

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

Trần Thị Ngọc Mai\*, Huỳnh Phương Quyên

Viện Khoa học Ứng dụng, Trường Đại học Công nghệ TP Hồ Chí Minh, 475A Điện Biên Phủ, phường Thạnh Mỹ Tây, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 17/6/2024; ngày chuyển phản biện 18/6/2024; ngày nhận phản biện 25/6/2024; ngày chấp nhận đăng 12/7/2024

## **Tóm tắt:**

Rong nâu là nguồn nguyên liệu chứa nhiều các thành phần kháng oxy hoá quan trọng như các polyphenol, carotenoid, sulphate polysaccharide, và là nguồn tài nguyên phong phú, đa dạng về chủng loại ở khu vực biển miền Trung Việt Nam. Nghiên cứu nhằm mục tiêu tìm nồng độ cao chiết rong nâu *Sargassum polycystum* bổ sung vào dịch tạo màng alginate cho hiệu quả kháng oxy hóa cao áp dụng lên sản phẩm ổi cắt tươi. Đối tượng áp dụng là quả ổi *Psidium guajava*. Sử dụng phương pháp nhúng để phủ màng quả ổi cắt miếng sau xử lý. Nghiên cứu này được triển khai nhằm đánh giá hiệu quả của lớp phủ natri alginate ăn được để duy trì chất lượng dinh dưỡng sau thu hoạch và tăng khả năng bán ra thị trường của sản phẩm ổi cắt tươi trong quá trình bảo quản ở  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Kết quả cho thấy xử lý bằng cách bổ sung cao chiết xuất rong nâu *Sargassum polycystum* 2,0% vào dung dịch alginate 1,5% trong 12 ngày bảo quản, tỷ lệ hao hụt khối lượng giảm 5,55%, hàm lượng vitamin C tăng 50,0 mg/100 g, hàm lượng TPC tăng 20,0 mg/100 g, tỷ lệ chấp nhận thương mại (CAR) tăng 15,97%, và chỉ số độ chín (TSS/TA) giảm 14,4 lần so với đối chứng.

**Từ khóa:** alginate, cao chiết rong nâu, lớp phủ ăn được, *Psidium guajava*, *Sargassum*.

**Chỉ số phân loại:** 2.10, 4.6

## Effects of alginate-based edible coatings enriched with *Sargassum polycystum* extract on the quality characteristics of fresh-cut guava

Thi Ngọc Mai Tran\*, Phuong Quyên Huynh

Institute of Applied Sciences, HUTECH University, 475A Dien Bien Phu Street, Thanh My Tay Ward, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 17 June 2024; revised 25 June 2024; accepted 12 July 2024

## **Abstract:**

Brown seaweeds are an abundant and diverse natural marine resource in Central Vietnam coastal waters, rich in antioxidant compounds such as polyphenols, carotenoids, and sulphated polysaccharides. This study aims to find the high concentration of brown seaweed extract *Sargassum polycystum* added to alginate-based edible coatings for high antioxidant efficiency applied to fresh-cut guava. The subject of the application is guava *Psidium guajava*. The alginate film-dipping method was used to coat fresh-cut guava after processing. This study evaluated the effectiveness of an edible coating sodium alginate to maintain postharvest nutritional quality and increase the marketability of fresh-cut guava during storage at  $5\pm 2^{\circ}\text{C}$ . Results revealed that treatment with 1.5% alginate supplementing extract *Sargassum polycystum* 2.0% during 12 days of storage, the weight loss significantly reduced by 5.55%, vitamin C content increased by 50.0 mg/100 g, TPC content increased by 20.0 mg/100 g, the rate of commercially acceptable fruit (CAR) rose 15.97%, and the ripening index (TSS/TA) decreased 14.4 times as compared with the control.

