

ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ THẤP VÀ MÀNG CHITOSAN KẾT HỢP VỚI NANO BẠC TỐI TỶ LỆ THỜI HỒNG CỦA TRÁI HỒNG XIÊM (*Manilkara zapota*) TRONG QUÁ TRÌNH BẢO QUẢN

Cao Xuân Thủy*, Lê Thị Hồng Ánh

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: thuycx@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 26/11/2024; Ngày chấp nhận đăng: 20/01/2025

TÓM TẮT

Hồng xiêm (*Manilkara zapota*) là một loại cây ăn quả có nguồn gốc từ Nam Mỹ nhưng hiện nay được trồng phổ biến ở các nước Đông - Nam Á như: Thái Lan, Malaysia, Việt Nam... Trái hồng xiêm (Sapodillas) rất được ưa chuộng do có vị ngọt thanh, hương thơm, giàu dinh dưỡng và chất xơ. Trái hồng xiêm nếu không được bảo quản tốt sẽ thối, hỏng rất nhanh. Nghiên cứu này tập trung khảo sát, đánh giá ảnh hưởng đồng thời của nhiệt độ thấp và màng bảo quản được làm từ chitosan kết hợp với nano bạc tối tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm trong quá trình bảo quản. Kết quả nghiên cứu cho thấy: trong thời gian bảo quản 16 ngày, khoảng nhiệt độ từ 12 °C - 15 °C cho thấy có hiệu quả với tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng thấp nhất là 26,07%. Nồng độ chitosan tạo màng tối ưu là 1,5% cho tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng thấp nhất là: 28,04% sau thời gian bảo quản 16 ngày. Tuy nhiên, khi kết hợp nano bạc nồng độ 4 ppm với chitosan 1,5% thì có thể kéo dài thời gian bảo quản lên 20 ngày và tỷ lệ thối hỏng thấp nhất của hồng xiêm là 20,01%. Kết quả so sánh một số chỉ tiêu chất lượng của trái hồng xiêm trước và sau thời gian bảo quản 20 ngày như sau: tổng chất rắn hòa tan (TSS) tăng từ 17,8 °Bx lên 27,56 °Bx; axit tổng tăng từ 0,87 g/100 mL lên 1,56 g/100 mL dịch quả. Tỷ lệ hao hụt trọng lượng quả hồng xiêm là 14,01%.

Từ khóa: *Manilkara zapota*, chitosan, nano bạc, tỷ lệ thối hỏng.

1. MỞ ĐẦU

Trái hồng xiêm sau khi thu hoạch sẽ chín nhanh, rất dễ thối hỏng và thường được sử dụng trong thời gian ngắn. Hiện nay có nhiều phương pháp được áp dụng để kéo dài thời gian bảo quản hồng xiêm như: bảo quản lạnh, sử dụng hóa chất, dùng biofilm (gọi chung là màng bảo quản), bổ sung enzyme... Trong các phương pháp vừa nêu, việc dùng màng bảo quản không những tỏ ra có hiệu quả, dễ áp dụng mà còn đảm bảo an toàn thực phẩm [1, 2]

Sử dụng nhiệt độ thấp hay bảo quản lạnh được coi là một trong những phương pháp rất hiệu quả trong bảo quản trái cây [3]. Nhiệt độ thấp cho phép trái cây kéo dài thời gian bảo quản, đảm bảo tối đa hương vị tự nhiên và giá trị dinh dưỡng, phá vỡ rào cản về mùa vụ và khoảng cách địa lý [4]. Màng sinh học có thể được tạo ra từ hỗn hợp một vài chất như: polyethylene, carnuba wax (palm wax), chitosan, tinnin, nisin... [5]. Việc tạo màng sinh học trong bảo quản trái cây nói chung và hồng xiêm nói riêng phải chọn được một chất có khả năng tạo màng tốt, các chất còn lại phải có khả năng ức chế/tiêu diệt vi sinh vật hoặc kìm hãm enzyme có trong trái cây [6]. Chitosan là một polyme được tách chiết từ vỏ động vật giáp xác như tôm, cua, ghẹ... [7, 8]. Chitosan rất dễ tạo màng, hầu như không gây độc cho con người, có nhiều tác dụng: giữ ẩm, chống nấm, ức chế sự phát triển của nhiều vi khuẩn như *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*... [9, 10]. Nano bạc gồm nhiều hạt bạc có kích thước nano (0,1 nm-100nm). Ngoài khả năng tiêu diệt vi khuẩn, nano bạc ở nồng độ cao còn có thể tiêu diệt nhanh các loại nấm phổ biến như *Aspergillus*, *Candida*, *Saccharomyces*... Màng bảo quản từ nano bạc và chitosan đã đem lại hiệu quả tốt trong quá trình bảo quản nhiều loại trái cây như bưởi, xoài, cam... [11]. Tuy nhiên, nano bạc kém ổn định, dễ bị kết tụ và không có khả năng tạo màng là hạn chế lớn cho việc tạo biofilm/edible film [12]. Sử dụng chitosan với vai trò làm chất ổn định, chất tạo màng giúp cho nano bạc phân tán tốt hơn, đều hơn trên bề mặt vỏ các loại trái cây để phát huy tốt vai trò bảo quản [13]. Việc khảo sát ảnh hưởng đồng thời của nhiệt độ thấp và màng chitosan

kết hợp với nano bạc đã được thực hiện nhằm tìm ra điều kiện bảo quản tốt nhất, kéo dài tối đa thời gian bảo quản và đảm bảo một số chỉ tiêu chất lượng của hồng xiêm.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

2.1.1. Hồng xiêm

Hồng xiêm sử dụng cho các khảo sát là hồng xiêm xoài (*Manilkara zapota*) được mua ở huyện Phong Điền, thành phố Cần Thơ. Hồng xiêm xoài có quả to, dài, vỏ bóng không sần sùi, khi chín thịt quả mềm không bị cát hay sượng. Tiến hành chọn những quả già (thời gian từ lúc ra hoa đến khi thu hoạch khoảng từ 150 ngày đến 180 ngày). Trạng thái quả còn cứng, vỏ quả có màu nâu vàng, căng mịn, trọng lượng trung bình 8-10 quả/kg. Đường kính trung bình (theo tiết diện cắt ngang) của quả khoảng 5-7 cm.

