

Nghiên cứu bảo quản táo cắt tươi bằng màng bao ăn được alginate có bổ sung cao chiết rong nâu *Sargassum polycystum*

Trần Thị Ngọc Mai^{1*}, Huỳnh Phương Quyên¹, Nguyễn Công Danh¹,
Lê Thị Giang¹, Lê Hoàng Tính¹, Nguyễn Thái Ngọc Uyên²

¹Viện Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Công nghệ TP Hồ Chí Minh (HUTECH)

²Khoa Khoa học và Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh

Ngày nhận bài 28/7/2021; ngày chuyển phản biện 30/7/2021; ngày nhận phản biện 25/8/2021; ngày chấp nhận đăng 6/9/2021

Tóm tắt:

Mục tiêu của nghiên cứu này là đánh giá hiệu quả của lớp phủ ăn được alginate có bổ sung glycerol và cao chiết rong nâu *Sargassum polycystum* (màng A-G-S) lên quả táo cắt tươi. Kết quả thu được công thức tạo màng A-G-S có tỷ lệ alginate/nước 1,0%, glycerol 20% và cao chiết bổ sung là 2,0%. Màng A-G-S phủ trên bề mặt táo cắt tươi có khả năng kháng oxy hóa tương đương màng A-G-As, sử dụng chất kháng oxy hóa là acid ascorbic. Thời gian khuyến nghị cho sản phẩm táo cắt tươi phủ màng A-G-S là 12 ngày ở 5±2°C, độ chấp nhận thương mại (CAR) là 59,57%; các giá trị tỷ lệ hao hụt khối lượng (WL), tổng hàm lượng chất rắn hoà tan (TSS)/hàm lượng acid tổng số (TA), hàm lượng polyphenol tổng (TPC) tương ứng là 16,51±0,52%, 30,80 và 0,63±0,02 mg/g. Màng có độ dày trung bình 7,04 µm, bề mặt đồng nhất, có độ dai dẻo nhất định và độ truyền hơi nước (WVTR) của màng đạt 5,31x10⁻⁴ g/mm².

Từ khóa: alginate, màng phủ ăn được, quả táo, rong nâu, *Sargassum*.

Chỉ số phân loại: 4.1

Đặt vấn đề

Ngày nay, bao bì thực phẩm phát triển khá đa dạng, trong đó sự phát triển của màng phủ ăn được là một công nghệ thân thiện với môi trường, cho phép giảm tác động và chi phí xử lý liên quan đến màng polymer tổng hợp. Màng phủ sinh học ăn được là hệ thống đóng gói đầy hứa hẹn do tính chất không gây ô nhiễm môi trường [1, 2].

Lớp phủ ăn được đã được nghiên cứu rộng rãi trong những năm gần đây, giúp cải thiện thời hạn sử dụng và chất lượng thực phẩm bằng cách cung cấp một hàng rào bảo vệ chống lại tác động vật lý và cơ học; tạo ra một tấm chắn có kiểm soát và hoạt động như một rào cản bán thấm cho khí, hơi và nước. Do đó, việc sử dụng màng ăn được cho phép kéo dài thời hạn sử dụng của nhiều loại thực phẩm [3]. Vật liệu tạo màng chủ yếu từ các polymer sinh học như polysaccharide (tinh bột, chitosan, cellulose, pectin, alginate) hoặc protein (gelatin, whey protein, casei) [4, 5]. Alginate là polysaccharide tự nhiên, được sản xuất chủ yếu từ rong nâu, có khả năng tạo thành gel, màng hay sợi nhờ các tương tác tĩnh điện qua cầu calci (ở nhiệt độ phòng và pH 4-10). Gel alginate được hình thành là do các liên kết ngang giữa các mạch polymer ưa nước trong môi trường nước. Các loại màng alginate có độ đàn hồi cao, bền, chịu dầu và không dính kết [6, 7].

Rong nâu là nguồn tài nguyên phong phú, đa dạng về chủng loại ở khu vực biển miền Trung Việt Nam; là nguồn nguyên liệu chứa nhiều thành phần kháng oxy hoá quan trọng như

carotenoid, polyphenol, sulphate polysaccharide... [8, 9]. Việc bổ sung cao chiết rong biển vào dịch tạo màng phủ ăn được là hướng bảo quản thực phẩm đang được quan tâm hiện nay [10-12].

