

NGHIÊN CỨU CHẾ TẠO LỚP PHỦ NANOCOMPOSITE TỪ CHITOSAN ỨNG DỤNG BẢO QUẢN QUẢ XOÀI

RESEARCH FABRICATION OF NANOCOMPOSITE COATING FROM CHITOSAN APPLIED FOR PRESERVING MANGO

Phạm Thị Lan¹, Phạm Thị Thu Hoài^{2*}, Đỗ Thu Hương³

¹Viện Kỹ thuật nhiệt đới, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Hội đồng trường, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

³Học viên cao học, Khoa Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp

Đến Tòa soạn ngày 15/11/2022, chấp nhận đăng ngày 24/11/2022

Tóm tắt: Trong những năm gần đây, việc nghiên cứu chế tạo màng phủ hoặc lớp phủ bảo quản thực phẩm có nguồn gốc thiên nhiên, dễ dàng bị phân hủy sinh học, an toàn với người sử dụng, khắc phục được những nhược điểm của màng polyme nhân tạo như thời gian phân hủy kéo dài, khó xử lý, gây ô nhiễm môi trường và có hại đến sức khỏe của con người, là hướng nghiên cứu hấp dẫn và có tính ứng dụng cao. Trong số đó polysaccharit có nguồn gốc thiên nhiên như chitosan đang chứng tỏ là nhóm vật liệu đầy tiềm năng trong bảo quản thực phẩm. Rutin là một hợp chất thuộc nhóm flavonoid có thể được chiết xuất từ thảo dược, rất an toàn, khá phổ biến và rẻ tiền, lại có hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn. Tuy nhiên, rutin lại khó phân tán trong dung dịch polyme nền, do đó, hạn chế đến hiệu quả sử dụng. Bài báo này đưa ra phương pháp chế tạo lớp phủ nanocomposite từ chitosan kết hợp với nano rutin, ứng dụng bảo quản quả xoài. Rutin được nano hóa có kích thước trung bình 50 nm, được đưa vào dung dịch chitosan với công thức CS2%/rutin0,5% cho thấy hiệu quả bảo quản tốt nhất so với các công thức trong khoảng nghiên cứu. Trong điều kiện bảo quản tự nhiên với nhiệt độ nằm trong khoảng 25-30°C, độ ẩm >80%, các mẫu quả xoài khi được phủ bởi công thức CS2%/rutin0,5% có thời gian bảo quản lâu hơn (18 ngày) và giữ được hàm lượng vitamin C (0,033 mg/mL), hàm lượng đường (14,69%) nhiều hơn so với các mẫu đối chứng.

Từ khóa: Bảo quản, chitosan, nanocomposite, xoài, rutin.

Abstract: Curently, the research and manufacturing of coatings for fruits preservation based on natural origins to overcome the disadvantages of artificial polymeric (non-biodegradable) are interesting and highly applicable. Among them, natural polysaccharides such as chitosan have been used widely for food preservation. This paper presented a method of fabricating nanocomposite coating applied to preserve mango based on chitosan combined with rutin nanoparticles. The nanoparticles had an average size of 50 nm, which was added to the chitosan 2% solution with 0.5% content. The results demonstrated the fomula gave best preservation effect compared to the others formulas in the study. Mango samples coated with this formula had the longer preservation time (18 days) and accumulated more vitamin C and sugar content than those in the control samples.

Keywords: Preservation, chitosan, mango nanocomposite, rutin.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là một trong các quốc gia nông nghiệp, nổi tiếng với các loại cây ăn quả nhiệt đới và cận nhiệt đới. Nhờ vào khí hậu phù hợp, diện tích đất canh tác rộng, cùng phương pháp trồng trọt và tưới tiêu hợp lý, Việt Nam đã thu về một sản lượng trái cây khổng lồ sau mỗi đợt thu hoạch. Trong đó, phải kể đến xoài, đặc biệt là xoài Cát Chu – là loại trái cây có giá trị dinh dưỡng cao, không chỉ được ưa chuộng bởi người tiêu dùng trong nước, mà còn thu hút được thị trường quốc tế. Năm 2021, gần 600.000 tấn xoài được xuất khẩu sang các nước, tăng 42% so với năm trước. Trong đó, sản lượng xuất khẩu sang Nhật Bản tăng gấp 3 lần, từ 215 tấn năm 2020 lên 640 tấn năm 2021, tương tự Hàn Quốc tăng 130% sản lượng. Ngày 19/2/2022, ba tấn xoài Cát Chu của Đồng Tháp đã xuất khẩu sang Hà Lan. Tuy nhiên, các thách thức về môi trường như độ ẩm cao, quá trình thu hái vận chuyển không đảm bảo, vi sinh vật dễ dàng xâm nhập tấn công và bản thân quá trình sinh lý tự nhiên của quả gây ra nhiều tổn thất về sản lượng, chất lượng dinh dưỡng cũng như tính chất cảm quan của quả. Ở Việt Nam, tổn thất sau thu hoạch chiếm con số không nhỏ từ 20-25%, ước tính tổng thiệt hại khoảng 8,8 triệu tấn (tương đương 3,9 tỷ USD) mỗi năm. Điều này không những gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến nền kinh tế quốc dân, mà còn hạn chế khả năng tiếp cận thị trường, sức cạnh tranh của nông sản Việt so với các sản phẩm nước ngoài. Do đó, việc tìm tòi và phát triển những phương pháp bảo quản hiệu quả để giảm thiểu tối đa các vấn đề nêu trên là hết sức cần thiết.