**Keywords:** alginate, brown seaweed extract, edible coating, *Psidium guajava*, *Sargassum*.

**Classification numbers:** 2.10, 4.6

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

## 1. Đặt vấn đề

Màng phủ ăn được là một lớp vật liệu mỏng được áp trực tiếp trên bề mặt quả bằng cách nhúng, phun hay quét [1, 2]. Chúng hoạt động như một rào cản chọn lọc chống lại sự trao đổi ẩm, oxy và carbon dioxide; kết quả là giảm mất nước, giảm tốc độ phản ứng oxy hóa và tốc độ hô hấp, cải thiện chất lượng sản phẩm và ngăn chặn sự phát triển của vi sinh vật, do đó, có thể bảo tồn chất lượng trái cây và rau quả [1, 3, 4]. Lớp phủ ăn được làm bằng vật liệu thực phẩm, nên có thể được tiêu thụ một cách an toàn như là một phần của sản phẩm [2]. Hiện nay, việc sử dụng màng polymer tổng hợp đang được quan tâm thay thế dần bằng các loại màng thân thiện với môi trường, điều này góp phần làm giảm tác động và chi phí xử lý môi trường, nên lớp phủ sinh học ăn được được xem là công nghệ đóng gói đầy hứa hẹn do tính chất không gây ô nhiễm môi trường.

Alginate là polysaccharide tự nhiên, ưa nước, thu từ tảo nâu; ngành công nghiệp thực phẩm sử dụng alginate cho các ứng dụng tạo gel, làm dày và ổn định. Hơn nữa, alginate đặc trưng với tính chất và chức năng tạo màng tốt, dù màng này hòa tan trong nước, nhưng chúng có thể chuyển thành không hòa tan thông qua liên kết chéo với các cation như magiê, natri, canxi, strontium và barium. Các loại màng alginate rất đàn hồi, rất bền, chịu dầu và không dính kết [5, 6]. Các nghiên cứu cho thấy màng phủ alginate giữ được chất lượng sau thu hoạch của quả việt quất, cà chua, đào, anh đào ngọt, dứa, mận và trong một số loại quả khác [4, 5, 7].

Rong nâu là nguồn nguyên liệu chứa nhiều các thành phần kháng oxy hoá quan trọng như các polyphenol, carotenoid, sulphate polysaccharide... và là nguồn tài nguyên phong phú, đa dạng về chủng loại ở khu vực biển miền trung Việt Nam [8, 9]. Việc bổ sung các hợp chất kháng oxy hóa vào màng bao ăn được nhằm làm gia tăng giá trị chức năng của màng đang là xu hướng hiện nay, cao chiết rong nâu đã được chứng minh về tính chất kháng oxy hóa này [10-12].

Quả ổi (*Psidium guajava*) là một loại trái cây nhiệt đới và cận nhiệt đới, được trồng đại trà và tiêu thụ rộng rãi ở nhiều quốc gia, có nguồn gốc từ Trung và Nam Mỹ [13, 14]. Ổi được biết đến với hương vị, mùi thơm và các hợp chất hoạt tính sinh học như acid ascorbic, flavonoid, carotenoid và anthocyanin. Việc tiêu thụ ổi có thể đóng góp một lượng đáng kể chất dinh dưỡng và hợp chất hoạt tính sinh học vào chế độ ăn uống của con người [15]. Tuy nhiên, một trong những nhược điểm lớn của ổi tươi là nhanh hỏng do hoạt động hô hấp và tốc độ sản xuất ethylene tăng cao sau thu hoạch, điều này dẫn đến quá trình lão hóa nhanh ngay cả trong điều kiện làm lạnh được kiểm soát. Nhiều phương pháp bảo quản sau thu hoạch khác nhau đã được thử nghiệm trên ổi tươi [13], tuy nhiên, điều quan trọng là phát triển các kỹ thuật được ngành công nghiệp cắt tươi sử dụng để ngăn chặn sự hư hỏng của trái cây [16].

Nghiên cứu tạo lớp phủ lên quả ổi cắt tươi bằng dịch tạo màng alginate bổ sung cao chiết rong nâu *Sargassum polycystum* có khả năng kháng oxy hóa, là một giải pháp giúp kéo dài thời gian bảo quản và cải thiện giá trị cảm quan cho sản phẩm ổi cắt tươi.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu

Quả ổi Nữ Hoàng (*Psidium guajava*) thu từ các nhà vườn ở khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, đạt độ chín thương mại. Quả được chọn phải tươi, đồng đều về kích cỡ, màu sắc, độ chín và hình dạng; rửa sạch bằng nước cất. Cắt theo chiều dọc chia quả làm 6-8 miếng bỏ 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.

