

ĐÁNH GIÁ ĐẶC TRƯNG TÍNH CHẤT VÀ KHẢ NĂNG BẢO QUẢN QUẢ CỦA MÀNG PECTIN/CARBOXYMETHYL CELLULOSE TÁCH TỪ CÙI BUỒI

Đến tòa soạn 04-04-2024

Ngô Hồng Ánh Thu^{1*}, Nguyễn Phan Anh², Nguyễn Minh Khánh²,
Đỗ Đình Khải¹, Vũ Thị Bích Ngọc¹, Phan Thị Tuyết Mai¹, Phạm Quang Trung¹

¹Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Trường THCS & THPT Tạ Quang Bửu

*Email: anhtu@hus.edu.vn

SUMMARY

CHARACTERIZATION AND FRUIT PRESERVATION ABILITY OF FOOD PACKAGING MADE BY PECTIN/CARBOXYMETHYL CELLULOSE DERIVED FROM GRAPEFRUIT PEELS

In response to the growing need for sustainable food packaging, this study explores using nature-based materials, specifically Pectin and Carboxymethyl Cellulose (CMC) derived from grapefruit peels, as alternatives to petroleum-based packaging films. These materials function as effective barriers, creating modified atmospheres that reduce respiration rates, minimize moisture exchange, and delay deterioration. Characterization of the fabricated Pectin/CMC films was determined through scanning electron microscope (SEM), reflection infrared spectrum (ATR-FTIR), water contact angle (WCA), and mechanical properties. The preservation ability of green grapes was compared with the preservation ability of commercial Pectin/CMC films during 10 days of preservation. Experimental results showed that the Pectin/CMC film made from grapefruit peels and the Pectin/CMC film made from commercial Pectin, CMC are suitable for food preservation. However, the food preservation ability of Pectin/CMC films formed by Pectin, CMC isolated from grapefruit peels showed higher retention of fruit weight and decreased organic acid content. This demonstrates the potential of the Pectin/CMC film as a superior alternative for sustainable and efficient grape preservation.

Keywords: grapefruit peel, Pectin, Carboxymethyl Cellulose, food packaging, preservation.

1. GIỚI THIỆU

Màng bảo quản quả đang ngày càng được sử dụng rộng rãi để ngăn ngừa và giảm thiểu sự hư hỏng, qua đó, kéo dài thời gian sử dụng của quả [1-3]. Hiện nay, các loại màng bảo quản quả chủ yếu được sản xuất từ các loại polyme tổng hợp có

nguồn gốc từ dầu mỏ. Tuy nhiên, vấn đề nghiêm trọng nhất trong việc sử dụng các loại vật liệu này để bảo quản quả là sự phát sinh lượng chất thải lớn sau sử dụng [4-5]. Chính vì vậy, nhiều giải pháp được sử dụng để giảm nguồn chất thải này bao gồm chôn lấp, tái chế hay sử dụng màng bảo quản có nguồn gốc tự nhiên [6].

Trong các giải pháp đó, việc sử dụng màng bảo quản có nguồn gốc tự nhiên được cho là một giải pháp thay thế có hiệu quả. Các loại màng này được chế tạo từ các polyme thân thiện với môi trường như polysaccharide, protein hay các polyester thường có tính chất ưa nước, không độc hại và sẵn có trong tự nhiên [7]. Trong đó, Pectin và Carboxymethyl Cellulose (CMC) là hai loại vật liệu được sử dụng nhiều [8-9]. Màng Pectin có khả năng cản khí oxy xâm nhập vào quả, bảo quản hương thơm, ngăn dầu, nhưng lại có độ bền cơ học thấp. Trong khi đó, CMC thường được sử dụng làm chất độn, tăng độ bền màng [7]. Sự phối trộn các polyme sinh học khác nhau giúp cải thiện các nhược điểm tự nhiên của chúng [9]. Do đó, việc phối trộn Pectin và CMC chế tạo màng Pectin/CMC có thể giúp tăng cường tính chất cơ học, cũng như tăng khả năng cản khí oxy cho màng. Thật vậy, đã có một vài nghiên cứu chế tạo màng Pectin/CMC nhằm tăng cường tính chất của màng hình thành. Sanja Seslija và cộng sự [7], cũng như Ngô Thị Minh Phương và cộng sự [10] đã chế tạo màng Pectin/CMC có độ bền kéo đứt và độ giãn dài cao hơn nhiều so với màng Pectin thuần. Như vậy, Pectin và CMC đã được sử dụng thành công khi kết hợp với nhau để chế tạo màng bọc.

