

NGHIÊN CỨU TẠO MÀNG CHITOSAN ĐỘ DEACETYL 90 KẾT HỢP ACID LAURIC VÀ ỨNG DỤNG VÀO BẢO QUẢN BƠ (*Persea americana* MILL)

NGUYỄN HUỲNH ĐÌNH THUẦN, TRƯƠNG HOÀNG DUY*

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: truonghoangduy@juh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstih.v70i4.4938>

Tóm tắt. Chitosan, một loại polysaccharide, được công nhận là một vật liệu không độc hại, phân hủy sinh học, tương thích sinh học và thân thiện với môi trường. Việc kết hợp một lượng nhỏ acid lauric vào màng chitosan nhằm tăng cường khả năng kháng khuẩn so với màng chitosan nguyên chất. Mục đích của nghiên cứu này là để nghiên cứu tiềm năng ứng dụng của màng chitosan có độ acetyl hóa 90% kết hợp với acid lauric để bảo quản quả bơ sáp (*Persea americana* MILL.). Acid lauric với nồng độ từ 0.1% đến 0.3% (tỷ lệ thêm từ 0% đến 8%) sẽ được thêm vào dung dịch chitosan 1% ở pH 3.8. Các màng sẽ được đo đạc các tính chất cơ học. Quá trình bảo quản quả bơ sáp sẽ được thực hiện với các mẫu sau: không bao màng, bao bằng màng chitosan, bao bằng màng chitosan – acid lauric, nhúng vào dung dịch chitosan, nhúng vào dung dịch chitosan - acid lauric (tất cả các mẫu sẽ được rửa bằng nước ấm ở 50°C trước khi bảo quản). Các kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng màng chitosan với độ acetyl hóa 90% ở nồng độ 1% kết hợp với 0.15% acid lauric (tỷ lệ thêm 4%) có tác động đáng kể trong việc làm chậm quá trình suy giảm chất lượng, duy trì màu sắc và kéo dài thời gian bảo quản của quả bơ lên đến 14 ngày. Nghiên cứu này mang lại thông tin quý giá về ứng dụng của màng chitosan – acid lauric trong việc bảo quản quả bơ sáp.

Keywords. chitosan, acid lauric, bơ sáp, màng chitosan, bảo quản, *Persea americana* MILL.

1. GIỚI THIỆU

Chitosan là một polyme hữu cơ có cấu trúc tuyến tính từ các đơn vị β - D – glucosamin liên kết với nhau bằng liên kết β - 1,4 Glucozit [1]. Cơ chế chính xác của hoạt động kháng khuẩn của chitosan, chitin và các dẫn xuất của chúng vẫn chưa được biết đến đầy đủ. Tuy nhiên hiện nay có 2 cơ chế được quan tâm [2], thứ nhất, chitosan là đại phân tử tích điện dương, trong khi màng tế bào vi sinh vật đa số điện tích âm, do đó xảy ra tương tác tĩnh điện làm cho màng tế bào vi sinh vật bị hư hỏng, ngăn cản quá trình trao đổi chất qua màng tế bào, đồng thời làm xuất hiện những lỗ hổng trên thành tế bào, protein và các thành phần cấu tạo của tế bào bị thoát ra ngoài và vi sinh vật bị tiêu diệt [3]. Thứ hai, các phân tử chitosan khi phân tán xung quanh tế bào vi sinh vật sẽ tạo ra các tương tác làm biến đổi ADN, ảnh hưởng đến quá trình tổng hợp ARN thông tin và tổng hợp protein, ngăn cản sự hình thành bào tử, ngăn cản trao đổi chất, hấp thu các thành phần dinh dưỡng của vi sinh vật... [4]

Acid lauric (hay còn gọi là acid dodecanoic - $C_{12}H_{24}O_2$) là một acid béo chuỗi trung bình bão hòa tự nhiên có ở thực vật, động vật và con người. Acid lauric vừa là chất khử vừa là chất oxy hóa [5]. Bên cạnh đó, acid lauric có đuôi hydrocarbon không phân cực và một vùng đầu cực của acid cacboxylic phân cực nên nó có thể tương tác với các dung môi phân cực cũng như chất béo, cho phép hòa tan chất béo. Monoglycerides của acid lauric là monolaurin, có hiệu ứng kháng khuẩn, kháng virus và kháng nấm toàn diện. Vi sinh vật dễ bị tổn thương nhất đối với acid béo chuỗi trung bình và các monoglycerides của các acid này. Vi khuẩn và virus là những vi sinh vật được bao bọc bằng một màng lipid (chất béo). Acid lauric và monolaurin ngấm vào màng ngoài của vi sinh. Những chất béo này có hiệu ứng bất ổn định làm mỏng màng này đến mức nó phân hủy và tách rời ra, tiêu diệt vi sinh. Quá trình này hữu hiệu đến mức nó có thể tiêu diệt cả những siêu vi đối kháng với kháng sinh. Vi khuẩn không thể kháng lại các chất này, vì thế acid lauric có thể sử dụng lặp đi lặp lại mà không sợ vi sinh vật tổng hợp kháng sinh và phát triển thành siêu vi.

Bơ (*Persea americana* Mill.) là một loại cây cây ưa ẩm nhiệt đới thuộc họ Lauraceae, một trong những họ thực vật có hoa cổ điển nhất. Môi trường sống tự nhiên của nó là Trung và Nam Mỹ. Loài *P. americana* thường được phân loại theo cách truyền thống thành ba phân loại chính: Bơ Guatemala (*P. americana* var.

guatemalensis L.), Bơ Mexico (*P. americana* var. *drymifolia* Mill.) và Bơ West Indian (*P. americana* var. *americana* Mill.). Bơ là một trong những loại cây ăn quả được ưa chuộng không chỉ vì giá trị dinh dưỡng mà nó còn mang lại giá trị thương mại, xuất khẩu cao cho người nông dân. Tuy nhiên do đặc thù là cây nhiệt đới nên bơ là loại quả có hô hấp đột biến, thời gian bảo quản ngắn và nhanh chín, nguyên nhân chính dẫn đến hư hỏng bơ sau thu hoạch là bệnh thán thư và thối cuống do nấm *Colletotrichum gloeosporioides* gây nên và vi khuẩn *Erwinia carotovora* gây bệnh thối quả [6], [7]

Trong những năm gần đây, các nhà khoa học trong và ngoài nước đang quan tâm nghiên cứu khả năng sử dụng các vật liệu biopolymer như các polysaccharide, các protein và các chất béo để tạo màng nhằm hướng tới phát triển các bao bì ăn được hoặc bao bì tự hủy thay thế cho bao bì plastic truyền thống. Để có thể sử dụng như một bao bì thực phẩm, các loại màng này cần phải ổn định về mặt sinh hóa, vi sinh và đảm bảo vệ sinh an toàn thực phẩm. Hiện nay, màng nhựa PE, PP là các vật liệu được dùng phổ biến với số lượng lớn để bao gói thực phẩm. Tuy nhiên, dùng các vật liệu này có một số hạn chế là tồn thất chất dinh dưỡng của thực phẩm trong quá trình lạnh đông và bảo quản, hơn nữa do thời gian phân hủy kéo dài, xử lý khó khăn đồng thời gây ô nhiễm môi trường. Vì vậy nghiên cứu màng chitosan có bổ sung phụ liệu để thay thế những loại bao bì trên là việc làm mang lại giá trị to lớn về mặt xã hội mặc dù giá trị kinh tế thì có thể chưa bằng các loại bao bì truyền thống, bên cạnh đó còn giúp gia tăng giá trị của phế liệu thủy sản.

Chitosan là một loại Polysaccharide thu được bằng deacetyl hóa trong môi trường kiềm của chitin [8], [9]. Đây được xem là một loại vật liệu không độc hại, phân hủy sinh học, tương thích sinh học và thân thiện với môi trường với nhiều đặc tính vượt trội [10]. Sự hiện diện lượng nhỏ acid lauric trong hỗn hợp là đủ để tăng cường khả năng kháng khuẩn so với chitosan tinh khiết [11]

“Nghiên cứu tạo màng Chitosan độ deacetyl 90 kết hợp acid lauric và ứng dụng vào bảo quản bơ (*Persea americana* Mill.)” được chọn với mục đích tổng hợp chế phẩm phối hợp chitosan - acid lauric có hoạt tính kháng khuẩn tốt, ổn định, kéo dài thời hạn sử dụng của quả bơ Sáp, cũng như có thể ứng dụng trong bảo quản các loại quả sau thu hoạch nhằm gia tăng thời gian bảo quản, nâng cao thu nhập cho người dân, nhằm phát triển nền nông nghiệp.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp chuẩn bị mẫu

Dung dịch acid lauric: acid lauric ở dạng rắn được pha với cồn 96° để hòa tan hoàn toàn thành dung dịch ứng với các nồng độ khảo sát.

Dung dịch chitosan: chitosan được pha vào trong dung môi đệm acetate với pH 3.8 (theo TCVN 4320 – 86 về pha đệm acetate).