2.1.2. Chitosan

Chitosan được đặt mua từ hãng Jemand aus Hünstetten Kaufte Soeben (liên bang Đức), mã sản phẩm: EAN: 8718309442415. Một số chỉ tiêu cảm quan và hóa lý của chitosan được sử dụng trong nghiên cứu: Độ deacetyl hóa (DDA) 97,2%, kích thước 90 mesh, phân tử lượng 57,7 kDa, độ tinh khiết 98,9%, dạng bột đóng trong chai thủy tinh, độ ẩm <10%, pH: 7,0-8,9. Chuẩn bị dung dịch chitosan sử dụng trong tạo màng bảo quản hồng xiêm bằng cách hòa tan chitosan trong axit acetic 1%. Sau đó, dung dịch chitosan được bảo quản ở nhiệt độ lạnh (từ 5 °C đến 7 °C) trong bình chân không có nút đậy cao su nhằm ngăn cản sự hình thành bọt khí trong quá trình tạo màng (thời gian lưu trong bình chân không từ 2 giờ đến 4 giờ).

2.1.3. Nano bạc

Nano bạc (nano silver/Ag⁺- nano) hay còn có tên gọi khác là keo bạc (colloidal silver) là hỗn hợp những hạt bạc có kích thước từ 1-100 nm. Nano bạc sử dụng trong các thí nghiệm khảo sát được mua từ hãng BASF SE - Ludwigshafen (liên bang Đức). Thông số kỹ thuật của sản phẩm: Dung dịch có nồng độ 500 ppm, màu vàng nâu, kích thước trung bình của hạt nano bạc ≤ 30 nm (phương pháp thử chụp SEM) hạt nano bạc dạng hình cầu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Xử lý sơ bộ, làm sạch bên ngoài trái hồng xiêm

Sau khi thu mua, hồng xiêm được vận chuyển về phòng thí nghiệm trong vòng 24 giờ và được bảo quản ở nhiệt độ mát (từ 12 °C đến 20 °C) trước khi thực hiện các thí nghiệm.

Tiến hành ngâm hồng xiêm trong dung dịch nước vôi trong 3%, thời gian ngâm 45 phút cho trái hết nhựa trắng; rửa sạch hồng xiêm dưới vòi nước đảm bảo bề mặt vỏ quả bóng, hết phấn (để thuận lợi cho quá trình tạo màng bảo quản bằng chitosan sau này). Sau đó, để hồng xiêm ở nơi thoáng, mát nhằm làm khô tự nhiên bề mặt vỏ hồng xiêm.

2.2.2. Xử lý để tạo màng bảo quản bên ngoài quả hồng xiêm

Xử lý tạo màng lần thứ nhất: sau khi xử lý sơ bộ, làm sạch bên ngoài quả hồng xiêm (phần 2.2.1); tiến hành nhúng hồng xiêm vào dung dịch chitosan ở các nồng độ khác nhau: 1,0%; 1,5%; 2,0%; 2,5% và 3% trong thời gian khoảng 1 phút, vớt hồng xiêm lên, để khoảng 3 phút ở nhiệt độ phòng cho phần bên ngoài trái hồng xiêm khô. Lúc này vỏ quả hồng xiêm sẽ có một lớp màng bảo quản mỏng bao bọc.

Xử lý tạo màng lần thứ hai: Do vỏ hồng xiêm có một số chỗ lõm nên sau khi xử lý tạo màng lần thứ nhất, dung dịch chitosan có thể chảy và tập trung vào chỗ lõm. Vì vậy, trái hồng xiêm tiếp tục được nhúng và đảo nhẹ bằng tay trong dung dịch chitosan lần thứ 2 ở các nồng độ (%) và thời gian giống như xử lý tạo màng lần thứ nhất.

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ chitosan tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm

Sau khi xử lý tạo màng bảo quản 2 lần bằng chitosan ở các nồng độ (phần 2.2.2.), hồng xiêm được làm khô tự nhiên rồi bảo quản trong kho lạnh ở nhiệt độ khác nhau với thời gian 16 ngày [14, 15]. Sau

16 ngày bảo quản, tiến hành kiểm tra tỷ lệ thối - hỏng của trái hồng xiêm để xác định nồng độ chitosan tốt nhất cho bảo quản hồng xiêm.

2.2.4. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ thấp tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm

Khảo sát tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm sau 16 ngày bảo quản ở lô đối chứng (nhiệt độ phòng) và các lô ở các mức nhiệt độ lạnh 9°C-12°C, 12°C-15°C, 15°C-18°C, 18°C-21°C, 21°C-24°C. Nồng độ chitosan tạo màng bảo quản theo kết quả khảo sát ở phần 2.2.3.

2.2.5. Khảo sát ảnh hưởng của chitosan và nano bạc

Nhiệt độ bảo quản và nồng độ chitosan theo kết quả khảo sát trong phần 2.2.3 và 2.2.4. Bổ sung nano bạc vào dung dịch chitosan sau đó tiến hành xử lý tạo màng bảo quản. Khảo sát tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm ở các nồng độ nano bạc bổ sung 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm tại các mốc thời gian bảo quản 16 ngày, 20 ngày, 24 ngày, 28 ngày.