Thành phần chính của màng Pectin/CMC là Pectin, Carboxymethyl Cellulose và một số carbohydrate khác. Trong đó, Cellulose (nguyên liệu để tổng hợp CMC) và Pectin tồn tại nhiều ở các loại thực vật bậc cao như cam, chanh dây..., đặc biệt ở cùi bưởi [11-12]. Do đó, việc tận dụng cùi bưởi trong chế tạo màng bọc Pectin/CMC không những đưa ra một giải pháp mới trong lĩnh vực bảo quản hoa quả, mà còn giúp giải quyết các vấn đề về môi trường [13]. Tuy nhiên, việc sử dụng các phụ phẩm nông nghiệp để phát triển màng bảo quản gây nên một thách thức lớn do tính chất phức tạp của phụ phẩm nông nghiệp thực tế, do đó, để có cái nhìn toàn diện về khả năng tạo màng của Pectin, CMC tách từ cùi bưởi, cần thiết so sánh tính chất, đánh giá tiềm năng chế tạo vật liệu màng bọc và khả năng bảo quản quả khi so sánh với màng Pectin/CMC chế tạo từ Pectin, CMC thương mại hiện có trên thị trường.

Do đó, nghiên cứu này tập trung chế tạo màng bảo quản Pectin/CMC từ nguồn nguyên liệu tự nhiên là cùi bưởi, so sánh một số đặc trưng tính chất cơ bản

giữa màng bảo quản chế tạo từ nguồn Pectin, CMC từ cùi bưởi và Pectin, CMC thương mại. Phương pháp được sử dụng là phương pháp phối trộn dung dịch Pectin/CMC có bổ sung thêm sorbitol làm chất hóa dẻo. Đặc trưng tính chất của màng được xác định thông qua ảnh kính hiển vi điện tử quét (SEM), phổ hồng ngoại phản xạ (ATR-FTIR), góc thấm ướt (WCA) và tính chất cơ lý. Khả năng bảo quản quả (nhò xanh) của màng được so sánh với khả năng bảo quản của màng Pectin/CMC thương mại sau 10 ngày.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu thí nghiệm

Bưởi sử dụng trong nghiên cứu là loại bưởi da xanh Việt Nam, tên khoa học là *Citrus Maxima*, mua tại Công ty Hoàng Quý, Bến Tre, Việt Nam.

Hoá chất sử dụng bao gồm: Acid citric (Trung Quốc, 99,5%), sodium hydroxide (Trung Quốc, 96%), ethanol (Việt Nam, 96%), acid monochloroacetic (Trung Quốc, 99,5%), acid acetic (Trung Quốc, 99,5%), acid nitric (Trung Quốc, 63-68%), calcium chloride (Trung Quốc, 98%), acid chlorhydric (Việt Nam, 35%), sodium chloride (Việt Nam, 99,5%), phenolphthalein (Việt Nam), Sorbitol (Đức, 98%), Pectin thương mại (Himedia, Ấn Độ) và CMC thương mại (Shanghai Zhanyun Chemical Co., Ltd, Trung Quốc)

2.2. Tách Pectin và tổng hợp CMC từ cùi bưởi

Quá trình tách Pectin được thực hiện bằng phương pháp đề xuất của nhóm tác giả Kulkarni và cộng sự [13]. Trong khi đó, Cellulose được phân tách từ cùi bưởi theo quy trình của Rahman và cộng sự (2021) [14]. Hiệu suất tách Pectin và tổng hợp CMC từ cùi bưởi cùng các tính chất đặc trưng của Pectin, CMC từ cùi bưởi đã được nhóm nghiên cứu thể hiện trong công bố năm 2023 [15]. Theo đó, trọng lượng phân tử Pectin tách từ cùi bưởi và Pectin thương mại lần lượt là 29.427 g/mol và 17.266 g/mol; trọng lượng phân tử CMC tổng hợp từ cùi bưởi và CMC thương mại lần lượt là 156.070 g/mol và 82.226 g/mol. Sự khác nhau về trọng lượng phân tử giữa hai loại Pectin, CMC tách được và Pectin, CMC thương mại (do sự khác nhau về độ nhớt dung dịch) sẽ ảnh hưởng đến độ bền cơ lý, cũng như tính chất bảo quản của màng hình thành. Mẫu Pectin tách từ cùi bưởi và Pectin thương mại

có độ ester hoá lần lượt đạt 86,40% và 83,33%. Như vậy, hai loại Pectin này đều là loại Pectin có chỉ số methoxyl hoá cao (DE > 50%). Độ tinh khiết của mẫu Pectin tách từ cùi bưởi và Pectin thương mại lần lượt là 84,02% và 40,74%.

