

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO MÀNG SINH HỌC TRÊN CƠ SỞ TINH BỘT SẮN KẾT HỢP VỚI NANO Ag VÀ SiO₂ ỨNG DỤNG TRONG BẢO QUẢN CAM THIÊN AN

Võ Thị Thanh Kiều*, Lê Văn Luận

Trường Cao đẳng Công nghiệp Huế

*Email: vtkieu@hueic.edu.vn

Ngày nhận bài: 06/5/2024; Ngày chấp nhận đăng: 24/6/2024

TÓM TẮT

Chế tạo được màng sinh học trên cơ sở tinh bột sắn, PVA (Polyvinyl alcol), nano Ag và nano SiO₂. Tính chất của màng được xác định bằng các chỉ tiêu cường độ chịu kéo, khả năng kháng khuẩn của màng, khả năng kéo dài thời gian bảo quản cam Thiên An. Kết quả nghiên cứu cho thấy: Cường độ chịu kéo của màng tinh bột/PVA đạt giá trị 10 N/mm², khi bổ sung 25 mL nano Ag, SiO₂ 3% về khối lượng trong quá trình tạo màng tinh bột/PVA nano Ag, SiO₂, cường độ chịu kéo của màng tinh bột/PVA/Ag, SiO₂ đạt được 19,7 N/mm², màng có khả năng kháng khuẩn trên hai chủng vi khuẩn *Bulgaricus subtilis* và *Staphylococcus aureus*. Khi sử dụng bao bì chế tạo được để bảo quản cam Thiên An – Huế, sau một thời gian bảo quản các tính chất độ hao hụt khối lượng, hàm lượng vitamin C vượt trội hơn so với mẫu không được bọc bao bì sinh học.

Từ khóa: Công nghệ nano, màng sinh học, nano Ag, nano SiO₂.

1. MỞ ĐẦU

Nước ta có nguồn nguyên liệu tinh bột sắn rất phong phú. Ở miền Trung, tuy khí hậu khắc nghiệt, đất đai kém màu mỡ nhưng mỗi năm cho một sản lượng tinh bột rất cao nhất là tinh bột sắn. Tuy nhiên, việc sử dụng nguồn nguyên liệu này sao cho có giá trị kinh tế cao hiện nay còn hạn chế. Dựa trên khả năng phân hủy sinh học, thân thiện và giá rẻ, tinh bột là một trong những vật liệu đầy hứa hẹn nhất của tất cả các vật liệu polymer sinh học tiềm năng [1, 2]. Một số nghiên cứu đặc tính của màng tinh bột từ ngô [3, 4] khoai tây [5, 6] đã được thực hiện. Trong số đó, màng tinh bột sắn cũng là một vật liệu polymer sinh học tiềm năng có khả năng phân hủy sinh học. Vì vậy, việc nghiên cứu đưa nguồn nguyên liệu tinh bột này vào sản xuất công nghiệp như sản xuất màng bao bì thực phẩm, chế phẩm nhúng nhằm bảo quản nông sản có một ý nghĩa kinh tế - xã hội cao là vô cùng cấp thiết.

Đề tiêu thụ nông sản bền vững, bảo quản sau thu hoạch là một trong những vấn đề quan trọng mà cả người sản xuất và doanh nghiệp quan tâm hiện nay. Theo nhiều chuyên gia kinh tế, Việt Nam hiện gặp nhiều khó khăn trong tiêu thụ hoa quả nói riêng và các sản phẩm nông sản khác nói chung mỗi khi vào vụ, bởi công nghệ bảo quản sau thu hoạch và năng lực sơ chế còn hạn chế, chưa hình thành được hệ thống sơ chế, xử lý, đóng gói và bảo quản, chưa có mối quan hệ liên hoàn giữa sản xuất, sơ chế, bảo quản và tiêu thụ rau quả trên thị trường.

Công nghệ nano, một lĩnh vực mới và hấp dẫn của khoa học, cho phép nâng cao nghiên cứu trong nhiều lĩnh vực và khám phá công nghệ nano có thể mở ra nhiều hướng ứng dụng trong lĩnh vực công nghệ sinh học và nông nghiệp. Một trong số các hạt nano thân thiện với môi trường và con người được ứng dụng rộng rãi hiện nay là nano bạc. Các hạt nano bạc có diện tích mặt rất lớn, gia tăng tiếp xúc của chúng với vi khuẩn hoặc nấm và nâng cao hiệu quả diệt khuẩn và diệt nấm [7]. Đã có nhiều cứu kết hợp nano Ag, SiO₂ ứng dụng để bảo quản thực

