

# Ảnh hưởng chitosan đến tính chất màng composite đa lớp alginate/chitosan

Phạm Văn Thịnh<sup>1\*</sup>, Nguyễn Mạnh Không<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Phương Mai<sup>2</sup>, Nguyễn Song An Thái<sup>1</sup>, Lê Hoàng Minh Nhật<sup>1</sup>, Nguyễn Ngọc Hải<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

<sup>2</sup>Viện Ứng dụng Công nghệ và Phát triển bền vững, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

\*thinhpv@huit.edu.vn

## Tóm tắt

Trước thực trạng ô nhiễm môi trường do bao bì làm từ nhựa, nghiên cứu này phát triển màng bao bì thực phẩm sinh học từ alginate và chitosan nhằm tạo vật liệu bao bì bền vững. Để cải thiện đặc tính cơ lý của alginate và hạn chế hiện tượng kết tụ khi phối trộn trực tiếp, phương pháp phủ màng lớp chồng lớp được áp dụng. Lớp nền được tạo từ dung dịch alginate 1 % (kl/kl) kết hợp glycerol 20 % (kl/kl), sau đó phủ lớp chitosan ở các nồng độ (0,5-2) % (kl/kl). Màng được đánh giá các chỉ tiêu về độ dày, màu sắc, độ mờ đục, tính chất cơ lý (ASTM D882) và độ thấm hơi nước (ISO 2528:2018). Kết quả cho thấy, màng chứa chitosan 1,5 % (kl/kl) đạt đặc tính tối ưu nhờ sự hình thành mạng gel polyelectrolyte giữa alginate và chitosan, với độ bền kéo ( $0,04 \pm 0,32$ ) MPa, độ giãn dài ( $33,02 \pm 0,77$ ) %, mô đun đàn hồi ( $1307,14 \pm 8,57$ ) MPa và độ dày ( $0,058 \pm 0,007$ ) mm. Màng có độ thấm hơi nước ( $0,25 \pm 0,041$ )  $g \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}$ , trong khi màu sắc và độ mờ đục hầu như không thay đổi. Kết quả cho thấy, màng alginate/chitosan có tiềm năng ứng dụng trong bao bì thực phẩm thân thiện với môi trường.

Nhận 25/12/2025

Được duyệt 22/01/2026

Công bố 28/07/2026

## Từ khóa

Alginate; biopolymer; chitosan; lớp chồng lớp; màng bao ăn được.

© 2026 Journal of Science and Technology - NTTU

## 1 Giới thiệu

Hiện nay, bao bì thực phẩm bền vững đang là xu hướng. Màng bao ăn được đóng vai trò quan trọng khi vừa có thể phân hủy sinh học, vừa làm giảm lượng nhựa dùng một lần, giảm ô nhiễm môi trường, đồng thời có thể bổ sung chức năng bảo quản thực phẩm, có tiềm năng thay thế các vật liệu đóng gói nhựa truyền thống, góp phần phát triển nền công nghiệp thực phẩm xanh và bền vững [1]. Màng bao ăn được là lớp màng mỏng có thể ăn, được phủ hoặc bao quanh thực phẩm nhằm bảo vệ thực phẩm khỏi các

yếu tố bên ngoài như oxy, hơi nước, vi sinh vật, làm tăng tuổi thọ và chất lượng sản phẩm. Thành phần nguyên liệu chính trong chế tạo màng bao ăn được chủ yếu từ ba nhóm vật liệu là polysaccharide, protein và lipid [2]. Một trong những vật liệu đang được ưa chuộng trong chế tạo màng bao ăn được là alginate, với những ưu điểm như: an toàn sinh học (không độc hại, tương thích sinh học, phân hủy sinh học, dễ dàng tùy chỉnh), cấu trúc và đặc tính cơ học vượt trội (khả năng tạo gel, đặc tính rào cản), kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng sản phẩm [3].

Mặc dù màng bao ăn được từ alginate mang lại nhiều lợi ích, nhưng vẫn tồn tại những nhược điểm do bản chất hóa học và những thách thức liên quan đến quy trình sản xuất và gia công vật liệu. Một số nhược điểm chính có thể kể đến như: tính ưa nước, độ thấm hơi nước (WVP) cao, dễ tan trong nước, độ bền cơ học thấp [4, 5]. Để cải thiện những nhược điểm này, khả năng cải thiện tính chất cơ học của màng bao ăn được từ alginate bằng chitosan đã được chứng minh là rất đáng kể, chủ yếu nhờ vào tương tác tĩnh điện mạnh mẽ giữa hai loại polymer sinh học này [4]. Alginate (mang điện tích âm, anion) và chitosan (mang điện tích dương, cation) tạo thành một phức hợp polyelectrolyte (PEC) thông qua các tương tác vật lý mạnh mẽ, dẫn đến một mạng lưới liên kết chéo bền vững, cải thiện đáng kể độ bền cấu trúc của vật liệu so với khi sử dụng riêng lẻ [6].