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Phương pháp xác định tỷ lệ hỏng xiêm thối - hỏng

Theo dõi sự hư hỏng của hồng xiêm, đếm và loại bỏ các quả thối hỏng. Quả thối hỏng là quả có vỏ bị thâm đen, thịt quả thối - mềm nhũn, có vị chua và mùi rượu.

Tỷ lệ thối hỏng của quả hồng xiêm được xác định theo công thức như sau [1, 5]:

$$D = \frac{R}{I} * 100 (\%)$$

trong đó: D: Tỷ lệ thối - hỏng (%); R: Số quả bị thối - hỏng; I: Tổng số lượng quả ban đầu.

2.3.2. Phương pháp xác định tổng chất rắn hòa tan

Hồng xiêm được gọt vỏ, bỏ hạt, thịt quả được xay nhuyễn, lọc bỏ bã, thu hồi dịch quả sau đó nhỏ 1-2 giọt dịch quả lên trên bề mặt kính của máy chiết quang kế ATAGO N-1α (xuất xứ Nhật Bản); đặt mặt kính lên và đo hàm lượng chất rắn hòa tan. Đơn vị đo tổng chất rắn hòa tan là °Bx. Khi đo tổng chất rắn hòa tan, các mẫu được chuẩn bị ở nhiệt độ 20 °C đến 22 °C

2.3.3. Phương pháp xác định tỷ lệ hao hụt trọng lượng

Hao hụt khối lượng tự nhiên của quả hồng xiêm được xác định bằng cách cân khối lượng từng quả ở mỗi lần thí nghiệm trước khi bảo quản và sau bảo quản. Hao hụt khối lượng tự nhiên sẽ được tính bằng công thức [5]:

$$L = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} * 100 (\%)$$

Trong đó: L: Tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên ở mỗi lần theo dõi (%); m1: Khối lượng quả trước bảo quản (g); m2: Khối lượng quả sau bảo quản ở các lần theo dõi (g).

2.3.4. Phương pháp xác định tổng axit hữu cơ

Hàm lượng axit hữu cơ tổng số của hồng xiêm được xác định theo TCVN 4589:1988 (Tiêu chuẩn Quốc gia Việt Nam, 1988a). Phương pháp này được thực hiện trên nguyên tắc chuẩn độ trực tiếp các axit có trong mẫu bằng dung dịch natri hydroxit với chỉ thị phenolphthalein.

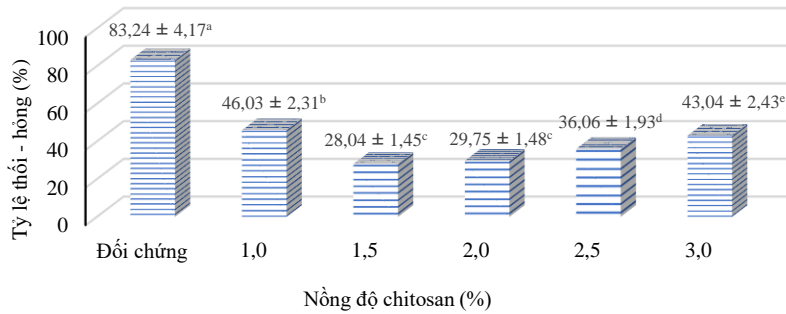
2.4. Xử lý số liệu thống kê

Sử dụng phần mềm SPSS 20.0 để tính giá trị trung bình và đánh giá sự khác nhau giữa các giá trị trung bình ở mức ý nghĩa 0,05.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ chitosan tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ chitosan tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm sau thời gian bảo quản 16 ngày ở nhiệt độ 13 °C được trình bày ở Hình 1.



Hình 1. Ảnh hưởng của nồng độ chitosan tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm

Hình 1 cho thấy, nồng độ chitosan tạo màng bảo quản ảnh hưởng rất lớn tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm trong quá trình bảo quản lạnh. Ở lô đối chứng (không sử dụng màng bảo quản), mặc dù nhiệt độ bảo quản thấp, tỷ lệ thối hỏng sau 16 ngày bảo quản lên tới trên 83%. Ở nồng độ chitosan 1,0%, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng giảm xuống còn 46,03%. Tăng nồng độ chitosan lên 1,5% và 2,0%, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng đã được cải thiện đáng kể, sau 16 ngày bảo quản, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng chỉ ở mức 1/3 so với không sử dụng màng chitosan (tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng tương ứng ở hai nồng độ 1,5% và 2,0% chỉ còn 28,04% và 29,75%). Ở các nồng độ từ 1,5% đến 2,0% thì tỷ lệ thối hỏng ở hồng xiêm khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Nếu tiếp tục tăng nồng độ chitosan để tạo màng bảo quản lên cao hơn thì tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm có xu hướng gia tăng, ở các nồng độ 2,5%; 3,0% tỷ lệ thối hỏng tương ứng là 36,06% và 43,04%.