phẩm, giảm sự phát triển của các loài vi khuẩn trong một số thực phẩm [8, 9]. Tuy nhiên, những nghiên cứu về sự kết hợp các thành phần tinh bột sắn, PVA và các loại nano để tạo thành polymer cải thiện tính chất cơ và tăng hoạt tính kháng khuẩn nhằm bảo quản một số nông sản ở Việt nam ít được nghiên cứu. Do đó, việc nghiên cứu chế tạo chế phẩm sinh học có khả năng kháng khuẩn từ tinh bột sắn, PVA, nano bạc và nano SiO₂ từ một số nguồn gốc thực vật có chứa hợp chất fitonxit cao là rất thiết thực. Do đó nhóm tác giả đã tiến hành “Nghiên cứu chế tạo màng sinh học trên cơ sở tinh bột sắn kết hợp với nano Ag và SiO₂ ứng dụng trong bảo quản cam Thiên An”.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

+ Tinh bột sắn được cung cấp bởi nhà máy Tinh bột sắn Thừa Thiên Huế, có chất lượng: độ trắng >96,0%, độ tinh khiết 97,5%, tạp chất không quá 0,05%, hàm lượng đạm 0,20%.

+ Polyvinyl alcohol (PVA), (C₂H₄O)_n: PVA 217, xuất xứ từ Trung Quốc.

+ Nano SiO₂: cung cấp bởi Công ty hoá chất KDC Chemical, xuất xứ Trung Quốc.

+ Cam Thiên An (cam TA): Thời kỳ ra hoa từ tháng 1-2 âm lịch và quả chín bắt đầu thu hoạch là cuối tháng 7 nhưng để quả chín có phẩm chất tốt nhất là vào tháng 8 tại đồi Thiên An xã Thủy Bằng, Hương Thủy, Thừa Thiên Huế. Trọng lượng: 4-5 quả/1 kg.

Dung dịch nano Ag: kế thừa sản phẩm dung dịch nano bạc từ rau má (*Centella asiatica*) [10]. Nguyên tắc chế tạo nano Ag là chuyển electron Ag⁺ về dạng nguyên tử Ag bằng cách sử dụng nguyên liệu ban đầu là dung dịch AgNO₃, dịch chiết từ rau má và PVA làm chất ổn định ngăn cản sự kết dính của các hạt Ag, duy trì kích thước nhỏ của hạt Ag và làm cho dung dịch Ag bền theo thời gian [11].

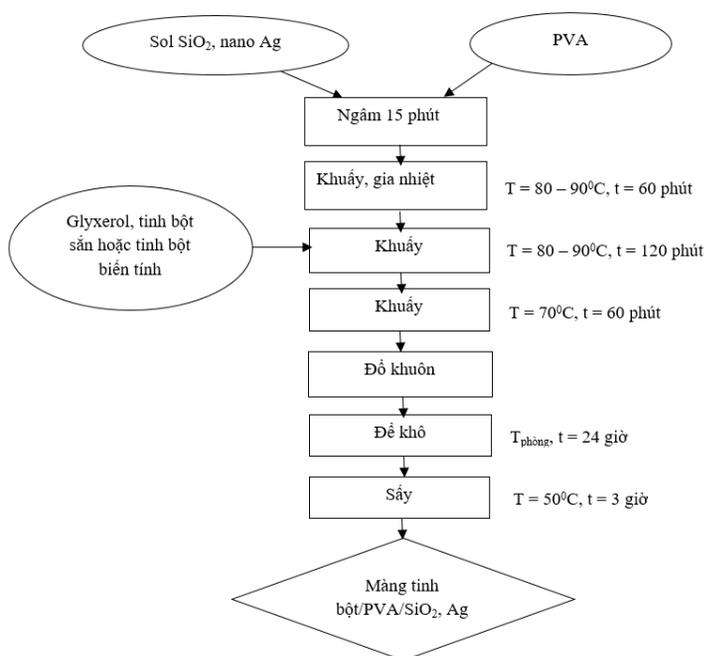
2.2. Phương pháp

2.2.1. Quy trình các bước tạo màng sinh học

PVA được cân cho vào cốc thủy tinh chịu nhiệt 250 mL, bổ sung 25 mL dung dịch nano Ag nồng độ 30 ppm và dung dịch nano SiO₂. Để cốc ở nhiệt độ phòng cho PVA trương nở hoàn toàn trong 15 phút. Cho cốc vào bể nhiệt ở 60 °C với thời gian 15 phút, sau mỗi chu kỳ 5 phút khuấy bằng đũa khuấy để đồng nhất chế phẩm PVA-Ag-SiO₂, PVA tan hoàn toàn tạo thành dung dịch PVA-Ag-SiO₂.