Quả táo tây (*Malus domestica*) cung cấp giá trị dinh dưỡng khá cao, tính trên 100 g táo tươi cung cấp năng lượng 229 kJ, protein 0,3 g, lipid 0,4 g, carbohydrate 11,8 g, acid hữu cơ 0,6 g, chất xơ 2,3 g và khoáng 0,3 g. Khi gọt vỏ hoặc cắt miếng táo, các không bào trong tế bào quả bị phá vỡ, các hợp chất phenol được giải phóng. Các phenol này bị chuyển hóa bởi enzyme polyphenol oxidase (còn gọi là tyrosinase) để tạo thành ortho-quinone trong điều kiện có oxy. Các ortho-quinone kết hợp với nhau tạo thành sắc tố nâu melanin, làm giảm giá trị cảm quan của sản phẩm.

Việc tạo lớp phủ lên quả táo cắt tươi bằng dịch tạo màng alginate có bổ sung cao chiết rong nâu *S. polycystum* có khả năng kháng oxy hóa là một giải pháp cho vấn đề hóa nâu làm giảm giá trị cảm quan của sản phẩm táo cắt tươi. Nghiên cứu này ứng dụng lên dòng sản phẩm trái cây cắt tươi, nhằm giữ được nhiều nhất tính chất tự nhiên và kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm trái cây cắt tươi; một dòng sản phẩm tiện lợi phù hợp với xu hướng phát triển của xã hội công nghiệp hiện nay.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu

Quả táo tây (*Malus domestica*) mua từ hệ thống Siêu thị Co.opmart. Quả táo được chọn phải tươi, đồng đều về kích

*Tác giả liên hệ: Email: ttn.mai79@hutech.edu.vn

Effects of alginate-based edible coatings enriched with extract *Sargassum polycystum* on quality attributes of fresh-cut apples

Thi Ngoc Mai Tran^{1*}, Phuong Quyen Huynh¹,
 Cong Danh Nguyen¹, Thi Giang Le¹,
 Hoang Tinh Le¹, Thai Ngoc Uyen Nguyen²

¹Institute of Applied Sciences, Ho Chi Minh city
 University of Technology (HUTECH)

²Faculty of Materials Science and Technology, University of Science,
 Viet Nam National University Ho Chi Minh city

Received 28 July 2021; accepted 6 September 2021

Abstract:

The objective of this study was to evaluate the effect of alginate edible coating supplemented with glycerol and brown seaweed extract *Sargassum polycystum* (A-G-S film) on fresh-cut apples. The result obtained with the formula film A-G-S is the concentration of alginate/water 1.0%, glycerol 20%, and additional extract 2.0%. The A-G-S film on the surface of fresh-cut apples has the same antioxidant capacity as A-G-As film, using ascorbic acid as an antioxidant. These fresh-cut apples are recommended to be stored at 5±2°C for 12 days with a commercial acceptance ratio (CAR) of 59.57%. The values of WL, TSS/TA, TPC are respectively 16.51±0.52%, 30.80, and 0.63±0.02 mg/g. The film has an average thickness of 7.04 μm, uniform surface, certain ductility, and water vapor transmittance rate (WVTR) of the film 5.31x10⁻⁴ g/mm².

Keywords: alginate, apple, brown seaweed, edible coating, *Sargassum*.

Classification number: 4.1

cỡ, màu sắc, độ chín, hình dạng và được rửa sạch bằng nước cất. Quả táo được cắt theo chiều dọc thành 6-8 miếng, bỏ vỏ và lõi hạt.

Sodium alginate (HiMedia, Ấn Độ) dạng bột, màu trắng ngà; glycerol (Merck, Đức) dạng lỏng, không màu; acid ascorbic (DSM, Trung Quốc) dạng bột tinh thể màu trắng.

