phân polysaccharide. Kết quả này cũng tương thích với các nghiên cứu về phủ chitosan trên quả sau thu hoạch, trong đó lớp phủ thường làm chậm biến đổi TSS, TA và các chỉ tiêu chín liên quan (Hong và cộng sự, 2012; Tokatli, 2020).

Bảng 3. Hàm lượng chất khô hoà tan (°Brix) của táo phủ màng CH/GA sau 3, 6 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6
ĐC1	15,7±0,17 ^a	14,8±0,18 ^a
CT1	12,1±0,26 ^{cd}	13,5±0,2 ^c
CT2	11,9±0,2 ^d	12,4±0,26 ^d
CT3	12,2±0,17 ^{cd}	13,7±0,17 ^c
CT4	12,8±0,17 ^b	14,9±0,2 ^b
CT5	12,6±0,18 ^{bc}	14,6±0,1 ^b

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P<0,05$).

Tổng hợp ba chỉ tiêu, CH 1%/GA 2% được chọn là nền màng phù hợp nhất trong nhóm CH/GA để tối ưu tỷ lệ CE cho giai đoạn 2.

3.2. Xác định tỷ lệ dịch chiết với bổ sung vào màng phủ CH/GA

3.2.1. Đánh giá sự thay đổi màu sắc táo phủ màng CH/GA/CE

Màu sắc ảnh hưởng trực tiếp đến chấp nhận của người tiêu dùng. Trong bảo quản, táo ta đổi màu do hô hấp, lão hóa mô, hoạt động enzym oxy hóa và tác động của oxy không khí. ΔE càng lớn chứng tỏ màu sắc càng khác so với ban đầu; vì vậy chỉ tiêu này được dùng để đánh giá khả năng duy trì hình thái bên ngoài của lớp phủ CH/GA/CE.

Bảng 3.4 cho thấy bổ sung dịch chiết lá vối làm giảm ΔE so với nền CH/GA không CE. Đến ngày 9, đối chứng đạt $26,49 \pm 0,55$, trong khi CE3 (0,6% CE) đạt $16,62 \pm 0,36$ và là thấp nhất. Tác dụng này có thể liên quan đến thành phần polyphenol trong lá vối, vốn được báo cáo là có hoạt tính chống oxy hóa (Vu và cộng sự, 2022). Kết quả phù hợp với nghiên cứu của Le và cộng sự về màng CH/GA/CE bảo quản chuối (Le và cộng sự, 2021). Tuy nhiên, hiệu quả không tăng tuyến tính theo nồng độ CE: CE4 và CE5 không vượt CE3. Điều này cho thấy cần có nồng độ CE tối ưu, vì hàm lượng quá cao có thể ảnh hưởng đến tương tác polyphenol-polysaccharide, độ nhớt, tính liên tục của màng (Siripatrawan & Vitchayakitti, 2016; Kubheka và cộng sự, 2020).

Bảng 4. Giá trị màu sắc ΔE của táo phủ màng CH/GA/CE sau 3, 6, 9 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9
ĐC2	4,27±0,55 ^a	11,8±1,56 ^a	26,49±0,55 ^a
CE1	4,34±0,33 ^a	7,16±0,38 ^{bc}	20,29±1,01 ^c
CE2	2,49±0,5 ^b	6,88±0,81 ^c	22,45±0,56 ^b
CE3	2,33±0,27 ^b	5,15±0,55 ^b	16,62±0,36 ^d
CE4	3,47±0,23 ^{ab}	8,71±0,58 ^b	20,48±0,57 ^{bc}
CE5	3,76±0,56 ^a	8,72±0,44 ^b	18,2±0,8 ^{bc}

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P<0,05$).

3.2.2. Độ hao hụt khối lượng của táo phủ màng CH/GA/CE

Bảng 5 cho thấy khi bổ sung CE giúp giảm hao hụt khối lượng so với màng CH/GA không CE. Ở ngày 9, đối chứng hao hụt $28,84 \pm 1,41\%$, trong khi CE3 chỉ $20,56 \pm 1,44\%$, giảm tương đối khoảng 28,7% so với đối chứng. Hiệu

quả này có thể do CE cải thiện cấu trúc màng và tác dụng chống oxy hóa, làm chậm suy giảm sinh lý (Hong và cộng sự, 2012; Tokatli, 2020; Muley & Singhal, 2020). Mặc dù hao hụt khối lượng sau 9 ngày vẫn tăng do bảo quản ở điều kiện thường, CE3 cho thấy khả năng kéo dài thời gian bảo quản.