Sau khi PVA tan hoàn toàn đặt trong bể nhiệt, ta cân tinh bột sắn và phụ gia cho vào cốc chứa PVA và khuấy gia nhiệt ở nhiệt độ 60 °C trong 30 phút thì hỗn hợp trong cốc được hồ hóa hoàn toàn. Dùng ống nghiệm thủy tinh để cán đều hỗn hợp trên tấm kính (40 × 120) cm. Màng sau khi được tráng trên bề mặt kính sẽ được bảo quản ở nhiệt độ phòng trong vòng 24 giờ. Sau đó tiến hành tháo màng cho vào tủ sấy ở nhiệt độ 50 °C. Thời gian sấy tạo sản phẩm là 3 giờ.

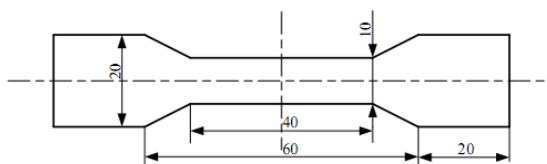
Các mẫu màng tinh bột/PVA/Ag, SiO₂ chế tạo có kích thước (20 × 100) cm được kiểm tra bằng phương pháp vật lý, phân tích đặc trưng của các mẫu nhờ các phương pháp phân tích vi sinh, kiểm tra độ bền kéo của màng và thử nghiệm hiệu quả bảo quản cam Thiên An thông qua kiểm tra độ hao hụt khối lượng và hàm lượng vitamin C.



Hình 1. Quy trình tổng hợp màng tinh bột/PVA/Ag, SiO₂

2.2.2. Phương pháp đo độ bền kéo đứt

Các mẫu màng chế tạo được cắt thành mẫu có kích thước như Hình 2:



Hình 2. Kích thước các mẫu màng chuẩn bị đo độ bền kéo đứt

Sau khi chuẩn bị các mẫu màng chúng tôi tiến hành đo độ bền kéo đứt trên máy DRK101C, hãng Drick - Trung Quốc, tại khoa kỹ thuật đô thị - Trường Cao đẳng công nghiệp Huế.

2.2.3. Phương pháp xác định hao hụt khối lượng tự nhiên

Cân khối lượng của quả ở mỗi công thức trước khi bảo quản và ở mỗi lần phân tích bằng cân kỹ thuật với 3 lần lặp lại.

Phần trăm hao hụt khối lượng tự nhiên được tính theo công thức:

$$X = \frac{(M_1 - M_2) \cdot 100}{M_1}$$

Trong đó:

X: phần trăm hao hụt khối lượng tự nhiên ở mỗi lần phân tích.

M₁: khối lượng mẫu trước bảo quản.

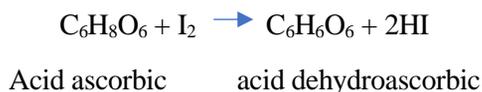
M₂: khối lượng mẫu ở các lần phân tích.

2.2.4. Phương pháp xác định hàm lượng Vitamin C [12]

Nguyên tắc: Vitamin C có nhiều trong quả. Nó tham gia phản ứng oxy hóa khử. Trong phân

tử acid ascorbic chứa nhóm dienol (-HOC=COH-)CO có tính khử mạnh nên có thể khử dung dịch I₂. Dựa vào lượng I₂ bị khử bởi vitamin C có trong mẫu tính ra được hàm lượng vitamin C có trong mẫu đem phân tích.

Phương trình phản ứng:



Cân 5 g nguyên liệu và nghiền nhanh chóng trong cối sứ với 5 mL HCl %. Sau đó chất nước trong, lặp lại tương tự 3-4 lần và dùng nước cất tráng cối, chày sứ sang bình định mức 100 mL và thêm nước cất khuấy đều lọc. Vitamin C rất dễ bị oxy hóa trong không khí nhất là khi có sự hiện diện của các ion kim loại (Fe, Cu). Vì vậy, trong khi chuẩn bị mẫu phải cất bằng dao không rỉ và làm nhanh.

