

ẢNH HƯỞNG CỦA MÀNG BAO SODIUM ALGINATE-CARBOXYMETHYL CELLULOSE ĐẾN SỰ THAY ĐỔI CHỈ TIÊU SINH LÝ VÀ HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA CỦA XOÀI CÁT HÒA LỘC SAU THU HOẠCH

Nguyễn Trung Trực^{1,*}, Tô Lý Thịnh¹, Quách Văn Cao Thi¹,
Huỳnh Thị Phương Thảo¹, Lâm Hòa Hưng¹, Phạm Quốc Cường¹

TÓM TẮT

Quả xoài được trồng cho mục đích thương mại ở nhiều quốc gia (trong đó có Việt Nam) do có hàm lượng các chất dinh dưỡng cao như vitamin, chất xơ và các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa. Tuy nhiên, quá trình chín sau thu hoạch thúc đẩy nhanh sự hư hỏng, làm giảm chất lượng, hạn chế thời gian tồn trữ và ảnh hưởng đến giá trị kinh tế của quả xoài. Để duy trì chất lượng và kéo dài thời gian tồn trữ của quả xoài sau thu hoạch, nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của màng bao ăn được dựa trên sodium alginate-carboxymethyl cellulose (SA-CMC) đến sự thay đổi chỉ tiêu sinh lý và hoạt tính chống oxy hóa của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch đã được thực hiện ở điều kiện nhiệt độ 25°C. Kết quả cho thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có hiệu quả làm chậm sự thay đổi sinh lý của xoài Cát Hòa Lộc trong suốt quá trình tồn trữ khi so với nghiệm thức đối chứng như giảm tốc độ hô hấp (157,21 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹), giảm sự thay đổi màu sắc 11,04 lần và giảm sự gia tăng của hàm lượng chất khô hòa tan (14,5%) ở ngày 9, duy trì độ cứng cao hơn 5,1 lần và hàm lượng axit tổng số cao hơn 2,26 lần ở ngày thứ 6. Ngoài ra, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã duy trì được hoạt tính chống oxy hóa và hàm lượng của chlorophyll (81,07 mg kg⁻¹), vitamin C (273,06 mg kg⁻¹) và phenolics (478,12 mg kg⁻¹) cao hơn nghiệm thức đối chứng trong suốt quá trình tồn trữ. Do vậy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có tiềm năng trong việc duy trì chất lượng, hoạt tính chống oxy hóa và kéo dài thời gian tồn trữ của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch.

Từ khóa: Bảo quản, chỉ tiêu sinh lý, hoạt tính chống oxy hóa, màng bao sodium alginate-carboxymethyl cellulose, quả xoài Cát Hòa Lộc.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây xoài có tên khoa học là (*Mangifera indica* L.), trái xoài là một trong những loại trái cây xuất khẩu quan trọng của vùng đồng bằng sông Cửu Long với diện tích chiếm 48% của cả nước, với các giống như Cát Chu, Cát Hòa Lộc và Cát Núi. Hiện nay, xoài được xuất khẩu sang nhiều quốc gia như Mỹ, Hàn Quốc, Nhật Bản, Australia, New Zealand và châu Âu. Tuy nhiên, quá trình chín sau thu hoạch thúc đẩy sự thay đổi các tính chất hóa - lý bên trong của trái như sự thay đổi màu sắc bao gồm sự phá hủy hợp chất màu chlorophyll và sự

chuyển hóa của carotenoids; sự biến đổi thành phần của màng tế bào bao gồm các hợp chất pectin, hemicellulose và cellulose và một số quá trình khác có liên quan đến sự tổng hợp các chất mùi [1, 2]. Sự thay đổi sinh lý thúc đẩy nhanh quá trình hư hỏng của trái xoài trong suốt quá trình tồn trữ, làm giảm giá trị dinh dưỡng, hạn chế thời gian tồn trữ và ảnh hưởng đến giá trị kinh tế. Do vậy, việc sử dụng các biện pháp xử lý sau thu hoạch nhằm kéo dài thời gian tồn trữ, duy trì giá trị dinh dưỡng và hoạt tính chống oxy hóa của trái xoài là việc cần thiết.

Màng bao ăn được (edible coating) được tạo ra từ các polysaccharides, protein, lipid hoặc là sự kết hợp giữa chúng đã được áp dụng cho nhiều

¹ Khoa Khoa học Sinh học ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long
*Email: trucnt@vnlute.edu.vn

sản phẩm nông nghiệp nhằm làm giảm các rối loạn vật lý, hóa học, sinh lý hoặc sinh học như tổn thương lạnh, sự hóa nâu, sự hư hỏng do lão hóa và sự phát triển của vi sinh vật. Ngoài ra, các màng bao này có giá thành rẻ, thuận tiện và dễ áp dụng cho hầu hết các loại trái cây khi được so sánh với phương pháp màng bao truyền thống [3]. Các nghiên cứu trước đây cho thấy màng bao dựa trên sodium alginate (SA), hoặc carboxymethylcellulose (CMC) đã cho thấy hiệu quả trong việc làm giảm sự thay đổi sinh lý và kéo dài thời gian tồn trữ trên các loại trái cây như táo [4], mận (*Prunus salicina* Lindl.) [5], kiwi [6], đu đủ [7] và mận hồng (*Syzygium samarangense*) [8]. Từ các nghiên cứu trên có thể thấy màng bao ăn được có tiềm năng trong việc làm giảm sự thay đổi sinh lý sau thu hoạch và duy trì chất lượng của trái cây. Tuy nhiên, sự ảnh hưởng của màng bao SA-CMC đến chất lượng của trái xoài sau thu hoạch chưa được nghiên cứu. Vì vậy, mục tiêu của nghiên cứu là đánh giá ảnh hưởng của màng bao SA-CMC đến sự thay đổi sinh lý, chất lượng và hoạt tính chống oxy hóa của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu, dụng cụ, thiết bị và địa điểm nghiên cứu