Trong những năm gần đây, vấn đề an toàn thực phẩm luôn nhận được sự quan tâm rất lớn của toàn xã hội. Việc sử dụng hóa chất có thể giúp thực phẩm kéo dài thời gian bảo

quản, đảm bảo chất lượng và cảm quan của sản phẩm. Tuy nhiên nếu sử dụng hóa chất không đúng quy định có thể gây ngộ độc cấp tính nếu liều lượng dùng quá giới hạn cho phép nhiều lần; gây ngộ độc mãn tính nếu dùng với thời gian kéo dài, liên tục; có nguy cơ hình thành khối u, ung thư, đột biến gen [1, 2]. Phần lớn các lớp phủ hoặc màng bọc bảo vệ thực phẩm truyền thống được làm từ nhựa polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyvinylchloride (PVC), tuy nhiên, các vật liệu polyme nhân tạo này có một số hạn chế nhất định. Chúng chỉ đóng vai trò như hàng rào thụ động để chẹn hoãn các tác động bất lợi của môi trường lên thực phẩm. Hơn nữa, thời gian phân hủy kéo dài, khó xử lý, lại gây ô nhiễm môi trường và có hại đến sức khỏe của con người. Vì vậy, việc nghiên cứu chế tạo màng phủ hoặc lớp phủ bảo vệ thực phẩm có nguồn gốc tự nhiên, dễ dàng bị phân hủy sinh học nhằm khắc phục những nhược điểm của màng polyme nhân tạo là hướng nghiên cứu hấp dẫn và có tính ứng dụng cao.

Trong số đó, polysaccharit có nguồn gốc tự nhiên như chitosan đang chứng tỏ là nhóm vật liệu đầy tiềm năng trong bảo quản thực phẩm. Chitosan (CS) là polisaccharit có nguồn gốc động vật từ vỏ của các loài giáp xác như tôm, cua, có khả năng tương thích sinh học và tự phân hủy cao [3]. Chitosan không tan trong nước, tan tốt trong môi trường acid loãng tạo thành dung dịch keo nhớt trong suốt, được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như thực phẩm, mỹ phẩm, dược phẩm [3]. Chitosan có độc tính thấp, có nhiều hoạt tính sinh học nổi bật như tính kháng khuẩn, kháng nấm, có tác dụng điều trị nhanh trên các vết thương, vết bỏng [4, 5]. Màng chitosan dễ dàng điều chỉnh độ ẩm, độ thoáng không khí cho thực phẩm, làm chậm lại quá trình hô hấp của quả

[6]. Tuy nhiên, các màng phủ làm từ polysaccharit như chitosan thường rất mỏng, hoạt tính sinh học không cao, hơn nữa, bản chất của chúng là thực phẩm nên cũng bị tác động tương tự như các thực phẩm khác. Việc bổ sung các chất phụ gia vào màng để cải thiện tính chất cơ lý, cũng như khả năng chống oxy hóa, kháng khuẩn, kháng nấm là thực sự cần thiết, đang là hướng nghiên cứu hấp dẫn, mới mẻ và thu hút được sự quan tâm nghiên cứu rất lớn của các nhà khoa học [7-9]. Trong số đó, rutin – một hợp chất trong nhóm flavonoid có thể được chiết suất từ thảo dược (như hoa hòe) rất an toàn, khá phổ biến ở vùng nhiệt đới nóng ẩm như nước ta lại có nhiều hoạt tính sinh học, nổi bật nhất là hoạt tính chống oxy hóa, chống viêm nhiễm, kháng viêm và kháng khuẩn [10-12]. Những hợp chất này có chức năng kép trong lớp màng, vừa để bảo vệ các polysaccharit tự nhiên tránh bị oxy hóa, đồng thời ức chế quá trình oxy hóa thực phẩm khi được đóng gói [12].