Tảo nâu *S. polycystum* thu từ vùng biển Ninh Thuận. Rong được ngâm, rửa sạch, phơi/sấy ở 45-50°C đến khô, xay nhỏ, ngâm chiết trong ethanol. Dịch chiết đem cô quay chân không để thu cao khô kiệt (độ ẩm khoảng 16%).

Khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng táo cắt tươi phủ màng A-G-S

Phương pháp tạo màng: dung dịch alginate 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 và 2,5% (w/v) được chuẩn bị bằng cách hoà bột alginate vào nước cất nóng khoảng 70°C, khuấy đều cho đến khi hỗn hợp trong suốt. Sau đó để nguội về nhiệt độ phòng, bổ sung glycerol tỷ lệ 20% (v/v) và khuấy đều cho đến khi hỗn hợp đồng nhất. Nồng độ alginate được chọn được bổ sung cao chiết *S. polycystum* với tỷ lệ 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 và 2,5% (w/w). Acid ascorbic dùng làm chất tham chiếu có tỷ lệ 2% (w/v).

Tạo màng bằng phương pháp nhúng với số lượng 30 miếng cho một lần nhúng, mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Thời gian nhúng giữ trong dung dịch alginate là 5 phút để đảm bảo lớp phủ đồng nhất trên toàn bộ bề mặt của miếng táo. Sau đó, để khô tự nhiên ở nhiệt độ phòng, rồi cho vào hộp nhựa đậy kín và bảo quản ở nhiệt độ 5±2°C. Các miếng táo này được đánh giá các chỉ tiêu hoá lý và cảm quan sau mỗi 3 ngày, trong thời gian 18 ngày bảo quản.

Các phương pháp đánh giá chất lượng:

- Xác định WL (%): tỷ lệ hao hụt khối lượng được xác định bằng phương pháp cân và được tính theo công thức:

$$WL (\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

trong đó: W₁ là khối lượng ban đầu của mẫu (g); W₂ là khối lượng mẫu tại mỗi thời điểm khảo sát (g).

- Xác định TSS (%): tổng hàm lượng chất rắn hoà tan được xác định bằng khúc xạ kế (Atago Master-T 0-32% Atc Brix Refractometer, USA) (AOAC 932.12).

- Xác định TA (%): hàm lượng acid tổng số được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với dung dịch NaOH 0,1N với chất chỉ thị phenolphthalein 1% (AOAC 942.15).

- Xác định TPC (mg/g) bằng phương pháp Folin-Ciocalteu theo TCVN 9745-1:2013. Hàm lượng polyphenol tổng có trong 1 g mẫu được tính theo công thức sau:

$$TPC (\text{mg/g}) = \frac{C_M \cdot v}{m}$$

trong đó: C_M là hàm lượng polyphenol tổng có trong mẫu được tính dựa trên đường chuẩn acid gallic (mg/g); v là thể tích định mức sau khi xử lý mẫu (ml); m là khối lượng mẫu (g).

- Xác định CAR (%): các miếng táo đạt chất lượng được chấp nhận thương mại được xác định theo TCVN 9688:2013 về táo bảo quản lạnh. Tỷ lệ quả chấp nhận thương mại được tính theo công thức:

$$CAR (\%) = \frac{W_2}{W_1} \times 100\%$$

trong đó: W₁ là khối lượng ban đầu của mẫu (g); W₂ là khối lượng mẫu đạt chất lượng theo TCVN 9688:2013 tại mỗi thời điểm khảo sát (g).

- Đánh giá cảm quan về cấu trúc, màu sắc, mùi và vị bằng phương pháp so hàng thị hiếu thang điểm 7 với số người khảo sát là 30 người.

Phương pháp xử lý số liệu:

Xử lý số liệu bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV. Tất cả số liệu được biểu diễn dưới dạng trung bình \pm SD, các chênh lệch khác biệt thể hiện bằng các ký hiệu ^{a, b, c, d} ở mức ý nghĩa $p < 0,05$.

Khảo sát tính chất cơ lý của màng A-G-S

Độ dày và cấu trúc bề mặt màng: bằng kính hiển vi điện tử quét SEM SU3500 (Hitachi, Nhật Bản) độ phóng đại 300.000 lần, thế gia tốc từ 0,5 đến 30 kV, đầu dò SE, BSE và UVD.