Bơ là bơ sáp được thu nhận từ vườn ở Đắk Lắk, bơ được chọn làm thí nghiệm là những quả phát triển bình thường, có kích thước đồng đều, độ tuổi thu hoạch là sau 300 ngày kể từ ngày ra hoa, khối lượng quả đạt từ 200 – 250g, không sâu bệnh, không trầy xước, không bị tổn thương và thời gian vận chuyển không quá 8 tiếng.

2.2. Hoá chất, dụng cụ và thiết bị

2.2.1. Hoá chất

Chitosan với độ deacetyl 90 từ Đại Học Nha Trang; acid lauric ($C_{12}H_{24}O_2$, p = 99%); C_2H_5OH 90°; acid acetic 1% (CH_3COOH , p = 99.6%); sodium acetate (CH_3COONa); fehling A ($CuSO_4.5H_2O$); fehling B ($KNaC_4H_4O_6.4H_2O$, NaOH); dung dịch Iod; môi trường PDA; dung dịch sắt (III) sunfat ($Fe_2(SO_4)_3$); kali feroxyanua ($K_4[Fe(CN)_6]$, p = 99,5%); kẽm acetate ($Zn(CH_3COO)_2$, p = 99%); hexane (C_6H_{14}) có nguồn gốc từ công ty TNHH MTV Hóa Nam, xuất xứ từ Trung Quốc.

2.2.2. Dụng cụ và thiết bị

Máy đo màu CR-200 Chroma Meter (Minolta, Nhật Bản); cân phân tích; máy khuấy từ gia nhiệt 10 vị trí MSH-S10 (Trung Quốc); máy đo pH; becher, erlen, pipet, bình định mức và buret các loại; thiết bị đo cấu trúc Zwick/Roell (Đức)

2.3. Bố trí thí nghiệm

2.3.1. Thí nghiệm 1: Khảo sát khả năng tạo màng của chitosan có độ deacetyl 90 khi kết hợp với acid lauric ở từng nồng độ acid lauric khác nhau

- Thông số cố định: nồng độ chitosan có độ deacetyl 90 là 1% (w/v), hàm lượng acid lauric bổ sung là 10 ml

- Thông số khảo sát: các mức nồng độ acid lauric: 0.1%; 0.15%; 0.2%; 0.25%; 0.3% (v/v)

Hòa tan lượng chitosan có độ deacetyl 90 nồng độ 1% trong dung môi acid acetic 1% và sodium acetate 3M để đưa về đệm pH = 3.8 trong khoảng 48 giờ sau đó để ổn định trong 10 phút rồi tiến hành lọc dịch. Tiến hành bổ sung acid lauric theo các nồng độ khảo sát (0.1%; 0.15%; 0.2%; 0.25%; 0.3% v/v) với hàm lượng cố định là 10 ml vào khuấy trong 2 giờ. Rồi đổ đĩa theo thể tích dịch đã tính lượng chính xác ứng với đĩa có độ dày màng bao mong muốn cho vào đĩa phẳng để khô tự nhiên trong 2 ngày. Khi khô bóc màng khỏi đĩa rồi đem đi đo các chỉ tiêu.

Cấu trúc của màng được xác định bằng phương pháp đo cơ lý

2.3.2. Thí nghiệm 2: Khảo sát khả năng tạo màng của chitosan có độ deacetyl 90 khi kết hợp với acid lauric ở từng tỉ lệ dung dịch chitosan với acid lauric

- Thông số cố định: nồng độ chitosan có độ deacetyl 90 là 1% (w/v), nồng độ acid lauric tối ưu được chọn ở thí nghiệm 1.

- Thông số khảo sát: các mức tỉ lệ chitosan - acid lauric 0%; 2%; 4%; 6%; 8% (v/v)

Tạo dịch chitosan như thí nghiệm 1. Sau đó dùng dung dịch acid lauric với nồng độ đã được chọn ở trên, bổ sung các tỉ lệ chitosan - acid lauric cần khảo sát (0%; 2%; 4%; 6%; 8% v/v) vào khuấy trong 2 giờ. Rồi đổ đĩa theo thể tích dịch đã tính lượng chính xác ứng với đĩa có độ dày màng bao mong muốn cho vào đĩa phẳng để khô tự nhiên trong 2 ngày. Khi khô bóc màng khỏi đĩa rồi đem đi đo các chỉ tiêu.

Cấu trúc của màng được xác định bằng phương pháp đo cơ lý

2.3.3. Thí nghiệm 3: Khảo sát chất lượng của bơ Sáp sau khi bảo quản bằng màng chitosan có độ deacetyl 90 kết hợp acid lauric

Tiến hành thí nghiệm bảo quản bơ Sáp với 5 mẫu, mỗi mẫu chuẩn bị 25 quả

- Mẫu 1: không dùng màng bao (đối chứng),

- Mẫu 2: bao màng chitosan

- Mẫu 3: bao màng chitosan – acid lauric

- Mẫu 4: nhúng chitosan

- Mẫu 5: nhúng chitosan – acid lauric

Các mẫu đều được rửa nước ấm 50°C trước khi bảo quản.

Thời gian bảo quản khoảng 14 ngày, sau 2 ngày các mẫu sẽ được xác định khối lượng và các chỉ tiêu liên quan.

2.4. Phương pháp phân tích

2.4.1. Đo cấu trúc của màng [12]

Các màng được giữ trong môi trường có nhiệt độ và độ ẩm ổn định trong thời gian 24h trước khi tiến hành đo.

Lực kéo đứt, độ giãn dài và mô-đun đàn hồi của màng được xác định thông qua thiết bị đo cấu trúc Zwick/Roell. Mẫu thử (20 mm × 120 mm) chịu tác động của lực kéo đồng trục với vận tốc cố định (100 mm.min⁻¹), lực kéo F (Newton) và độ giãn dài (%) được ghi nhận lại cho đến khi mẫu thử bị đứt.

2.4.2. Xác định hàm lượng chất khô hòa tan bằng khúc xạ kế

Hàm lượng chất khô hoà tan (°Brix) được xác định thông qua khúc xạ kế theo mô tả của Quoc và cộng sự [13]. Bơ Sáp được cắt và băm nhỏ rồi cân 15g mẫu, ép lấy dịch quả và tiến hành đo hàm lượng chất khô hoà tan bằng khúc xạ kế.

2.4.3. Xác định hàm lượng lipid tổng trong bơ sáp

Hàm lượng lipid tổng trong bơ Sáp được xác định thông qua kỹ thuật trích ly Soxhlet theo AOAC 963.15 với các sửa đổi, trong đó sử dụng ete làm dung môi [14], [15]

2.4.4. Phương pháp đo màu

Màu sắc của bơ được xác định bằng máy đo màu CR-200 Chroma Meter (Minolta, Nhật Bản) trong không gian màu (L*; a*; và b*). Các vị trí đo màu nằm ở giữa mỗi quả bơ [13], [16].

2.4.5. Phương pháp đo độ cứng (kg lực)

Độ cứng của bơ được xác định bằng cách sử dụng máy đo độ cứng hiệu TR Turoi (Ý). Độ cứng của bơ được đo tại 3 điểm: đầu, giữa và cuối, sau đó lấy giá trị và phân tích sự khác biệt ở từng mốc thời gian khảo sát.

2.4.6. Phương pháp đo sự hao hụt khối lượng (%)

Trong quá trình bảo quản, do điều kiện bảo quản, sự hô hấp mạnh của bơ và do có sự bốc hơi nước nên khối lượng quả bơ sẽ bị hao hụt, làm giảm khối lượng bơ. Đây là một yếu tố cần được chú ý trong quá trình bảo quản bơ cũng như các loại rau quả khác. Khối lượng mẫu ban đầu và khối lượng mẫu theo thời gian khảo sát sẽ được cân và sau đó tính tỷ lệ phần trăm hao hụt.

2.5. Phương pháp xử lý kết quả

Các thí nghiệm được bố trí lặp lại 3 lần. Phân tích dữ liệu thu được bằng Excel và phương sai (ANOVA) để kết luận sự khác biệt có ý nghĩa hoặc không có ý nghĩa. Số liệu được thu thập, xử lý bằng phần mềm Statgraphic và R.

Tất cả các thí nghiệm đã được thực hiện trong ba lần. Dữ liệu thu được được phân tích bằng phương pháp phân tích phương sai một chiều (ANOVA), và sự khác biệt cụ thể giữa các giá trị trung bình được xác định bằng quy trình khác biệt nhỏ nhất (LSD) của Fisher bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV (phiên bản 15.1.02) tại $p < 0,05$. Kết quả được biểu thị dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (SD)

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Thí nghiệm 1. Khả năng tạo màng của chitosan có độ deacetyl 90 khi kết hợp với acid lauric ở từng nồng độ khác nhau

Khảo sát nồng độ acid lauric ảnh hưởng đến khả năng tạo màng đã được thực hiện thông qua quá trình đánh giá các chỉ tiêu bao gồm: ứng suất chịu lực, độ giãn dài, modun đàn hồi của các màng được tạo ra từ dung dịch chitosan 1% kết hợp acid Lauric có các nồng độ 0,1%; 0,15%; 0,2%; 0,25%; 0,3%.