Tuy nhiên, các phụ gia hữu cơ thường khó phân tán một cách đồng đều trong nền polyme, gây ảnh hưởng rất lớn đến hiệu quả bảo quản. Do đó, trong nghiên cứu này, rutin sẽ được nano hóa, sau đó được bổ sung vào dung dịch chitosan nhằm tạo chế phẩm có hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hóa, định hướng bảo quản quả xoài sau thu hoạch.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Xoài sau khi thu hoạch, được lựa chọn theo các tiêu chí: quả được thu hoạch sau 80-85 ngày khi đậu trái, kích thước các quả có sự tương đồng, trung bình 11-12 cm, khối lượng trung bình 350-400g/trái; vỏ đều màu và láng; ưu tiên chọn quả vẫn còn cuống; quả không bị bệnh, không bị tổn thương vật lý.

Chitosan 99% dạng bột, màu trắng, TLPT 190 kDa; PEG có TLPT trung bình 400 là sản phẩm của Công ty Cổ phần Đức Giang; rutin có xuất xứ Việt Nam; axit axetic, cồn tuyệt đối (95%) từ Trung Quốc. 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) >97% là dạng tinh thể màu tối, xuất xứ Nhật Bản.

2.2. Quy trình nano hóa rutin

Quy trình nano hóa rutin được tiến hành như sau:

Bước 1: Chuẩn bị pha phân tán: rutin được hòa tan bằng cồn tuyệt đối, dùng máy khuấy từ khuấy trong thời gian 6 tiếng, tốc độ từ 400 -500 vòng/phút, kết hợp gia nhiệt tại nhiệt độ 40-50°C cho đến khi tạo thành dung dịch đồng nhất.

Bước 2: Chuẩn bị hỗn hợp chất mang: Hỗn hợp PEG/nước được phân tán đều trên máy khuấy từ, ở nhiệt độ phòng.

Bước 3: Tạo hỗn hợp vi nhũ tương: Dung dịch rutin/ PEG/H₂O theo tỉ lệ xác định được đưa vào thiết bị tạo nhũ trong thời gian 3 tiếng, ở nhiệt độ phòng.

Sau đó sản phẩm để qua đêm và được đem đi ly tâm 6 lần với tốc độ 5000 vòng/phút trong thời gian 10 phút. Sản phẩm là hỗn hợp đồng nhất ở dạng lỏng có nồng độ rutin 200 mg/mL.

2.3. Khảo sát nồng độ dung dịch chitosan để chế tạo màng phủ

CS được hòa tan trong dung dịch axit axetic 1% ở các nồng độ 1,5%; 2% và 2,5%. Màng phủ tạo bởi các dung dịch này được khảo sát nhằm xác định nồng độ dung dịch CS thích hợp nhất với quả xoài.

2.4. Khảo sát hàm lượng nano rutin trong dung dịch chitosan để tạo chế phẩm thích hợp

Nano rutin với các hàm lượng 0,33%; 0,5% và

1,0% được bổ sung vào dung dịch CS (có nồng độ được xác định ở bước 2.3). Hỗn hợp được đặt lên máy khuấy từ gia nhiệt tại nhiệt độ 50°C trong vòng 60 phút cho đến khi chế phẩm đạt được độ đồng nhất.

2.5. Các phương pháp nghiên cứu đặc trưng

Phương pháp kính hiển vi điện tử phát xạ trường FE-SEM và phổ tán xạ ánh sáng động DLS để xác định kích thước hạt.

Hoạt tính chống oxi hóa được xác định bằng phần trăm bắt gốc tự do của DPPH (P) và phép đo phổ tử ngoại khả kiến UV-Vis. Phần trăm bắt gốc tự do của DPPH của các mẫu được xác định theo công thức:

$$P = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100\% \quad (1)$$

Trong đó: A_0 là mật độ quang của dung dịch DPPH chuẩn; A là mật độ quang của mẫu.