Bảng 5. Độ hao hụt khối lượng (%) của táo bảo quản bằng màng CH/GA/CE sau 3, 6, 9 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9
ĐC2	$10,75 \pm 0,97^a$	$16,75 \pm 0,71^a$	$28,84 \pm 1,41^a$
CE1	$9,54 \pm 0,49^{ab}$	$14,61 \pm 0,61^a$	$24,85 \pm 1,18^b$
CE2	$10,49 \pm 0,93^a$	$16,12 \pm 0,59^a$	$26,88 \pm 0,91^{ab}$
CE3	$7,71 \pm 0,77^b$	$12,07 \pm 1,4^b$	$20,56 \pm 1,44^c$
CE4	$9,59 \pm 0,83^{ab}$	$14,96 \pm 0,83^a$	$25,03 \pm 0,78^b$
CE5	$9,66 \pm 0,65^{ab}$	$14,47 \pm 0,76^a$	$24,3 \pm 1,45^b$

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$).

3.2.3. Hàm lượng chất rắn hoà tan của táo phủ màng CH/GA/CE

Hàm lượng chất rắn hòa tan tăng trong quá trình bảo quản do thủy phân tinh bột và chuyển hóa carbohydrate. Bảng 6 cho thấy đối chứng (không CE) đạt giá trị $15,3^\circ\text{Brix}$ vào ngày 3, trong khi các mẫu có CE thường đạt đỉnh vào ngày 6 và giảm

ở ngày 9. Riêng CE3 có tốc độ tăng chậm nhất, chỉ đạt $13,5^\circ\text{Brix}$ vào ngày 9, tương đương với giá trị của đối chứng ở ngày 3. Điều này chứng tỏ CE, đặc biệt ở 0,6%, giúp kéo dài thời gian bảo quản bằng cách làm chậm quá trình chín. Kết quả này cho thấy việc sử dụng màng bảo quản khi bổ sung thêm dịch vôi đã kéo dài thêm thời gian bảo quản táo.

Bảng 6. Hàm lượng chất khô hoà tan ($^\circ\text{Brix}$) của táo phủ màng CH/GA/CE sau 3, 6, 9 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9
ĐC2	$15,3 \pm 0,79^a$	$15,2 \pm 0,43^a$	$14,9 \pm 0,17^a$
CE1	$13,1 \pm 1,8^a$	$14,7 \pm 0,17^b$	$14,1 \pm 0,2^b$
CE2	$12,45 \pm 1,13^a$	$13,7 \pm 0,2^b$	$14,1 \pm 0,26^b$
CE3	$12,4 \pm 0,3^a$	$13,1 \pm 0,26^b$	$13,5 \pm 0,1^c$
CE4	$12,8 \pm 0,17^a$	$13,1 \pm 0,2^a$	$14,3 \pm 0,1^b$
CE5	$12,6 \pm 0,17^a$	$14,5 \pm 0,17^a$	$14,3 \pm 0,17^b$

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$).

3.2.4. Hàm lượng đường khử của táo phủ màng CH/GA/CE

Đường khử tăng do tinh bột chuyển hóa thành đường nhưng cũng bị tiêu hao qua hô hấp. Vì thế, sự thay đổi hàm lượng đường được sử dụng để đánh giá quá trình chín của táo. Bảng 7 cho thấy giá trị đường khử của táo khi được phủ lớp màng bảo quản có bổ sung dịch chiết vôi và khi không được bổ sung dịch chiết vôi. Nếu không bổ sung dịch vôi, kết quả cho thấy táo ở mẫu đối chứng có giá trị đường khử tăng dần từ 2,78 mg/g và đạt

7,683 mg/g sau 9 ngày bảo quản. Tương tự như vậy, các mẫu táo phủ màng bảo quản có bổ sung dịch vôi cũng có hàm lượng đường khử tăng dần đều, tuy nhiên giá trị đường khử tại các thời điểm khảo sát đều thấp hơn mẫu đối chứng. Và tại công thức CE3, giá trị đường khử biến đổi chậm nhất, sau 9 ngày bảo quản chủ đạt 5,901 mg/g, giá trị này thấp nhất so với các công thức còn lại. Những kết quả này chỉ ra rằng, bổ sung 0,6% dịch vôi vào lớp màng phủ CH/GA cho hiệu quả giảm đáng kể giá trị đường khử, kéo dài thời gian bảo quản của táo.

Bảng 7. Hàm lượng đường khử (mg/g) của táo phủ màng CH/GA/CE sau 3, 6, 9 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9
ĐC2	3,215±0,11 ^b	5,510±0,25 ^{ab}	7,683±0,16 ^a
CE1	3,840±0,15 ^a	5,723±0,24 ^{ab}	6,951±0,21 ^b
CE2	3,570±0,29 ^{ab}	5,150±0,25 ^b	6,593±0,34 ^c
CE3	3,112±0,13 ^b	4,082±0,23 ^c	5,901±0,29 ^b
CE4	3,523±0,13 ^{ab}	5,120±0,21 ^b	6,587±0,16 ^b
CE5	3,490±0,19 ^{ab}	6,021±0,17 ^a	6,797±0,03 ^b

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$).