Tuy nhiên, nếu trộn alginate với chitosan với nhau thì  $-NH_3^+$  của chitosan sẽ tương tác tĩnh điện với  $-COO^-$  của alginate thành gel, lúc này dung dịch màng khó thoát khí và không đồng đều với tính chất kém hơn. Phương pháp phủ lớp chồng lớp là một phương pháp linh hoạt để chế tạo màng nhiều lớp dựa trên sự tương tác giữa các phân tử đa hóa trị và các đại phân tử; bao gồm tương tác tĩnh điện, tương tác liên kết hydro và tương tác kỵ nước. Các màng đa lớp polyelectrolyte được chế tạo bằng phương pháp lớp chồng lớp có tiềm năng ứng dụng trong một số lĩnh vực [7].

Nghiên cứu tập trung khảo sát ảnh hưởng của nồng độ chitosan các tính chất của màng alginate được gia cường bằng  $CaCl_2$ , trong đó ion  $Ca^{2+}$  tạo mạng lưới dạng “egg-box” với alginate, còn chitosan proton hóa (bằng acid acetic) hình thành phức đa điện tích với các nhóm carboxyl âm của alginate, giúp ổn định cấu trúc màng. Bằng cách thay đổi nồng độ chitosan, có thể làm biến đổi mật độ liên kết ion, mức độ tương tác PEC và qua đó điều chỉnh các tính chất cơ học, độ mờ đục, màu sắc và tính thấm hơi nước của màng trên nền cùng một hệ alginate- $CaCl_2$ . Nghiên cứu này hướng tới việc tối ưu hóa tỷ lệ alginate/chitosan để chế tạo màng có cấu trúc ổn định, đồng thời đạt được các đặc tính mong muốn cho ứng dụng chế tạo màng bao ăn được định hướng bảo quản lạnh trái cây.

## 2 Nguyên vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1 Vật liệu nghiên cứu

Sodium alginate và chitosan nồng độ 90 % (Shanghai Zhanyun, China); glycerol nồng độ  $\geq 99$  %, acid acetic nồng độ  $\geq 99$  %, calcium chloride nồng độ  $\geq 99$  % (Xilong, China) là nguyên liệu chính cho màng ăn được.

### 2.2 Phương pháp chuẩn bị màng

Cân sodium alginate 1 % (kl/kl) hòa tan vào nước gia nhiệt tại 60 °C trong bể điều nhiệt (Memmert, Germany) bằng máy khuấy cơ (Ika, Germany) với tốc độ 700 rpm, sau đó thêm chất hóa dẻo glycerol (20 % kl/kl alginate) và  $CaCl_2$  (1 % kl/kl alginate) khuấy hỗn hợp trong 4 giờ ở 45 °C. Đồng hóa siêu âm (Sonic, USA) với công suất 300 W trong 15 phút để đẩy bọt khí. Hòa tan chitosan (0,5; 1; 1,5 và 2) % w/v bằng acid acetic 1 % (v/v) thêm vào 20 % glycerol (w/w chitosan). Đầu tiên dung dịch alginate (50 mL) được đổ vào tấm kính (20 × 20) cm và sấy khô bằng tủ sấy 40 °C (Memmert – Germany) cho đến khi bề mặt rắn chắc chắn nhưng vẫn bám dính. Dung dịch chitosan (50 mL) trải trên lớp alginate và lớp chitosan này được sấy trong tủ 40 °C trong 24 giờ và sau đó lấy ra khỏi tấm kính. Mẫu alginate 1 % làm mẫu đối chứng cũng được đổ trên kính (20 × 20) cm với thể tích 50 mL. Cuối cùng, tất cả các tấm màng đã chuẩn bị được bảo quản trong túi PE để tiến hành phân tích các chỉ tiêu [7].

### 2.3 Phương pháp phân tích

#### 2.3.1 Độ dày màng

Độ dày màng được đo bằng thước đo độ dày điện tử (Zhangzhou Green – China) độ chính xác 0,01 mm. Màng được đo giữ nguyên hiện trạng, thực hiện đo ở nhiệt độ phòng (19-20) °C. Giá trị trung bình của mười phép đo ngẫu nhiên trên mỗi tấm màng được sử dụng để tính toán. Độ dày màng: độ dày trung bình của tấm màng (mm)

#### 2.3.2 Độ mờ đục

Độ mờ đục của màng được xác định bằng kỹ thuật quang phổ hấp thụ tử ngoại – khả kiến (UV-Vis) [8]. Các mảnh màng được cắt hình chữ nhật (1 × 4) cm vào cuvet được đặt trong máy quang phổ UV-Vis và mẫu trắng là cuvet thạch anh (Hellma – 10 mm). Độ mờ đục của màng được tính bằng công thức (1).

$$Opacity = \frac{Abs_{600}}{\text{Độ dày màng (mm)}} \quad (1)$$

Trong đó:

Opacity: độ mờ đục ( $\text{mm}^{-1}$ )

$Abs_{600}$ : giá trị độ hấp thụ tại bước sóng 600 nm

Độ dày màng: độ dày trung bình của tấm màng (mm)

### 2.3.3 Tính chất cơ học

Các thông số được đo bằng máy đo cơ học vật liệu Zwick Roell – Singapore, bằng phương pháp ASTM D882. Màng được cắt theo hình chữ nhật với kích thước ( $200 \times 25$ ) mm.