2.6. Phương pháp tạo màng nanocomposite

Màng phủ được tạo ra bằng phương pháp nhúng quả trực tiếp trong dung dịch lỏng: xoài thu hoặc mua về cắt cuống → rửa sạch bằng nước khử ion → để khô ráo → nhúng trong dung dịch tạo màng phù hợp → để khô ráo → xếp quả trên khay nhựa, cuối cùng là bảo quản ở nhiệt độ nghiên cứu (25-30°C) và theo dõi sự thay đổi các chỉ tiêu cảm quan và chỉ tiêu sinh hóa của quả theo thời gian.

2.7. Các phương pháp đánh giá chỉ tiêu chất lượng của quả

Các nhóm quả trong quá trình bảo quản được đánh giá chỉ tiêu cảm quan về trạng thái, màu sắc, độ tươi.

Độ thối hỏng (X) của quả được xác định dựa theo công thức:

$$X = \frac{A}{B} \times 100\% \quad (2)$$

Trong đó: A là số quả hỏng; B là số quả theo dõi trong thời gian bảo quản.

Độ cứng của quả được xác định bằng máy đo độ cứng MARK-10 (Mỹ).

Xác định hàm lượng vitamin C trong xoài bằng phương pháp chuẩn độ iốt theo TCVN 11168:2015.

Xác định hàm lượng đường tổng số dựa trên cơ sở phản ứng tạo màu giữa đường khử với thuốc thử acid dinitrosalicylic (DNS).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

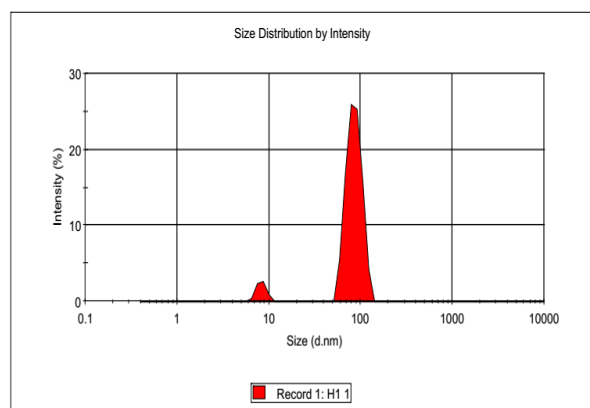
3.1. Xác định hình thái cấu trúc, hoạt tính chống oxy của nano rutin

Xác định hình thái cấu trúc của nano rutin

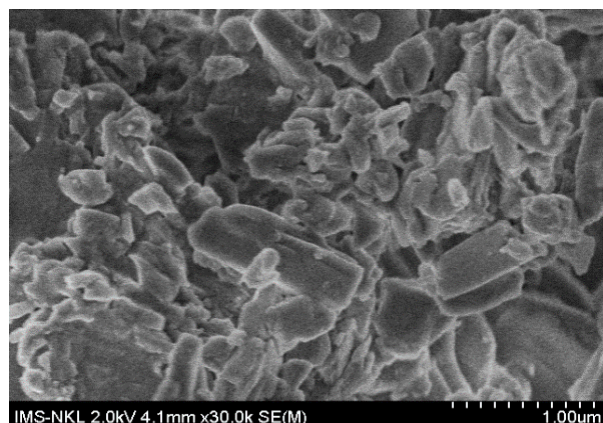
Kết quả phân tích phổ tán xạ ánh sáng động DLS trên hình 1 thể hiện 2 pic: 6,5% số hạt thu được có kích thước rất nhỏ (8,325 nanomet), phần lớn các hạt (93,5%) có kích thước trung bình 85,49 nm và hoàn toàn không có sự kết khối tạo ra các hạt ở vùng có kích thước lớn hơn, khẳng định các hạt nano rutin phân tán tương đối đồng đều.

Results

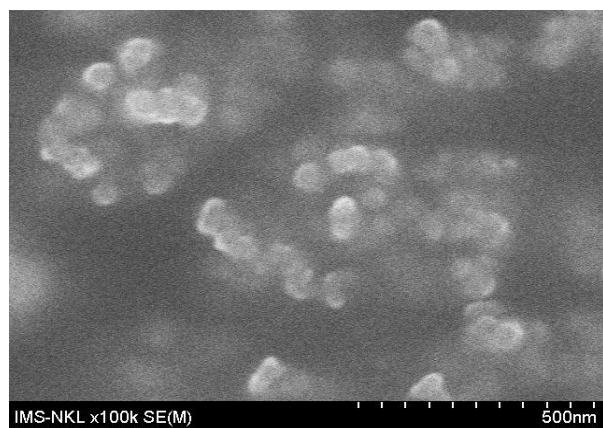
	Size (d.nm):	% Intensity	Width (d.nm):
Z-Average (d.nm): 176.8	Peak 1: 85.49	93.5	15.78
Pdi: 0.273	Peak 2: 8.325	6.5	0.9939
Intercept: 0.937	Peak 3: 0.000	0.0	0.000
Result quality: Refer to quality report			