Đặt bình định mức trong bóng tối 10 phút, cho lượng vitamin C trong nguyên liệu được hòa tan hoàn toàn, sau đó lọc lấy dịch trong. Lấy 20 mL dịch lọc trong cho vào bình tam giác 100 mL. Thêm 5-10 giọt hồ tinh bột 1% và chuẩn độ ngày bằng dung dịch iod 0,01N đến khi có màu xanh. Vitamin C trong 1g mẫu vật được tính như sau:

$$x\% = \frac{0.00088.a.T.V.100}{v.N}$$

Trong đó:

a: thể tích (mL) dung dịch iod 0,01N dùng khi chuẩn độ.

T: hệ số hiệu chỉnh dung dịch iod 0,01N với dung dịch Na₂S₂O₃ 0,01N.

V: thể tích chung của dịch chiết.

v: thể tích dịch chiết lấy để chuẩn độ.

N: trọng lượng mẫu phân tích.

0,00088: số gram vitamin C tương ứng với 1 mL dung dịch iod 0,01N.

Khối lượng vitamin C (mg) trong 100g mẫu là:

$$M = \frac{x\%.1000.100}{100}$$

Trong đó: M là lượng vitamin C trong 100 g mẫu (mg).

1000: hệ số chuyển đổi từ g sang mg.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định thành phần nguyên liệu chế tạo màng

Thành phần chế tạo màng được thể hiện ở Bảng 1.

Bảng 1. Thành phần và tỷ lệ chế tạo màng tinh bột/PVA và tinh bột/ PVA/Ag, SiO₂.

STT	Mẫu	PVA	Tinh bột sắn	Sol Ag/SiO ₂ 3%	Glyxerol	PDMS	Nhựa thông
1	NS/PVA	80	10	0	5	4,2	0,8
2	NS/PVA 20 mL Ag, SiO ₂ 3%	80	10	20 mL	5	4,2	0,8
3	NS/PVA 25 mL Ag, SiO ₂ 3%	80	10	25 mL	5	4,2	0,8
4	NS/PVA 30 mL Ag, SiO ₂ 3%	80	10	30 mL	5	4,2	0,8

PVA và tinh bột là các polyme ưa nước, có chứa nhiều nhóm hydroxyl trong cấu trúc [13]. Do vậy, bản thân PVA và tinh bột đã có thể tương hợp với nhau. Việc thêm PDMS, glycerol, sol Ag, SiO₂ sẽ làm tăng khả năng tương hợp giữa PVA và tinh bột, ngăn cản quá trình kết tinh lại của tinh bột trong quá trình bảo quản, đồng thời cải thiện tính chất của polyme blend. Nhựa thông có vai trò như là chất kết dính có khả năng làm bền liên kết của tinh bột và nhựa nền PVA. Các mẫu màng chế tạo được ghi lại ở Hình 3.



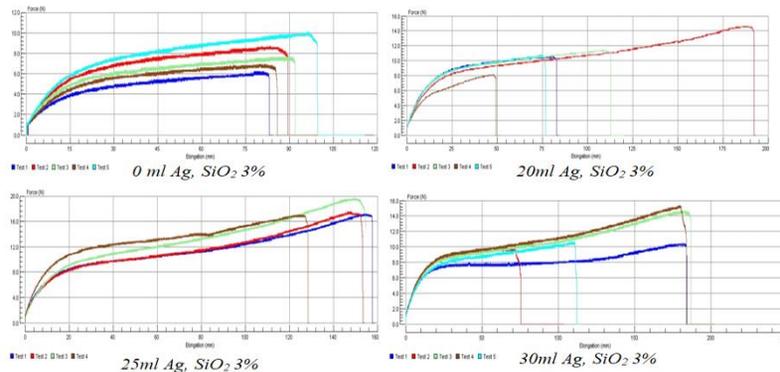
Hình 3. Các mẫu màng NS/PVA (a), NS/PVA/20 mL sol Ag, SiO₂ (b), NS/PVA/25 mL sol Ag, SiO₂ (c), NS/PVA/30 mL sol Ag, SiO₂ (d)

3.2. Xác định độ bền kéo đứt của màng

Kết quả đo độ bền kéo đứt của của các màng chế tạo được thể hiện ở Bảng 2 và Hình 4.