Bảng 1. Kết quả ứng suất chịu lực, độ giãn dài, modun đàn hồi của các mẫu chitosan 1% khi kết hợp với acid lauric ở từng nồng độ

Nồng độ acid lauric (%)	Ứng suất chịu lực (Pa)	Độ giãn dài	Modun đàn hồi (MPa)
0.1	31.09 ^a $\pm$ 1.34	0.03 ^a $\pm$ 0.05	2.32 ^a $\pm$ 0.19
0.15	48.31 ^b $\pm$ 0.65	0.06 ^b $\pm$ 0.02	1.42 ^b $\pm$ 0.27
0.2	35.16 ^a $\pm$ 1.72	0.04 ^a $\pm$ 0.03	1.79 ^{ab} $\pm$ 0.18
0.25	30.94 ^a $\pm$ 0.58	0.03 ^a $\pm$ 0.03	1.46 ^b $\pm$ 0.27
0.3	40.19 ^a $\pm$ 0.37	0.04 ^a $\pm$ 0.05	2.09 ^{ab} $\pm$ 0.27
0	41.39 ^b $\pm$ 0.14	0.06 ^b $\pm$ 0.08	11.69 ^c $\pm$ 0.27

(Chú thích: Số liệu trong hình là giá trị trung bình $\pm$ SD của 3 lần lặp. Với các kí tự a, b trên cùng một cột để chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $P < 0.05$ về ứng suất chịu lực ở những nồng độ khác nhau)

Ứng suất chịu lực là khả năng chịu đựng không bị nứt, gãy, phá hủy dưới tác động của ngoại lực lên vật thể. Kết quả trên cho thấy ở những nồng độ khác nhau của acid lauric thì ứng suất chịu lực của màng không đồng đều. Từ nồng độ 0.1% đến 0.15% ứng suất chịu lực tăng rất cao, sau đó giảm dần đều ở các nồng độ 0.2%; 0.25%. Với nồng độ 0.3% ứng suất chịu lực đạt mức trung bình so với các nồng độ còn lại. Nồng độ 0,15% có ứng suất chịu lực lớn nhất. Ngoài ra, ở các nồng độ 0.1%; 0.2%; 0.25%; 0.35% không có sự khác biệt về ứng suất chịu lực. Màng có nồng độ acid lauric 0.15% và màng chitosan khi không có bổ sung acid

lauric không có sự khác biệt về ứng suất chịu lực (Bảng 1). Mặt khác kết quả này phù hợp với nghiên cứu của tác giả Cagri và cộng sự (2001) là các tác nhân kháng khuẩn thêm vào sẽ làm thay đổi các tính chất cơ lý của màng [17]. Pranoto và cộng sự (2005) đã nghiên cứu bổ sung một số tác nhân kháng khuẩn như dầu tỏi, potassium sorbate, nisin vào màng chitosan thì cũng thấy các tác nhân kháng khuẩn này làm thay đổi các tính chất cơ lý của màng và nồng độ chất kháng khuẩn phối trộn vào càng cao thì sức căng bề mặt của màng tăng đến giá trị cực đại rồi giảm dần [18].

Độ giãn dài (biên dạng dài của màng) là giá trị thể hiện mức độ kéo giãn của màng dưới tác động của lực kéo cho đến khi đứt. Đây là yêu cầu cần thiết trong việc kiểm tra độ giãn dài để ứng dụng trong việc sử dụng làm bao bì thực phẩm. Kết quả có thể nhận thấy nồng độ acid lauric ở các nồng độ khác nhau có độ giãn dài khác nhau. Ta thấy nồng độ từ 0.1% đến 0.15% tăng cao, sau đó giảm dần ở nồng độ 0.2% và giảm mạnh ở 0.25%, sau đó lại tăng tại nồng độ 0.3%. Ngoài ra, các nồng độ 0.1%; 0.2%; 0.25%; 0.35% không có sự khác biệt về độ giãn dài. Nồng độ 0.15% và màng chitosan khi không có bổ sung acid lauric không có sự khác biệt về độ giãn dài. Có sự giảm về độ giãn dài từ nồng độ 0.15% đến 0.25% vì theo kết quả này phù hợp với nghiên cứu nhóm tác giả Budi và cộng sự (2016) là giá trị độ giãn dài sẽ thấp hơn khi tăng thành phần chitosan trong màng [19].

Modun đàn hồi được dùng để đánh giá độ dẻo dai của màng, khi màng có modun đàn hồi càng thấp thì màng càng dẻo dai. Ở các nồng độ khác nhau của acid lauric thì modun đàn hồi rất thấp (có sự chênh lệch nhỏ). Đối với màng chitosan không bổ sung acid lauric thì lại có modun đàn hồi rất cao, gấp 8 lần so với giá trị nhỏ nhất. Nên màng có bổ sung acid lauric có độ dẻo dai tốt hơn so với màng không bổ sung.

Từ kết quả trên, có thể cho rằng để đạt được modun đàn hồi tốt cho màng chitosan kết hợp acid lauric, nồng độ acid lauric phù hợp cho dung dịch tạo màng là 0.15%.

3.2. Thí nghiệm 2: Khảo sát khả năng tạo màng của của chitosan có độ deacetyl 90 khi kết hợp với acid lauric ở từng tỉ lệ dung dịch chitosan với acid lauric

Bảng 2. Kết quả ứng suất chịu lực, độ giãn dài, modun đàn hồi của các mẫu chitosan có độ deacetyl 90 khi kết hợp với acid lauric ở từng tỉ lệ dung dịch chitosan với acid lauric

Tỉ lệ acid lauric bổ sung (%)	Ứng suất chịu lực (Pa)	Độ giãn dài (%)	Modun đàn hồi (MPa)
0	41.38 ^a ± 1.11	5.69 ^a ± 0.78	11.69 ^a ± 0.26
2	52.52 ^b ± 1.86	5.41 ^b ± 1.15	1.47 ^b ± 0.45
4	60.85 ^c ± 1.98	21.87 ^c ± 1.45	1.21 ^b ± 0.08
6	45.49 ^a ± 1.26	8.19 ^{ab} ± 0.84	1.82 ^b ± 0.43
8	35.26 ^d ± 1.27	13.68 ^d ± 1.59	1.22 ^b ± 0.41

(Chú thích: Số liệu trong hình là giá trị trung bình ± SD của 3 lần lặp. Với các kí tự a, b trên cùng một cột để chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $P < 0.05$ về ứng suất chịu lực ở những nồng độ khác nhau)

Từ kết quả Bảng 2 cho thấy khi tăng lượng acid lauric bổ sung từ 2% đến 8% với nồng độ là 0.15% thì ứng suất chịu lực, độ giãn dài và modun đàn hồi của màng đều thay đổi rõ rệt. Ứng suất chịu lực là khi tác dụng ngoại lực bên ngoài lên màng, màng bị biến dạng và tạo ra lực chống lại các tác dụng bên ngoài này [20]. Điều đó có nghĩa, ứng suất chịu lực tỉ lệ thuận với lực tác động vào màng; ứng suất càng lớn thì khả năng chịu lực của màng càng cao đồng nghĩa với cần có ngoại lực tác động vào màng phải lớn mới có thể gây ra biến dạng cho màng. Từ biểu đồ ta thấy khi bổ sung 4% acid lauric ở nồng độ 0.15% vào dịch chitosan sẽ tạo ra màng có ứng suất chịu lực cao nhất, tăng gần 1.5 lần so với màng không bổ sung acid lauric Độ giãn dài là giá trị để xác định tính linh hoạt và khả năng kéo dài của màng trước màng bị phá vỡ dưới tác dụng của lực kéo [21]. Đây cũng là tính chất quan trọng của màng bao thực phẩm. Nếu bổ sung một lượng lớn