2.3. Phương pháp chế tạo màng Pectin/CMC

Chuẩn bị dung dịch Pectin/CMC nồng độ 1% với tỷ lệ phối trộn là 50/50. Thêm sorbitol (50% khối lượng so với hỗn hợp Pectin/CMC) vào dung dịch Pectin/CMC, khuấy trộn nhẹ nhàng đến khi dung dịch đồng nhất được hình thành, để yên trong 24 giờ, sau đó, lấy 15 mL dung dịch tạo màng đổ vào đĩa petri đường kính 9 cm và sấy ở 40°C. Sau 18 giờ, một lớp màng mỏng sẽ được hình thành trên bề mặt đĩa Petri.

2.4. Đặc trưng tính chất của màng Pectin/CMC

Mẫu màng Pectin/CMC chế tạo từ Pectin và CMC tách từ cùi bưởi (gọi là mẫu màng Pectin/CMC chế tạo) và mẫu màng Pectin/CMC chế tạo từ Pectin và CMC thương mại (gọi là mẫu màng Pectin/CMC thương mại) sẽ được phân tích và đánh giá các đặc trưng tính chất thông qua:

Đặc trưng hình thái và cấu trúc của màng

Đặc trưng hình thái và cấu trúc của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại được xác định thông qua ảnh kính hiển vi điện tử quét (Hitachi S-4800, Nhật Bản).

Mẫu màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại được phân tích qua phổ hồng ngoại phản xạ (ATR-FTIR) (Shimadzu Afinity-1S) nhằm xác định các liên kết đặc trưng của Pectin và CMC.

Góc thấm ướt của màng

Góc thấm ướt của màng đóng vai trò quan trọng trong việc đánh giá các đặc tính của màng bọc vì nó ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng thấm nước của màng. Góc thấm ướt của màng được xác định trên thiết bị đo góc tiếp xúc tự động (KSV Instruments Ltd.) ở nhiệt độ 25°C.

Độ dày màng

Độ dày trung bình của màng được xác định bằng cách sử dụng máy đo độ dày total meter CM-8826FN, Trung Quốc.

Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của màng

Độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của màng được đánh giá trên thiết bị kéo đa năng Zwick Z2.5 (CHLB Đức).

Xử lý số liệu

Phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) được sử dụng để đánh giá ảnh hưởng của từng yếu tố bao gồm: độ dày màng, độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt, lên tính chất cơ học của bốn loại màng hình thành (màng Pectin chế tạo, màng CMC chế tạo, màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại). Từ đó, kết luận sự khác biệt giữa bốn loại màng trên là có ý nghĩa thống kê ($P_{value} < 0,05$) hay không.

2.5. Đánh giá khả năng bảo quản quả (nho xanh) bằng màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại

Nho xanh thu mua qua công ty Linh Đan Group, Ninh Thuận, Việt Nam được rửa sạch, để ráo trước khi bọc kín bằng các màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại. Sau 10 ngày, khả năng bảo quản của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại sẽ được đánh giá bằng việc so sánh các tính chất của quả được bọc và quả không được bọc (còn gọi là mẫu đối chứng - ĐC). Tất cả các mẫu thí nghiệm đều được bảo quản ở nhiệt độ phòng (27 - 28°C), độ ẩm 80%. Thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên, lặp lại 3 lần cho mỗi thí nghiệm khi bọc màng Pectin/CMC chế tạo, màng Pectin/CMC thương mại và quả đối chứng.

Độ duy trì khối lượng quả trong thời gian bảo quản

Trong quá trình bảo quản, các loại quả có xu hướng bị mất nước do bay hơi nước và chín nhờ quá trình hô hấp, làm giảm khối lượng quả. Độ duy trì khối lượng quả sau 10 ngày bảo quản được xác định bởi công thức: $G = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100$ (%), G_1 là khối lượng quả ban đầu (g); G_2 là khối lượng quả sau 10 ngày bảo quản (g)

Hàm lượng acid hữu cơ tổng số

Trong quá trình chín, hàm lượng acid hữu cơ tự nhiên sẽ được sử dụng làm nguyên liệu để tổng hợp các amino acid trong quả, tạo vị ngọt đặc trưng [16]. Chính vì vậy, hàm lượng acid hữu cơ tổng số

có xu hướng giảm đi trong quá trình bảo quản. Do đó, việc làm chậm quá trình này sẽ giúp quả được bảo quản tốt hơn.