2.1.1. Nguyên liệu

Xoài Cát Hòa Lộc được thu hoạch tại vườn ở xã Hòa Lộc, huyện Cái Bè, tỉnh Tiền Giang ở độ chín từ 90 - 100 ngày sau khi đậu trái, sau đó được

vận chuyển về phòng thí nghiệm trong thời gian 60 phút ở nhiệt độ môi trường $30 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

2.1.2. Vật liệu bao màng

Màng bao SA-CMC ở nồng độ 2,0% sodium alginate và 0,25% carboxymethyl cellulose được chuẩn bị bằng cách hòa tan 2,0 g sodium alginate (SA, Anh) và 0,25 g carboxymethyl cellulose (CMC, Trung Quốc) trong 100 mL nước cất ở nhiệt độ 60°C bằng máy khuấy từ gia nhiệt đến khi SA và CMC tan hoàn toàn, để nguội đến nhiệt độ phòng. Tiếp đến, sử dụng 2,0 mL glycerol, 0,2 mL tween-80 và 1 mL CaCl_2 (2% w/v) được thêm vào hỗn hợp SA-CMC và khuấy cho đến khi dung dịch đồng nhất (khoảng 60 phút) và được sử dụng cho thí nghiệm.

2.1.3. Dụng cụ và thiết bị

Ống nghiệm, micropipette, buret, bình định mức, ống đông, máy khuấy từ gia nhiệt, thiết bị đo cấu trúc (TMS PRO, Mỹ), máy đo màu Hunter Lab (MH-C800 4500L, Mỹ), cảm biến đo khí CO_2 (CO2-BTA, Vernier, Mỹ), chiết quang kế (Atago, Nhật Bản), máy ly tâm lạnh (Centrifuge 5430R, Đức) và máy đo quang phổ (BioSpectrometer Basic D30, Đức).

2.1.4. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại các phòng thí nghiệm của Khoa học Sinh học ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Bảng 1. Thí nghiệm thăm dò màng bao SA-CMC trên quả xoài sau thu hoạch

Thí nghiệm	Công thức tạo màng				
	SA (g)	CMC (g)	Glycerol (mL)	Tween-80 (mL)	CaCl_2 (2,0% w/v, mL)
1	0,5	0,25	2,0	0,2	1,0
2	1,0	0,25	2,0	0,2	1,0
3	1,5	0,25	2,0	0,2	1,0
4	1,75	0,25	2,0	0,2	1,0

5	2,0	0,25	2,0	0,2	1,0
6	0,5	0,5	2,0	0,2	1,0
7	1,0	0,5	2,0	0,2	1,0
8	1,5	0,5	2,0	0,2	1,0
9	1,75	0,5	2,0	0,2	1,0
10	2,0	0,5	2,0	0,2	1,0
11 (Đối chứng)	0	0	0	0	0

Xoài được lựa chọn đồng nhất về màu sắc và hình dạng, không bị tổn thương cơ học, không có dấu hiệu bị bệnh. Tiếp đến, xoài được cắt cuốn ngâm nước trong 3 phút nhằm loại bỏ hết nhựa và rửa sạch lại dưới vòi nước cho sạch bụi bẩn. Xoài sau khi rửa xong được để ráo trên khay trong vòng 30 phút. Thí nghiệm khảo sát sự hiệu quả của màng bao SA-CMC được thực hiện bằng cách sử dụng 55 trái xoài, chia đều thành 11 nhóm, mỗi nhóm 5 trái sau đó tiến hành bao màng SA-CMC ở các nồng độ khác nhau lần lượt là SA 0,5; 1,0; 1,5; 1,75; 2,0% và CMC 0,25; 0,5% được chuẩn bị tương tự như phần mô tả vật liệu bao màng và nghiệm thức đối chứng (Bảng 1).

Sau khi kết thúc quá trình, mẫu được đem ra ngoài để khô tự nhiên và được tồn trữ ở nhiệt độ 25°C trong bao bì polypropylene đã đục lỗ (kích thước bao bì 22 cm x 18 cm, được đục 32 lỗ, mỗi lỗ có đường kính 6 mm). Kết quả cho thấy, nghiệm thức 2,0% SA - 0,25% CMC có hiệu quả làm giảm sự thay đổi màu sắc và sự hư hỏng do nấm bệnh. Do vậy, nghiệm thức 2,0% SA - 0,25% CMC được sử dụng cho nghiên cứu này.

Tất cả các trái xoài được lựa chọn cho thí nghiệm được chia 2 nhóm bằng nhau, mỗi nhóm có 30 trái được thực hiện giống phần mô tả trên. Các nhóm lần lượt được xử lý màng bao ở nồng độ 2,0% SA - 0,25% CMC và không xử lý màng bao được giữ làm đối chứng. Thí nghiệm bố trí theo kiểu hoàn toàn ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại.