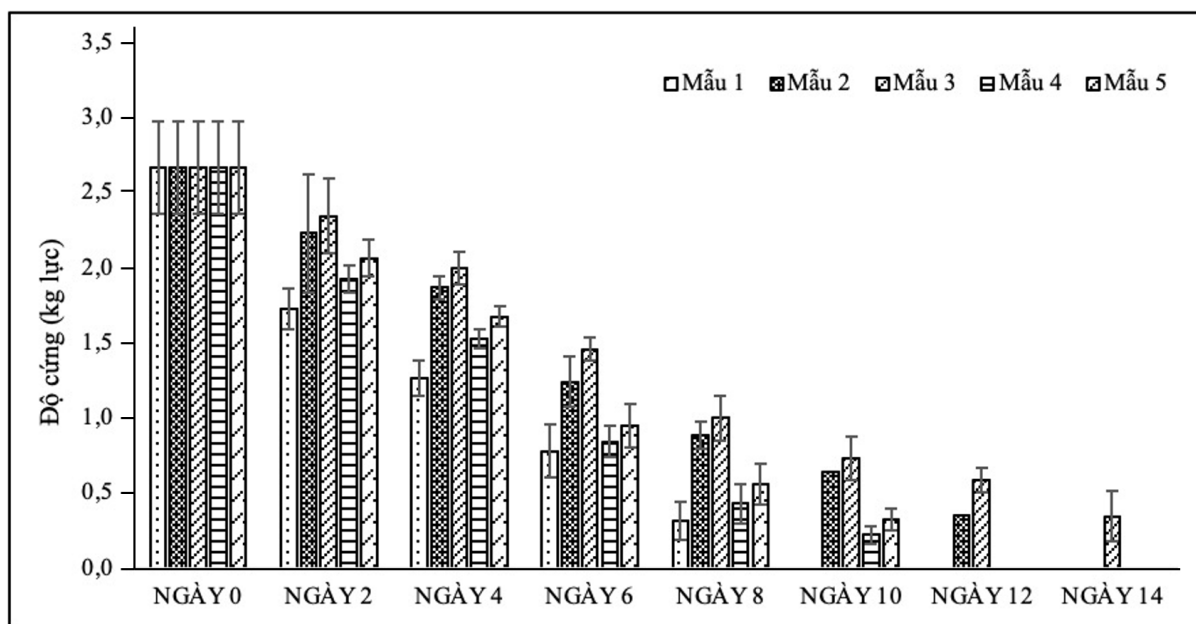
acid lauric vào dịch chitosan sẽ làm tăng sức căng bề mặt trên màng dẫn đến màng dễ bị căng đứt (độ giãn dài thấp hoặc không có làm giảm tính ứng dụng của màng). Nhìn chung, tất cả các màng khi bổ sung acid lauric đều có độ giãn dài cao hơn so với màng chitosan, điều này có nghĩa khi bổ sung acid lauric đã cải thiện được màng chitosan về độ kéo dãn của màng. Độ giãn dài của màng đạt đến giá trị lớn nhất là 21.876% khi bổ sung acid lauric 4% ở nồng độ 0.15% vào thành phần của màng. Độ giãn dài được cải thiện tăng gần 4 lần so với màng không bổ sung acid lauric. Điều này xảy ra là do có sự tương tác tốt giữa các phân tử acid lauric và chitosan đã dẫn đến sự hình thành các liên kết liên phân tử. Khi lực tương tác giữa các phân tử diễn ra mạnh mẽ, màng sẽ tăng cả về ứng suất chịu lực và độ giãn dài [22].

Modun đàn hồi đánh giá độ dẻo dai của màng, với giá trị modun đàn hồi càng thấp nghĩa là màng có tính đàn hồi cao [20]. Việc bổ sung acid lauric làm giảm đáng kể modun đàn hồi của màng (giảm gấp 11 lần) so với modun đàn hồi của màng chitosan; mà trong đó, modun đàn hồi khi bổ sung 4% acid lauric ở nồng độ 0.15% là thấp nhất. Điều này đồng nghĩa với việc màng chitosan khi bổ sung acid lauric ở tỉ lệ này sẽ cho ra màng có độ co giãn cao, độ đứt gãy thấp, thuận lợi cho việc bảo quản thực phẩm.

Vậy từ ba thông số trên ta chọn bổ sung acid lauric ở tỉ lệ 4% ở nồng độ 0.15% là phù hợp nhất.

3.3. Thí nghiệm 3: Khảo sát chất lượng của bơ sau khi bảo quản bằng màng chitosan có độ deacetyl 90 kết hợp acid lauric

3.3.1. Sự thay đổi về độ cứng của bơ sáp theo thời gian bảo quản



Hình 1. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi độ cứng của bơ Sáp theo từng mốc thời gian bảo quản

Kết quả ở Hình 1 cho thấy độ cứng của bơ càng ngày càng giảm theo thời gian bảo quản. Cụ thể, độ cứng của mẫu 1 (mẫu đối chứng) giảm nhanh nhất trong khoảng thời gian ngắn nhất, sau 8 ngày bảo quản độ cứng chỉ còn 0.311 (kg lực). Sau đó tới mẫu 4 và mẫu 5, sau 10 ngày bảo quản độ cứng cũng lần lượt giảm còn 0.282 (kg lực) và 0.32 (kg lực). So với 3 mẫu trên thì mẫu 2 bảo quản được tới ngày thứ 12 độ cứng mới giảm xuống còn 0.346 (kg lực) và mẫu có độ cứng giảm chậm nhất và trong khoảng thời gian lâu nhất với 14 ngày bảo quản, độ cứng còn 0.344 (kg lực). Nhìn chung, mẫu 1 (mẫu đối chứng) đã xuất hiện hiện tượng hư hỏng vào ngày thứ 4 trong quá trình bảo quản, trong khi các mẫu còn lại (có áp dụng các phương pháp bảo quản) vẫn còn đảm bảo về mặt cảm quan (Hình 2).

Hình 1 cũng cho thấy các mẫu bơ được bảo quản bằng màng chitosan và màng chitosan - acid lauric có độ cứng giảm chậm hơn so với các mẫu bơ được bảo quản bằng cách nhúng chitosan hay dung dịch chitosan - acid lauric.

Trong quá trình chín của bơ, enzyme protopectinase hoạt động mạnh thủy phân protopectin (dạng không hòa tan) thành pectin (dạng hòa tan), ngoài ra dưới tác động của cellulase, xylanase, polygalactorunase và một số enzyme khác cũng làm thành tế bào bị phá vỡ chuyển sang dạng hòa tan, làm yếu dần tính liên kết giữa các tế bào dẫn đến độ cứng của quả bơ giảm đi, quả bơ trở nên mềm. Khi bơ quá chín, các chất pectin sẽ tiếp tục bị phân hủy đến acid pectic và metanol làm cho rau quả bị nhũn và cấu trúc bị phá hủy [23].

Ngày 0



Mẫu đối chứng

Ngày 4



Mẫu đối chứng



Bọc màng
Chitosan



Bọc màng
Chitosan – Acid
lauric



Nhúng Chitosan



Nhúng Chitosan
– Acid lauric

Ngày 8



Mẫu đối chứng



Bọc màng
Chitosan



Bọc màng
Chitosan – Acid
lauric



Nhúng Chitosan



Nhúng Chitosan
– Acid lauric

Ngày 12



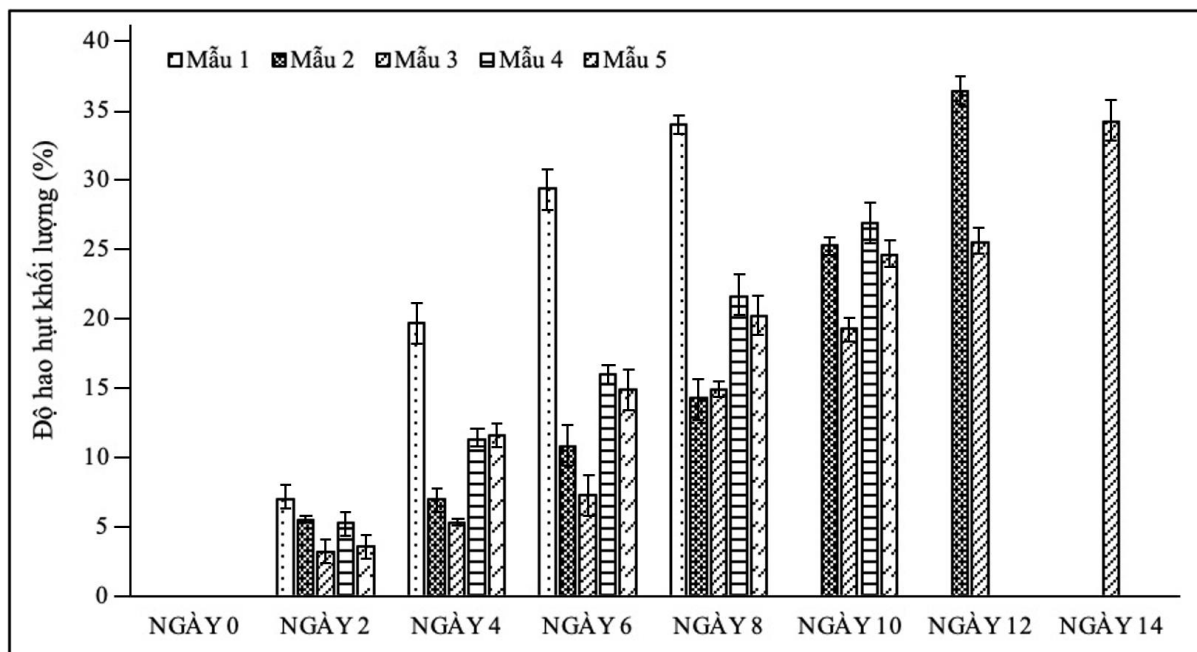
Bọc màng
Chitosan



Bọc màng
Chitosan – Acid
lauric

Hình 2. Sự thay đổi về màu sắc và cảm quan của vỏ và thịt quả bơ qua các ngày bảo quản

3.3.2. Sự thay đổi về khối lượng của bơ sáp theo thời gian bảo quản



Hình 3. Biểu đồ thể hiện sự hao hụt khối lượng của bor Sáp theo từng mốc thời gian bảo quản

Hao hụt khối lượng là chỉ tiêu quan trọng nhất để đánh giá chất lượng cũng như tính kinh tế của quả trong quá trình tồn trữ. Trong bất cứ điều kiện tồn trữ nào đều không thể tránh khỏi sự giảm khối lượng tự nhiên, chủ yếu do quá trình hô hấp làm tổn hao các chất hữu cơ và sự mất ẩm do bay hơi nước. Nhưng có thể giảm tổn thất khối lượng đến mức tối thiểu bằng cách tạo điều kiện tồn trữ tối ưu. Thời gian bảo quản càng dài thì sự hao hụt khối lượng càng tăng [24].