Độ bám dính: độ bám dính, đàn hồi, dai và dẻo của màng được xác định bằng cách tạo những vết rạch bằng lưỡi lam, chụp ảnh dưới kính hiển vi quang học CX23 (Olympus, Nhật Bản).

WVTR (g/mm²): cho một lượng nước xác định vào lọ bi, đậy kín bằng màng A-G-S, sau 1 ngày ở điều kiện bảo quản của mẫu nghiên cứu, xác định lượng nước mất đi bằng phương pháp cân. Tốc độ truyền hơi nước trong 1 ngày được tính theo công thức sau:

$$WVTR (g/mm^2) = \frac{\Delta m}{S}$$

trong đó: Δm là chênh lệch khối lượng nước sau 1 ngày (g); S là diện tích màng phủ miệng lọ bi (mm²).

Kết quả và bàn luận

Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng táo cắt tươi phủ màng A-G-S

Ảnh hưởng của nồng độ alginate và tỷ lệ cao chiết bổ sung vào dịch tạo màng alginate đến chất lượng táo cắt tươi:

Táo cắt miếng làm tăng diện tích bề mặt tiếp xúc với môi trường, do đó hoạt động của các quá trình trao đổi chất như hô hấp, oxy hóa và thoát hơi nước tăng lên. Lớp phủ ăn

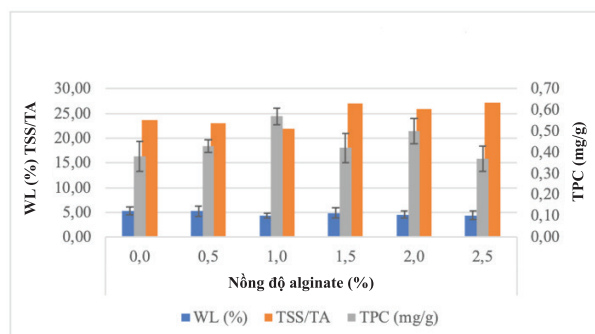
được hoạt động như một lớp màng bao bọc bên ngoài các lỗ khí trên bề mặt miếng táo, đóng vai trò như một rào cản giúp bảo vệ các tế bào, giảm hô hấp, giảm tốc độ phản ứng hóa nâu trên bề mặt miếng táo, giảm thoát hơi nước, giảm mất độ ẩm và trao đổi khí, do đó có thể cải thiện được chất lượng miếng táo cắt tươi [2]. Vì thế, việc lựa chọn nồng độ chất tạo màng và thành phần chức năng bổ sung làm tăng tính kháng oxy hóa của màng là cần thiết.

Kết quả hình 1 cho thấy, nồng độ alginate 1,0% có tỷ lệ WL thấp nhất, sự thay đổi TSS/TA nhỏ nhất và hàm lượng TPC giữ được cao nhất; điều này chứng tỏ ở nồng độ 1,0% xảy ra sự biến động trong miếng táo là nhỏ nhất nên tính chất dinh dưỡng giữ được nhiều nhất. Do đó, tỷ lệ này được chọn để khảo sát nồng độ cao chiết rong nâu bổ sung vào với mục đích làm giảm phản ứng hóa nâu điển hình trên bề mặt miếng táo sau khi cắt. Kết quả hình 2 cho thấy, hàm lượng TPC tăng tỷ lệ thuận với nồng độ cao chiết bổ sung và ở tỷ lệ cao chiết 2,0 và 2,5% thì hàm lượng TPC không có sự khác biệt ở mức ý nghĩa 95%. Vậy nên, dung dịch tạo màng có nồng độ alginate 1,0% và tỷ lệ cao chiết rong nâu *S. polycystum* bổ sung là 2,0%.