Hàm lượng acid hữu cơ tổng số được xác định bằng phương pháp chuẩn độ acid – base với base được sử dụng là NaOH. Công thức xác định hàm lượng acid hữu cơ tổng số như sau [17]: $A = \frac{V_{NaOH} \cdot K \cdot V_{mẫu}}{V_{dd} \cdot m} \times 100 (\%)$, V là thể tích sodium hydroxide 0,1 N (mL); V_{dd} là thể tích dung dịch đã hút để chuẩn (mL); $V_{mẫu}$ là dung tích bình định mức (mL); K là hệ số acid tương ứng, K = 0,07 với acid citric; m là lượng cân mẫu (g).

Trạng thái của quả sau thời gian bảo quản

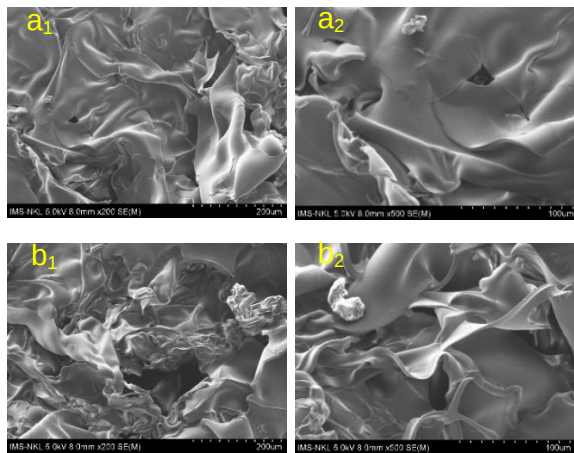
Khả năng bảo quản quả thực tế của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại được so với quả không bọc (mẫu ĐC) được đánh giá thông qua trạng thái bên ngoài của quả nho xanh như màu sắc, hình thái vỏ quả sau 10 ngày bảo quản.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng tính chất của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại

Pectin, CMC từ cùi bưởi và Pectin, CMC thương mại được sử dụng để chế tạo màng bọc.

Đặc trưng hình thái và cấu trúc của màng

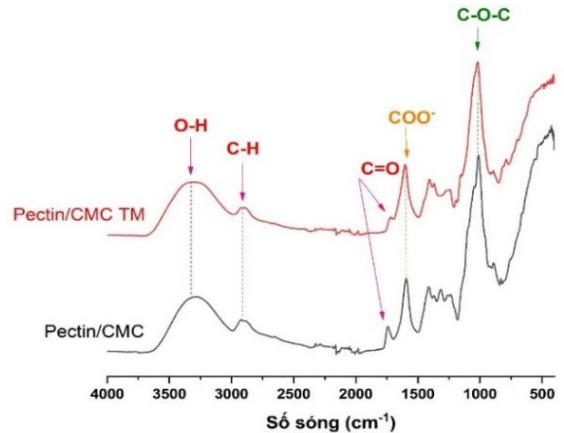


Hình 1. Ảnh SEM bề mặt màng Pectin/CMC chế tạo (b_1, b_2) và màng Pectin/CMC thương mại (a_1, a_2)

Đặc trưng hình thái và cấu trúc của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại được đánh giá qua ảnh chụp SEM bề mặt. Kết

quả thể hiện trong hình 1 cho thấy cấu trúc xốp mịn của các màng hình thành từ Pectin, CMC chế tạo (b_1, b_2) và Pectin, CMC thương mại (a_1, a_2). Tuy nhiên, cấu trúc xốp, mịn được thể hiện rõ hơn ở màng Pectin/CMC chế tạo. Cấu trúc xốp, mịn cho khả năng truyền hơi nước/ khí qua màng cao, tăng hiệu quả bảo quản.