Kết quả thể hiện ở Hình 3 cho thấy sự tổn thất khối lượng của bor tăng theo thời gian bảo quản ở tất cả các mẫu. Theo đó, khối lượng bor giảm nhiều nhất và trong thời gian ngắn nhất ở mẫu 1 (mẫu đối chứng), với độ hao hụt khối lượng rất lớn, 34.03% trong vòng 8 ngày bảo quản. So với mẫu 1, mẫu 4 và mẫu 5 có độ hao hụt khối lượng tăng chậm hơn với giá trị lần lượt là 33.87% và 31.58% sau 10 ngày bảo quản. Còn với mẫu 3 có độ hao hụt khối lượng tăng chậm nhất trong khoảng thời gian lâu nhất là 14 ngày mới đạt độ hao hụt 34.19%, ta còn thấy sự hao hụt khối lượng của mẫu bor bảo quản bằng màng chitosan - acid lauric vẫn thấp hơn so với mẫu bor bảo quản bằng màng chitosan dù thời gian có dài hơn 2 ngày. Điều này chứng tỏ rằng màng bao chitosan - acid lauric có khả năng hạn chế sự hao hụt khối lượng khá tốt, do màng chitosan - acid lauric đã ngăn cản O_2 thẩm thấu mạnh vào trong, với một nồng độ thích hợp thì màng có chức năng làm cường độ hô hấp của quả, do vậy quá trình phân giải các hợp chất hữu cơ thành CO_2 và H_2O giảm đi, hay nói cách khác là màng chitosan - acid lauric đã hạn chế được quá trình phân giải chất khô, đồng thời màng này cũng có tác dụng ngăn cản sự bay hơi nước.

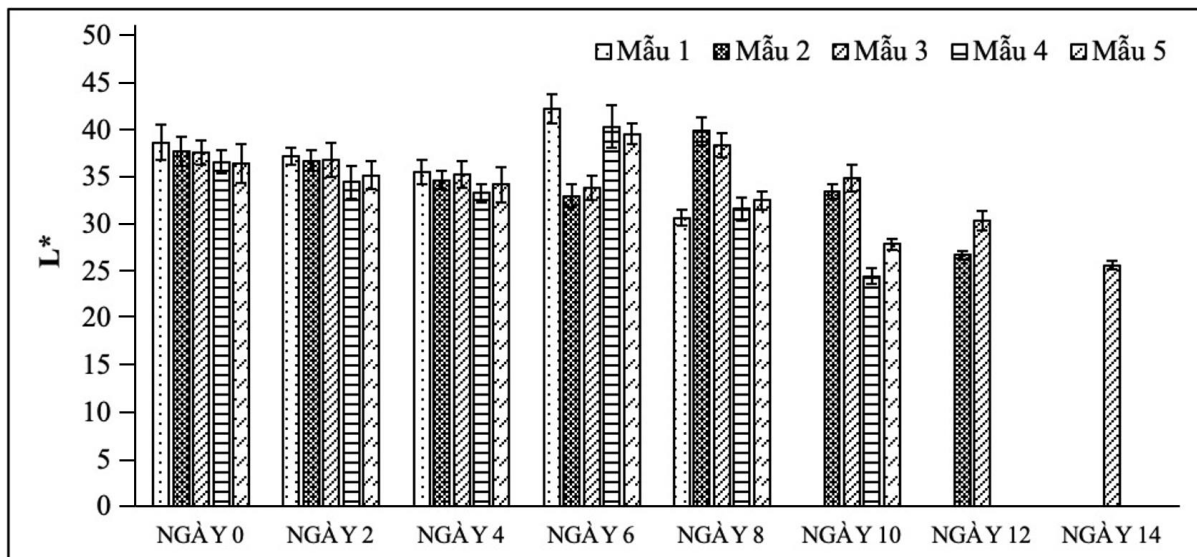
Ngoài ra biểu đồ còn cho thấy sự tổn thất khối lượng của các mẫu bor bảo quản bằng màng chitosan và màng chitosan - acid lauric thấp hơn so với mẫu bor bảo quản bằng các nhúng dung dịch chitosan hay dung dịch chitosan - acid lauric.

Màng và lớp màng ăn được có khả năng hạn chế mất độ ẩm từ quả bor trong quá trình bảo quản hoặc làm giảm sự hấp thụ oxy do quả cây và do đó làm chậm hô hấp. Áp dụng lớp phủ có thể cản trở sự chín của hoa quả cũng như làm chậm sự thay đổi liên quan đến độ cứng, màu sắc, trọng lượng và thành phần hóa học [25].

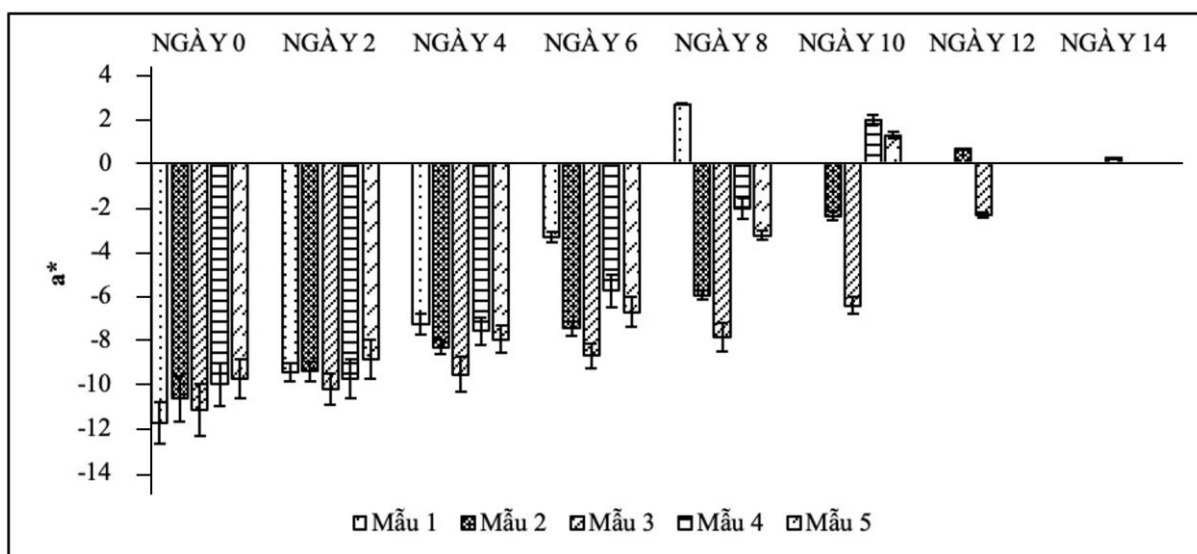
Trong quá trình bảo quản, khoảng 75 – 85% sự giảm trọng lượng quả do mất nước, 15-25% sự giảm trọng lượng do tiêu hao chất khô trong quá trình hô hấp duy trì sự sống cho tế bào. Do đó sự giảm khối lượng của quả chủ yếu là do sự mất nước. Sự mất hơi nước thay đổi trong suốt quá trình lưu trữ. Giai đoạn đầu mất nước mạnh, giai đoạn giữa giảm đi, cuối cùng khi chín hay bắt đầu hư hỏng lại tăng lên. Ngoài ra sự quá chín cũng kèm theo sự tăng lượng ẩm thoát ra, đó là quá trình lão hóa của các hệ keo làm giảm tính háo

nước của quả. Độ ẩm của không khí càng thấp, nhiệt độ tồn trữ càng cao thì tốc độ bay hơi nước, cường độ hô hấp càng cao, làm cho quá trình mất nước của quả tăng lên, khiến trọng lượng quả giảm mạnh [26] Ngoài ra bơ là quả thuộc nhóm hô hấp đột biến, có cường độ hô hấp tăng nhanh sau khi thu hoạch, làm tổn hao các chất hữu cơ nhiều là một trong những nguyên nhân làm cho sự hao hụt khối lượng tăng nhanh [27].