Mô đun đàn hồi được đo theo phương pháp ASTM D882 là một đại lượng biểu thị độ bền của vật liệu dưới tác dụng lực kéo, cụ thể là tỷ số giữa ứng suất kéo với độ biến dạng dọc (strain) trong vùng đàn hồi của vật liệu. Nó phản ánh khả năng chống biến dạng kéo của vật liệu trước khi đi vào vùng biến dạng dẻo hoặc gãy.

Công thức tính mô đun đàn hồi được xác định từ đường cong ứng suất – biến dạng trong phép thử kéo ASTM D882 theo công thức (2).

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/A_0}{\Delta L/L_0} \quad (2)$$

Trong đó:

E: mô đun đàn hồi (đơn vị thường là MPa hoặc  $\text{N/mm}^2$ ),

$\sigma = \frac{F}{A_0}$ : ứng suất kéo ( $\text{N/m}^2$ ),

$\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ : độ biến dạng (biến dạng dọc),

F là lực kéo tác dụng cực đại trong vùng đàn hồi (đơn vị N),

$A_0$ : diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử (đơn vị  $\text{mm}^2$ ),

$\Delta L$ : độ giãn dài của mẫu thử trong vùng đàn hồi (đơn vị mm),

$L_0$ : chiều dài ban đầu của phần đo mẫu thử (đơn vị mm).

Tensile strength, hay còn gọi là độ bền kéo, được định nghĩa là khả năng của vật liệu chịu được lực kéo lớn nhất mà không bị đứt gãy dưới ứng suất kéo. Đây là đặc tính quan trọng để đánh giá độ bền và khả năng chịu lực của vật liệu, đặc biệt trong các ứng dụng kết cấu.

Công thức (3) tính độ bền kéo trong phương pháp đo ASTM D882 được tính như sau:

$$\text{Tensile strength } (R_m) = \frac{F_m}{A_0} \quad (3)$$

Trong đó:

$F_m$  là lực kéo lớn nhất đạt được trong quá trình thử nghiệm (đơn vị N),  $A_0$  là diện tích mặt cắt ngang ban đầu của mẫu thử (đơn vị  $\text{mm}^2$ ).

Độ giãn dài (elongation): độ giãn dài được xác định bằng cách kéo mẫu thử màng cho đến khi đứt. Đây là tỷ lệ phần trăm của sự thay đổi chiều dài mẫu so với chiều dài ban đầu tại điểm đứt. Độ giãn dài phản ánh khả năng kéo giãn, tức tính dẻo của màng, được tính bằng công thức (4).

$$\epsilon (\%) = \frac{L_1 - L_0}{L_0} \times 100 \quad (4)$$

Trong đó:

$L_0$ : chiều dài ban đầu (mm),

$L_1$ : chiều dài tại điểm đứt (mm).

### 2.3.4 Độ truyền hơi nước

Phương pháp được mô tả theo phương pháp tham khảo từ tài liệu [9]. Các hũ thủy tinh 100 mL (có đường kính 7 cm) chứa 10 mL nước cất. Màng đặt trên nắp hũ vận nắp hũ đã được cắt với kích thước đường kính 3 cm. Khối lượng sẽ cân sau 24 giờ để xác định độ truyền hơi nước qua màng và độ thấm hơi nước qua màng.

Water vapor transmission rate (WVTR) là độ truyền hơi nước qua được xác định bằng công thức (5) theo ISO 2528:2018 trong  $21^\circ\text{C}$  và độ ẩm 50 % RH (rate humidity).

$$WVTR = \frac{\Delta m}{A \times t} (g \cdot m^{-2} \cdot \text{ngày}^{-1}) \quad (5)$$

Trong đó: A là diện tích của thử nghiệm ( $\text{m}^2$ ), t là thời gian sau 24 giờ thử nghiệm và m là chênh lệch khối lượng của mẫu thử nghiệm (g).

### 2.3.5 Độ thấm hơi nước qua màng

Dựa trên WVTR, các giá trị thấm thấu hơi nước qua màng (Water Vapor Permeability – WVP) được xác định bởi công thức (6) [9].

$$WVP = \frac{WVTR}{S(R_1 - R_2)} (g \cdot m^{-1} \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-1}) \quad (6)$$

Trong đó: WVTR là kết quả của công thức trên, S là áp suất hơi nước bão hòa ở nhiệt độ thử nghiệm ( $18,4 \text{ mmHg}$  ở  $21^\circ\text{C}$ ),  $R_1$  là độ ẩm tương đối trong môi trường (55 %),  $R_2$  là độ ẩm tương đối trong ống nghiệm 0 %.