Các nhóm chức đặc trưng của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại được xác định thông qua phổ hồng ngoại phản xạ (ATR-FTIR) (hình 2) cho thấy các màng Pectin/CMC đều có sự xuất hiện peak ở số sóng 1741 cm^{-1} đặc trưng cho liên kết C=O của Pectin, và số sóng 1584 cm^{-1} đặc trưng cho nhóm carboxyl COO^- của CMC. Điều này chứng tỏ sự tách/ tổng hợp thành công của Pectin, CMC từ cùi bưởi. Cường độ peak C=O trong phổ màng Pectin/CMC thương mại tương đối thấp phù hợp với kết quả đánh giá đặc trưng độ ester hóa mẫu Pectin thương mại thấp hơn mẫu Pectin chế tạo.

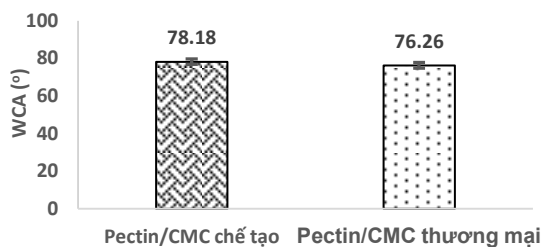


Hình 2. Phổ hồng ngoại của màng Pectin/CMC chế tạo (Pectin/CMC) và màng Pectin/CMC thương mại (Pectin/CMC TM)

Góc thấm ướt của màng

Góc thấm ướt của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại thể hiện trên hình 3 cho thấy cả hai màng đều có đặc tính kỵ nước nhẹ. Trong quá trình tạo màng, sự kết hợp giữa Pectin và CMC dẫn đến sự hình thành liên kết hydrogen giữa các nhóm $-\text{OH}$ và $-\text{COO}^-$ của pectin và CMC. Do đó, các nhóm chức ưa nước có xu hướng bị ẩn trong cấu trúc ma trận polyme, do đó, làm giảm số lượng nhóm ưa nước trên bề mặt màng, khiến góc tiếp xúc với nước tăng lên và màng trở nên kỵ

nước. Bề mặt kỵ nước sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho việc cải thiện đặc tính ngăn hơi nước, tăng khả năng bảo quản cho màng.



Hình 3. Góc thấm ướt của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại

Tính chất cơ lý của màng

Tính chất cơ lý của màng được xác định thông qua độ dày màng, độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt.

Độ dày màng, độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của màng được thể hiện trên bảng 1.

Bảng 1. Tính chất cơ lý của màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại

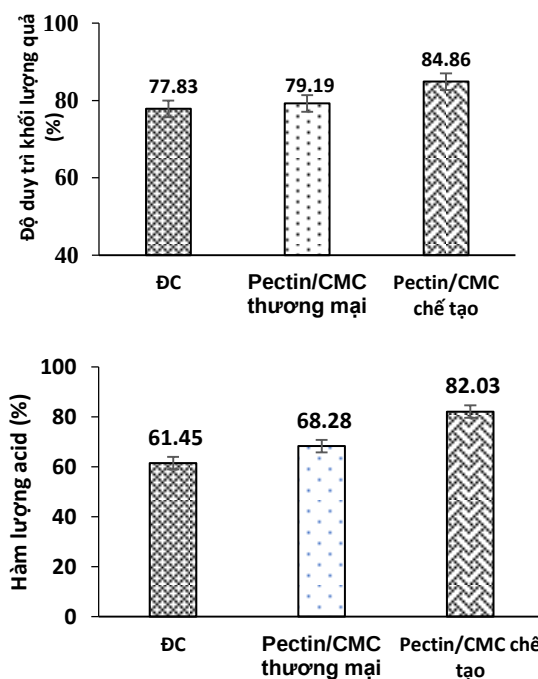
Tên màng	Độ dày màng (μm)	Độ bền kéo đứt (MPa)	Độ giãn dài khi đứt (%)
Pectin chế tạo	45,55 ± 1,82	11,73 ± 1,56	5,18 ± 1,01
CMC chế tạo	17,70 ± 2,16	19,21 ± 1,80	15,92 ± 1,85
Pectin/CMC chế tạo	20,12 ± 1,95	19,74 ± 1,92	13,61 ± 1,18
Pectin/CMC thương mại	24,40 ± 1,86	16,11 ± 1,89	11,38 ± 1,14
<i>P_{value}</i>	0,018	0,015	0,016

Kết quả thực nghiệm cho thấy màng Pectin/CMC chế tạo có độ dày mỏng hơn, trong khi độ bền kéo đứt, độ giãn dài khi đứt cải thiện hơn so với màng đơn Pectin hay màng đơn CMC và màng Pectin/CMC thương mại. Trong quá trình bảo quản, màng bảo quản cần có độ dày vừa phải, trong khi độ bền kéo đứt lớn. Phân tích phương sai từ các kết quả thực nghiệm cho thấy $P_{value} < 0,05$, do đó, có sự khác biệt về mặt thống kê giữa các tính chất cơ lý của bốn loại màng. Chính vì vậy, có thể nhận thấy, với ứng dụng bảo quản quả, màng Pectin/CMC chế tạo hay màng Pectin/CMC thương mại đều cho các tính chất phù hợp.