2.2.2. Phương pháp lấy mẫu

Mẫu được lấy ngẫu nhiên ở các ngày 0 và sau mỗi 3 ngày trong suốt quá trình tồn trữ đến ngày 9 để phân tích các chỉ tiêu như tốc độ hô hấp, thay đổi màu sắc, độ cứng của thịt quả, hàm lượng chất khô hòa tan, hàm lượng axit tổng số, hoạt tính chống oxy hóa (DPPH), hàm lượng vitamin C, phenolics và chlorophyll.

2.2.3. Phương pháp phân tích sự thay đổi sinh lý của trái

- Tốc độ hô hấp của trái:

Tốc độ hô hấp được đo bằng cảm biến khí CO₂ (CO2-BTA, Vernier, Mỹ) được kết nối với máy tính theo phương pháp của Raudiene và cs (2017) [9]. Các giá trị nồng độ CO₂ và nhiệt độ được ghi nhận. Tốc độ hô hấp của mẫu được tính toán theo công thức (2.1).

$$TĐHH = \frac{C_{CO_2} \times M_{CO_2}}{m_{mẫu} \times t} \quad (2.1)$$

Trong đó: TĐHH là tốc độ hô hấp của mẫu (mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹); C_{CO₂} là nồng độ của khí CO₂ của mẫu sinh ra trong không gian rộng (thể tích bình ủ mẫu trừ đi thể tích mẫu) (mmol); M_{CO₂} là khối lượng phân tử khí CO₂ (44,01 g/mol); m_{mẫu} là khối lượng của mẫu dùng để đo tốc độ hô hấp (kg); t là thời gian ủ mẫu (giờ).

- Độ cứng của trái:

Độ cứng của trái được xác định bằng cách đo lực đâm xuyên của trái dựa vào thiết bị đo cấu trúc

(TMS PRO, Food Technology Corporation, Mỹ). Vận tốc của đầu đo (đường kính đầu đo 5 mm) được điều chỉnh ở 10 mm min⁻¹ và đo ở vị trí giữa trái, độ đâm xuyên 10 mm. Giá trị của lực đâm xuyên được biểu thị là Newton (N) [10].

- Sự thay đổi màu sắc của trái:

Sự thay đổi màu sắc của trái xoài được xác định dựa vào thiết bị đo màu Hunter Lab (MH-C800 4500L, Mỹ). Các giá trị L*, a*, b* được ghi nhận [10].

- Hàm lượng chất khô hòa tan và axit tổng số:

Dịch quả được chuẩn bị từ phần giữa của thịt quả được nghiền thành dịch bằng cách sử dụng chày và cối sứ, sau đó dịch quả được lọc qua vải sạch và được sử dụng cho phân tích chỉ tiêu hàm lượng chất khô hòa tan và axit tổng số. Hàm lượng chất khô hòa tan (%) được xác định dựa vào chiết quang kế (Atago, Nhật Bản). Hàm lượng axit tổng được xác định bằng cách chuẩn độ 5 mL dịch quả sử dụng NaOH 0,1N và phenolphthalein (1%) làm chất chỉ thị. Hàm lượng axit tổng được biểu thị bằng phần trăm axit citric [10].

2.2.4. Phương pháp phân tích các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa của trái

Thịt của trái xoài được nghiền thành bột sau khi ngâm trong dung dịch nitrogen lỏng. Sau đó lấy 0,2 g mẫu trộn với 1,8 mL methanol lạnh (phân tích hoạt tính chống oxy hóa và phenolics tổng) hoặc axit metaphosphoric 5% lạnh (phân tích vitamin C), lắc đều, vortex trong 1 phút và ly tâm trong 5 phút với vận tốc 10.000 vòng/phút ở nhiệt độ 4°C để thu được dịch trích [11].

- Hoạt tính chống oxy hóa:

Hoạt tính chống oxy hóa (2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl, DPPH) được thực hiện theo Li và cs (2018) [11], với một số điều chỉnh. Hỗn hợp phản ứng chứa đựng 0,15 mL dịch trích và 1,85 mL DPPH 120 µM trong methanol, tiếp đến ủ ở nhiệt độ phòng trong 30 phút trong bóng tối. Mẫu kiểm soát được chuẩn bị bằng cách dùng methanol thay thế cho dịch trích trong cùng điều kiện. Độ hấp thụ được đo ở bước sóng 525 nm và kết quả được tính toán theo công thức (2.2).

$$\%DPPH = \left(\frac{Abs_{kiểm soát} - Abs_{mẫu}}{Abs_{kiểm soát}} \right) \times 100 \quad (2.2)$$

- Hàm lượng phenolics:

Hàm lượng phenolics được định lượng dựa theo Singleton và cs (1998) [12]. Hỗn hợp phản ứng chứa đựng 50 µL dịch trích (mẫu blank dùng methanol thay cho dịch trích), 250 µL thuốc thử Folin-Ciocalteu, 750 µL sodium carbonate 7,5% và 2 mL nước cất. Hỗn hợp phản ứng được vortex và ủ trong bể ổn định nhiệt ở 40°C trong 30 phút. Độ hấp thụ được đo ở bước sóng 750 nm và kết quả được tính toán dựa vào đường chuẩn của axit gallic trong cùng điều kiện.

- Hàm lượng vitamin C:

Hàm lượng vitamin C được phân tích theo Nguyen và cs (2021) [13], với một số điều chỉnh. Hỗn hợp của phản ứng bao gồm 0,4 mL dịch trích, 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 dung dịch axit sulfuric 85% được thêm vào hỗn hợp trên và tiếp tục ủ ở nhiệt độ phòng (25°C) trong 30 phút. Độ hấp thụ được đo ở bước sóng 540 nm và kết quả được tính toán dựa vào đường chuẩn của vitamin C trong cùng điều kiện.

