

Ảnh hưởng của sấy bơm nhiệt đến chất lượng tinh dầu gừng và ứng dụng vào màng Pectin-Alginate có hoạt tính kháng oxy hoá

Nguyễn Hồng Khôi Nguyên^{1*}, Trần Quốc Nam¹, Phạm Quốc Vinh²

¹Khoa Khoa học Ứng dụng và Công nghệ, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

²Viện Công nghệ tiên tiến, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

*Tác giả liên hệ: ĐT: 84-988197558

*nhknguyen@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Chất lượng của tinh dầu gừng chịu tác động lớn bởi các cách xử lý nguyên liệu trước khi trích ly tinh dầu. Ở nghiên cứu này, chất lượng tinh dầu gừng thu hồi từ gừng đã được giảm độ ẩm bằng cách sấy bơm nhiệt so với tinh dầu gừng thu nhận từ nguyên liệu gừng tươi đã được so sánh bởi hiệu suất thu hồi tinh dầu, mật độ và thành phần các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi. Nghiên cứu cho thấy rằng tinh dầu gừng thu hồi từ gừng được sấy bơm nhiệt không chỉ giúp gia tăng hiệu suất thu hồi mà còn cả số lượng và tỷ lệ các hợp chất dễ bay hơi trong tinh dầu gừng. Tiếp theo đó, tinh dầu gừng thu được từ nguyên liệu sấy bơm nhiệt được sử dụng để bổ sung vào màng pectin–alginate ở các tỷ lệ (0; 0,5; 1,0; 1,5%). Các tính chất vật lý, cấu trúc và hoạt tính sinh học của màng đã được khảo sát. Việc bổ sung tinh dầu gừng giúp cải thiện đáng kể độ dày và độ giãn dài tại điểm đứt của màng, đồng thời làm tăng khả năng cản sáng, khiến màng trở nên mờ và có màu vàng hơn. Ngược lại, hàm lượng tinh dầu gừng gia tăng dẫn đến sự suy giảm các chỉ tiêu như độ ẩm, độ hòa tan trong nước và khả năng thấm hơi nước của màng. Đặc biệt, hoạt tính chống oxy hóa của màng được nâng cao khi tăng nồng độ tinh dầu gừng bổ sung.

Nhận 16/06/2025

Được duyệt 05/09/2025

Công bố 30/10/2025

Từ khóa
khả năng chống oxy hóa,
màng pectin–alginate, sấy
bơm nhiệt, tinh dầu gừng,
tính chất hóa lý

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1. Đặt vấn đề

Gừng (*Zingiber officinale*) là cây thân mềm thích hợp với điều kiện khí hậu nhiệt đới, cận nhiệt đới và ôn đới. Gừng là một trong những loại gia vị phổ biến có tiềm năng xuất khẩu của Việt Nam. Tinh dầu gừng là các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi có mùi thơm đặc trưng được chiết từ thân rễ gừng (tươi hoặc khô). Chống oxy hóa, hạn chế nhiễm trùng, chống viêm, chống ung thư, giảm đau và giảm ho là một số tác dụng tích cực đã được chứng minh ở gừng và tinh dầu gừng.

Các phương pháp sấy khô trước khi chiết xuất tinh dầu đã được chứng minh về khả năng hạn chế mất chất dinh dưỡng, thay đổi mùi thơm, hạn chế biến đổi màu sắc và phát triển các sản phẩm chống oxy hóa [1]. Các hợp chất hữu cơ dễ bay hơi của tinh dầu có thể bị giảm hoặc được tăng nồng độ do ảnh hưởng của các cách xử lý ban đầu khác nhau. Mỗi loại phương pháp tiền xử lý đều có cơ chế khác nhau trong việc truyền năng lượng với tốc độ và thời gian khác nhau vào nguyên liệu. Việc này dẫn đến nguyên liệu sẽ có một số biến đổi về đặc tính cấu trúc, vật lý, cơ học và nhất là các phản ứng hóa học và sinh học không thể đảo ngược [2].