Hình 1. Sự phân bố kích thước tiểu phân trong mẫu chất lỏng chứa nano rutin



(a)



(b)

Hình 2. Ảnh FE-SEM của rutin ở dạng thuần (a) và nano rutin (b)

Kết quả FE-SEM (hình 2) có thể thấy, rutin ban đầu có dạng thanh, mảnh. Sau khi được nano hóa, xuất hiện các hạt nano rutin dạng hình cầu, tương đối đồng đều, có kích thước trung bình 50 nm. Đây là kết quả thuận lợi để rutin có thể được phân tán đều trong dung dịch chitosan khi tạo chế phẩm bảo quản. Như vậy, kích thước hạt của các mẫu được đo trên phổ tán xạ laser động có kích thước lớn hơn so với ảnh chụp FESEM. Điều này có thể được giải thích như sau: khi các hạt nano rutin được phân tán trong môi trường nước sẽ tương tác với các phân tử nước, tạo ra vùng solvat hóa bao bọc xung quanh và làm cho các hạt có kích thước lớn hơn.

Kết quả phân tích hoạt tính chống oxy hóa

Kết quả xác định mối tương quan giữa phần

trăm bắt gốc tự do DPPH của nano rutin theo công thức (2) với nồng độ được thể hiện trên bảng 1.

Từ số liệu trong bảng 1 và hình 3, dễ dàng nhận thấy, khả năng bắt gốc tự do DPPH của nano rutin tăng khi nồng độ tăng.

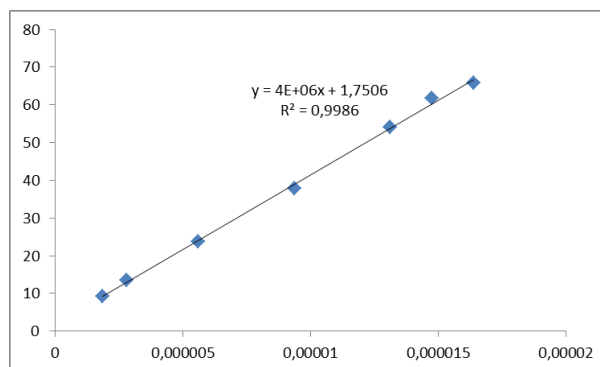
Bảng 1. Sự phụ thuộc hiệu quả chống oxy hóa (P) của rutin vào nồng độ của rutin trong dung dịch (C_{rutin})

Mẫu	$C_{\text{rutin}}, \text{mol.L}^{-1}$	P, %
1	1,87E-06	9,14
2	2,81E-06	13,43
3	5,62E-06	23,82
4	9,3597E-06	37,81
5	1,31036E-05	54,07
6	1,47415E-05	61,70
7	1,63795E-05	65,84

Từ phương trình hồi quy ta xác định được giá trị EC_{50} tương ứng của rutin là các giá trị nồng độ mà tại đó hoạt chất bắt được 50% gốc tự do của DPPH (hình 3). Giá trị này được liệt kê trong bảng 2.

Bảng 2. Phương trình tương quan giữa phần trăm bắt gốc tự do DPPH và nồng độ của rutin nano tương ứng





















Phương trình tương quan	Hệ số hồi quy	Giá trị $EC_{50}, \text{mol.L}^{-1}$
$y = 4 \cdot 10^6 x + 1,7506$	0,9986	$1,2 \cdot 10^{-5}$































Hình 3. Đồ thị biểu diễn mối tương quan giữa phần trăm bắt gốc tự do của DPPH với nồng độ của nano rutin

Khả năng chống oxi hóa của các polyphenol trong đó có rutin phần lớn là do trong phân tử có chứa các nhóm hydroxyl liên kết trực tiếp với vòng thơm, có khả năng nhường hydro, giúp các hoạt chất này có thể tham gia vào các phản ứng oxi hóa khử, bắt giữ các gốc tự do.. Trong nghiên cứu này, giá trị của rutin xác định được là $EC_{50} = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$.