- Hàm lượng chlorophyll:

Hàm lượng chlorophyll của vỏ trái xoài được xác định theo Moran (1982) [14]. Vỏ của trái xoài được xử lý với dung dịch nitrogen lỏng và nghiền thành bột. 0,5 g bột vỏ xoài được ủ với 10 mL N,N-dimethylformamide ở 4°C, trong điều kiện tối, 24 giờ. Dung dịch được lọc qua giấy Whatman No.1 và định mức đến 10 mL bằng N,N-dimethylformamide. Giá trị độ hấp thụ của chlorophyll được đo ở bước sóng 664 và 647 nm. Hàm lượng chlorophyll (µg/mL) được tính toán theo công thức (2.3):

$$\text{Chlorophyll tổng số} = 7,04 \times A_{664} + 21,17 \times A_{647} \quad (2.3)$$

Trong đó: A₆₆₄ và A₆₄₇ lần lượt là độ hấp thụ của mẫu ở các bước sóng 664 và 647 nm.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu thu nhận từ thí nghiệm được xử lý bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion

XV. Sử dụng phương pháp so sánh cặp (t-test) ở mức ý nghĩa 5% để đưa ra kết luận về sự khác biệt giữa các nghiệm thức [13].

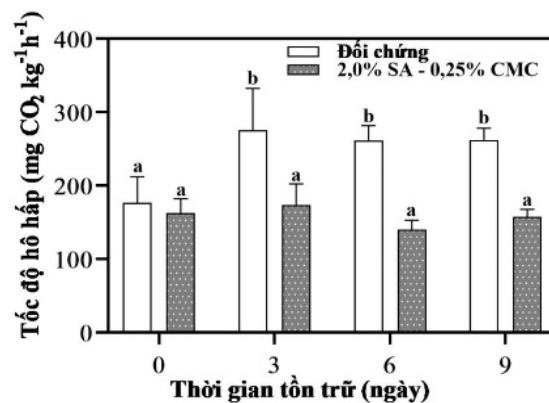
3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến sự thay đổi sinh lý của trái xoài

Sự thay đổi chỉ tiêu sinh lý của trái xoài sau thu hoạch như sự gia tăng tốc độ hô hấp, sự mềm của trái và sự thay đổi màu sắc là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chín, hư hỏng và

chất lượng, cũng như là sự chấp nhận của người tiêu dùng. Do vậy, việc áp dụng các biện pháp xử lý sau thu hoạch nhằm làm chậm sự thay đổi sinh lý, giúp duy trì chất lượng và thời gian tồn trữ của trái xoài đã được thực hiện. Nghiên cứu này đã khảo sát ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến sự thay đổi chỉ tiêu sinh lý của trái xoài sau thu hoạch.

3.1.1. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến sự thay đổi tốc độ hô hấp



Hình 1. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến tốc độ hô hấp của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình ± độ lệch chuẩn.

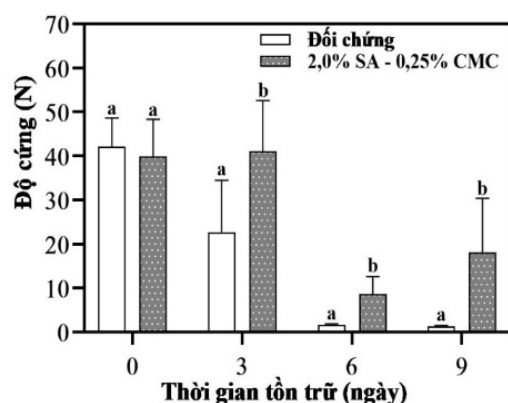
Tốc độ hô hấp là một chỉ tiêu quan trọng được dùng để đánh giá thời gian tồn trữ của rau quả tươi sau thu hoạch. Kết quả thể hiện ở hình 1 cho thấy không có sự khác biệt về tốc độ hô hấp giữa các nghiệm thức ở ngày 0 của quá trình tồn trữ. Tuy nhiên, từ ngày 3 - 9, tốc độ hô hấp của xoài Cát Hòa Lộc ở nghiệm thức có bao màng 2,0% SA - 0,25% CMC thấp hơn có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng. Kết quả này có thể là do màng bao ăn được có khả năng thay đổi sự vận chuyển của khí trong quá trình tồn trữ (O₂, CO₂, C₂H₄) do đó đã làm giảm tốc độ hô hấp và các quá trình thay đổi sinh lý. Ngoài ra, có thể do màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC gắn kết chặt chẽ trên bề mặt của trái, che lấp các lỗ khí khổng và làm thay đổi khả năng hô hấp của trái, từ đó làm giảm tốc độ hô hấp [15]. Điều này có thể thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã giảm tốc độ hô hấp so với

nghiệm thức đối chứng trong suốt quá trình tồn trữ.