Rong nâu thu từ vùng biển Ninh Thuận vào khoảng tháng 4 đến tháng 8 hàng năm, được định danh tại Phòng thí nghiệm Thực vật, Khoa Sinh học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên TP Hồ Chí Minh bởi TS. Lưu Thị Thanh Nhân, mẫu rong có tên khoa học là *Sargassum polycystum*. Rong được ngâm, rửa sạch, phơi/sấy ở 45-50°C đến khô, xay nhỏ, ngâm chiết trong ethanol. Dịch chiết cô quay chân không để thu cao khô kiệt (độ ẩm 15±2%).

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### Phương pháp tạo màng:

Dung dịch alginate 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 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 [4, 5]. Nồng độ alginate được chọn được bổ sung cao chiết *Sargassum polycystum* với các tỷ lệ 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 (w/w). Acid ascorbic dùng làm chất tham chiếu.

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 ổi [4]. 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 ổi 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:

- Tỷ lệ hao hụt khối lượng (WL, %) 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:  $W_1$  là khối lượng ban đầu của mẫu (g);  $W_2$  là khối lượng mẫu tại mỗi thời điểm khảo sát (g).

- Tổng hàm lượng chất rắn hoà tan (TSS, %) được xác định bằng Khúc xạ kế (Atago Master-T 0-32% Atc Brix Refractometer, Mỹ) (AOAC 932.12).

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

- Hàm lượng vitamin C (Vit.C, mg/100 g) được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với iode theo TCVN 11168:2015.

- Hàm lượng polyphenol tổng (TPC, mg/g) được xác định 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:

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

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

- Tỷ lệ quả được chấp nhận thương mại (CAR, %) được xác định dựa theo Tiêu chuẩn quốc gia TCVN 10747:2015 về quả ổi tươi. Tỷ lệ quả được chấp nhận thương mại được tính theo công thức:

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

trong đó:  $W_1$  - khối lượng ban đầu của mẫu (g);  $W_2$  - khối lượng quả đạt chất lượng theo TCVN 10747:2015 tại mỗi thời điểm khảo sát (g). Sử dụng phép thử phân biệt “A-notA” trong phương pháp đánh giá cảm quan để chọn mẫu đạt TCVN 10747:2015.

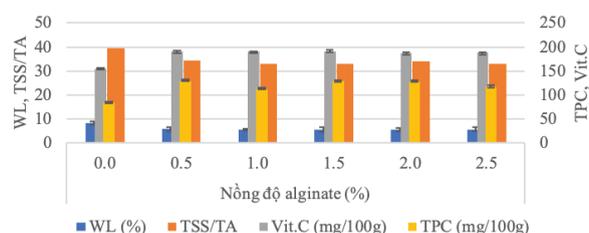
- Đánh giá cảm quan về mức độ ưa thích giữa các mẫu nghiên cứu bằng Phép thử cho điểm thị hiếu, thang điểm 0-7 chỉ mức độ ưa thích tăng dần, số lượng người thử là 30 (theo TCVN 11183:2015).

**Phương pháp xử lý số liệu:** Số liệu được xử lý bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV. Tất cả số liệu được biểu diễn dưới dạng Trung bình±SD, các chênh lệch khác biệt thể hiện bằng <sup>a, b, c, d</sup> ở mức ý nghĩa  $p < 0,05$ .

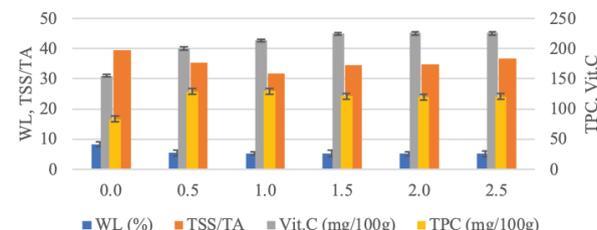
### 3. Kết quả và bàn luận

#### 3.1. Ảnh hưởng của nồng độ alginate, tỷ lệ vitamin C và tỷ lệ cao chiết bổ sung vào dịch tạo màng alginate đến chất lượng ổi cắt tươi