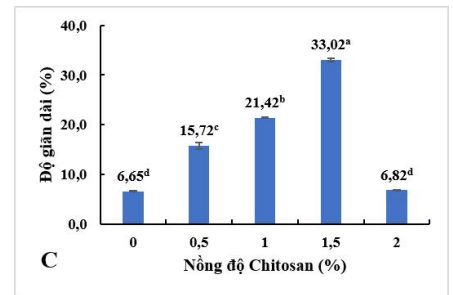
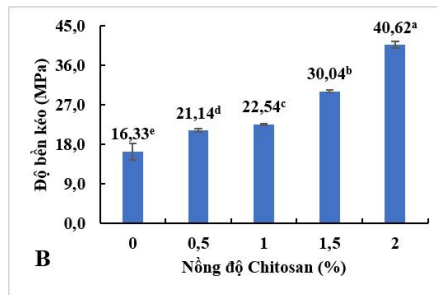
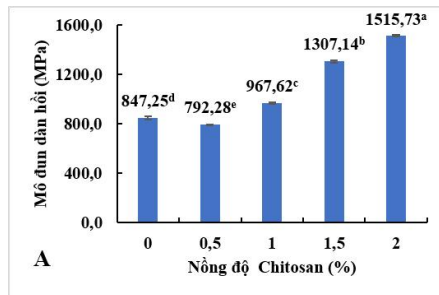
### 2.3.6 Đo màu

Màu phim được đo bằng máy đo màu kỹ thuật số. Một tấm trắng tiêu chuẩn ( $L^* = 95,44$ ,  $a^* = -0,47$ ,  $b^* =$

2,51) được sử dụng hiệu chuẩn thiết bị. Các màng được đặt trên một nền trắng tiêu chuẩn và các phép đo được thực hiện và ghi lại dưới dạng giá trị  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Mẫu đối chứng được sử dụng trong nghiên cứu là mẫu không bổ sung glycerol được ghi lại dưới giá trị  $L_2^*$ ,  $a_2^*$ ,  $b_2^*$ . Giá trị chênh lệch màu  $\Delta E$  được tính toán theo các thống số chuẩn sử dụng phương trình (7) sau:

$$\Delta E = \sqrt{(L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2} \quad (7)$$

Với  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  lần lượt là các tọa độ màu trong hệ màu CIELAB.



**Hình 1** Ảnh hưởng của nồng độ chitosan tới tính chất cơ lý của màng alginate: (A) Mô đun đàn hồi; (B) Độ bền kéo; (C) Độ giãn dài.

*Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình và độ lệch chuẩn. Các chữ cái a, b, c, d, e trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).*

Hình 1 cho thấy, chitosan có ảnh hưởng đến tính chất cơ lý của màng alginate. Khi tăng nồng độ chitosan, cấu trúc của màng dần được ổn định nhờ các liên kết hydro và các tương tác tĩnh điện, qua đó tạo thành một mạng lưới liên kết chéo vững chắc. Kết quả mô đun đàn hồi kéo và độ bền kéo thể hiện rõ sự vững chắc của màng khi tăng nồng độ chitosan, với các mức nồng độ có xu hướng tăng và khác biệt có ý nghĩa, đạt mức tối đa ở nồng độ chitosan 2 % (w/v) với mô đun đàn hồi kéo đạt ( $1515,73^a \pm 7,46$ ) MPa và độ bền kéo đạt ( $40,62^a \pm 0,73$ ) MPa. Tuy nhiên, độ giãn dài đạt cực đại ở nồng độ chitosan 1,5 % (w/v) với ( $33,02^a \pm 0,33$ ) % và giảm mạnh ở 2 % (w/v) với ( $6,82^d \pm 0,11$ ) %. Sự gia tăng hàm lượng chitosan quá cao dẫn đến sự suy yếu của tương tác polyelectrolyte [4]. Ngoài ra, việc tăng nồng độ của bất kỳ tác nhân liên kết chéo nào cũng thường dẫn đến giảm độ đàn hồi và tăng độ giòn của màng [7]. Quá trình liên kết chéo, ngay cả với ion canxi ( $Ca^{2+}$ ) hay bằng các polymer đối ion như chitosan, tạo ra một mạng lưới dày đặc, cứng hơn. Mạng lưới này hạn chế sự linh

## 2.4 Phương pháp xử lý số liệu

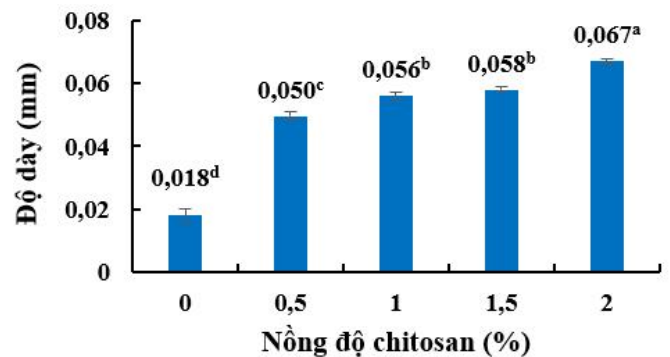
Tất cả các số liệu thu được sẽ được tính toán bằng phần mềm Excel và phân tích thống kê bằng phương pháp ANOVA bằng phần mềm JMP pro 17.0 (JMP Statistical Discovery, LLC). Sự khác biệt giữa các nghiệm thức thí nghiệm được xác định bằng phương pháp Turkey HSD với mức ý nghĩa 95 %.