3.1.2. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến độ cứng của trái

Độ cứng là một trong những chỉ tiêu được dùng để đánh giá chất lượng của trái xoài trong suốt quá trình tồn trữ. Các giá trị về độ cứng được thể hiện ở hình 2. Kết quả cho thấy, độ cứng của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch giảm dần theo thời gian tồn trữ ở tất cả nghiệm thức. Ở ngày 0, không có sự khác biệt về độ cứng giữa các nghiệm thức được quan sát. Từ ngày 3 đến ngày 9, nghiệm thức được bao màng 2,0% SA - 0,25% CMC cho giá trị độ cứng cao hơn và có sự khác biệt ý nghĩa khi so sánh với nghiệm thức đối chứng. Các nghiên cứu trước đây cho thấy, độ cứng của trái xoài ở nghiệm thức đối chứng giảm là do sự gia tăng hoạt

tính của các enzyme liên quan đến sự phân giải thành tế bào như pectinesterase, polygalacturonase, β -galactosidase và pectate lyase [16]. Sự gia tăng hoạt tính của các enzyme này có liên quan mật thiết đến tốc độ hô hấp và sự sản sinh khí ethylene trong suốt quá trình tồn trữ [13]. Kết quả nghiên cứu này cho thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có tác dụng ngăn chặn sự giảm độ cứng của trái xoài có thể là do màng bao đã làm giảm hoạt tính của các enzyme phân giải thành tế bào và tốc độ hô hấp. Nghiên cứu khác cho thấy màng bao ăn được có tác dụng làm chậm sự giảm độ cứng trên trái mận (*Prunus salicina* Lindl.) trong suốt quá trình tồn trữ [5]. Liu và cs (2020) [6] báo cáo rằng màng bao ăn được đã duy trì được độ cứng của trái kiwi do có tác động làm giảm sự biểu hiện của các gene có liên quan đến quá trình phân giải màng tế bào như pectin methylesterase và polygalacturonase. Kết quả trên cho thấy màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã duy trì được độ cứng của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch.



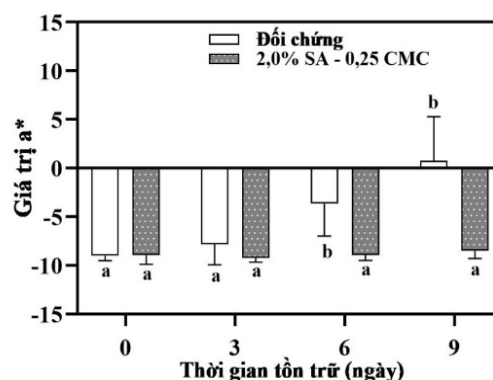
Hình 2. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến độ cứng của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

3.1.3. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến sự thay đổi màu sắc của trái

Màu sắc là một trong những chỉ tiêu được dùng để đánh giá trạng thái sức khỏe của rau quả

và sự chấp nhận của người tiêu dùng. Kết quả thể hiện ở hình 3 cho thấy không có sự khác biệt màu sắc giữa nghiệm thức có xử lý màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC và đối chứng ở ngày 0 và 3. Tuy nhiên, từ ngày 6 - 9 có thể thấy màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã làm chậm sự thay đổi màu sắc so với nghiệm thức đối chứng. Các kết quả nghiên cứu trên trái xoài cho thấy màng bao ăn được có tác dụng làm chậm sự thay đổi màu sắc trong suốt quá trình tồn trữ và sự thay đổi màu này có liên quan đến hàm lượng của chlorophyll của quả [17]. Kết quả nghiên cứu này cho thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có tác dụng làm chậm sự phân hủy của chlorophyll trong quá trình tồn trữ (Hình 6).



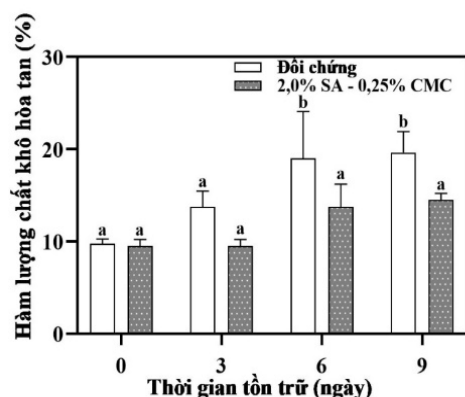
Hình 3. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến giá trị a* của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

3.1.4. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng chất khô hòa tan của trái

Hàm lượng chất khô hòa tan có sự gia tăng trong suốt quá trình tồn trữ ở cả hai nghiệm thức. Các kết quả phân tích thống kê cho thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã làm chậm sự gia tăng hàm lượng chất khô hòa tan ở ngày 6 - 9. Tuy nhiên, không có sự khác biệt về hàm lượng chất khô hòa tan ở 3 ngày đầu của quá trình tồn trữ (Hình 4). Màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã làm

chậm sự gia tăng của hàm lượng chất khô hòa tan do duy trì được cứng của xoài Cát Hòa Lộc có thể là do màng bao đã làm giảm hoạt tính của các enzyme liên quan đến quá trình thủy phân tinh bột và thủy phân thành tế bào. Các kết quả nghiên cứu trên trái xoài cho thấy rằng màng bao ăn được đã làm chậm sự gia tăng của hàm lượng chất khô hòa tan trong suốt thời gian tồn trữ [17].