Lô đối chứng có tỷ lệ thối hỏng cao nhất sau 16 ngày bảo quản ở nhiệt độ phòng. Tỷ lệ thối hỏng chiếm hơn 4/5 tổng số hồng xiêm thí nghiệm do hồng xiêm là loại trái cây nhiệt đới có thời gian chín rất nhanh (thường sử dụng trong vòng 5-6 ngày sau khi thu hoạch). Sau khi quả già và đạt độ chín thu hái, dưới tác dụng của enzyme và vi sinh vật, quá trình chuyển hóa từ tinh bột thành đường diễn ra nhanh chóng. Lúc này, đường sẽ trở thành cơ chất phục vụ cho quá trình lên men để chuyển hóa đường thành axit hoặc rượu nên hồng xiêm bị hư hỏng rất nhiều sau thời gian bảo quản hơn 2 tuần (16 ngày). Khi quả hồng xiêm được xử lý bằng màng chitosan, màng chitosan đã được chứng minh có khả năng ức chế hoặc tiêu diệt vi sinh vật rất hiệu quả. Chính tác dụng này của chitosan làm cho quá trình chuyển hóa vật chất trong quả hồng xiêm bị chậm lại đáng kể. Kéo theo là hiệu quả bảo quản tăng lên, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng giảm nhiều. Tuy nhiên, khi xử lý chitosan để tạo màng bảo quản ở nồng độ quá cao, lớp màng bao bên ngoài của quả hồng xiêm sẽ dày hơn. Khi quả hồng xiêm thực hiện quá trình trao đổi chất, lượng nước sinh ra sẽ không thể thoát ra ngoài, làm đọng nước trên vỏ quả, tạo điều kiện cho vi sinh vật phát triển dẫn đến tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm có xu hướng tăng lên.

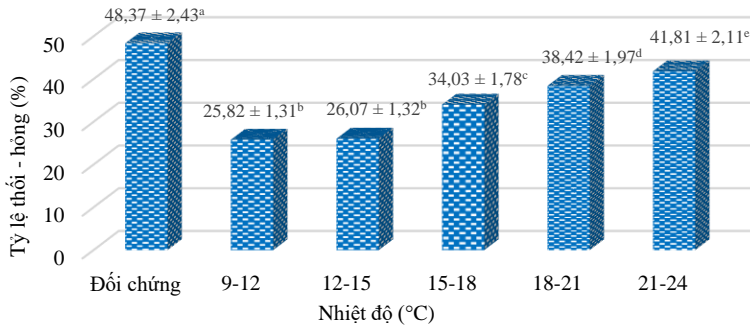
Kết quả nghiên cứu trên phù hợp với kết quả đã công bố trước đó. Theo các kết quả đã công bố thì thời gian bảo quản hồng xiêm có thể kéo dài tới 2 tuần khi xử lý tạo màng bằng chitosan 1,6% đến 1,8% (chitosan pha trong dung môi 1-methylcyclopropene 2%). Khi đó, tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm ở mức 30% đến 32% [16, 17]. Như vậy, chọn nồng độ chitosan 1,5% là phù hợp nhất cho bảo quản hồng xiêm để có tỷ lệ thối hỏng thấp nhất (28,04%) trong thời gian bảo quản 16 ngày.

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ thấp tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm

Duy trì nhiệt độ bảo quản thấp là một yếu tố quan trọng ảnh hưởng tới hiệu quả quá trình bảo quản trái cây. Khảo sát tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm ở các khoảng nhiệt độ: 9°C-10°C, 12°C-15°C, 15°C-18°C, 18°C-21°C, 21°C-24°C. Nồng độ chitosan tạo màng bảo quản là 1,5%. Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản tới tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm sau 16 ngày bảo quản được trình bày trong Hình 2.

Hình 2 cho thấy tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm khi bảo quản ở nhiệt độ phòng (lô đối chứng) sau 16 ngày bảo quản là 48,37%. Khi bảo quản trái hồng xiêm ở các khoảng nhiệt độ từ 9 °C - 12 °C và từ 12 °C - 15 °C, tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm tương ứng là 25,82% và 26,07%. Tuy nhiên tỷ lệ thối hỏng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) ở hai khoảng nhiệt độ này. Đây là tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng thấp nhất so với tỷ lệ thối hỏng ở các khoảng nhiệt độ bảo quản khác. Cụ thể, khi

càng tăng nhiệt độ bảo quản lên cao thì tỷ lệ thối hỏng càng lớn: các khoảng nhiệt độ 15 °C - 18 °C, 18 °C - 21 °C, 21 °C - 24 °C tỷ lệ hỏng xiêm thối hỏng tương ứng là 34,03%; 38,42%; 41,81%.



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm

Mặc dù cùng khảo sát tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm ở nhiệt độ phòng nhưng ở thí nghiệm phần 3.2.1., tỷ lệ thối hỏng lên tới 83,24%. Tỷ lệ thối hỏng cũng ở nhiệt độ phòng ở thí nghiệm phần 3.2.2 đã được cải thiện đáng kể (tỷ lệ thối hỏng chỉ còn 48,37%). Nguyên nhân do trái hồng xiêm ở thí nghiệm 3.2.2. đã được xử lý bằng màng chitosan 1,5%. Khi hạ nhiệt độ bảo quản lạnh xuống các khoảng nhiệt độ 9 °C - 12 °C, 12 °C - 15 °C thì nhiệt độ thấp sẽ kìm hãm sự hoạt động của enzyme và ức chế sự hoạt động của vi sinh vật. Ngoài ra, ở các vùng nhiệt độ này, cường độ trao đổi chất của quả hồng xiêm sẽ giảm đáng kể dẫn đến quá trình chín của quả hồng xiêm sẽ chậm lại; tỷ lệ thối hỏng sau 16 ngày bảo quản giảm đáng kể. Nhiệt độ thấp có thể kìm hãm một phần sự phát triển của vi sinh vật và hoạt động của enzyme nhưng ở khoảng nhiệt độ cao từ 18 °C đến 24 °C, ngoài vi sinh vật và enzyme hoạt động, cường độ trao đổi chất của quả hồng xiêm sẽ tăng lên đáng kể. Cường độ trao đổi chất tăng lên thường sẽ dẫn đến các biến đổi sinh hóa, cảm quan theo chiều hướng bất lợi cho quá trình bảo quản. Ngoài ra, ở nhiệt độ cao hơn 15 °C, quá trình chuyển đổi protopectin sang pectin sẽ diễn ra nhanh, làm cho mô thịt hồng xiêm mềm nhanh hơn, điều này cũng góp phần không nhỏ tới việc tăng tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm trong quá trình bảo quản [20, 24].