## 3 Kết quả và bàn luận

### 3.1 Ảnh hưởng của hàm lượng chitosan tới độ dày màng

động của các chuỗi polymer, ngăn cản chúng trượt qua nhau khi bị kéo giãn. Khi các chuỗi bị khóa chặt, màng trở nên cứng hơn (độ bền cơ học tăng) và giòn hơn, dẫn đến giảm đáng kể độ giãn dài.

### 3.2 Ảnh hưởng của hàm lượng chitosan tới độ đục của màng



**Hình 2** Ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến độ dày của màng

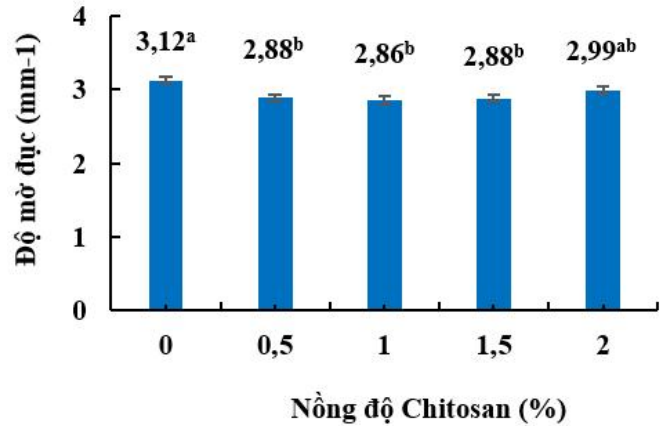
*Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình và độ lệch chuẩn. Các chữ cái a, b, c, d trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).*

Kết quả định lượng cho thấy sự hiện diện của chitosan trên nền alginate 1 % có ảnh hưởng đáng kể đến độ dày của màng phim, thể hiện qua mối tương quan thuận rõ rệt giữa nồng độ bổ sung với độ dày thành phẩm. Khi tăng độ chitosan thì độ dày tăng lên có sự khác biệt thống kê với mức ý nghĩa 95 % và độ dày cao nhất là  $(0,067 \pm 0,001)$  mm ở nồng độ chitosan 2 %, thể hiện được khả năng làm tăng độ dày của màng thông qua việc gia tăng lực đẩy điện từ dẫn đến giảm sự kết tụ của các hạt mà chitosan mang lại [10]. Trong khi đó độ dày của màng alginate 1 % có độ dày  $(0,018 \pm 0,002)$  mm thì khi đổ thêm lớp chitosan với các nồng độ khác nhau thì có sự khác biệt rõ rệt về thống kê ANOVA. Nhận thấy rằng việc bổ sung chitosan vào màng ăn được từ alginate đã làm thay đổi đáng kể độ dày của sản phẩm màng ăn được. Nghiên cứu này tương tự như xu hướng nghiên cứu đây, khi cho thấy sự kết hợp của hai biopolymer alginate – chitosan đã dẫn đến cấu trúc màng được trở nên dày hơn [6] .

### 3.3 Kết quả ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến độ mờ đục của màng

Trong Hình 3, độ mờ đục của màng không có sự khác biệt có ý nghĩa khi tăng nồng độ chitosan từ 0,5 % đến 2 %. Kết quả trên phù hợp với nghiên cứu trước đây [11]. Điều này cho thấy, chitosan không có sự tác động đáng kể đến độ mờ đục của màng polymer sinh học. Chitosan ( $-NH_2$  proton hóa thành  $NH_3^+$  trong dung dịch axit) hình thành lực hút tĩnh điện mạnh với các nhóm carboxyl  $-COO^-$  trong alginate, ngoài ra còn

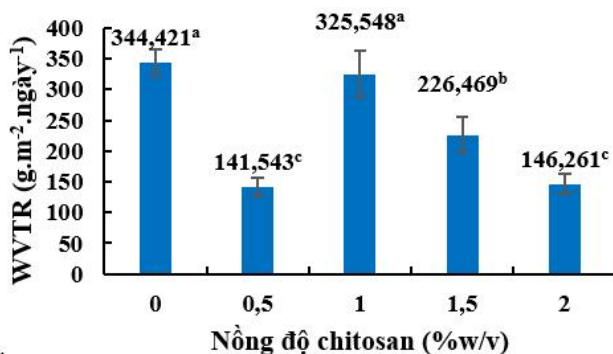
có sự ảnh hưởng bởi liên kết hydro của  $Ca^{2+}$  với các anion khác trong hệ polymer, sự tương tác này đảm bảo sự hòa trộn tốt giữa hai polymer, tạo ra một mạng lưới polymer chặt chẽ và đồng nhất, từ đó không có sự phân tán cấu tử polymer trong dung dịch, giúp màng giữ được độ trong [12].