3.2. Xác định hàm lượng CS thích hợp để bảo quản quả xoài

Ngày	CT0	CT15	CT20	CT25
2				
				
				
5				
				

				
8				
				
				
10				
				
				

Hình 4. Sự thay đổi màu sắc của xoài sau 12 ngày bảo quản với 4 công thức: CT0 (không phủ), CT15 (CS 1,5%), CS 20 (CS 2,0%); CS 25 (CS 2,5%)

Kết quả trên hình 4 cho thấy sự thay đổi của các mẫu xoài trong khoảng 12 ngày. Qua đánh giá trực quan, có thể nhận thấy, xoài để ở ngoài không khí, không sử dụng màng phủ bảo vệ, sau 5 ngày đã bắt đầu xuất hiện những vết đốm màu đen và bị hỏng hoàn toàn ở ngày thứ 8.

Bảng 3. Tỷ lệ thối hỏng (%) của xoài khi được phủ bởi các công thức: CT0 (mẫu không phủ); CT15 (CS 1,5%); CT20 (CS 2%); CT25 (CS 2,5%).

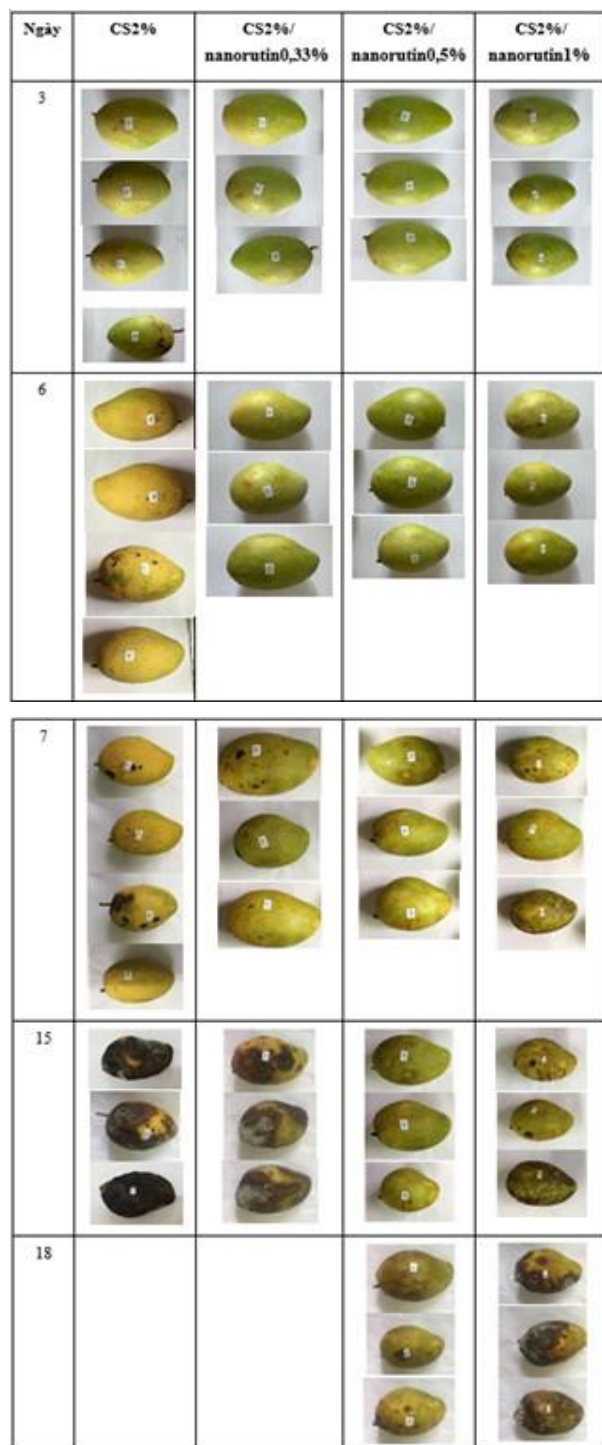
Ngày	Tỷ lệ thối hỏng của xoài (%)			
	CT0	CT15	CT20	CT25
2	10	5	0	5
5	30	10	0	10
8	100	30	5	40
10	—	95	10	70
12	—	—	70	100

Các mẫu quả được phủ bởi dung dịch chitosan cho thấy thời gian bảo quản tốt hơn. Các vết đốm đen bắt đầu xuất hiện trên các mẫu phủ bởi CT15 và CT25 ở ngày thứ 8 và bắt đầu bị thối hỏng hoàn toàn sau 10 ngày. Mẫu phủ bởi dung dịch chitosan 2% cho kết quả tốt nhất, sau ngày thứ 10 mới bắt đầu xuất hiện đốm đen và chỉ bắt đầu bị thối hỏng sau 12 ngày. Việc thử nghiệm trên các mẫu quả được lặp lại 3 lần. Từ đó tỷ lệ thối hỏng được tính toán và thể hiện trong bảng 3.