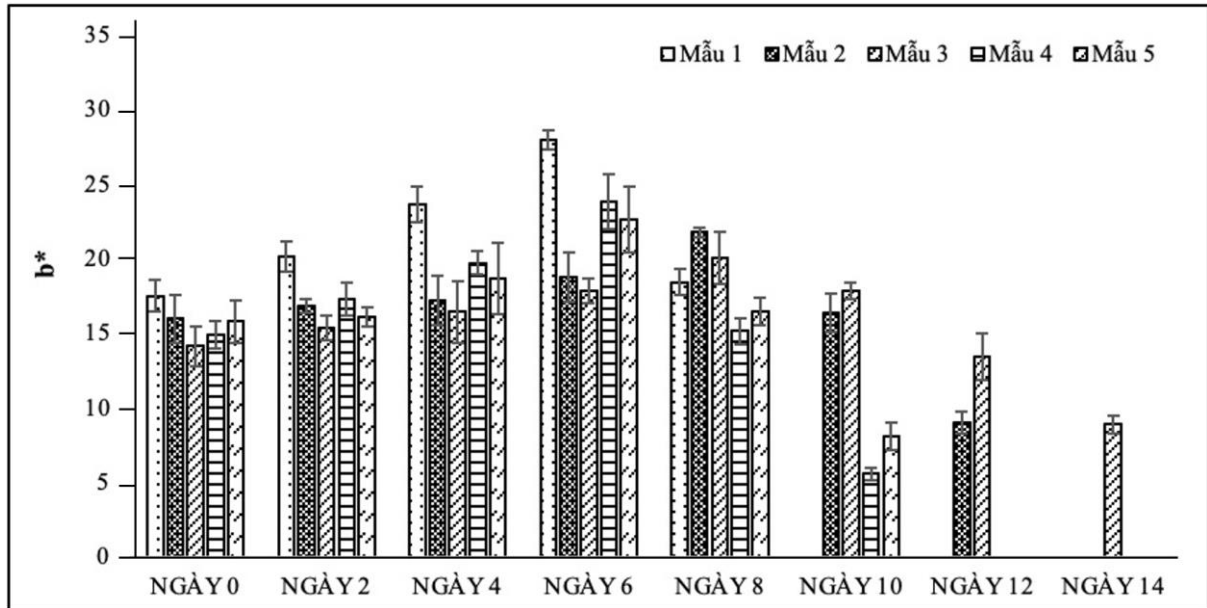
3.3.3. Sự thay đổi màu sắc của bơ



Hình 4. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi chỉ số L^* của bơ Sáp theo từng mốc thời gian bảo quản



Hình 5. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi chỉ số a^* của bơ Sáp theo từng mốc thời gian bảo quản



Hình 6. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi chỉ số b^* của bơ Sáp theo từng mốc thời gian bảo quản

Trước hết ta biết rằng giá trị L^* có khoảng chạy là (0,100), chỉ số L^* cho ta biết mức độ sáng tối, L^* đại diện cho màu đen tối nhất ở $L^* = 0$, và màu trắng sáng nhất ở $L^* = 100$.

Nhìn vào đồ thị (Hình 4), ta thấy ở các thời điểm khảo sát đối với mẫu 1, mẫu 4 và mẫu 5 là từ ngày bảo quản đầu tiên đến hết ngày 4, đối với mẫu 2 và mẫu 3 là đến hết ngày 6, thì chỉ số L^* giảm dần. Trong đó mẫu 1 luôn có màu sáng nhất so với các mẫu còn lại đến hết ngày bảo quản thứ 6 và độ sáng cũng đạt giá trị cao nhất.

Theo đồ thị (Hình 4) và Hình 2, độ sáng ở các mẫu 4 và mẫu 5 đều đạt cao nhất vào ngày bảo quản thứ 8. Trong khi các mẫu 2 và mẫu 3 độ sáng đạt cao nhất vào ngày thứ 10. Lý do có sự thay đổi màu này là: khi quả bơ có dấu hiệu bắt đầu chín, do sự phân hủy một phần sắc tố chlorophyll bởi enzyme Chlorophyllase nên màu xanh đậm của vỏ quả sẽ giảm đi thay vào đó là sắc tố vàng. Đây là nguyên nhân làm tăng độ sáng của mẫu. Riêng đối với mẫu 3 thì do được bảo quản bằng màng chitosan - acid lauric nên enzyme chlorophyllase hoạt động chậm lại khiến cho quá trình phân hủy chlorophyll bị giảm đi, vì thế mẫu 3 giữ được màu xanh đậm lâu hơn các mẫu còn lại.

Cũng theo đồ thị ta thấy độ sáng của mẫu 1, mẫu 4 và mẫu 5 đều đồng loạt giảm từ ngày bảo quản thứ 7 trở đi, trong khi mẫu 2 và mẫu 3 đồng loạt giảm từ ngày bảo quản thứ 10. Điều này nói lên rằng màu sắc vỏ quả của tất cả các mẫu có sự chuyển sang màu nâu thâm đen (bởi vì màu tối lúc này không thể do màu xanh đậm của chlorophyll quy định được nữa). Màu thâm đen này sinh ra do một phần tế bào vỏ quả bị chết tạo nên và nhóm flavonoids như: anthocyanins biểu hiện làm màu sắc của bơ thay đổi [28]

Trước hết ta biết rằng chỉ số a^* biểu hiện dải màu từ màu xanh lá cây ở giá trị âm a^* và màu đỏ ở giá trị a^* dương. Căn cứ đồ thị (Hình 5) ta thấy mẫu 1 có khả năng giữ một phần sắc tố màu xanh lá cây cho đến hết ngày bảo quản thứ 6, đối với mẫu 4 và mẫu 5 là hết ngày bảo quản thứ 8, mẫu 2 đến hết ngày bảo quản thứ 10, cho đến ngày bảo quản thứ 12 thì chỉ có mẫu 3 là còn sắc tố màu xanh lá cây. Điều đó chứng tỏ rằng việc sử dụng màng bao chitosan hay chitosan - acid lauric cho khả năng giữ màu xanh lá cây tốt hơn. Điều này cũng phù hợp với việc giải thích nguyên nhân giảm độ sáng ở phần trên.

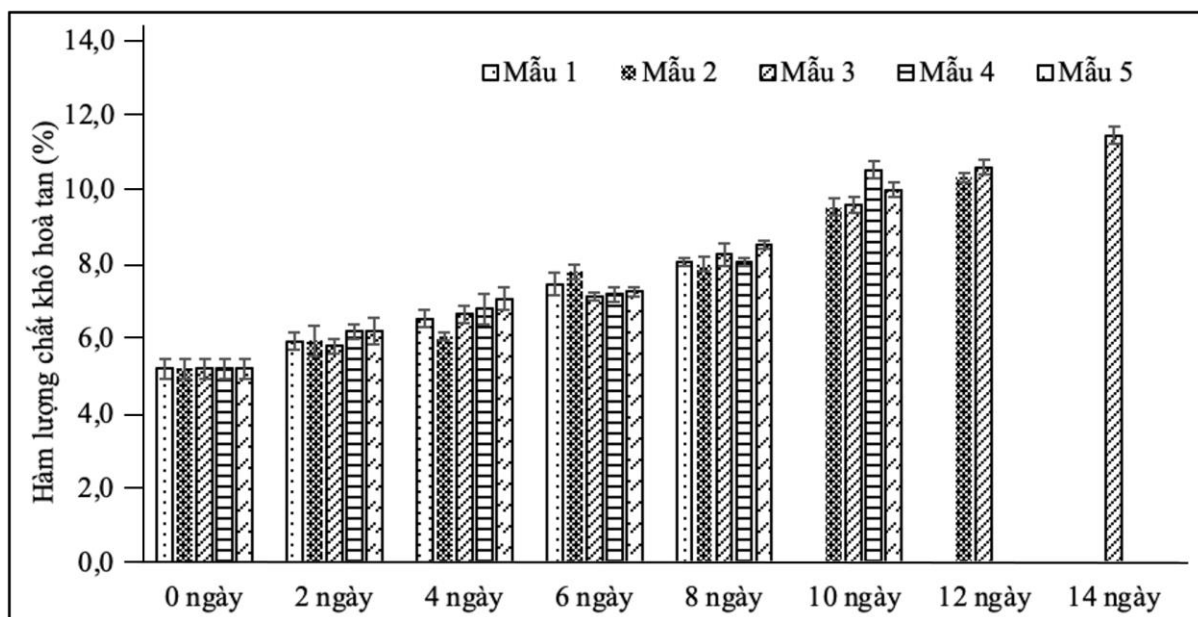
Cũng nhận thấy ở ngày thứ 10 thì chỉ số a^* ở mẫu 3 là thấp hơn mẫu 2. Vì vậy có thể nói lên rằng yếu tố Acid lauric có ảnh hưởng đến chỉ số a^* , cũng là nguyên nhân làm giảm chậm màu xanh lá cây của bơ và thay vào đó là các màu nâu đỏ, do vậy sẽ làm tăng tính cảm quan về màu sắc vỏ của quả bơ.