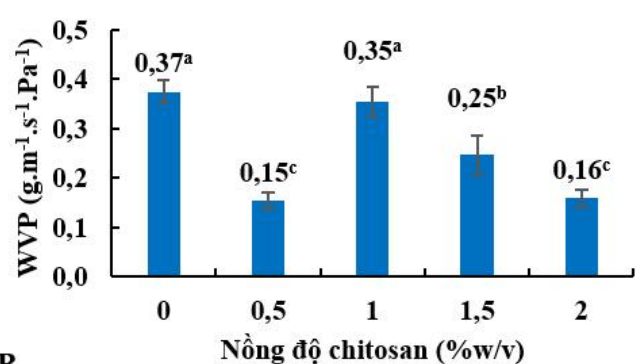
**Hình 3** Ảnh hưởng của chitosan đến mờ đục của màng  
Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình và độ lệch chuẩn. Các chữ cái a, b trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).

Bên cạnh, chitosan có khả năng tạo màng trong suốt về mặt quang học. Khi trộn với polymer khác, chitosan giúp cải thiện cấu trúc bề mặt của màng polyme, cấu trúc mịn hơn và sự phân bố phân tử đồng nhất giúp giảm tán xạ ánh sáng, dẫn đến màng trong suốt hơn và bóng hơn.

### 3.4 Kết quả ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến tốc độ thấm hơi nước và khả năng thấm hơi nước qua màng



**A**



**B**

**Hình 4** Kết quả ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến màng: (A) tốc độ thấm hơi nước qua màng; (B) khả năng thấm hơi nước qua màng

Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình và độ lệch chuẩn. Các chữ cái a, b, c trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).

Theo phân tích thống kê ANOVA với mức ý nghĩa 95 % cho thấy, ảnh hưởng của chitosan có tác động rõ rệt đến tốc độ thẩm hơi nước qua màng và khả năng thẩm hơi nước qua màng của màng composite lớp chondroitin alginate/chitosan. Trong đó, mẫu đối chứng (alginate 1 % đơn lớp) thể hiện tính chất cản nước kém nhất với WVTR đạt ngưỡng ( $344,42 \pm 21,62$ ) g.m<sup>-2</sup>.ngày<sup>-1</sup>. Khi bổ sung chitosan 0,5 % thì ngay lập tức màng được cải thiện cấu trúc giảm độ thẩm hơi nước xuống hơn 2 lần, sự tương tác tĩnh điện mạnh mẽ giữa nhóm amino (NH<sup>3+</sup>) của chitosan và nhóm carboxyl (COO<sup>-</sup>) của alginate. Sự cải thiện này được cho là sự hình thành các lớp phức hợp polyelectrolyte

chặt chẽ ngay tại bề mặt tiếp xúc, đóng vai trò như một rào cản vật lý hiệu quả [13]. Tuy nhiên, tại nồng độ chitosan 1 % khả năng cản ẩm suy giảm mạnh. Hiện tượng này có thể do sự gia tăng ứng suất nội trong quá trình sấy, dẫn đến sự co không đồng nhất giữa hai lớp polymer khác nhau, gây ra các vết nứt hoặc sự tách lớp làm mất đi tính toàn vẹn của màng [14]. Khi nồng độ lớp phủ tăng lên 2 %, tính chất cản ẩm được phục hồi nhờ sự gia tăng đáng kể độ dày và mật độ vật chất khô của lớp phủ chitosan, tạo ra đường khuếch tán dài hơn cho các phân tử nước.

3.5 Kết quả ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến màu sắc màng

**Bảng 1** Kết quả ảnh hưởng của nồng độ chitosan đến màu sắc của màng lớp chondroitin alginate/chitosan

| Chitosan (%) | L*                        | a*                        | b*                       | ΔE                       |
|--------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 0,5          | 84,30 <sup>a</sup> ± 0,93 | -3,59 <sup>a</sup> ± 0,19 | 1,71 <sup>b</sup> ± 0,78 | 2,82 <sup>b</sup> ± 0,45 |
| 1            | 84,03 <sup>a</sup> ± 0,29 | -4,09 <sup>b</sup> ± 0,07 | 4,60 <sup>a</sup> ± 0,27 | 5,57 <sup>a</sup> ± 0,33 |
| 1,5          | 83,66 <sup>a</sup> ± 0,50 | -4,31 <sup>b</sup> ± 0,08 | 5,04 <sup>a</sup> ± 0,40 | 6,13 <sup>a</sup> ± 0,51 |
| 2            | 84,30 <sup>a</sup> ± 0,93 | -3,59 <sup>a</sup> ± 0,19 | 1,71 <sup>b</sup> ± 0,78 | 2,82 <sup>b</sup> ± 0,45 |