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ thấp tới tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm nói trên tương đồng với các kết quả nghiên cứu của nhiều tác giả. Theo đó, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng khi bảo quản ở nhiệt độ 8 °C - 12 °C, có sử dụng màng bảo quản làm từ chitosan và tannin (tỷ lệ chitosan/tannin là 8/1) ở nồng độ 1,8% sau 15 ngày bảo quản là 24,03% [19]. Ở nhiệt độ bảo quản từ 16 °C - 22 °C, tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm lên tới 35,42% sau thời gian bảo quản 15 ngày [10, 20].

Ở hai khoảng nhiệt độ: 9 °C - 12 °C và 12 °C - 15 °C, tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm thấp nhất (khoảng từ 25% đến 26%) và không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê nên có thể chọn một trong hai khoảng nhiệt độ này. Tuy nhiên, duy trì nhiệt độ thấp từ 9 °C - 12 °C để bảo quản hồng xiêm sẽ tốn năng lượng hơn, chi phí cao hơn duy trì ở nhiệt độ 12 °C - 15 °C. Như vậy, chọn khoảng nhiệt độ từ 12 °C đến 15 °C là phù hợp nhất cho bảo quản hồng xiêm để có tỷ lệ thối hỏng thấp nhất trong thời gian bảo quản 16 ngày.

3.3. Ảnh hưởng của chitosan kết hợp với nano bạc tới tỷ lệ thối hỏng của trái hồng xiêm

Sau khi lựa chọn được nồng độ chitosan thích hợp nhất (1,5%); nhiệt độ bảo quản thích hợp nhất 12 °C - 15 °C; thực hiện việc bổ sung nano bạc vào dung dịch chitosan sau đó tiến hành xử lý tạo màng bảo quản. Nồng độ nano bạc thay đổi như bố trí thí nghiệm ở mục 2.2.5. Tiến hành khảo sát tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm ở các mốc thời gian 16 ngày, 20 ngày, 24 ngày, 28 ngày (Bảng 1).

Theo kết quả ở Bảng 1, ở lô đối chứng: sau thời gian bảo quản 16 ngày, nhiệt độ bảo quản 12 °C - 15 °C; nồng độ chitosan 1,5% và không sử dụng nano bạc thì tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm là 24,82%. Khi kéo dài thời gian bảo quản lên 20 ngày, tổng số hồng xiêm thối hỏng lên tới gần 50%, thời gian bảo quản kéo dài tới 28 ngày thì toàn bộ hồng xiêm bị thối hỏng. Ở nồng độ nano bạc 2 ppm có sự cải thiện đáng kể tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm theo thời gian bảo quản. Tuy nhiên, nếu kéo dài thời gian bảo quản lên tới 28 ngày thì tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng có thể lên tới hơn một nửa số hồng xiêm thí nghiệm (51,52%). Ở nồng độ này, sau 24 ngày bảo quản, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng tương đối cao (32,41%). Khi nồng độ nano bạc từ 4 ppm đến 8 ppm, nếu kéo dài thời gian bảo quản từ 20 đến 24 ngày, tỷ lệ

hồng xiêm thối hỏng ở mức rất thấp (khoảng 18 đến 20%). Khi nồng độ nano bạc từ 4 ppm đến 8 ppm: nếu kéo dài thời gian bảo quản đến 20 ngày, tỷ lệ hỏng xiêm thối hỏng ở mức thấp (khoảng 18 đến 20%). Khi tăng thời gian bảo quản lên 24 ngày và 28 ngày, tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm tăng lên khoảng từ 30% đến 45%.

Bảng 1. Ảnh hưởng của màng bảo quản từ chitosan kết hợp với nano bạc tới tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm

Nồng độ Ag ⁺ - nano (ppm)	Tỷ lệ thối hỏng (%)			
	16 ngày	20 ngày	24 ngày	28 ngày
Đối chứng	24,82 ± 1,20 ^a	48,46 ± 2,41 ^b	93,56 ± 3,68 ^c	100 ± 4,21 ^d
2 ppm	21,32 ± 1,07 ^a	23,45 ± 1,17 ^b	32,41 ± 1,62 ^c	51,52 ± 2,58 ^d
4 ppm	18,56 ± 0,93 ^a	20,01 ± 1,00 ^a	30,58 ± 1,52 ^b	45,42 ± 2,71 ^c
6 ppm	18,52 ± 0,93 ^a	20,05 ± 1,01 ^a	29,91 ± 1,49 ^b	44,43 ± 2,22 ^c
8 ppm	18,01 ± 0,90 ^a	20,02 ± 1,01 ^a	29,02 ± 1,45 ^b	44,56 ± 2,22 ^c