Bảng 2. Kết quả độ bền kéo đứt của màng tinh bột/PVA và tinh bột/PVA/Ag, SiO₂

Mẫu	Độ bền kéo đứt (N/mm ²)
NS/PVA	10
NS/PVA 20 mL Ag, SiO ₂ 3%	14,5
NS/PVA 25 mL Ag, SiO ₂ 3%	19,7
NS/PVA 30 mL Ag, SiO ₂ 3%	15,6

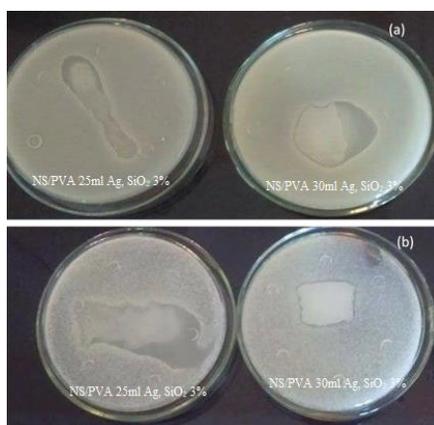


Hình 4. Kết quả đo độ bền kéo đứt các mẫu màng

Từ kết quả Bảng 2 và Hình 4 cho thấy khi bổ sung từ 20 mL đến 30 mL thể tích sol Ag, SiO₂ 3% vào quá trình chế tạo màng độ bền kéo đứt tăng cùng với sự tăng thể tích của sol Ag, SiO₂. Độ bền kéo đứt của màng tinh bột/PVA/Ag, SiO₂ đạt giá trị cao nhất là 19,7 N/mm² khi cho thêm 25 mL Ag, SiO₂ 3%. Nếu tiếp tục tăng thể tích dung dịch Ag, SiO₂ 3% lên 30 mL thì độ bền kéo đứt của màng chỉ đạt giá trị 15,6 N/mm². Độ bền kéo của các màng polyme tinh bột/PVA là do sự hình thành liên kết phân tử giữa PVA và tinh bột [14, 15]. Khi cho thêm sol Ag, SiO₂ vào hỗn hợp tinh bột/PVA, sự gia tăng sức căng của hỗn hợp PVA/Tinh bột/Ag, SiO₂ là do liên kết liên phân tử giữa SiO₂, tinh bột/PVA [16] và giữa Ag, SiO₂, PVA. Do đó chúng tôi sử dụng kết quả bổ sung 25 mL nano Ag, SiO₂ 3% và 30 mL nano Ag, SiO₂ 3%, để thực hiện các nghiên cứu tiếp theo.

3.3. Xác định khả năng kháng khuẩn của màng

Để khảo sát khả năng kháng khuẩn của màng polyme khi bổ sung 25 mL nano Ag, SiO₂ 3% và 30 mL nano Ag, SiO₂ 3%, chúng tôi tiến hành thử nghiệm trên 2 chủng vi khuẩn *Bulgaricus subtilis* và *Staphylococcus aureus*. Kết quả thử nghiệm được thể hiện ở Hình 5 cho thấy khi sử dụng 25-30 mL Ag, SiO₂ 3% vào phối liệu chế tạo màng, có sự xuất hiện vòng kháng khuẩn xung quanh màng, hai chủng vi khuẩn không thể xâm nhập vào ranh giới của màng, do đó màng chế tạo có khả năng kháng khuẩn. Điều này phù hợp với kết quả nghiên cứu của công trình sử dụng nano Ag gắn trên SiO₂ hình thành vật liệu có khả năng kháng khuẩn [17].



Hình 5: Kết quả đánh giá khả năng kháng khuẩn của màng nano NS/PVA/Ag, SiO₂ 3%
(a) Khuẩn *Bulgaricus subtilis*; (b) Khuẩn *Staphylococcus aureus*

Mẫu màng chế tạo được khi bổ sung 25 mL và 30 mL nano Ag, SiO₂ 3% được ghép mí thành bao bì như Hình 6, sau đó tiến hành thử nghiệm bảo quản Cam Thiên An và khảo sát hiệu quả bảo quản cam của màng.



Hình 6. Ghép mí bao bì từ màng nano TBS/PVA/Ag, SiO₂

3.4. Xác định khả năng bảo quản của màng sinh học

Nhóm tác giả thực hiện các công thức để khảo sát khả năng bảo quản của màng tinh bột/PVA/Ag, SiO₂ như ở Hình 7.

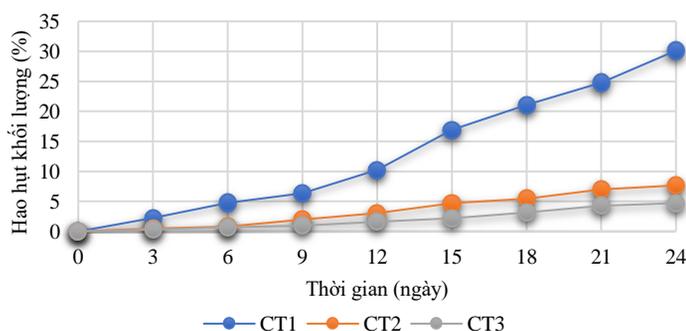
- CT1: Cam đối chứng (không bảo quản).
- CT2: Cam bọc màng TBS/PVA/Ag, SiO₂ khi bổ sung 30 mL nano
- CT3: Cam bọc bao bì TBS/PVA/Ag, SiO₂ khi bổ sung 25 mL nano.
- Điều kiện bảo quản: Nhiệt độ thường từ 20 đến 25 °C, thời gian từ 0 - 24 ngày.