*Các giá trị được biểu thị dưới dạng số trung bình và độ lệch chuẩn. Các chữ cái a, b trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ( $p < 0,05$ ).*

Màu sắc của màng được tạo bởi dung dịch alginate 1 % (w/v) kết hợp với chitosan ở các nồng độ (0,5-2) % (w/v) là một thông số quan trọng vì sự bổ sung chitosan có thể làm thay đổi đặc tính thị giác của màng được thể hiện qua các giá trị L\*, a\*, b\* và E. Kết quả ở Bảng 1 cho thấy giá trị L\* có xu hướng giảm dần khi tăng nồng độ chitosan, khiến màng trở nên tối màu hơn nhưng vẫn không có sự khác biệt về độ sáng có mức ý nghĩa với  $p > 0,05$  giữa các nồng độ khảo sát. Bên cạnh đó, các giá trị a\* và b\* cho thấy có sự khác biệt với mức ý nghĩa  $p < 0,05$  ở nồng độ chitosan 0,5 % (w/v) so với các nồng độ (1; 1,5; 2) % (w/v). So sánh với mẫu đối chứng (màng alginate 1 % không bổ sung chitosan) có giá trị a\* = -3,05 và b\* = -0,75 thì việc bổ sung chitosan làm màng có xu hướng chuyển xanh lục hơn được thể hiện qua giá trị a\* giảm về trục âm từ  $-3,59 \pm 0,19$  đến  $-4,33 \pm 0,05$  và có xu hướng chuyển vàng hơn được thể hiện qua giá trị b\* tăng về trục dương từ  $1,71 \pm 0,78$  đến  $5,53 \pm 0,26$  ở Bảng 1. Ngoài ra, độ lệch màu E có sự khác biệt với mức ý nghĩa  $p < 0,05$  khi đối chiếu với mẫu trắng cho

thấy E trong khoảng 2 đến 10, nghĩa là có thể nhận thấy được sự thay đổi màu sắc bằng mắt thường [15]. Đối chiếu kết quả trong nghiên cứu của Deborah Pacetti và cộng sự (2025) đã đưa ra sự khác biệt rõ rệt về đặc tính màu. Cụ thể, màng alginate-chitosan có độ sáng L\* =  $87,38 \pm 0,58$  cao hơn so với các giá trị khảo sát của màng alginate 1 % (w/v) kết hợp chitosan (0,5-2) % (w/v). Đồng thời, giá trị a\* chuyển sang dương  $0,34 \pm 0,26$  biểu thị màu có xu hướng chuyển đỏ nhẹ, trái ngược với màu xanh lục của các giá trị trong Bảng 1. Bên cạnh đó, giá trị b\* =  $8,82 \pm 0,82$  cho thấy sự khác biệt vượt trội về sắc vàng giữa màu của màng alginate và chitosan trong hai nghiên cứu.

#### 4 Kết luận

Nghiên cứu đã chứng minh tính khả thi và hiệu quả vượt trội của phương pháp lớp chondroitin trong việc chế tạo màng sinh học từ alginate 1 % kết hợp với CaCl<sub>2</sub> và chitosan, giải quyết vấn đề tương tác tĩnh điện gây kết tụ khi phối trộn truyền thống. Nghiên cứu xác định nồng độ chitosan 1,5 % (kl/tt) là nồng độ phù hợp cho các đặc tính của vật liệu. Trong khi nồng

độ chitosan 2 % tạo ra mạng lưới liên kết quá chặt chẽ dẫn đến sự giòn và giảm khả năng chịu biến dạng thì nồng độ 1,5 % mang lại sự dẻo dai linh hoạt. Yếu tố màu sắc và độ mờ đục không bị ảnh hưởng bởi nồng độ chitosan, mức độ này còn đảm bảo sự ổn định về cấu trúc nhờ độ dày được cải thiện đáng kể, khắc phục hoàn toàn hiện tượng nứt bề mặt do co lại không đồng đều từng xuất hiện ở các ngưỡng nồng độ. Do đó,

màng có nồng độ 1,5 % được đề xuất là giải pháp phù hợp để ứng dụng trong thực tiễn, đáp ứng hài hòa giữa độ bền cơ học, độ dẻo dai và khả năng bảo vệ thực phẩm.

#### **Lời cảm ơn**

Chúng tôi xin cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này.