3.3. Đánh giá khả năng bảo quản nho xanh của các màng hình thành từ Pectin, CMC chế tạo và Pectin, CMC thương mại

Màng Pectin/CMC được tạo ra từ hai nguồn nguyên liệu khác nhau là Pectin, CMC tách/ tổng hợp từ cùi bưởi và Pectin, CMC thương mại với tỷ lệ nguyên liệu được chọn là 50/50. Khả năng bảo quản nho xanh của hai loại màng Pectin/CMC được đánh giá thông qua độ duy trì khối lượng quả, hàm lượng acid hữu cơ tổng số và trạng thái của quả. Những thông số này sẽ được so sánh với thông số tương ứng của mẫu đối chứng (ĐC) là quả không bọc.

Sự thay đổi khối lượng quả và hàm lượng acid hữu cơ tổng số sau 10 ngày bảo quản của các quả bọc và không bọc được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Khả năng bảo quản nho xanh của màng

Kết quả thực nghiệm cho thấy, khối lượng quả nho xanh đều bị giảm đi sau 10 ngày bảo quản. Điều này xảy ra với cả quả đối chứng, cũng như các quả được bọc trong màng. Tuy nhiên, khi bảo quản, các màng Pectin/CMC đều cho thấy khả năng bảo quản quả nho khỏi sự hao hụt về khối lượng tốt hơn so với quả không được bọc; trong khi đó, quả được bảo quản bằng màng Pectin/CMC chế tạo cho khả

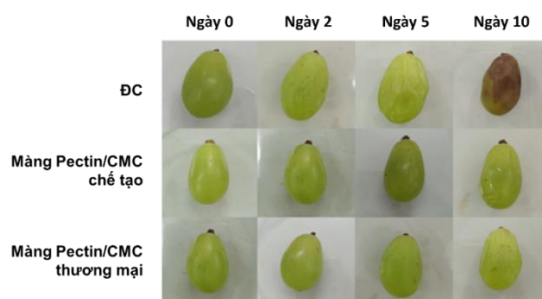
năng duy trì khối lượng quả tốt hơn hẳn (đến 84,86% sau 10 ngày).

Tương tự như vậy, việc sử dụng màng bọc đã giúp quá trình chín chậm lại do sự hạn chế khả năng hô hấp của màng đối với quả, hàm lượng acid hữu cơ duy trì của các quả được bọc bằng màng Pectin/CMC chế tạo cao hơn nhiều so với quả được bọc bằng màng Pectin/CMC thương mại, và quả đổi chứng.

Kết quả trên cho thấy, màng Pectin/CMC chế tạo từ cùi bưởi thể hiện rất tốt khả năng bảo quản. Hiệu quả bảo quản cao hơn của màng Pectin/CMC chế tạo phù hợp với các kết quả đánh giá đặc trưng hình thái và độ bền cơ lý của màng.

Việc sử dụng màng Pectin/CMC chế tạo đã cho thấy sự thay đổi rất rõ về trạng thái của quả. Kết quả thể hiện trên hình 5 cho thấy các quả nho xanh không bảo quản bằng màng, sau 10 ngày đã bị hỏng, vỏ bị thâm đen.

Như vậy, có thể thấy rằng, mẫu màng Pectin/CMC chế tạo và màng Pectin/CMC thương mại đều có khả năng giữ trạng thái quả tốt hơn nhiều so với mẫu quả đổi chứng không bọc, trong đó, mẫu màng Pectin/CMC chế tạo cho hiệu quả bảo quản cao hơn.