3.2.5. Hàm lượng axit tổng số của táo phủ màng CH/GA/CE

Axit tổng số liên quan đến hương vị và trạng thái chín, trong bảo quản, axit hữu cơ thường giảm do được sử dụng cho hô hấp. Sự thay đổi hàm lượng axit tổng số của táo được phủ màng CH/GA/CE được thể hiện ở Bảng 8. Giá trị axit tổng số ban đầu của táo được xác định là 0,1562 mg/g. Sau 9 ngày bảo quản giá trị này đều thay đổi ở các công thức, đều có xu hướng giảm. Tại công thức đối chứng,

giá trị axit giảm xuống thấp nhất, đạt giá trị là 0,038 mg/g. Khi bổ sung thêm dịch chiết vôi, giá trị hàm lượng axit tổng số sau 9 ngày bảo quản vẫn duy trì với giá trị lớn hơn 0,055 mg/g. Công thức CE3 hàm lượng axit tổng số cao nhất là 0,089 mg/g sau 9 ngày bảo quản. Kết quả này tương đồng với các nghiên cứu về lớp phủ polyscharide trên ổi và anh đào ngọt, trong đó lớp phủ giúp làm chậm suy giảm hàm lượng axit tổng (Hong và cộng sự, 2012; Tokatli, 2020).

Bảng 8. Hàm lượng axit tổng số của táo phủ màng CH/GA/CE sau 3, 6, 9 ngày bảo quản

Công thức	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9
ĐC2	0,116±0,001 ^{ab}	0,063±0,003 ^d	0,038±0,003 ^c
CE1	0,119±0,001 ^a	0,072±0,004 ^{cd}	0,061±0,003 ^b
CE2	0,121±0,001 ^a	0,082±0,002 ^{bc}	0,059±0,002 ^b
CE3	0,123±0,001 ^a	0,112±0,002 ^a	0,089±0,001 ^a
CE4	0,108±0,002 ^{bc}	0,085±0,003 ^b	0,063±0,002 ^b
CE5	0,098±0,002 ^c	0,075±0,006 ^{bc}	0,055±0,003 ^c

Trong cùng cột, các chữ cái khác nhau biểu thị khác biệt có ý nghĩa ($P < 0,05$).

Tổng hợp các chỉ tiêu cho thấy CE3 (0,6% CE) mang lại hiệu quả bảo quản tốt nhất, nhiều khả năng do sự phối hợp giữa hàng rào vật lý (CH/GA) và hoạt tính chống oxy hóa của polyphenol trong CE. Nền CH/GA hạn chế thoát hơi nước và điều hòa khí, làm chậm hô hấp và chuyển hóa carbohydrate; glycerol cải thiện độ dẻo và bám dính; CE bổ sung thêm khả năng ức chế oxy hóa, hạn chế đổi màu và suy giảm dinh dưỡng (Siripatrawan & Vitchayakitti, 2016; Kubheka và cộng sự, 2020; Le và cộng sự, 2021).

IV. Kết luận

Trong phạm vi điều kiện nghiên cứu, hệ màng phủ ăn được từ chitosan, gum arabic và dịch chiết lá vối đã cho thấy hiệu quả bảo quản táo ta sau thu hoạch. Giai đoạn tối ưu nền xác định CH 1%/GA 2% là công thức phù hợp nhất, thể hiện qua ΔE , hao hụt khối lượng và $^{\circ}\text{Brix}$ thấp hơn đối chứng. Bổ sung 0,6% dịch chiết lá vối nâng cao khả năng bảo quản của lớp màng CH/GA, giúp hạn chế đổi màu, giảm mất khối lượng, làm chậm tăng chất rắn hòa tan và đường khử, đồng thời duy trì axit tổng số sau 9 ngày. Kết quả phù hợp với các công bố về lớp phủ chitosan và màng CH/GA/CE trên một số quả khác

(Le và cộng sự, 2021; Hong và cộng sự, 2012; Tokatli, 2020; Muley & Singhal, 2020). Nghiên cứu này khẳng định tiềm năng ứng dụng nguồn polyphenol thực vật bổ sung vào màng phủ ăn được cho trái cây nhiệt đới.