Theo đồ thị (Hình 6) ta nhận thấy sắc tố vàng ở mẫu 1, mẫu 4 và mẫu 5 đạt cao nhất vào ngày bảo quản thứ 6, mẫu 2 và mẫu 3 đạt cao nhất vào ngày bảo quản thứ 8. Có thể nói đây là thời điểm có dấu hiệu của sự chín, màu xanh bị phân giải dần dần và để lộ ra sắc tố vàng.

Bắt đầu sau ngày bảo quản thứ 6 thì sắc tố vàng của mẫu 1, mẫu 4 và mẫu 5 bắt đầu giảm, đối với mẫu 2 và mẫu 3 là sau ngày bảo quản thứ 8, và thời gian càng về sau thì càng giảm một cách dữ dội, xảy ra điều đó vì sau khi quả chín, các tế bào dần dần già đi và chết một phần, những tế bào chết này tạo ra những màu nâu, đen sẽ che lấp đi sắc tố vàng và đồng thời sắc tố vàng cũng bị phân hủy dần dần theo thời gian.

Giữa các mẫu so với nhau thì ngày thứ 6 là ngày thể hiện sắc tố vàng rõ nhất ở mẫu 1, và mẫu 2 và mẫu 3 thể hiện sắc tố vàng thấp nhất. Điều này rất phù hợp với việc đã phân tích ở trên rằng mẫu 2 và mẫu 3 có sự phân hủy chlorophyll chậm nhất nên tất yếu việc để lộ ra sắc tố vàng ở mẫu này phải là thấp.

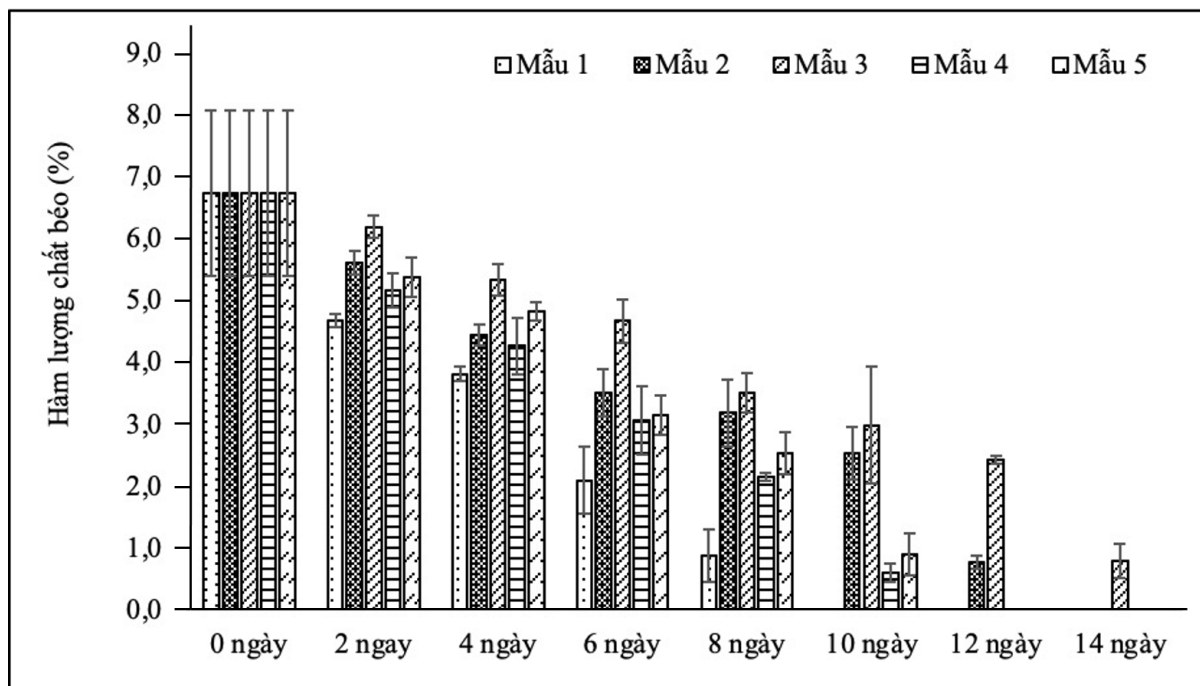
3.3.4. Sự thay đổi hàm lượng chất khô hoà tan



Hình 7. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi hàm lượng chất khô hòa tan của bơ Sáp trong thời gian bảo quản

Qua Hình 7 ta thấy hàm lượng chất khô có trong bơ có xu hướng tăng dần theo thời gian bảo quản. Hàm lượng chất khô ở mẫu 1 (đối chứng) hàm lượng chất khô tăng từ 5.2 - 8.07%. Mẫu 2 tăng từ 5.2% lên 10.33% sau 12 ngày bảo quản, mẫu 3 tăng lên 11.47% sau 14 ngày bảo quản, mẫu 4 tăng lên 10.53% sau 10 ngày bảo quản, mẫu 5 tăng lên 10% sau 9 ngày bảo quản. Ta thấy được các mẫu có sử dụng chitosan hoặc chitosan acid lauric có thời gian bảo quản tốt hơn mẫu không sử dụng. Mẫu sử dụng để làm màng bao (mẫu 2, 3) có thời gian bảo quản tốt hơn mẫu sử dụng phương pháp nhúng (mẫu 4, 5). Hàm lượng chất khô của quả bơ bị thay đổi theo xu hướng tăng lên do hoạt động sống của quả bơ làm cho hàm lượng Glucid có trong bơ nhiều lên do hoạt động của enzyme phân giải tinh bột có sẵn trong tế bào.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Petriccione et al. (2015) về việc bảo quản trái cây hàm lượng chất khô hòa tan sẽ tăng lên và mẫu có bao màng chitosan sẽ giữ được hàm lượng chất khô hòa tan tốt hơn [29]



Hình 8. Biểu đồ thể hiện sự thay đổi hàm lượng chất béo của bột Sáp trong thời gian bảo quản (%)

Qua biểu đồ Hình 8 ta thấy được sự giảm của mẫu 1 (đối chứng) thời gian giữ được cao nhưng hàm lượng chất béo có sự giảm nhanh của hàm lượng chất béo có trong mẫu 4 và mẫu 5 cũng tương giảm tương tự. Cụ thể mẫu 1 đối chứng giảm xuống từ 6.74% xuống 0.88% sau 8 ngày bảo quản, mẫu 2 giảm xuống còn 0.77% sau 12 ngày bảo quản, mẫu 3 giảm xuống còn 0.79% sau 14 ngày bảo quản, mẫu 4 giảm còn 0.61% sau 10 ngày bảo quản, mẫu 5 còn 0.9% sau 10 ngày bảo quản.

Vì trong bột có hàm lượng béo cao do vậy sự giảm hàm lượng chất béo là do quá trình chín và hư hỏng cũng như sự ôi hóa chất béo có trong bột. Màng có bao chitosan sẽ hạn chế được oxy do vậy sự ôi hóa béo cũng hạn chế hơn mẫu đối chứng.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Ali et al. (2013) hàm lượng O_2 có sử dụng màng chitosan sẽ giảm theo thời gian qua đó O_2 tiếp xúc với quả cây cũng giảm dần [30]

4. KẾT LUẬN

Quá trình tạo màng chitosan - acid lauric được thực hiện với các thông số: nồng độ chitosan 1% với pH ở 3.8, kết hợp với nồng độ Acid lauric 0.15% và lượng Acid lauric bổ sung với tỉ lệ so với chitosan là 4% là thích hợp nhất để tạo ra màng chitosan - acid lauric độ co giãn cao, độ đứt gãy thấp, thuận lợi cho việc bảo quản thực phẩm.

Việc sử dụng màng bao chitosan - acid lauric là hiệu quả nhất trong việc bảo quản giống bột Sáp so với các phương pháp sử dụng màng chitosan hay nhúng chitosan - acid lauric hay nhúng chitosan. Sử dụng màng bao chitosan - acid lauric để bảo quản bột Sáp có khả năng kéo dài thời gian bảo quản lên gấp 2 lần so với mẫu đối chứng. Khi sử dụng màng chitosan - acid lauric bảo quản bột Sáp thì thời gian bảo quản có thể kéo dài và cho chất lượng cao hơn so với sử dụng màng chitosan ở cùng thời gian bảo quản.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] R. Shepherd, S. Reader, and A. Falshaw, "Chitosan functional properties.," *Glycoconj. J.*, vol. 14, no. 4, pp. 535–542, Jun. 1997, doi: 10.1023/a:1018524207224.
- [2] Y. Chung and C. Chen, "Antibacterial characteristics and activity of acid-soluble chitosan.," *Bioresour. Technol.*, vol. 99, no. 8, pp. 2806–2814, May 2008, doi: 10.1016/j.biortech.2007.06.044.
- [3] F. Shahidi, J. K. V. Arachchi, and Y.-J. Jeon, "Food applications of chitin and chitosans," *Trends Food*