#### **Tài liệu tham khảo**

1. Jiang, G., Zhang, Z., Li, F., Rui, X., & Aisa, H. A. (2021). A comprehensive review on the research progress of vegetable edible films. *Arabian Journal of Chemistry*, Vol. 14, No. 4, p. 103049.
2. Prakoso, F. A. H., Indarto, R., & Utama, G. L. (2023). Edible film casting techniques and materials and their utilization for meat-based product packaging. *Polymers*, Vol. 15, No. 13, p. 2800.
3. Sharma, A., & Singh, A. K. (2025). Sodium alginate: A green biopolymer resource-based antimicrobial edible coating to enhance fruit shelf-life: A review. *Colloids and Interfaces*, Vol. 9, No. 3, p. 32.
4. Zheng, S., Ye, F., Chen, Y., Lin, H., Wu, Y., & Zhao, C. (2025). Chitosan/alginate biocomposites for postharvest preservation of horticultural produce: A comprehensive review. *Food Chemistry*, p. 146624.
5. Senturk Parreidt, T., Müller, K., & Schmid, M. (2018). Alginate-based edible films and coatings for food packaging applications. *Foods*, Vol. 7, No. 10, p. 170.
6. Orhotoho, O. L., Lucci, P., Jaiswal, A. K., Jaiswal, S., & Pacetti, D. (2025). Enhancing the functional properties of chitosan-alginate edible films using spent coffee ground extract for fresh-cut fruit preservation. *Current Research in Food Science*, p. 101124.
7. Li, K., Zhu, J., Guan, G., & Wu, H. (2019). Preparation of chitosan-sodium alginate films through layer-by-layer assembly and ferulic acid crosslinking: Film properties, characterization, and formation mechanism. *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 122, pp. 485-492.
8. Sun, Y., Liu, Z., Zhang, L., Wang, X., & Li, L. (2020). Effects of plasticizer type and concentration on rheological, physico-mechanical and structural properties of chitosan/zein film. *International Journal of Biological Macromolecules*, Vol. 143, pp. 334-340.
9. Lavric, G., Oberlintner, A., Filipova, I., Novak, U., Blaz, L., & Vrabic-Brodnjak, U. (2021). Nanocomposites designed as active film packaging materials. *Polymers*, Vol. 13, p. 2523.
10. Ngo, T. M. P., Nguyen, T. H., Dang, T. M. Q., Tran, T. X., & Rachtanapun, P. (2020). Characteristics and antimicrobial properties of active edible films based on pectin and nanochitosan. *International Journal of Molecular Sciences*, Vol. 21, No. 6, p. 2224.
11. Ahmad Shapi'i, R., & Othman, S. H. (2016). Effect of concentration of chitosan on the mechanical, morphological and optical properties of tapioca starch film. *International Food Research Journal*, Vol. 23, No. Suppl., pp. S187-S193.
12. He, M., et al. (2024). Chitosan/sodium alginate multilayer pH-sensitive films based on layer-by-layer self-assembly for intelligent packaging. *Journal of Renewable Materials*, Vol. 12, No. 2, p. 215.

13. Hambleton, A., Debeaufort, F., Bonnotte, A., & Voilley, A. (2009). Influence of alginate emulsion-based films structure on its barrier properties and on the protection of microencapsulated aroma compound. *Food Hydrocolloids*, Vol. 23, No. 8, pp. 2116-2124.
14. Rivero, S., Garcia, M. A., & Pinotti, A. (2009). Composite and bi-layer films based on gelatin and chitosan. *Journal of Food Engineering*, Vol. 90, No. 4, pp. 531-539.
15. Orhotohwo, O. L., Lucci, P., Aquilanti, L., Jaiswal, A. K., Pacetti, D., & Jaiswal, S. (2025). Development and optimisation of sodium alginate and chitosan edible films with sea fennel by-product extract for active food packaging. *LWT*, p. 117960.

### Effect of Chitosan on Alginate/Chitosan Layer-by-layer Composite Film Properties

Pham Van Thinh<sup>1\*</sup>, Nguyen Manh Khong<sup>2</sup>, Nguyen Thi Phuong Mai<sup>2</sup>, Nguyen Song An Thai<sup>1</sup>,  
Le Hoang Minh Nhat<sup>1</sup>, Nguyen Ngoc Hai<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ho Chi Minh City University of Industry and Trade, Ho Chi Minh City, Viet Nam

<sup>2</sup>Institute for Technology Application and Sustainable Development, Nguyen Tat Thanh University,  
Ho Chi Minh City, Viet Nam

\*thinhpv@huit.edu.vn

**Abstract** In the face of environmental pollution caused by plastic waste, this present study developed sustainable packaging materials based on alginate and chitosan. In order to improve the physical and mechanical properties of the alginate and limit agglomeration when mixing directly, the layer-by-layer method was applied. The composite film was made from a solution of 1% alginate (w/w) combined with 20% glycerol (w/w), then added with chitosan at various concentrations of (0.5-2)% (w/w). The synthesized film was evaluated for thickness, color, opacity, physical and mechanical properties and water vapor permeability. The results showed that the film containing 1.5% chitosan (w/w) achieved the tensile strength of  $(0.04 \pm 0.32)$  MPa, elongation of  $(33.02 \pm 0.77)$  %, modulus of elasticity of  $(1307.14 \pm 8.57)$  MPa, thickness  $(0.058 \pm 0.007)$  mm and water vapor permeability  $(0.25 \pm 0.041)$   $\text{g} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1}$ , while color and opacity remained unchanged. The results showed that alginate/chitosan films have potential applications in environmentally-friendly food packaging.

**Keywords** Alginate; biopolymers; chitosan; layer-by-layer; edible film.