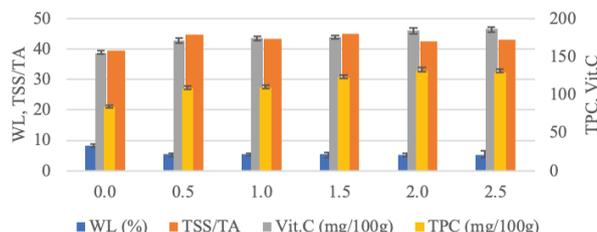
Khi cắt miếng trái cây sẽ làm tăng diện tích bề mặt tiếp xúc với môi trường ngoài, do đó làm gia tăng các hoạt động của quá trình trao đổi chất như hô hấp, oxy hóa và thoát hơi nước. Lớp phủ ăn được đóng vai trò như một rào cản giúp bảo vệ các tế bào, làm giảm hô hấp, giảm thoát hơi nước và cuối cùng dẫn đến giảm mất độ ẩm và trao đổi khí, do đó có thể cải thiện được chất lượng miếng ổi cắt tươi [16]. Kết quả ở các hình 1-3 cho thấy rõ điều này.



Hình 1. Ảnh hưởng của màng A-G đến chất lượng ổi cắt tươi.



Hình 2. Ảnh hưởng của màng A-G-As đến chất lượng ổi cắt tươi.

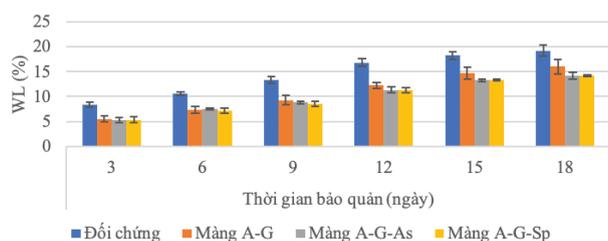


Hình 3. Ảnh hưởng màng A-G-Sp đến chất lượng ổi cắt tươi.

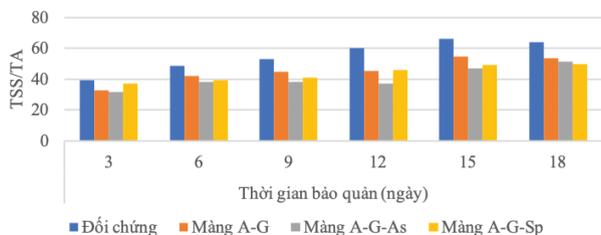
Các kết quả nghiên cứu cho thấy, ở hình 1 nồng độ alginate 1,5% có tỷ lệ WL thấp nhất, sự thay đổi TSS/TA nhỏ nhất, hàm lượng vitamin C và hàm lượng TPC giữ được cao nhất; điều này chứng tỏ ở nồng độ 1,5% sự biến động trong miếng ổi xảy ra nhỏ nhất nên tính chất dinh dưỡng giữ được nhiều nhất. Do đó, tỷ lệ này dùng cho khảo sát tỷ lệ vitamin C và tỷ lệ cao chiết rong nâu bổ sung vào với mục đích làm giảm phản ứng oxy hóa trên bề mặt miếng ổi sau khi cắt. Ở hình 2, 3, các tỷ lệ vitamin C và tỷ lệ cao chiết bổ sung tăng tỷ lệ thuận với hàm lượng vitamin C và hàm lượng TPC; ở tỷ lệ vitamin C 1,0, 1,5 và 2,0%; cao chiết 2,0 và 2,5% thì hàm lượng của vitamin C và TPC không có sự khác biệt ở mức ý nghĩa 95%. Vậy nên, dung dịch tạo màng có nồng độ alginate 1,5% và tỷ lệ cao chiết rong nâu *S. polycystum* bổ sung là 2,0%; màng alginate 1,5% và tỷ lệ vitamin C bổ sung 1,0% sử dụng làm mẫu tham chiếu.

#### 3.2. Sự thay đổi chất lượng ổi cắt tươi theo thời gian bảo quản của các loại màng khác nhau

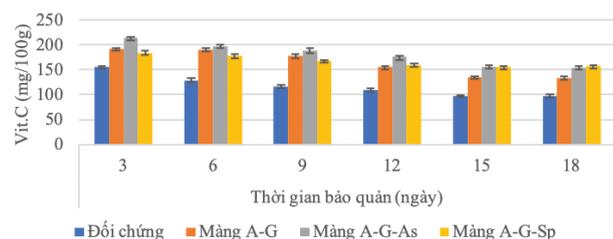
Các thông số tạo màng A-G, A-G-As và A-G-Sp nêu trên cho thấy hiệu quả của màng bổ sung chất kháng oxy hóa tự nhiên (cao chiết rong nâu *S. polycystum*) - màng A-G-Sp so với màng bổ sung chất kháng oxy hóa hóa học (acid ascorbic) - màng A-G-As. Dưới đây là các kết quả thu được theo thời gian bảo quản ổi cắt tươi phủ các loại màng khác nhau:



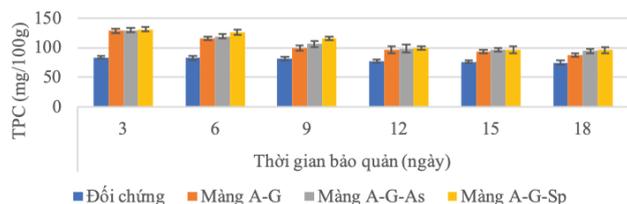
Hình 4. Sự thay đổi khối lượng theo thời gian bảo quản ôi cắt tươi của các loại màng khác nhau.



Hình 5. Sự thay đổi độ chín/acid tổng số theo thời gian bảo quản ôi cắt tươi của các loại màng khác nhau.



Hình 6. Sự thay đổi Vitamin C theo thời gian bảo quản ôi cắt tươi của các loại màng khác nhau.



Hình 7. Sự thay đổi hàm lượng polyphenol tổng theo thời gian bảo quản ôi cắt tươi của các loại màng khác nhau.

Sự thay đổi WL có thể do mất nước, do hoạt động của các quá trình trao đổi chất như hô hấp và được xác định bởi sự chênh lệch của áp suất hơi nước giữa quả và môi trường không khí xung quanh [2]. Hình 4 cho thấy, tất cả các mẫu WL đều có xu hướng tăng theo thời gian bảo quản, có sự khác biệt rõ về sự tăng của mẫu đối chứng so với mẫu có phủ màng A-G, sau 18 ngày bảo quản thì WL của đối chứng là  $19,23 \pm 1,05\%$  và  $16,04 \pm 1,46\%$ . Bên cạnh đó, mẫu phủ màng A-G-As và màng A-G-Sp có WL tăng ít hơn và không có sự khác biệt ở mức ý nghĩa 95%, giá trị WL sau 18 ngày bảo quản tương ứng là  $14,22 \pm 0,64\%$  và  $14,25 \pm 0,17\%$ . Kết quả này cho thấy tác dụng

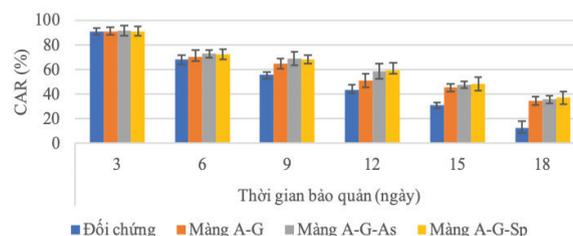
tích cực của màng alginate trong việc ngăn ngừa giảm WL cũng đã được báo cáo ở táo cắt tươi [17], mận [18], dưa cắt tươi [19], xoài [4], xoài cắt tươi [20] và quả việt quất [5].

Các giá trị TSS, TA của thịt quả là các thành phần tạo hương vị chính và cũng là các thành phần dinh dưỡng trong ôi. TSS/TA thường được sử dụng để chỉ độ chín và chất lượng sau thu hoạch của quả [15]. Theo hình 5, TSS/TA của tất cả các mẫu đều tăng chậm theo thời gian bảo quản và có sự khác biệt đối chứng. Điều này một phần do lớp phủ ngăn chặn trao đổi khí do đó làm giảm tốc độ hô hấp và hoạt động trao đổi chất, từ đó trì hoãn quá trình chín và hạn chế mất độ ẩm. Giá trị TA giảm 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 [14, 15]. Kết quả của nghiên cứu này phù hợp với kết quả nghiên cứu màng phủ alginate trên quả mận [18], quả xoài [4], quả việt quất [5] sau thu hoạch.