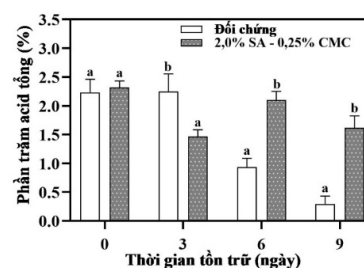


Hình 4. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng chất khô hòa tan của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

3.1.5. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng axit tổng số của trái

Hàm lượng axit tổng của các nghiệm thức có xu hướng giảm trong suốt quá trình tồn trữ ở cả hai nghiệm thức. Các kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng axit tổng của nghiệm thức màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC duy trì ở mức cao hơn có ý nghĩa thống kê khi so sánh với nghiệm thức đối chứng trong suốt quá trình tồn trữ (Hình 5). Kết quả trên có thể do màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã làm chậm quá trình chín của trái thông qua giảm sự hô hấp, duy trì độ cứng và làm chậm quá trình gia tăng của hàm lượng chất khô hòa tan nên hàm lượng axit tổng được duy trì. Các kết quả trên có thể thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có tiềm năng trong việc làm chậm sự thay đổi sinh lý và duy trì chất lượng của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch.



Hình 5. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng axit tổng của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

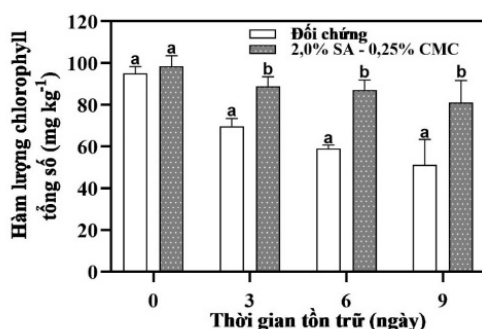
Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

3.2. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hoạt tính chống oxy hóa

3.2.1. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng chlorophyll

Hàm lượng chlorophyll của xoài Cát Hòa Lộc có xu hướng giảm trong suốt quá trình tồn trữ ở cả hai nghiệm thức. Có thể thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có ảnh hưởng đến hàm lượng chlorophyll của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch. Cụ thể, hàm lượng chlorophyll không có sự khác biệt ở ngày 0. Tuy nhiên, ở ngày 3 - 9 màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã duy trì hàm lượng chlorophyll ở mức cao hơn so với nghiệm thức đối chứng (Hình 6). Hàm lượng chlorophyll của trái xoài sau thu hoạch giảm trong suốt quá trình tồn trữ là do có sự liên quan đến sự hoạt động của các enzyme phân hủy chlorophyll trong tế bào. Các nghiên cứu trước đây cho thấy trái cây sau thu hoạch có hàm lượng chlorophyll giảm và hoạt tính của enzyme phân hủy chlorophyll như chlorophyllase, magnesium dechelatease, pheophytinase và chlorophyll degrading peroxidase tăng lên theo thời gian tồn trữ [18, 19]. Ngoài ra, các hợp chất có hoạt tính oxy hóa mạnh như hydrogen peroxide và superoxide radical cũng góp phần vào sự phân hủy chlorophyll của trái cây sau thu hoạch [13]. Nghiên cứu này cho thấy màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã duy trì được hàm lượng chlorophyll của xoài Cát Hòa Lộc ở mức cao hơn đối chứng có thể là do màng bao

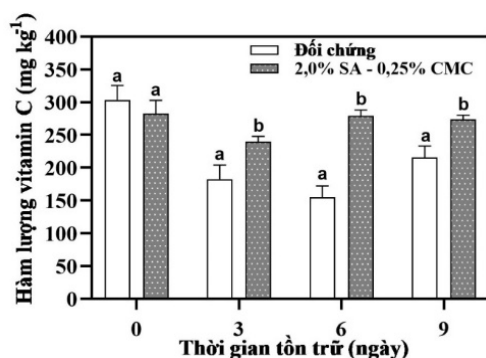
SA-CMC có tác dụng làm giảm hoạt tính của các enzyme phân hủy chlorophyll hoặc đã làm giảm tốc độ hô hấp trong suốt quá trình tồn trữ. Các nghiên cứu trước đây đã chứng minh rằng màng bao ăn được có tác dụng làm giảm sự phân hủy của chlorophyll trên trái thanh long [18] và chanh [19] sau thu hoạch.



Hình 6. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng chlorophyll của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

3.2.2. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng vitamin C



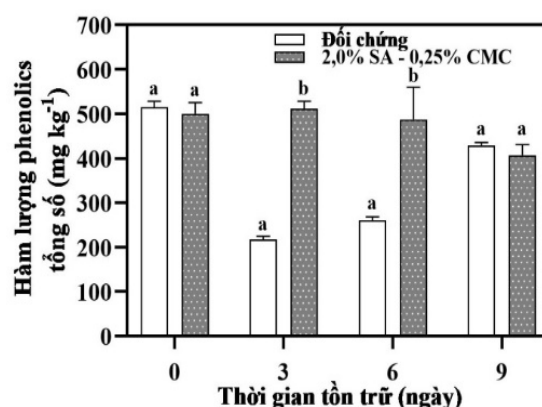
Hình 7. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng vitamin C của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

Vitamin C là một thành phần có hoạt tính sinh học quan trọng trong trái xoài. Hàm lượng vitamin C của xoài Cát Hòa Lộc thể hiện ở hình 7. Kết quả cho thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã duy trì được hàm lượng vitamin C ở mức cao khi so với đối chứng từ ngày 3 - 9. Trong khi đó không có sự khác biệt ở ngày 0 của quá trình tồn trữ. Nghiên cứu cho thấy màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã có tác dụng duy trì hàm lượng vitamin C. Việc sử dụng màng bao ăn được đã cho kết quả tương tự khi nghiên cứu trên trái xoài [17]. Từ kết quả này có thể nhận định rằng màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có hiệu quả duy trì hàm lượng vitamin C của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch.