Hình 5. Trạng thái của quả nho xanh sau 10 ngày bảo quản

4. KẾT LUẬN

Kết quả của nghiên cứu này cho thấy màng Pectin/CMC chế tạo từ cùi bưởi và màng Pectin/CMC thương mại đều có hiệu quả trong việc bảo quản quả. Tuy nhiên, màng Pectin/CMC chế tạo đã thể hiện độ bền cơ học cao hơn màng Pectin/CMC thương mại, đặc biệt, khả năng bảo quản quả nho xanh sau 10 ngày vượt trội hơn, khả năng giữ trọng lượng quả tốt hơn và giảm hàm lượng axit hữu cơ nhỏ hơn. Đây là lựa chọn phù

hợp để thay thế cho các loại màng không phân hủy có trên thị trường hiện nay.

5. TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Rashidi, Ladan, Kianoush K, (2011). The applications of nanotechnology in food industry. *Critical reviews in food science and nutrition*, **51**(8), 723-730.
- [2] Vaclavik V. A, Christian E. W, Vaclavik V. A, Christian E. W, (2008). Chapter 19: Packaging of Food Products. *Essentials of Food Science*, 471-500.
- [3] Saurabh S, Rahul S. M, (2021). Bio-sourced polymers as alternatives to conventional food packaging materials: A review. *Trends in Food Science & Technology*, **115**, 87-104.
- [4] Tawiah P. O, Andol P. Y, Agyei-Agyemang A, Nyarko F, (2016). Characterization of recycled plastics for structural application. *International journal of science and technology*, **5**(6), 259-267.
- [5] Muhammad U, Muhammad A, (2017). Economic practices in plastic industry from raw material to waste in Pakistan: A case study. *Asian Journal of Water, Environment and Pollution*, **14**(2), 81-90.
- [6] Valentina S, Pietro R, Santina R, Marco D. R, (2008). Biodegradable polymers for food packaging: a review. *Trends in food science & technology*, **19**(12), 634-643.
- [7] Sanja S, Aleksandar N, Marija L. S, Melina K. K, (2019). Pectin/Carboxymethyl cellulose films as a potential food packaging material. *Macromolecular Symposia*, **378**, 160-163.
- [8] Arantzazu V, Nuria B, Alfonsa J, Maria C. G., (2015) Natural Pectin Polysaccharides as Edible Coatings. *MDPI Journals*, **5**(4), 865-886.
- [9] SeungRan Y, John M. K, (2012). Starch-methylcellulose whey protein film properties. *International journal of food science & technology*, **47**(2), 255-261.
- [10] Ngô Thị Minh Phương, Nguyễn Thanh Hội, Trần Thị Xô, (2018). Nghiên cứu tạo màng Pectin – Carboxymethyl cellulose có cố định tinh dầu sả.

Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng, **11(132)**, 122-126.

[11] Pauline F. D. S, Cami M, Thomas K, Carmelia A, Stephanie J, Rosemary G, Anna T, Andy H, Alan D. D, (2020). United Kingdom's fruit and vegetable supply is increasingly dependent on imports from climate-vulnerable producing countries. *Nature Journal*, **1(11)**, 705-712.

[12] Liew S. Q, Chin N. L, Yusof Y. A, (2014). Extraction and Characterization of Pectin from Passion Fruit Peels. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, **2**, 231-236.

[13] Kulkarni S.V, (2010). Effect of extraction conditions on the quality characteristics of Pectin from passion fruit peel, *Food Science and Technology*, **43(7)**, 1026-1031.

[14] Rahman M. S, (2021). Recent developments of carboxymethyl Cellulose. *Polymers*, **13(8)**, 1345-1394.

[15] Ngô Văn An, Nguyễn Thị Khánh Chi, Trần Quang Khánh, Dương Xuân Quân, Phạm Quang Trung, Ngô Hồng Ánh Thu, (2023). Nghiên cứu tách Pectin, Cellulose từ cùi bưởi và bước đầu tổng hợp Carboxymethyl Cellulose. *Tạp chí Khoa học: Khoa học Tự nhiên và Công nghệ*, **39(2)**, 49-58.

[16] Hà Thị Phương, Lê Văn Trọng, (2021). Nghiên cứu sự chuyển hoá sinh lý, hóa sinh theo tuổi phát triển của quả cà chua (*Solanum lycopersicum L.*) trồng tại Thanh Hóa. *Tạp chí Khoa học Đại học cần Thơ*, **57(3)**, 122-130.

[17] Yao S., Cao Q., Xie J., Deng L., Zeng K., (2018). Alteration of sugar and organic acid metabolism in postharvest granulation of Ponkan fruit revealed by trascriptome profiling. *Postharvest biology and technology*, **139**, 2-11.