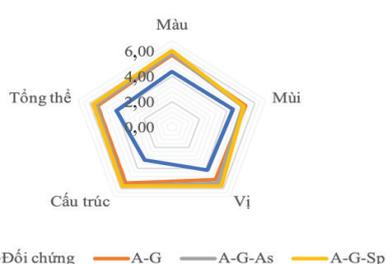
Hàm lượng vitamin C và TPC của tất cả các mẫu ở hình 6 và 7 giảm dần theo thời gian bảo quản, khác biệt rõ rệt so với mẫu đối chứng. Đối với mẫu phủ màng A-G-As và A-G-Sp thì sự giảm không khác biệt ở mức ý nghĩa 95% theo thời gian bảo quản. Hàm lượng vitamin C của ôi bọc màng A-G-Sp giảm so với nguyên liệu ban đầu là 17,37; 19,49 và 18,40%; màng A-G-As là 17,42; 27,15 và 28,23% tương ứng sau 12, 15, 18 ngày bảo quản. Hàm lượng TPC của ôi bọc màng A-G-Sp giảm tương ứng là 27,90; 30,07 và 30,58%; màng A-G-As giảm tương ứng là 28,62; 30,14 và 31,52%. Kết quả này cho thấy hiệu quả của việc phủ màng và quan trọng hơn là màng có bổ sung những hợp chất chức năng trên các sản phẩm trái cây cắt tươi. Hàm lượng vitamin C và TPC của mẫu phủ màng A-G-As với acid ascorbic 1,0% và màng A-G-Sp với cao chiết rong nâu *S. polycystum* 2,0% không khác biệt ở mức ý nghĩa 95%. Kết quả này cho thấy hiệu quả của chất kháng oxy hóa tự nhiên, điều 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.

### 3.3. Tỷ lệ chấp nhận thương mại và giá trị cảm quan của ôi cắt tươi theo thời gian bảo quản của các loại màng khác nhau

Tỷ lệ quả được chấp nhận thương mại (CAR) là một chỉ số quan trọng để đánh giá giá trị kinh tế của trái cây tươi đạt chất lượng hoặc đạt được sự chấp nhận của người tiêu dùng.



Hình 8. Giá trị chấp nhận thương mại theo thời gian bảo quản ôi cắt tươi của các loại màng khác nhau.



**Hình 9.** Giá trị cảm quan ôi cất của các loại màng khác nhau sau 12 ngày bảo quản.

Hình 8 cho thấy CAR của ôi cất tươi có bọc màng so với đối chứng có sự khác biệt, giá trị CAR của các mẫu đều cao hơn so với đối chứng. Sau 12 ngày bảo quản thì các mẫu ôi cất tươi có bọc màng đạt giá trị CAR cao hơn 50% (màng A-G 51,2±5,66%, màng A-G-As 58,9±6,23%, màng A-G-Sp 59,6±5,45% trong khi đó đối chứng đạt 43,6±3,67%. Điều này cho thấy hiệu quả của màng có bổ sung cao chiết rong nâu *S. polycystum* so với đối chứng. Đồng thời giá trị cảm quan về màu, mùi, vị, cấu trúc và tổng thể của miếng ôi cất tươi phủ màng A-G-Sp cho giá trị cảm quan tốt nhất sau 12 ngày bảo quản (hình 9). Do đó, thời gian khuyến nghị cho sản phẩm ôi cất tươi phủ màng A-G-Sp là 12 ngày.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu tạo lớp phủ A-G-Sp lên quả ôi cất tươi bằng dịch tạo màng alginate bổ sung cao chiết rong nâu *S. polycystum* cho thấy các nồng độ alginate, nồng độ cao chiết rong nâu *S. polycystum* khác nhau đều có ảnh hưởng đến WL, TSS/TA, Vit.C, TPC và CAR. Nồng độ alginate 1,5% và tỷ lệ cao chiết rong nâu *S. polycystum* là 2,0% được chọn để tạo màng A-G-Sp phủ lên ôi cất tươi thu được kết quả: Thời gian khuyến nghị cho sản phẩm là 12 ngày ở nhiệt độ 5±2°C với giá trị CAR là 59,6±5,45%; các giá trị WL, TSS/TA, Vit.C và TPC tương ứng là 11,23±0,52%; 45,91; 159,4±3,34 mg/100 g và 99,5±3,37 mg/100 g. Nghiên cứu này cũng cho thấy hiệu quả của chất kháng oxy hóa tự nhiên - cao chiết rong nâu *S. polycystum* so với phụ gia - acid ascorbic không khác biệt ở mức ý nghĩa 95%.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Viện Công nghệ cao HUTECH, Trường Đại học Công nghệ TP. Hồ Chí Minh (mã số 2025.11. KHUD).