Ghi chú: Các số trong bảng là giá trị là trung bình cộng của 3 lần thí nghiệm, các số mũ khác nhau theo hàng thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Ở nồng độ nano bạc 2 ppm, chitosan 1,5%, cả chitosan và nano bạc đã phát huy được vai trò kìm hãm sự hoạt động vi sinh vật nên có thể kéo dài thời gian bảo quản và duy trì tỷ lệ hỏng xiêm thối hỏng thấp. Tuy nhiên, nano bạc ở nồng độ 2 ppm có thể vẫn chưa đủ để ức chế hoàn toàn hoạt động của vi sinh vật nên sau thời gian bảo quản 28 ngày, tỷ lệ hỏng xiêm thối hỏng lên tới trên 50%. Ở các nồng độ nano bạc cao hơn (từ 4 ppm), khi đó các hạt bạc có kích thước nano hình cầu đã đủ lớn. Cùng với nồng độ chitosan phù hợp nhất là 1,5%; lượng chitosan này vừa đủ để các hạt nano bạc phân tán đều, không bị tập trung tại một chỗ trên bề mặt vỏ hồng xiêm. Lúc này tổng diện tích các hạt nano bạc tiếp xúc với vi khuẩn gia tăng và tiêu diệt hiệu quả vi khuẩn. Ngoài ra, khi ở nồng độ nano bạc cao hơn, diện tích tiếp xúc giữa các hạt nano bạc và vi sinh vật lớn hơn nữa. Khi đó, nano bạc còn có thể tiêu diệt cả nấm men và nấm mốc, vì thế hiệu quả bảo quản hồng xiêm cao hơn. Điều này dẫn đến việc bổ sung nano bạc 4 ppm, thời gian bảo quản hồng xiêm có thể kéo dài tới 20 ngày nhưng tỷ lệ thối hỏng chỉ ở mức khoảng 20%. Tuy nhiên, nếu thời gian bảo quản đến 28 ngày thì lúc này hồng xiêm đã chín trong khoảng thời gian dài, các biến đổi về cấu trúc thịt quả đã thay đổi nhiều, quả bị mềm nhũn, chảy nước, da bị sạm đen và nát, tỷ lệ thối hỏng có thể lên tới 45%.

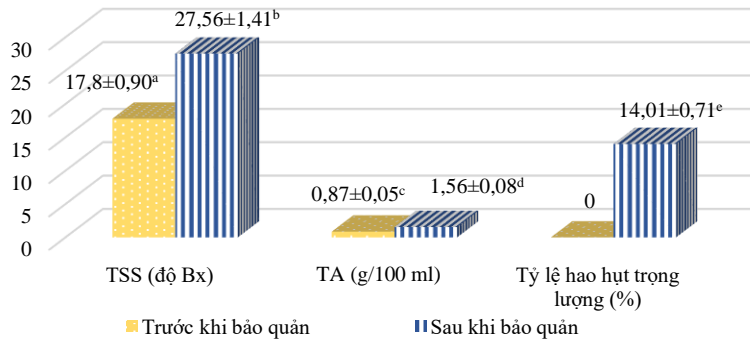
Kết quả nghiên cứu trên tương đồng với các kết quả đã công bố về ảnh hưởng đồng thời của chitosan, nano bạc và một số chất khác như tannin, nisin hay polyethylene khi tạo màng để bảo quản quả hồng xiêm. Theo đó, tỷ lệ thối hỏng của hồng xiêm thường ở mức 20% đến 24% trong điều kiện nồng độ nano bạc 4 ppm, nồng độ chitosan từ 1,5% đến 2,0% [21, 22].

Như vậy, chọn nồng độ nano bạc 4 ppm có hiệu quả nhất trong bảo quản trái hồng xiêm và có thể kéo dài thời gian bảo quản lên 20 ngày, tỷ lệ thối hỏng thấp nhất là 20,01%.

3.4. Kết quả phân tích một số chỉ tiêu chất lượng của hồng xiêm

Sau khi bảo quản trái hồng xiêm ở các điều kiện: nhiệt độ bảo quản 12 °C -15 °C; màng bảo quản được làm từ chitosan 1,5% và nano bạc 4 ppm; thời gian bảo quản 20 ngày; tiến hành phân tích các chỉ tiêu: tổng chất rắn hòa tan (TSS), tổng số axit hữu cơ (TA) và tỷ lệ hao hụt khối lượng của trái hồng xiêm. So sánh sự biến đổi các chỉ số này trước và sau khi bảo quản. Kết quả được trình bày ở Hình 3.

Theo Hình 3, cả hai chỉ tiêu tổng hàm lượng chất rắn hòa tan và axit tổng của trái hồng xiêm đều tăng sau thời gian bảo quản 20 ngày. Cụ thể tổng chất rắn hòa tan trong trái hồng xiêm trước khi bảo quản là 17,8 °Bx, sau khi bảo quản là 27,56 °Bx; axit tổng trước và sau khi bảo quản lần lượt là 0,87 g/100 mL và 1,56 g/100 mL dịch quả. Tỷ lệ hao hụt trọng lượng quả hồng xiêm sau khi bảo quản là 14,01%.