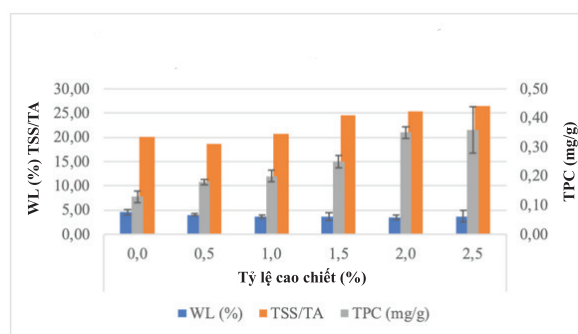
Sự thay đổi chất lượng táo cắt tươi theo thời gian bảo quản của các loại màng khác nhau:

Từ thông số tạo màng A-G và A-G-S có được ở trên, tiến hành khảo sát hiệu quả của chất kháng oxy hóa tự nhiên (cao chiết rong nâu *S. polycystum*) so với chất kháng oxy hóa hóa học (acid ascorbic) ở cùng nồng độ (màng A-G-As); đồng thời khảo sát thời gian khuyến nghị cho sản phẩm. Kết quả được thể hiện ở hình 3 và 4.

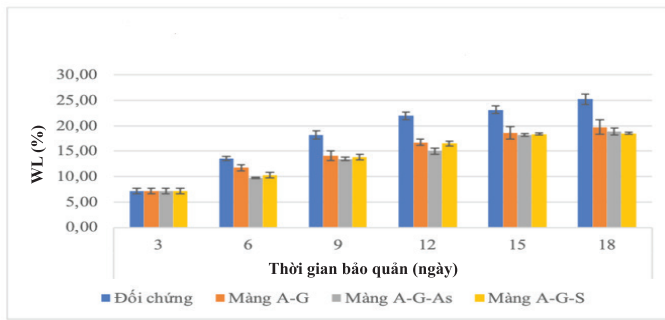
Kết quả hình 3 cho thấy, WL của tất cả các mẫu đều có xu hướng tăng theo thời gian lưu trữ. Tuy nhiên, có sự khác biệt rõ về sự tăng của mẫu đối chứng và mẫu phủ màng A-G (sau 18 ngày bảo quản giá trị WL tương ứng là $25,24 \pm 1,05\%$ và $19,72 \pm 1,46\%$). Bên cạnh đó, mẫu phủ màng A-G-As và màng A-G-S có WL tăng ít hơn và gần như không có sự khác biệt ở mức ý nghĩa 95% so với mẫu phủ màng A-G (giá trị WL sau 18 ngày bảo quản tương ứng là $18,87 \pm 0,64\%$ và $18,51 \pm 0,17\%$). Kết quả này cho thấy tác



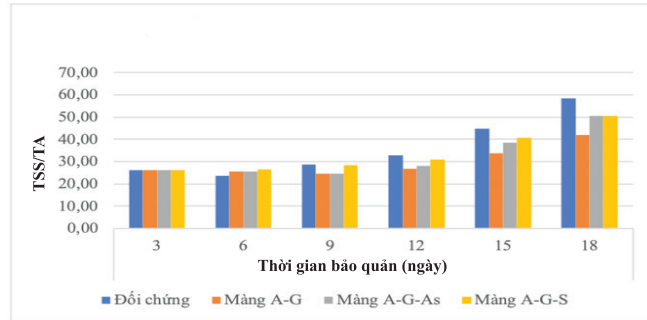
Hình 1. Nồng độ alginate (màng A-G) đến chất lượng táo cắt tươi.



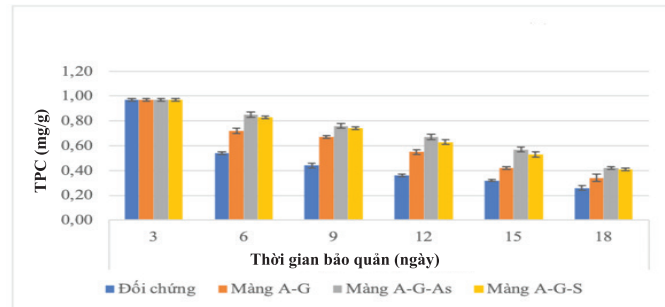
Hình 2. Tỷ lệ cao chiết bổ sung vào dịch tạo màng alginate (màng A-G-S) đến chất lượng táo cắt tươi.