3.3. Xác định hàm lượng nano rutin thích hợp để tạo chế phẩm tạo màng phủ bảo quản

Sự biến đổi màu sắc và độ thối hỏng

Kết quả trên hình 5 cho thấy qua đánh giá trực quan, các mẫu quả được phủ bởi dung dịch chitosan khi được bổ sung nano rutin có thời gian bảo quản tốt hơn hẳn so với các mẫu đối chứng (mẫu chitosan 2%). Quả được phủ bởi dung dịch CS2% đã bắt đầu chuyển sang màu vàng ở ngày thứ 3 và vàng gần như hoàn toàn ở ngày thứ 6.



Hình 5. Sự thay đổi màu sắc của xoài sau 18 ngày bảo quản tương ứng với các công thức bảo quản

Trong khi các lớp phủ có chứa nano rutin đã làm chậm lại đáng kể quá trình chín của quả xoài (bắt đầu dần chuyển sang vàng ở ngày thứ 7) và chỉ bị hỏng khi bắt đầu bước sang ngày thứ 15. Mẫu phủ dung dịch chitosan 2%/nanorutin 0,5% cho kết quả tốt nhất so với các

mẫu còn lại, sau ngày thứ 13 mới bắt đầu xuất hiện đốm đen và chỉ bị thối hỏng hoàn toàn sau 18 ngày. Bảng 4 cho biết tỉ lệ thối hỏng (%) của xoài trong mẫu đối chứng (CS 2%) và 3 chế phẩm màng CS có chứa rutin ở dạng nano.

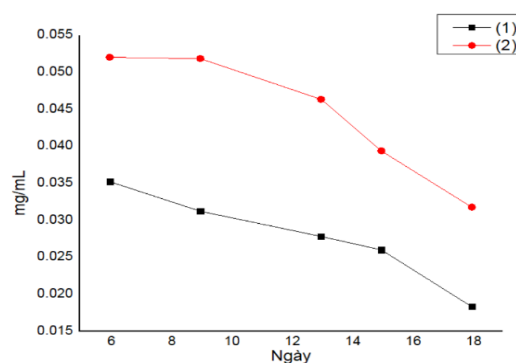
Bảng 4. Tỉ lệ thối hỏng (%) của xoài khi được phủ bởi các công thức: CT0 (CS2%); CT1 (CS 2% và hàm lượng rutin 0,33%); CT2 (CS 2% và hàm lượng rutin 0,5%); CT3 (CS 2% và hàm lượng rutin 1%)

Ngày	Tỉ lệ thối hỏng (%) của xoài			
	CT0	CT1	CT2	CT3
3	5	0	0	0
6	15	4	0	7
7	30	15	5	20
15	100	85	10	60
18	—	—	20	90

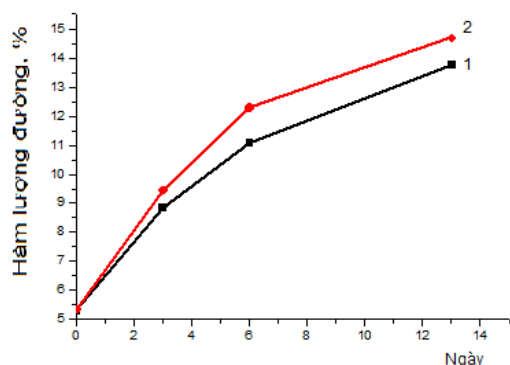
Như vậy, từ tỉ lệ thối hỏng có thể thấy, chế phẩm có hàm lượng rutin 0,5% cho hiệu quả bảo quản tốt nhất và được lựa chọn để tiến hành các phân tích trong các thí nghiệm tiếp theo.

Sự biến đổi hàm lượng đường và vitamin C

Từ các hình 6 và 7 ta có thể thấy hiệu quả bảo quản của lớp phủ chitosan/rutin so với khi không phủ: hàm lượng đường và vitamin C có trong xoài lần lượt là 14,69% và 0,033 mg/mL, được bảo toàn nhiều hơn so với mẫu đối chứng (13,76%, 0,018 mg/mL).