Hình 3. Một số chỉ tiêu chất lượng của hồng xiêm trước và sau khi bảo quản

Tổng chất rắn hòa tan tăng lên trong quá trình bảo quản là do sự thủy phân thành tế bào của nhiều loại enzym nội tại khác nhau có trong trái hồng xiêm như: pectinaza, xenlulolaza, hemixenlulolaza và pectinesteraza làm chuyển hoá các chất không tan thành chất tan. Ngoài ra, trong quá trình bảo quản, một lượng tinh bột nhất định được chuyển thành đường hòa tan nên kéo theo TSS tăng lên. Kết quả nghiên cứu trên tương đồng với kết quả nghiên cứu của một số tác giả đã công bố trước đây. Theo đó, tổng chất rắn hòa tan trong hồng xiêm có thể tăng từ 18,02 °Bx lên 28,05 °Bx sau 18 ngày bảo quản [23, 24]. Hàm lượng axit tổng cũng tăng đáng kể là do trong quá trình bảo quản, khi quả chín, hàm lượng đường hòa tan sẽ tăng lên, độ ngọt của quả tăng lên. Sau khi đường đạt giá trị tối đa, sự hoạt động của vi sinh vật sẽ lên men đường để sinh ra axit, hàm lượng axit tăng lên nên axit tổng sẽ tăng theo thời gian bảo quản. Ngoài ra, khi đường bị lên men, một số alkaloid trong quả hồng xiêm sẽ bị hao hụt, kéo theo pH giảm và giải phóng một số axit hữu cơ ra môi trường làm cho hàm lượng axit tổng tăng lên [19]. Tỷ lệ hao hụt trọng lượng của quả hồng xiêm sau khi bảo quản 20 ngày lên tới 14,01% là do trong quá trình bảo quản, trái hồng xiêm vẫn duy trì một số hoạt động trao đổi chất cùng với quá trình thoát hơi nước từ trong quả nên trọng lượng quả hồng xiêm đã giảm đáng kể so với ban đầu. Kết quả khảo sát trên đã tương đồng với một số kết quả nghiên cứu đã công bố trước đó [14, 25].

4. KẾT LUẬN

Trong quá trình bảo quản hồng xiêm ở nhiệt độ thấp và có sử dụng chitosan kết hợp với nano bạc để tạo màng bảo quản có hiệu quả tốt trong việc giảm lệ thối hỏng của trái hồng xiêm. Sau thời gian bảo quản 16 ngày, khoảng nhiệt độ từ 12 °C-15 °C, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng thấp nhất là 26,07%. Sử dụng chitosan với nồng độ 1,5% để tạo màng bảo quản, tỷ lệ hồng xiêm thối hỏng thấp nhất là 28,04% sau thời gian bảo quản 16 ngày. Nếu kết hợp nano bạc nồng độ 4 ppm với chitosan 1,5% thì có thể kéo dài thời gian bảo quản hồng xiêm lên 20 ngày và tỷ lệ thối hỏng thấp nhất là 20,01%. Như vậy, kết hợp chitosan và nano bạc có thể kéo dài đáng kể thời gian bảo quản hồng xiêm so với các phương pháp bảo quản khác (bảo quản lạnh, bổ sung enzyme, sử dụng màng bao polyacrylic...). Sự biến đổi của một số chỉ tiêu chất lượng của trái hồng xiêm trước và sau thời gian bảo quản 20 ngày như sau: hàm lượng tổng chất rắn hòa tan tăng từ 17,80% lên 27,56%; axit tổng tăng từ 0,87 g/100 mL lên 1,56 g/100 mL dịch quả. Tỷ lệ hao hụt trọng lượng trước và sau khi bảo quản trái hồng xiêm là 14,01%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trupti P.S. and Deepa P. - A brief review on recent advances of *Citrus maxima* (chakota). International Journal of Recent Scientific Research **8** (8) (2017) 403-416. <http://dx.doi.org/10.24327/ijrsr.2017.0808.0688>
2. Ahmed W., Azmat R., Qayyum A., Mehmood A., Khan S.M., Liaquat M.T., Ahmed S., & Moin S. - The role of chitosan to prolonge the fresh fruit quality during storage of grapefruit cv. ray ruby. Pakistan Journal of Botany **50** (1) (2018) 151-159.
3. Alrashood S.T., Al-Asmari A.K., Alotaibi A.K., Manthiri R.A., Rafatullah S., Hasanato R.M. Khan, H.A. Ibrahim K.E. and Wali, A.F. - Protective effect of lyophilized sapodilla (*Manilkara zapota*) fruit extract against CCl (4)-induced liver damage in rats. Saudi Journal of Biological Sciences **27** (9)