- Sci. Technol.*, vol. 10, no. 2, pp. 37–51, 1999, doi: [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00017-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00017-5).
- [4] N. R. Sudarshan, D. G. Hoover, and D. Knorr, “Antibacterial action of chitosan,” *Food Biotechnol.*, vol. 6, no. 3, pp. 257–272, Jan. 1992, doi: [10.1080/08905439209549838](https://doi.org/10.1080/08905439209549838).
- [5] I. Muhamad, N. Khairuddin, and L. Ling, “Effect of lauric acid addition on the microbial efficacy of chitosan-based film,” *J. Teknol.*, vol. 54, pp. 101–109, Jan. 2011, doi: [10.11113/jt.v54.94](https://doi.org/10.11113/jt.v54.94).
- [6] M. E. Galindo-Tovar, N. Ogata-Aguilar, and A. M. Arzate-Fernández, “Some aspects of avocado (*Persea americana* Mill.) diversity and domestication in Mesoamerica,” *Genet. Resour. Crop Evol.*, vol. 55, no. 3, pp. 441–450, 2008, doi: [10.1007/s10722-007-9250-5](https://doi.org/10.1007/s10722-007-9250-5).
- [7] M. Rubinstein *et al.*, “Genetic diversity of avocado (*Persea americana* Mill.) germplasm using pooled sequencing,” *BMC Genomics*, vol. 20, no. 1, p. 379, 2019, doi: [10.1186/s12864-019-5672-7](https://doi.org/10.1186/s12864-019-5672-7).
- [8] H. Onishi and Y. Machida, “Biodegradation and distribution of water-soluble chitosan in mice,” *Biomaterials*, vol. 20, no. 2, pp. 175–182, Jan. 1999, doi: [10.1016/s0142-9612\(98\)00159-8](https://doi.org/10.1016/s0142-9612(98)00159-8).
- [9] I. Younes and M. Rinaudo, “Chitin and chitosan preparation from marine sources: structure, properties and applications,” *Mar. Drugs*, vol. 13, pp. 1133–1174, Mar. 2015, doi: [10.3390/md13031133](https://doi.org/10.3390/md13031133).
- [10] J. M. Joshi and V. K. Sinha, “Ceric ammonium nitrate induced grafting of polyacrylamide onto carboxymethyl chitosan,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 67, no. 3, pp. 427–435, 2007, doi: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.06.021>.
- [11] E. Salleh, I. I. Muhammad, and Q. A. Pahlawi, “Spectrum activity and lauric acid release behaviour of antimicrobial starch-based film,” *Procedia Chem.*, vol. 9, pp. 11–22, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.proche.2014.05.003>.
- [12] IPC-TM-650 test methods manual, “IPC-TM-650 test methods manual 1.0,” no. 2, pp. 4–6, 1994.
- [13] L. P. T. Quoc, “Aloe vera gel coating on the quality of banana fruit during storage,” *Bull. Transilv. Univ. Brasov, Ser. II For. Wood Ind. Agric. Food Eng.*, vol. 14–63, no. 2, pp. 147–156, 2021, doi: [10.31926/BUT.FWIAFE.2021.14.63.2.14](https://doi.org/10.31926/BUT.FWIAFE.2021.14.63.2.14).
- [14] AOAC, “AOAC Official Method 963.15 Fat in Cacao Products Soxhlet Extraction Method,” 1963.
- [15] Phan Thanh Bình, Nguyễn Thị Thoa, Trần Thị Thắm Hà, Phạm Văn Thao, Nguyễn Thị Thùy Dung, and Đặng Đình Đức Phong, “Biến động một số chỉ tiêu chất lượng trong giai đoạn phát triển quả bơ Booth7 tại tỉnh Đắk Lắk,” *Khoa học và Công nghệ*, vol. 27, 2021.
- [16] L. P. T. Quoc, “Effect of alginate coating on the quality of fresh-cut muskmelon fruit (*Cucumis melo* L.),” *Stud. Univ. Vasile Goldis Arad, Ser. Stiint. Vietii*, vol. 30, no. 4, pp. 179–186, 2020.
- [17] A. Cagri, Z. Ustunol, and E. T. Ryser, “Antimicrobial, mechanical, and moisture barrier properties of low ph whey protein-based edible films containing p-aminobenzoic or sorbic acids,” *J. Food Sci.*, vol. 66, no. 6, pp. 865–870, Aug. 2001, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15188.x>.
- [18] Y. Pranoto, S. K. Rakshit, and V. M. Salokhe, “Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 38, no. 8, pp. 859–865, 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2004.09.014>.
- [19] A. Budi, P. Sugita, and D. E. Masyudi, “Chitosan and lauric acid addition to corn starch-film based effect: Physical properties and antimicrobial activity study,” *Int. J. Chem. Sci.*, vol. 14, pp. 529–544, Jan. 2016.
- [20] C. Lee, X. Wei, J. Kysar, and J. Hone, “Measurement of the elastic properties and intrinsic strength of monolayer graphene,” *Science*, vol. 321, pp. 385–388, Jul. 2008, doi: [10.1126/science.1157996](https://doi.org/10.1126/science.1157996).
- [21] O. Lopez, M. A. Garcia, M. A. Villar, A. Gentili, M. S. Rodriguez, and L. Albertengo, “Thermo-compression of biodegradable thermoplastic corn starch films containing chitin and chitosan,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 57, no. 1, pp. 106–115, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.01.024>.
- [22] Y. X. Xu, K. M. Kim, M. A. Hanna, and D. Nag, “Chitosan–starch composite film: preparation and characterization,” *Ind. Crops Prod.*, vol. 21, no. 2, pp. 185–192, 2005, doi: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.03.002>.
- [23] Quách Đình, Nguyễn Văn Tiếp, and N. V. Thoa, *Công nghệ sau thu hoạch và chế biến rau quả*. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1996.
- [24] Lê Văn Tán, Nguyễn Thị Hiền, Hoàng Thị Lê Bằng, and Quân Lê Hà, *Công nghệ bảo quản và chế biến rau quả*. Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2009.
- [25] N. Maftoonazad and H. Ramaswamy, “Effect of pectin-based coating on the kinetics of quality change associated with stored avocados,” *J. Food Process. Preserv.*, vol. 32, pp. 621–643, Jul. 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jfpp.2008.05.003>.

10.1111/j.1745-4549.2008.00203.x.

[26] Hà Văn Thuyết and Trần Quang Bình, *Bảo quản rau quả tươi và bán chế phẩm*. Hà Nội: NXB Nông nghiệp, 2000.

[27] A. B. Bennett, G. M. Smith, and B. G. Nichols, "Regulation of climacteric respiration in ripening avocado fruit," *Plant Physiol.*, vol. 83, no. 4, pp. 973–976, Apr. 1987, doi: 10.1104/pp.83.4.973.

[28] A. White and New Zealand Plant & Food Research, *The international avocado quality manual*. Auckland, N.Z. SE - 70 pages : color illustrations ; 30 cm: New Zealand Institute for Plant and Food Research Auckland, N.Z., 2009.

[29] M. Petriccione *et al.*, "Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage," *Food*, vol. 4, pp. 501–523, Sep. 2015, doi: 10.3390/foods4040501.

[30] A. Ali, N. Zahid, S. Manickam, Y. Siddiqui, P. G. Alderson, and M. Maqbool, "Effectiveness of submicron chitosan dispersions in controlling anthracnose and maintaining quality of dragon fruit," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 86, pp. 147–153, 2013, doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2013.06.027>.

STUDY ON THE PRODUCTION OF 90% DEACETYLATED CHITOSAN MEMBRANES COMBINED WITH LAURIC ACID AND THEIR APPLICATION IN AVOCADO (*Persea americana* MILL.) PRESERVATION

NGUYEN HUYNH DINH THUAN, TRUONG HOANG DUY*

Institute of Biotechnology and Food technology, Industrial University of Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Viet Nam

*Corresponding author: truonghoangduy@iuh.edu.vn

Abstract. Chitosan, a type of polysaccharide, was recognized as a non-toxic, biodegradable, biocompatible, and environmentally friendly material. Incorporating a small amount of lauric acid into chitosan membranes enhances their antibacterial properties compared to pure chitosan membranes. The purpose of this study was to investigate the potential application of 90% deacetylated chitosan membranes combined with lauric acid for preserving avocado (*Persea americana* MILL.). Lauric acid at concentrations ranging from 0.1% to 0.3% (addition ratios from 0% to 8%) will be added to a 1% chitosan solution at pH 3.8. The membranes will be characterized for their mechanical properties. The avocado preservation process will be conducted with the following samples: no membrane covering, membrane covered with chitosan, membrane covered with chitosan-lauric acid, immersed in chitosan solution, immersed in chitosan-lauric acid solution (all samples will be rinsed with warm water at 50°C before preservation). The results indicated that chitosan membranes with 90% deacetylation at a concentration of 1%, combined with 0.15% lauric acid (4% addition ratio), have a significant impact on slowing the deterioration process, maintaining color, and extending the preservation time of avocado butter for up to 14 days. This study provided valuable information on the application of chitosan-lauric acid membranes in preserving avocado.

Keywords. chitosan, acid lauric, avocado, chitosan membranes, *Persea americana* MILL., preservation

Ngày nhận bài: 03/01/2024

Ngày chấp nhận đăng: 09/3/2024