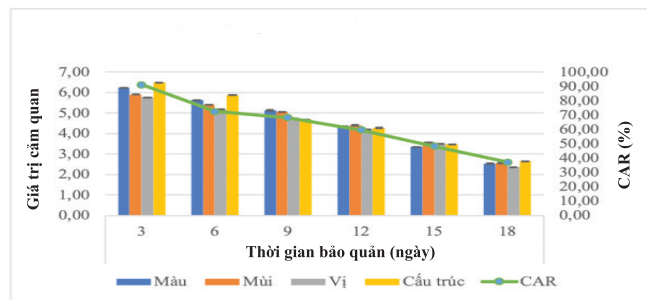
Hình 3. WL theo thời gian bảo quản táo cắt tươi của các loại màng khác nhau.



Hình 4. Tỷ lệ TSS/TA theo thời gian bảo quản táo cắt tươi của các loại màng khác nhau.



Hình 5. TPC theo thời gian bảo quản táo cắt tươi của các loại màng khác nhau.



Hình 6. Đánh giá cảm quan và CAR theo thời gian bảo quản táo cắt tươi phủ màng A-G-S.

dụng tích cực của màng alginate trong việc ngăn ngừa giảm WL. Kết quả tương tự cũng đã được báo cáo ở quả dưa cắt tươi [13], xoài [14] và xoài cắt tươi [15], việt quất... [6].

Hệ số độ chín TSS/TA của mẫu là các thành phần tạo hương vị chính và cũng là các thành phần dinh dưỡng trong táo. TSS là một nhóm các hợp chất hòa tan bao gồm đường, acid và vitamin. TSS chứa các tiểu phần chính của hô hấp và thường được sử dụng để chỉ chất lượng sau thu hoạch và độ chín của quả [16]. Kết quả hình 4 cho thấy, tỷ lệ TSS/TA của tất cả các mẫu đều tăng từ từ theo thời gian lưu trữ và có sự khác biệt giữa mẫu có bao màng và đối chứng. Quả được bọc màng tích lũy TSS thấp hơn so với đối chứng do lớp phủ làm giảm tốc độ hô hấp và hoạt động trao đổi chất bằng cách ngăn chặn trao đổi khí, từ đó trì hoãn quá trình chín và hạn chế mất độ ẩm [5]. Việc giảm độ acid là bình thường trong suốt quá trình lưu trữ sau thu hoạch, là do việc sử dụng chúng làm chất nền cho sự hô hấp và chuyển đổi thành đường. Kết quả nghiên cứu này phù hợp với kết quả được báo cáo về việc sử dụng màng phủ alginate trên quả xoài [14], việt quất [6] sau thu hoạch.

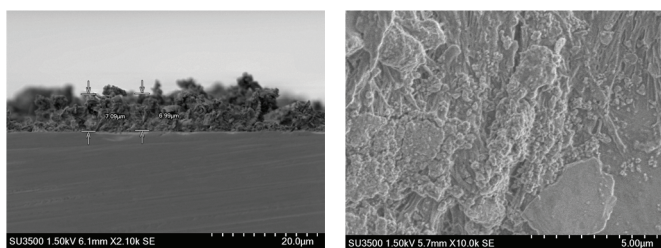
Kết quả hình 5 cho thấy, hàm lượng TPC giảm dần theo thời gian lưu trữ của tất cả các mẫu, trong đó tốc độ giảm của mẫu đối chứng là cao nhất, tiếp sau là mẫu có bao màng A-G. Đối với mẫu phủ màng A-G-As và A-G-S thì sự giảm không khác biệt ở mức có ý nghĩa 95% theo thời gian bảo quản, hàm lượng TPC tương ứng là $0,67 \pm 0,02$ và $0,63 \pm 0,02$ mg/g sau 12 ngày; $0,57 \pm 0,02$ và $0,53 \pm 0,02$ mg/g sau 15