- (2020) 2373-2379. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.05.010>
4. Vadivelu G.C. and Magharla D.D. - An overview of highly efficient prodrug strategies in design, development, bioactive pathway and recent therapeutic applications. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences* **86** (2) (2024) 381-391. <http://doi.org/10.36468/pharmaceutical-sciences.1289>
 5. Tuoi N.T.K., Nguyen N.K.K., Truc T.T. and Toan H.T. - Physicochemical properties of green-skinned grapefruit and Nam Roi grapefruit grown in the Mekong Delta. *Can Tho University Science Journal* **57** (2021) 118- 126.
 6. Garry K. - Chitosan films and coatings prevent losses of fresh fruit nutritional quality. *Trends in Food Science & Technology* **46** (2) (2015) 159-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.010>
 7. Rayees A.S., Maqsood A.M., Shaeel A.A. and Muneer A.S. - Chitosan as a novel edible coating for fresh fruits. *Food Science and Technology Research* **19** (2) (2013) 139-155. <http://dx.doi.org/10.3136/fstr.19.139>
 8. Riseh R.S., Vatankhah M., Hassanisaadi M., Shafiei-Hematabad Z., Kennedy J.F. - Advancements in coating technologies: Unveiling the potential of chitosan for the preservation of fruits and vegetables. *International Journal of Biological Macromolecules* **254** (1) (2024) 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127677>
 9. Loi, N.V., Binh P.T. and Sam V.K. - Change of chemical and biochemical indicators of Phuc Trach pomelo in the preservation process with chitosan-based coating with tannin and vinegar. *Food Research* **7** (2) (2023) 170-177. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.7\(2\).167](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(2).167)
 10. Shui G., Wong S.P. and Leong L.P. - Characterization of antioxidants and change of antioxidant levels during storage of *Manilkara zapota* L. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52** (2004) 834-841. <https://doi.org/10.1021/jf0488357>
 11. Waszkiewicz RB, Ekielski A., Obiedziński M., Biller E. and Górnicka E. - Application of silver nanoparticles to fruits and vegetables to improve their post-harvest shelf life. *Advances in Biotechnology* **38** (2015) 1-8. <http://dx.doi.org/10.5593/SGEM2015/B61/S25.039>
 12. Singh S.V., Singh R., Singh A. and Kamble, M.G. - Sapodilla (*Manilkara achras* L.) fruits: Processing and preservation for value addition. *Res. Agric. Vet. Sci. J.* **2** (2021) 143-164.
 13. Bashir S. - Pharmacological importance of *Manilkara zapota* and its bioactive constituents. *Boletín Latinoam. Caribe Plantas Med.Aromáticas* **18** (2019) 347-358.
 14. Khalid R.A. and Neveen A.M. - Chemical and technological studies on sapote sapodilla (*Manilkara zapota*) and white sapote (*Casimiroa edulis*) products. *Food Technology Research Journal* **3** (1) (2024) 33-46.
 15. Victor M.H., Raciél EL., Ivan A., Estrada M., Luis F., and Enrique S.D. - Ripening of sapodilla fruits (*Manilkara zapota* [L.]) treated with 1-methylcyclopropene after refrigeration. *African Journal of Plant Science* **7** (12) (2013) 561-570.
 16. Cristina R., Maria S.V., Floriana D.A., Sofia S., Salvatore G., Antonio C.B. and Lucia M. - Beneficial effects of *Manilkara zapota*-derived bioactive compounds in the epigenetic program of neurodevelopment. *Nutrients* **16** (2024) 221-228.
 17. Rabeta M.S., Tee L.Y. and Leila M. - Development of fruit bar using sapodilla (*Manilkara zapota* L.). *Journal of Food Processing and Preservation* **41** (2017) 210-217.
 18. Ma J., Luo X.D., Protiva P., Yang H., Ma, C., Basile M.J., Weinstein I.B. and Kennelly E.J. - Bioactive novel polyphenols from the fruit of *Manilkara zapota* (Sapodilla). *J. Nat. Prod.* **66** (2003) 983-986.
 19. Padmaja N. and John S.D.B. - Preservation of sapota (*Manilkara zapota*) by edible aloe vera gel coating to maintain its quality. *Food Science* **3** (8) (2014) 177-186.
 20. Karle P.P. and Dhawale S.C. - *Manilkara zapota* (L.) Royen fruit peel: Phytochemical and pharmacological coating to maintain its quality. *Systematic Reviews in Pharmacy* **10** (1) (2019) 11-16. <https://dx.doi.org/0.5530/srp.2019.1.2>

21. Anjum M.A., Akram H., Zaidi M. and Ali S. - Effect of gum arabic and *Aloe vera* gel based edible coatings in combination with plant extracts on postharvest quality and storability of 'Gola' guava fruits. *Scientia Horticulturae* **271** (2020) 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109506>
22. Ebrahimi L., Jalali H., Etebarian H.R. and Sahebani N. - Evaluation of antifungal activity of some plant essential oils against tomato grey mould disease. *Journal of Plant Pathology* **104** (2022) 641-650. <http://dx.doi.org/10.1007/s42161-022-01029-x>
23. Passafiume R., Gaglio R., Sortino G. and Farina V. - Effect of three different *Aloe vera* gel-based edible coatings on the quality of fresh-cut "Hayward" kiwi fruits. *Foods* **9** (7) (2020) 939 - 946. <https://doi.org/10.3390/foods9070939>
24. Khaliq G. Ramzan M. and Baloch A.H. - Effect of *Aloe vera* gel coating enriched with *Fagonia indica* plant extract on physicochemical and antioxidant activity of sapodilla fruit during postharvest storage. *Food Chemistry* **286** (2019) 346-353. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.135>
25. Vishwasrao C., Ananthanarayan L. - Delayed post-harvest ripening-associated changes in *Manilkara zapota* L. var. *Kalipatti* with composite edible coating. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **97** (2) (2017) 536-542. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7758>

ABSTRACT

EFFECTS OF LOW TEMPERATURE AND EDIBLE FILM FROM CHITOSAN COMBINED WITH Ag⁺ - NANO ON THE RATIO OF ROTTING - SPOILAGE OF *Manilkara zapota* DURING PRESERVATION

Cao Xuan Thuy*, Le Thi Hong Anh

¹*Ho Chi Minh City University of Industry and Trade*

*Email: thuycx@huit.edu.vn

Manilkara zapota has been originated from South America. Now, it is widely grown in Southeast Asian countries such as Thailand, Malaysia, Vietnam. Sapodillas (*Manilkara zapota* fruit) have been very popular because of its sweet taste, excellent aroma; high in nutrition and fiber. This study focuses on evaluating the simultaneous effects of low temperature and edible film (made from chitosan & Ag⁺ - nano) on the rotting-spoilage rate of Sapodilla during storage. The research results show that: during 16-day preservation, the temperature 12 °C - 15 °C has proved the efficiency in the preservation with lowest Sapodilla's rotting-spoilage rate of 26.07%. The optimal chitosan concentration 1.5% would gain the lowest Sapodilla's rotting spoilage rate (28.04%). However, when combining Ag⁺ - nano 4 ppm with chitosan 1.5%, the preservation time can be extended to 20 days and the lowest Sapodilla's rotting-spoilage rate can be significantly reduced (20.01%). The comparing results of some Sapodilla's quality indicators after 20-day preservation are as follows: TSS increases from 17.8 °Bx to 27.56 °Bx; TA increases from 0.87 g/100 mL to 1.56 g/100 mL. The weight loss rate of Sapodilla after 20 days of storage is 14.01%.

Keywords: *Manilkara zapota*, chitosan, Ag⁺ - nano, Ratio of rotting - spoilage.