Hình 6. Hàm lượng vitamin C của mẫu xoài khi được phủ bởi công thức CT2 (CS2%/rutin 0,5%) (đường 2) và mẫu đối chứng khi không được phủ (đường 1)



Hình 7. Hàm lượng đường của xoài khi được phủ bởi công thức CT2 (CS2%/rutin0,5%) (đường 2) và mẫu đối chứng khi không được phủ (đường 1)

Như vậy, với khả năng ức chế quá trình oxy hóa, ức chế hoạt động của vi sinh vật, màng phủ CS2%/nanorutin0,5% làm chậm các quá trình biến đổi hóa, lý, sinh học bên trong quả, giúp cho hàm lượng dinh dưỡng được bảo toàn nhiều hơn so với các mẫu đối chứng.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, rutin đã được nano hóa đến kích thước dưới 100 nm và được phân tán trong dung dịch chitosan có nồng độ 2% để chế tạo màng phủ bảo quản xoài. Kết quả khảo sát hàm lượng của rutin trong chế phẩm cho thấy 0,5% là hàm lượng phù hợp nhất trong khoảng nghiên cứu kéo dài thời gian bảo quản lên 18 ngày và lưu giữ hàm lượng vitamin C và hàm lượng đường cao hơn so với các mẫu đối chứng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Nhiệm vụ Khoa học và Công nghệ theo Nghị định thư (Bộ Khoa học và Công nghệ) mã số NĐT/BY/22/01,.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R.L. Abarca, F.J. Rodríguez, A. Guarda, M.J. Galotto, J.E. Bruna, M.A. Fávoro Perez, F.R. Souza, M. Padula, "Application of β -cyclodextrin/2-nonanone inclusion complex as active agent to design of antimicrobial packaging films for control of *Botrytis cinerea*", Food and Bioprocess Technology 10 (2017), pp. 1585-1594.
- [2] H. Cui, M. Bai, L. Lin "Plasma-treated poly (ethylene oxide) nanofibers containing tea tree oil/beta-cyclodextrin inclusion complex for antibacterial packaging". Carbohydrate Polymers 179 (2018), pp. 360-369.
- [3] C.W. Richardson Simon, V.J. Kolbe Hanno, R. Duncan, "Potential of low molecular mass chitosan as a DNA delivery system: biocompatibility, body distribution and ability to complex and protect DNA", International Journal of Pharmaceutics 178 (1999), pp. 231-243.
- [4] I.R. Entsar, E.T.B. Mohamed, V.S. Christian, S. Guy, S. Walter, "Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action", Biomacromolecules 4(6) (2003), pp. 1457-1465.
- [5] K. Kurita, "Controlled functionalization of the polysaccharide chitin", Progress in Polymer Science 26 (2001), pp. 1921-1967.
- [6] P.J. Chien, F. Sheu, F.H. Yang, "Effects of edible chitosan coating on quality and shelf life of sliced mango fruit", Journal of Food Engineering 78 (2007), pp. 225- 229.
- [7] Z.F. Peng, D.Strack, A.Baumert et al, "Antioxydant flavonoids from leaves of *Polygonum hydropiper* L", Phytochemistry 62(2) (2003), pp. 219-504.
- [8] T. Guardia, A.E. Rotelli, A. O. Juarez, L.E. Pelzer, "Anti-inflammatory properties of plant flavonoids. Effects of rutin, quercetin and hesperidin on adjuvant arthritis in rat", Il Farmaco 56(9) (2001), pp. 683-687.

- [9] C.H. Jung, J.Y. Lee, C.H. Cho, C.J. Kim, "Anti-asthmatic action of quercetin and rutin in conscious guinea-pigs challenged with aerosolized ovalbumin", Archives of Pharmacal Research 30(12) (1007), pp. 1599–1607.
- [10] J.L. Koontz, J.E. Marcy, S.F.O' Keefe, S.E. Duncan, T.E. Long, R.D. Moffitt "Polymer processing and characterization of LLDPE films loaded with alpha-tocopherol, quercetin, and their cyclodextrin inclusion complexes", J. Appl. Polym. Sci. 117 (2010), pp. 2299–2309.

Thông tin liên hệ: **Phạm Thị Thu Hoài**

Điện thoại: 0947485555 - E-mail: ptthoai@uneti.edu.vn

Hội đồng trường, Trường Đại học Kinh tế - Kỹ thuật Công nghiệp.

-
-