ngày; $0,42 \pm 0,01$ và $0,41 \pm 0,01$ mg/g sau 18 ngày bảo quản. Kết quả này cho thấy được hiệu quả của việc phủ màng trong bảo quản táo cắt tươi. Khi gọt vỏ hoặc cắt miếng táo, các không bào trong tế bào quả bị phá vỡ, các hợp chất phenol được giải phóng. Các phenol này bị chuyển hóa bởi enzyme polyphenol oxidase để tạo thành ortho-quinone trong điều kiện có oxy. Các ortho-quinone kết hợp với nhau tạo thành sắc tố nâu melanin, làm giảm giá trị cảm quan của sản phẩm. Việc sử dụng cao chiết rong nâu *S. polycystum* [17] trong nghiên cứu này đóng vai trò như một chất kháng oxy hóa tự nhiên so với acid ascorbic ở cùng nồng độ thì không khác biệt ở mức ý nghĩa 95%. Kết quả này có ý nghĩa trong việc định hướng sử dụng những hợp chất có hoạt tính sinh học có nguồn gốc tự nhiên bổ sung vào thực phẩm thay thế việc sử dụng phụ gia.

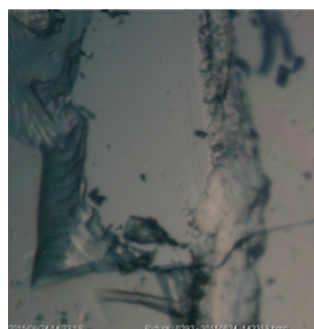
CAR là một chỉ số quan trọng để phản ánh giá trị kinh tế của trái cây tươi đạt chất lượng hoặc đạt được sự chấp nhận của người tiêu dùng [16]. Hình 6 cho thấy, giá trị cảm quan (màu, mùi, vị, cấu trúc) và CAR của miếng táo cắt tươi phủ màng A-G-S (đã được lựa chọn từ các khảo sát trên) giảm dần theo thời gian lưu trữ. CAR sau 12, 15 và 18 ngày bảo quản tương ứng là 59,57, 48,14 và 37,14%. Do đó, thời gian khuyến nghị cho sản phẩm táo cắt tươi phủ màng A-G-S là 12 ngày.

Tính chất cơ lý của màng A-G-S

Độ dày, cấu trúc bề mặt và đàn hồi của màng A-G-S được thể hiện ở hình 7 và 8.



Hình 7. Ảnh SEM cho kết quả độ dày và bề mặt màng A-G-S.



Hình 8. Ảnh chụp vết rạch màng A-G-S.

Từ hình 7 cho kết quả độ dày trung bình của màng A-G-S là $7,04 \mu\text{m}$; bề mặt gồ ghề do sự bay hơi nước nơi tiếp xúc không khí nhưng khá đồng nhất, không bị co rúm lại. Hình chụp vết rạch (hình 8) cho thấy màng không bị rách, chỉ giãn ra và bong lên khỏi bề mặt, điều này cho thấy được độ bám dính, đàn hồi, dai và dẻo của màng. WVTR của màng A-G-S là $5,31 \times 10^{-4} \text{ g/mm}^2$, chậm hơn so với đối chứng là $6,12 \times 10^{-4} \text{ g/mm}^2$ cho thấy tác dụng của màng làm cản sự mất nước của mẫu nghiên cứu.