Hình 7. Các mẫu cam Thiên An được bảo quản theo các công thức CT1 (a), CT2 (b), CT3 (c)

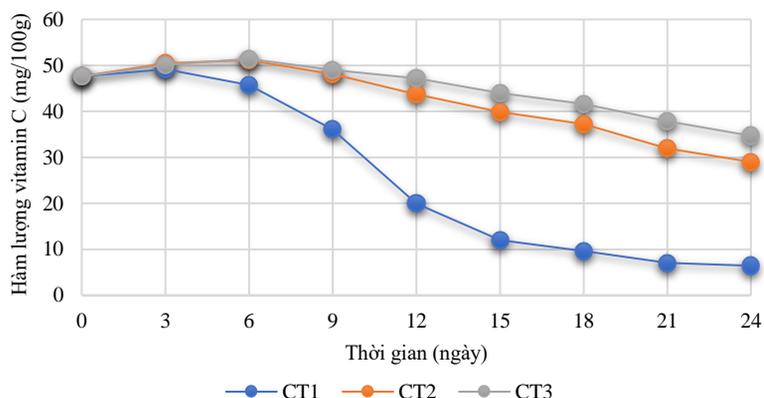
Để xác định những biến đổi của cam trong quá trình bảo quản nhóm tác giả đã khảo sát độ hao hụt khối lượng sau một thời gian bảo quản và có kết quả Hình 8.

Hình 8 cho thấy rằng: Hao hụt khối lượng tự nhiên của cam tăng theo thời gian bảo quản ở tất cả các công thức. Tuy nhiên hao hụt tự nhiên có sự khác nhau ở các công thức. Ở CT1 hao hụt tự nhiên của cam là 4,75% ở 6 ngày, 21,11% ở 18 ngày và 30,12% ở 24 ngày. Còn ở CT2 sự hao hụt tự nhiên của cam là 0,82% ở 6 ngày, 5,46% ở 18 ngày và 7,66% ở 24 ngày. Tương tự CT3 là 0,72% ở 6 ngày, 3,16% ở 18 ngày và 4,71% ở 24 ngày. Thời gian bảo quản càng dài thì hao hụt khối lượng tự nhiên của cam càng lớn. Mẫu CT1 hao hụt khối lượng tự nhiên của cam là lớn nhất cụ thể là ở 24 ngày hao hụt tới 30,12%, gấp 3,93 lần so với CT2 và gấp 6,4 lần so với CT3. Như vậy cam được bảo quản bằng bao bì NS/PVA/Ag, SiO₂ có độ thoát hơi nước thấp hơn, từ đó khối lượng tự nhiên của cam giảm ít hơn. Ở CT3 và CT2 có sự hao hụt tự nhiên ít nhưng có sự khác nhau. Hao hụt khối lượng ở CT2, CT3 trong chín ngày đầu không có sự khác biệt nhiều, tuy nhiên từ 12 ngày đến 24 ngày có sự khác biệt lớn như CT2 lớn hơn CT3 1,634%. Từ đó thấy được CT3 hao hụt tự nhiên là thấp nhất.



Hình 8. Biến đổi hao hụt phần trăm khối lượng của cam trong thời gian bảo quản với các công thức khác nhau

Vitamin C là một thành phần hết sức quan trọng đối với con người và trong đó cam là một loại thực phẩm giàu vitamin C. Do đó, nhóm tác giả cũng tiến hành theo dõi sự biến đổi hàm lượng vitamin C của cam trong quá trình bảo quản. Kết quả thể hiện ở Hình 9.