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] B. Hassan, S.A.S. Chatha, A.I. Hussain, 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, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097.

[2] S.C. Riva, U.O. Opara, O.A. Fawole (2020), "Recent developments on postharvest application of edible coatings on stone fruit: A review", *Scientia Horticulturae*, **262**, DOI: 10.1016/j.scienta.2019.109074.

[3] R.K. Dave, T.V.R. Rao, A.S. Nandane (2017), "Improvement of post-harvest quality of pear fruit with optimized composite edible coating formulations", *J. Food Sci. Technol.*, **54**(12), pp.3917-3927, DOI: 10.1007/s13197-017-2850-y.

[4] S. Rastegar, H.H. Khankhdani, M. Rahimzadeh (2019), "Effectiveness of alginate coating on antioxidant enzymes and biochemical changes during storage of mango fruit", *J. Food Biochem.*, **43**(11), DOI: 10.1111/jfbc.12990.

[5] C.M. Jaramillo, C.Q. Pimiento, C.G. Hoyos, 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 (Basel)*, **12**(4), DOI: 10.3390/polym12040824.

[6] K.Y. Lee, D.J. Mooney (2012), "Alginate: Properties and biomedical applications", *Prog. Polym. Sci.*, **37**(1), pp.106-126, DOI: 10.1016/j.progpolymsci.2011.06.003.

[7] T.S. Parreidt, M. Lindner, I. Rothkopf, et al. (2019), "The development of a uniform alginate-based coating for cantaloupe and strawberries and the characterisation of water barrier properties", *Foods*, **8**(6), DOI: 10.3390/foods8060203.

[8] S. Lim, A.H. Choi, M. Kwon, 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, DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.11.058.

[9] R. Alghazeer, N. Howell, M.B.E. Naili, et al. (2018), "Anticancer and antioxidant activities of some algae from western libyan coast", *Natural Science*, **10**, DOI: 10.4236/ns.2018.107025.

[10] S. Sahraee, J.M. Milani, J.M. Regenstien, 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 (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, A.B.M. Diana, M. Burón, 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.fpsl.2019.100382.

[13] L.A. Forato, D.D. Britto, J.S.D. Rizzo, et al. (2015), "Effect of cashew gum-carboxymethylcellulose edible coatings in extending the shelf-life of fresh and cut guavas", *Food Packaging and Shelf Life*, **5**, pp.68-74, DOI: 10.1016/j.fpsl.2015.06.001.

[14] G.H.D.A. Teixeira (2020), "Chapter 18.6 - Subtropical fruits: Guavas", *Controlled and Modified Atmospheres for Fresh and Fresh-Cut Produce*, Academic Press, pp.435-445, DOI: 10.1016/B978-0-12-804599-2.00031-4.

[15] M. Sharma, C.S. Saini (2021), "Postharvest shelf-life extension of fresh-cut guavas (*Psidium guajava*) using flaxseed protein-based composite coatings", *Food Hydrocolloids for Health*, **1**, DOI: 10.1016/j.fhfh.2021.100015.

[16] A. Chumyam, B. Faiyue, K. Saengnil (2019), "Reduction of enzymatic browning of fresh-cut guava fruit by exogenous hydrogen peroxide-activated peroxidase/thioredoxin system", *Scientia Horticulturae*, **255**, pp.260-268, DOI: 10.1016/j.scienta.2019.05.042.

[17] M.A.R. Graü, R.M.R. Massilia, R.C.S. Fortuny, et al. (2007), "Apple puree-alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf-life of fresh-cut apples", *Postharvest Biology and Technology*, **45**(2), pp.254-264, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2007.01.017.

[18] D. Valero, H.M.D. Mula, P.J. Zapata, et al. (2013), "Effects of alginate edible coating on preserving fruit quality in four plum cultivars during postharvest storage", *Postharvest Biology and Technology*, **77**, pp.1-6, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2012.10.011.

[19] N. Azaraksh, A. Osman, H.M. Ghazali, 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, DOI: 10.1016/j.postharvbio.2013.09.004.

[20] R.M.R. Sánchez, M.A.R. Graü, I.O. Serrano, 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, DOI: 10.1016/j.lwt.2012.05.021.