Kết luận

Từ các số liệu phân tích cho thấy tác dụng của màng phủ A-G-S lên chất lượng, thời gian bảo quản và giá trị cảm quan cũng như giá trị thương mại của quả táo cắt tươi sau thu hoạch. Ở các nồng độ alginate, nồng độ cao chiết rong nâu *S. polycystum* khác nhau đều có ảnh hưởng đến WL, TSS/TA, TPC và CAR. Ở nồng độ alginate 1,0% và cao chiết rong nâu *S. polycystum* 2,0% được chọn để tạo màng A-G-S, qua khảo sát sự thay đổi các giá trị WL, TSS/TA, TPC và CAR theo thời gian bảo quản thì thời gian khuyến nghị cho sản phẩm là 12 ngày ở $5 \pm 2^\circ\text{C}$ với giá trị CAR là 59,57%; các giá trị WL, TSS/TA, TPC tương ứng là $16,51 \pm 0,52\%$, 30,80, $0,63 \pm 0,02 \text{ mg/g}$. Nghiên cứu này cũng cho thấy hiệu quả của cao chiết rong nâu *S. polycystum* (chất kháng oxy hóa tự nhiên) so với acid ascorbic (phụ gia) không khác biệt ở mức ý nghĩa 95%. Kết quả chụp SEM cho thấy, màng A-G-S có độ dày trung bình $7,04 \mu\text{m}$, bề mặt đồng nhất, có độ dai, dẻo nhất định và cản được sự mất nước của mẫu nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.S. Belloso (2011), *Advances in Fresh-cut Fruits and Vegetables Processing*, CRC Press.
- [2] E.A. Baldwin (2012), *Edible Coatings and Films to Improve Food Quality*, CRC Press.
- [3] S.C. Riva, et al. (2020), "Recent developments on postharvest application of edible coatings on stone fruit: a review", *Scientia Horticulturae*, **262**, DOI: 10.1016/j.scienta.2019.109074.
- [4] P. Ding, et al. (2020), "Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: a review", *Food Research International*, **134**, DOI: 10.1016/j.foodres.2020.109208.
- [5] B. Hassan, et al. (2018), "Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: a review", *International Journal of Biological Macromolecules*, **109**, pp.1095-1107.
- [6] C. Medina-Jaramillo, et al. (2020), "Alginate-edible coatings for application on wild andean blueberries (*vaccinium meridionale swartz*): effect of the addition of nanofibrils isolated from cocoa by-products", *Polymers*, **12(4)**, DOI: 10.3390/polym12040824.
- [7] T.S. Parreidt, et al. (2019), "The development of a uniform alginate-based coating for cantaloupe and strawberries and the characterization of water barrier properties", *Foods*, **8(6)**, DOI: 10.3390/foods8060203.
- [8] S. Lim, et al. (2019), "Evaluation of antioxidant activities of various solvent extract from *Sargassum serratifolium* and its major antioxidant components", *Food Chemistry*, **278**, pp.178-184.
- [9] R. Alghazeer, et al. (2018), "Anticancer and antioxidant activities of some algae from western Libyan coast", *Preprints*, DOI: 10.4236/ns.2018.107025.
- [10] S. Sahraee, et al. (2019), "Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: a review", *Food Bioscience*, **32**, DOI: 10.1016/j.fbio.2019.100451.
- [11] H. Doh, et al. (2020), "Preparation of novel seaweed nanocomposite film from brown seaweeds *Laminaria japonica* and *Sargassum natans*", *Food Hydrocolloids*, **105**, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2020.105744.
- [12] I. Albertos, et al. (2019), "Development of functional bio-based seaweed (*Himantalia elongata* and *Palmaria palmata*) edible films for extending the shelflife of fresh fish burgers", *Food Packaging and Shelf Life*, **22**, DOI: 10.1016/j.foodp.2019.100382.
- [13] N. Azarakhsh, et al. (2014), "Lemongrass essential oil incorporated into alginate-based edible coating for shelf-life extension and quality retention of fresh-cut pineapple", *Postharvest Biology and Technology*, **88**, pp.1-7.
- [14] S. Rastegar, et al. (2019), "Effectiveness of alginate coating on antioxidant enzymes and biochemical changes during storage of mango fruit", *Journal Food Biochem.*, **43(11)**, DOI: 10.1111/jfbc.12990.
- [15] R.M. Robles-Sánchez, et al. (2013), "Influence of alginate-based edible coating as carrier of antibrowning agents on bioactive compounds and antioxidant activity in fresh-cut Kent mangoes", *LWT - Food Science and Technology*, **50(1)**, pp.240-246.
- [16] Y. Lin, et al. (2020), "Effects of chitosan treatment on the storability and quality properties of longan fruit during storage", *Food Chem.*, **306**, DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125627.
- [17] Trần Thị Ngọc Mai (2020), "So sánh quá trình thu nhận cao chiết rong nâu *Sargassum* bằng các phương pháp chiết khác nhau và đánh giá khả năng kháng oxy hóa bằng phương pháp DPPH", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **62(6)**, tr.34-38.