Tài liệu tham khảo

- Charan, S., Gomez, S., Sheela, K., Pushpalatha, P., & Suman, K. (2017). Effect of storage conditions and duration on quality of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims.) nectar.
- Dutta, P., Tripathi, S., Mehrotra, G., & Dutta, J. (2009). Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications. *Food chemistry*, 114(4), 1173-1182.
- Hong, K., Xie, J., Zhang, L., Sun, D., & Gong, D. (2012). Effects of chitosan coating on postharvest life and quality of guava (*Psidium guajava* L.) fruit during cold storage. *Scientia Horticulturae*, 144, 172-178.
- Kubheka, S. F., Tesfay, S. Z., Mditshwa, A., & Magwaza, L. S. (2020). Evaluating the efficacy of edible coatings incorporated with moringa leaf extract on postharvest of 'Maluma' avocado fruit quality and its biofungicidal effect. *HortScience*, 55(4), 410-415.

- Le, K. H., La, D. D., Nguyen, P. T. M., Nguyen, M. D.-B., Vo, A. T. K., Nguyen, M. T. H., Tran, D. L., Chang, S. W., Nguyen, X. H., & Nguyen, D. D. (2021). Fabrication of Cleistocalyx operculatus extracts/chitosan/gum arabic composite as an edible coating for preservation of banana. *Progress in Organic Coatings*, 161, 106550.
- Muley, A. B., & Singhal, R. S. (2020). Extension of postharvest shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*) using a coating of chitosan-whey protein isolate conjugate. *Food chemistry*, 329, 127213.
- Ncama, K., Magwaza, L. S., Mditshwa, A., & Tesfay, S. Z. (2018). Plant-based edible coatings for managing postharvest quality of fresh horticultural produce: A review. *Food packaging and shelf life*, 16, 157-167.
- Nxumalo, K. A., Aremu, A. O., & Fawole, O. A. (2021). Potentials of medicinal plant extracts as an alternative to synthetic chemicals in postharvest protection and preservation of horticultural crops: A review. *Sustainability*, 13(11), 5897.
- Riva, S. C., Opara, U. O., & Fawole, O. A. (2020). Recent developments on postharvest application of edible coatings on stone fruit: A review. *Scientia Horticulturae*, 262, 109074.
- Siripatrawan, U., & Vitchayakitti, W. (2016). Improving functional properties of chitosan films as active food packaging by incorporating with propolis. *Food Hydrocolloids*, 61, 695-702.
- Tokatli, K. (2020). Demird [delta] ven, A. Effects of chitosan edible film coatings on the physicochemical and microbiological qualities of sweet cherry (*Prunus avium* L.). *Sci. Hortic*, 259.
- Vu, T. T., Nguyen, P. T. M., Pham, N. H., Le, T. H., Nguyen, T. H., Do, D. T., & La, D. D. (2022). Green synthesis of selenium nanoparticles using Cleistocalyx operculatus leaf extract and their acute oral toxicity study. *Journal of composites Science*, 6(10), 307.
- Zhang, Y., Rempel, C., & McLaren, D. (2014). Edible coating and film materials: Carbohydrates. *Innovations in food packaging*, 305-323.

DEVELOPMENT OF A CHITOSAN/GUM ARABIC ADIBLE COATING ENRICHED WITH *Cleistocalyx operculatus* LEAF EXTRACT FOR POSTHARVEST PRESERVATION OF INDIAN JUJUBE (*Ziziphus mauritiana* Lam.)

Phan Thi Van Anh¹, Nguyen Dac Binh Minh¹, Nguyen Van Lam¹,
Vu Van Du², Dao Van Minh¹

Abstract: This study developed an edible coating based on chitosan, gum arabic, glycerol and polyphenol-rich *Cleistocalyx operculatus* leaf extract for preserving Indian jujube (*Ziziphus mauritiana* Lam.) under ambient conditions. Chitosan was fixed at 1% (w/v), while gum arabic was varied from 1 to 5% (w/v) to select a suitable matrix; the leaf extract was then incorporated at 0.2-1.0%. Coating performance was evaluated using ΔE , weight loss, total soluble solids, reducing sugars and total acidity. The CH 1%/GA 2% matrix showed the best performance. After 9 days, the coating with 0.6% extract reduced ΔE from 26.49 to 16.62, weight loss from 28.84% to 20.56%, and reducing sugars from 7.683 to 5.901 mg/g, while retaining higher total acidity than the coating without extract (0.089 vs. 0.038 mg/g). These results indicate that CH/GA coating enriched with *C. operculatus* extract is a promising system for Indian jujube preservation within the tested conditions.

Keywords: chitosan, gum arabic, glycerol, *Cleistocalyx operculatus*, edible coating, postharvest preservation

¹ National Academy for Advanced Technology and Innovation, Ministry of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

² Reference Testing and Agrifood Quality Services Center (RETAQ), Ministry of Agricultural and Environment, Hanoi, Vietnam