Hình 9. Sự biến đổi hàm lượng vitamin C của cam trong thời gian bảo quản với các công thức màng khác nhau

Hình 9 cho thấy rằng cam có hàm lượng vitamin C cao, ở 0 ngày cam có hàm lượng vitamin C là 47,6 mg/100 g. Trong thời gian bảo quản hàm lượng vitamin C có tăng lên do hàm lượng đường trong quá trình bảo quản càng ngày càng tăng và chuyển hóa thành vitamin C tăng lên như ở CT1: 0 ngày 47,6 mg/100 g thì đến 3 ngày tăng lên 49,18 mg/100 g, CT2, CT3 sau 6 ngày lần lượt 51,14 mg/100g, 51,43 mg/100 g. Tuy nhiên, vitamin C lại dễ bị oxy hóa do không khí xâm nhập và quá trình khử của các mô bị phá hủy do đó vitamin C trong quá trình bảo quản thường giảm mạnh. Như ở CT1 từ 3 ngày đến 24 ngày hàm lượng giảm đến 42,73 mg/100 g tương ứng với 89,77% so với hàm lượng vitamin C ban đầu. Còn ở CT2, CT3 hàm lượng vitamin C từ 0 ngày đến 6 ngày hàm lượng vitamin C tăng và không có sự khác biệt nhiều. Tuy nhiên, từ 9 ngày đến 24 ngày hàm lượng vitamin có sự thay đổi rõ rệt và sau 24 ngày hàm lượng vitamin C trong CT2 29,04 mg/100 g giảm 22 mg/100 g và giảm 40% so với lượng vitamin C ban đầu. Ở CT3 lượng vitamin sau 24 ngày còn 34,71 mg/100 g giảm 14,28 mg/100 g và giảm 30,00% so với lượng vitamin C ban đầu. Như vậy, các mẫu CT2, CT3 có lượng vitamin C bị oxy hóa là thấp hơn, đặc biệt mẫu CT3 lượng vitamin giảm thấp nhất. Vì do ở CT2, CT3 được bảo quản bởi màng NS/PVA/Ag, SiO₂ giúp giảm sự xâm nhập oxy không khí vào bên trong quả. Ngoài ra, dung dịch nano Ag/SiO₂ có tính kháng khuẩn tốt nên giúp chống lại các vi sinh vật tác động đến bề mặt làm ảnh hưởng tới mô tế bào quả. Do đó, quá trình oxy hóa của vitamin C trong quả được giảm đi đáng kể.

4. KẾT LUẬN

Đề tài chế tạo thành công màng sinh học từ dung dịch nano Ag, SiO₂, tinh bột sắn, PVA. Khi bổ sung 25 mL dung dịch nano Ag/SiO₂ vào phối liệu độ bền kéo của màng chế tạo đạt giá trị cao nhất là 19,7 N/mm². Màng chế tạo được có khả năng kháng khuẩn trên 2 chủng vi khuẩn *Bulgaricus subtilis* và *Staphylococcus aureus*. Khi sử dụng bao bì chế tạo để bảo quản cam Thiên An, sau 24 ngày bảo quản độ hao hụt khối lượng, vitamin C vượt trội hơn so với mẫu đối chứng (mẫu không được bọc bao bì sinh học). Nguyên liệu sử dụng để chế tạo màng từ tinh bột sắn, PVA là những nguyên liệu rẻ. Ngoài ra dung dịch nano bạc được kế thừa sản phẩm dung dịch nano bạc từ rau má nên việc chế tạo bao bì ứng dụng thực tiễn trong bảo quản trái cây có tính khả thi.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Văn Quốc Bảo, Trương Thị Minh Hạnh - Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu lực của màng bao gói thực phẩm được chế tạo từ tinh bột sắn có bổ sung polyethylene glycol (Peg), Tạp chí khoa học và công nghệ, Đại học Đà Nẵng **3** (26) (2008) 49-57.
2. Nguyễn Quý An, Vũ Minh Đức, Vũ Thị Duyên - Nghiên cứu chế tạo màng polyme phân hủy sinh học trên cơ sở PBAT và tinh bột sắn, Tạp chí vật liệu xây dựng, Bộ Xây dựng **1** (2021) 25-29.
3. Dai L., Qiu C., Xiong L., Sun Q. - Characterisation of corn starch-based films reinforced with taro starch nanoparticles. Food Chem. **174** (2015) 82-88. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.11.005>
4. Moreno O., Pastor C., Muller J., Atarés L., González C., Chiralt A. - Physical and bioactive properties of corn starch - Buttermilk edible films. Journal of Food Engineering **141** (2014) 27-36. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.05.015>
5. Espinel Villacrés R., Flores S.K., Gerschenson L.N. - Biopolymeric antimicrobial films: Study of the influence of hydroxypropyl methylcellulose, tapioca starch and glycerol contents on physical properties. Mater. Sci. Eng. C Mater. Biol. Appl. **36** (2014) 108-117. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.11.043>
6. Hajar Othman S. - Bionanocomposite materials for food packaging applications: types of biopolymer and nano-sized filler. Food Chemistry **174** (2015) 296-303 <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2014.11.042>
7. Shahram Ahmadi - The importance of silver nanoparticles in human life, Advances in Applied NanoBio-Technologies **1** (1) (2020) 5-9. <https://www.dormaj.org/index.php/AANBT/article/view/20>
8. Karthik C., Caroline D.G., Dhanam Priya M., Pandi Prabha S. - Synthesis, characterization of Ag-SiO₂ nanocomposite and its application in food packaging, Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials **31** (2021) 2532-2541. <https://doi.org/10.1007/s10904-020-01853-7>
9. Jianying Zhao, Jing Qian, Ji Luo, Mingming Huang, Wenjing Yan - Application of Ag@SiO₂ nanoparticles within PVA to reduce growth of *E. coli* and *S. aureus* in beef patties, Journal of Food Science **87** (10) 4569-4579. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16292>
10. Le Dai Vuong, Nguyen Dinh Tung Luan, Dao Duy Hong Ngoc, Phan Tuan Anh and Vo-Van Quoc Bao - Green synthesis of silver nanoparticles from fresh leaf extract of *Centella asiatica* and their applications, International Journal of Nanoscience **16** (1) (2017) 1650018. <https://doi.org/10.1142/S0219581X16500186>
11. Võ Thị Quý Vinh, Lê Quốc Chon - Nghiên cứu tổng quan về nano Ag: Từ tổng hợp đến ứng dụng, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân **1** (32) (2019) 30-39.
12. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6427-2:1998 (ISO 6557/2:1984), 1998. Rau, quả và các sản phẩm rau quả - Xác định hàm lượng axit ascorbic. Phương pháp thông dụng, 1-10.
13. Hoàng Thị Hòa - Nghiên cứu chế tạo polyme phân hủy sinh học từ tinh bột sắn và polyvinyl alcohol (PVA) với nhựa thông, Tạp chí Nghiên cứu khoa học trường Đại học Sao Đỏ, Số **3** (70) 2020.
14. Gadhave, R., Mahanwar, P. and Gadekar, P. - Study on various compositions of polyvinyl alcohol and starch blends by cross-linking with glyoxal, Journal of Polymer Chemistry **9** (4) (2019) 76-85. <http://dx.doi.org/10.4236/ojpcem.2019.94007>