3.2.3. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng phenolics

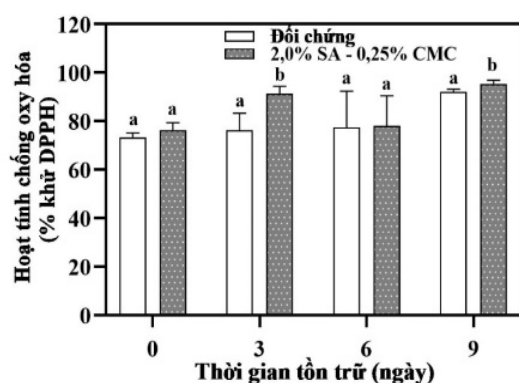
Kết quả của phân tích hàm lượng phenolics của xoài Cát Hòa Lộc cho thấy, hàm lượng phenolics của nghiệm thức bao màng 2,0% SA - 0,25% CMC cao hơn khi so với nghiệm thức đối chứng ở ngày 3 và 6. Tuy nhiên, ở các ngày 0 và 9 thì màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC không có ảnh hưởng đến hàm lượng phenolics (Hình 8). Kết quả nghiên cứu sử dụng màng bao ăn được trên trái ổi cũng cho kết quả tương tự [20].



Hình 8. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hàm lượng phenolics của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a-b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

3.2.4. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hoạt tính chống oxy hóa



Hình 9. Ảnh hưởng của màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đến hoạt tính chống oxy hóa của xoài Cát Hòa Lộc sau thu hoạch

Ghi chú: Các ký tự từ a - b thể hiện sự khác biệt ý nghĩa giữa các nghiệm thức. So sánh cặp t-test được thực hiện với mức ý nghĩa 5%. Giá trị thể hiện trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn.

Kết quả hoạt tính chống oxy hóa của xoài Cát Hòa Lộc (% khử DPPH) được thể hiện qua hình 9. Từ kết quả phân tích có thể thấy, không có sự khác biệt về hoạt tính chống oxy hóa giữa các nghiệm thức trong suốt quá trình tồn trữ, ngoại trừ ngày 3 và 9. Ở ngày 3 và 9, nghiệm thức 2,0% SA - 0,25% CMC có hoạt tính chống oxy hóa cao hơn nghiệm thức đối chứng. Kết quả này do màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã duy trì được hàm lượng của các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa ở mức cao như chlorophyll, vitamin C và phenolics (Hình 6-8). Nair và cs (2018) [20] báo cáo rằng màng bao ăn được có tác dụng duy trì hoạt tính chống oxy hóa trên trái ổi (*Psidium guajava* L.) ở mức cao hơn đối chứng trong suốt quá trình tồn trữ. Các kết trên cho thấy, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có tiềm năng duy trì các hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa ở mức cao hơn so với mẫu đối chứng trong suốt quá trình tồn trữ.

4. KẾT LUẬN

Màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã làm giảm sự thay đổi sinh lý như giảm tốc độ hô hấp ($157,21 \text{ mg CO}_2 \text{ kg}^{-1}\text{h}^{-1}$), làm chậm sự thay đổi màu sắc

11,04 lần và sự gia tăng hàm lượng chất khô hòa tan (14,5%) ở ngày 9 của quá trình tồn trữ. Ngoài ra, màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC còn duy trì độ cứng cao hơn 5,1 lần và hàm lượng axit tổng số cao hơn 2,26 ở ngày thứ 6 so với nghiệm thức đối chứng.

Màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC đã duy trì hàm lượng của các hợp chất chống oxy hóa như chlorophyll ($81,07 \text{ mg kg}^{-1}$), vitamin C ($273,06 \text{ mg kg}^{-1}$), phenolics ($478,12 \text{ mg kg}^{-1}$) và hoạt tính chống oxy hóa ở mức cao hơn so với mẫu đối chứng trong quá trình tồn trữ.

Màng bao 2,0% SA - 0,25% CMC có tiềm năng trong việc duy trì chất lượng và kéo dài thời gian tồn trữ của Cát Hòa Lộc sau thu hoạch.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Medlicott, A., Bhogal, M., Reynolds, S. (1986). Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit (*Mangifera indica* var. Tommy Atkins). *Annals of Applied Biology*, 109, 651-656.
2. Yashoda, H. M., Prabha, T., Tharanathan, R. (2007). Mango ripening-role of carbohydrases in tissue softening. *Food Chemistry*, 102(3), 691-698.
3. Panahirad, S., Dadpour, M., Peighambaroust, S. H., Soltanzadeh, M., Gullón, B., Alirezalu, K., Lorenzo, J. M. (2021). Applications of carboxymethyl cellulose and pectin based active edible coatings in preservation of fruits and vegetables. *Trends Food Science and Technology*, 110, 663-673.
4. Olivas, G. I., Mattinson, D. S., Barbosa-Cánovas, G. V. (2007). Alginate coatings for preservation of minimally processed 'Gala' apples. *Postharvest Biology and Technology*, 45(1), 89-96.
5. Valero, D., Díaz-Mula, H. M., Zapata, P. J., Guillén, F., Martínez-Romero, D., Castillo, S., Serrano, M. (2013). Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage. *Postharvest Biology and Technology*, 77, 1-6.