15. Phattarateera S., Xin L., Amphong C., Limsamran V., Threepopnatkul P. - Comparative studies of starch blends on the properties of PVA films, *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications* **6** (2023) 100340. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2023.100340>
16. Tang S., Zou P., Xiong H., Tang H. - Effect of nano-SiO₂ on the performance of starch/polyvinyl alcohol blend films, *Carbohydrate Polymers* **72** (3) (2008) 521-526. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.09.019>
17. Young Hwan Kim, Don Keun Lee, Hyun Gil Cha, Chang Woo Kim, and Young Soo Kang - Synthesis and characterization of antibacterial Ag-SiO₂ Nanocomposite, *J. Phys. Chem. C* **111** (9) (2007) 3629-3635. <https://doi.org/10.1021/jp068302w>

ABSTRACT

RESEARCH ON BIOFILM PRODUCTION BASED ON CASSAVA STARCH COMBINED WITH NANO AG AND SiO₂ FOR APPLICATION IN PRESERVING THIEN AN ORANGES

Vo Thi Thanh Kieu*, Le Van Luan

Hue Industrial College, 70 Nguyen Hue Str., Hue City, Thua Thien Hue, Vietnam

*Email: vttkieu@hueic.edu.vn

Fabrication of biofilm based on cassava starch, PVA (Polyvinyl alcohol), nano Ag and nano SiO₂. The properties of the membrane are determined by the criteria of tensile strength, antibacterial ability of the membrane, and the ability to prolong the preservation time of Thien An oranges. Research results show that: The tensile strength of the starch/PVA film reaches a value of 10 N/mm², when adding 25 mL of SiO₂ sol and Ag 3% by weight in the process of creating the starch/PVA nano Ag film, SiO₂, tensile strength of starch/PVA/Ag film, SiO₂ achieved 19.7 N/mm², the film has antibacterial ability on two bacterial strains *Bulgaricus subtilis* and *Staphylococcus aureus*. When using manufactured packaging to preserve Thien An oranges, after a period of storage, the properties of weight loss and vitamin C content are superior to samples without biological packaging.

Keywords: Nanotechnology, biofilm, nano Ag, nano SiO₂.