6. Liu, J., Kennedy, J. F., Zhang, X., Heng, Y., Chen, W., Chen, Z., Wu, X., Wu, X. (2020). Preparation of alginate oligosaccharide and its effects on decay control and quality maintenance of harvested kiwifruit. *Carbohydrate Polymers*, 242, 116462.
7. Tabassum, N., Khan, M. A. (2020). Modified atmosphere packaging of fresh-cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study. *Scientia Horticulturae*, 259, 108853.
8. Duong, N. T. C., Uthairatanakij, A., Laohakunjit, N., Jitareerat, P., Kaisangsri, N. (2022). An innovative single step of cross-linked alginate-based edible coating for maintaining postharvest quality and reducing chilling injury in rose apple cv. "Tabtimchan" (*Syzygium samarangense*). *Scientia Horticulturae*, 292, 110648.
9. Raudiene, E., Rusinskas, D., Balciunas, G., Juodeikiene, G., Gailius, D. (2017). Carbon dioxide respiration rates in wheat at various temperatures and moisture contents. *Journal of Metrology Society of India*, 32, 51-58.
10. Truc, N. T., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Laohakunjit, N., Jitareerat, P. (2021). Effect of electron beam radiation on disease resistance and quality of harvested mangoes. *Radiation Physics and Chemistry*, 180, 109289.
11. Li, X., Li, M., Wang, L., Wang, J., Jin, P., Zheng, Y. (2018). Methyl jasmonate primes defense responses against wounding stress and enhances phenolic accumulation in fresh-cut pitaya fruit. *Postharvest Biology and Technology* 145, 101-107.
12. Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Ravent, R. M. (1998). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods Enzymology*, 299, 152-178.
13. Nguyen, T. T., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Laohakunjit, N., Kato, M., Jitareerat, P. (2021). Impact of electron beam irradiation on the chlorophyll degradation and antioxidant capacity of mango fruit. *Apply Biology Chemistry*, 64(1), 1-12.
14. Moran, R. (1982). Formulae for determination of chlorophyllous pigments extracted with N,N -Dimethylformamide. *Plant Physiology*, 69, 1376-1381.
15. Han, Y., Wang, L. (2017). Sodium alginate/carboxymethyl cellulose films containing pyrogalllic acid: Physical and antibacterial properties. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (04), 1295-1301.
16. Nguyen, T. T., Kato, M., Ma, G., Zhang, L. C., Uthairatanakij, A., Srilaong, V., Laohakunjit, N., Jitareerat, P. (2021). Electron beam radiation delayed the disassembly of cell wall polysaccharides in harvested mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 178, 111544.
17. Khaliq, G., Mohamed, M. T. M., Ali, A., Ding, P., Ghazali, H. M. (2015). Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. *Scientia Horticulturae*, 190, 187-194.
18. Nguyen, H. T., Boonyaritthongchai, P., Buanong, M., Supapvanich, S., Wongs-Aree, C. (2021). Chitosan and κ -carrageenan-based composite coating on dragon fruit (*Hylocereus undatus*) pretreated with plant growth regulators maintains bract chlorophyll and fruit edibility. *Scientia Horticulturae*, 281, 109916.
19. 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 Biology and Technology*, 172, 111364.
20. Nair, M.S., Saxena, A., Kaur, C. (2018). Effect of chitosan and alginate based coatings enriched with pomegranate peel extract to extend the postharvest quality of guava (*Psidium guajava* L.). *Food Chemistry* 240, 245-252.

EFFECT OF EDIBLE COATING BASED ON SODIUM ALGINATE - CARBOXYMETHYL CELLULOSE ON THE PHYSIOLOGICAL CHANGES AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF POSTHARVEST “CAT HOA LOC” MANGOES

**Nguyen Trung Truc¹*, To Ly Thinh¹, Quach Van Cao Thi¹,
Huynh Thi Phuong Thao¹, Lam Hoa Hung¹, Pham Quoc Cuong¹**

*¹Department of Food Technology, Faculty of Applied Biological Sciences, Vinh Long
University of Technology Education*

Summary

Mango fruit is grown commercially in many countries including Vietnam due to its high nutritional content such as vitamins, dietary fiber and antioxidant compounds. However, postharvest ripening accelerates spoilage, reduces quality, limits shelf life and affects the economic value of mangoes. To remain the quality and extend the shelf life of harvested “Cat Hoa Loc” mangoes. The aim of this study was to examine the effects of edible coating based on sodium alginate-carboxymethyl cellulose (SA-CMC) on physiological changes and antioxidant capacity of harvested “Cat Hoa Loc” mangoes stored at 25°C. These results showed that 2.0% SA - 0.25% CMC coating treatment could reduce 1.67-fold respiration rate (157.21 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹), color change (11.04-fold) and firmness loss (5.1-fold) and delay the increase of total soluble solid (1.35-fold) and titratable acidity (2.26-fold) in comparison to control. The 2.0% SA - 0.25% CMC coating treatment significantly remained the content of chlorophyll (81.07 mg kg⁻¹), vitamin C (273.06 mg kg⁻¹) and phenolic compounds (478.12 mg kg⁻¹) and antioxidant capacity in compared to control during storage. Therefore, 2.0% SA - 0.25% CMC coating may be potential treatment to remain the quality, antioxidant capacity and extend the shelf-life in harvested mangoes.

Keywords: *Preservation, physiological changes, antioxidant capacity, sodium alginate-carboxymethyl cellulose coating, “Cat Hoa Loc” mangoes.*

Người phản biện: PGS.TS. Nguyễn Văn Lợi

Ngày nhận bài: 3/01/2023

Ngày thông qua phản biện: 18/01/2023

Ngày duyệt đăng: 9/6/2023