Các màng tổng hợp có nguồn gốc từ polysaccharides là loại vật liệu đóng gói thực phẩm có chức năng phân hủy sinh học, giảm tác động đến môi trường. Thêm vào đó, pectin và sodium alginate là hai vật liệu được ứng dụng nhiều trong việc tạo màng bao bì thực phẩm do tính phổ biến, đặc tính chức năng tương đối tốt và mức độ tương thích sinh học với nhiều vật liệu khác. Tuy nhiên, các màng có nguồn gốc từ pectin và sodium alginate thường dễ bị tác động bởi môi trường, độ dẻo thấp và hoạt tính sinh học hạn chế. Do đó, để nâng cao các đặc tính chức năng và hoạt tính sinh học của màng tổng hợp, tinh dầu gừng đã được bổ sung vào màng. Đặc biệt, việc thêm tinh dầu vào màng có thể tạo ra các tương tác giữa tinh dầu với polyme và chất hóa dẻo. Chính các tương tác này đã làm chậm quá trình giải phóng các hợp chất sinh học trong tinh dầu vào thực phẩm, từ đó thời gian sử dụng thực phẩm được kéo dài [3].

Nghiên cứu này đánh giá chất lượng của tinh dầu gừng thu nhận từ nguyên liệu gừng tươi so với chất lượng tinh dầu gừng thu nhận từ gừng đã được sấy bơm nhiệt thông qua hiệu suất thu hồi, mật độ và thành phần hợp chất hữu cơ dễ bay hơi có trong tinh dầu gừng. Ngoài ra, ảnh hưởng của tinh dầu gừng ở các nồng độ khác nhau đến

các đặc tính hóa lý, vật lý, hoạt tính kháng oxy hóa của màng pectin-alginate cũng được đánh giá.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu dùng trong nghiên cứu

Gừng Sẻ đạt độ tuổi sinh trưởng sau khi trồng 8 tháng và được thu mua từ khu vực Đắc Lắc. Gừng được bảo quản ở nơi thông thoáng, mát mẻ với thời gian lưu trữ không quá 3 ngày trước khi tiến hành khảo sát. Các mẫu gừng được chia thành hai phần để xử lý, phần thứ nhất được sử dụng ở trạng tươi để chiết xuất tinh dầu, phần thứ hai được sấy bằng thiết bị sấy bơm nhiệt ở 45°C, với tốc độ gió 0,4 m/s trong 16 giờ, sau đó gừng được xay thành bột được thu nhận qua sàng với đường kính 0,5 mm để trích ly tinh dầu.

Pectin được sản xuất bởi công ty HiMedia Laboratories Pvt. Ltd. (Ấn Độ), ở dạng bột màu trắng. Dung dịch pectin được chuẩn bị với nồng độ 5% (w/v) bằng cách hòa tan 1 g pectin trong 20 mL nước cất. Pectin được hòa tan bằng cách khuấy từ ở nhiệt độ 50°C trong vòng 12 giờ.

Sodium alginate có nguồn gốc từ HiMedia Laboratories Pvt. Ltd., Ấn Độ. Sodium alginate dạng bột, màu trắng ngà. Dung dịch alginate nồng độ 2% (w/v) được thực hiện bằng cách khuấy từ 1 g alginate trong 50 mL nước cất ở 50°C trong 12 giờ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Quy trình trích ly tinh dầu

Các mẫu gừng (tươi và bột khô) được chưng cất tinh dầu bằng phương pháp lôi cuốn hơi nước bằng thiết bị Clevenger-type. Tỷ lệ dung môi (nước) so với nguyên liệu tươi là 2:1 (L/kg) được áp dụng. Quá trình chưng cất được thực hiện ở 130°C trong 180 phút, tính từ thời điểm xuất hiện giọt tinh dầu đầu tiên. Tinh dầu sau thu nhận được loại bỏ nước bằng sodium sulfate và -4°C là nhiệt độ bảo quản tinh dầu cho đến khi tiến hành phân tích.

2.2.2. Quy trình tạo màng tổng hợp

Dung dịch pectin (5% w/v) và sodium alginate (2% w/v) được phối trộn để tạo thành hỗn hợp pectin-alginate. Glycerol được bổ sung vào hỗn hợp như một tác nhân hóa dẻo. Tinh dầu gừng được phân tán đồng đều trong dung dịch tạo màng nhờ sử dụng chất hoạt động bề mặt Tween 80. Bảng 1 thể hiện tỷ lệ các thành phần trong dung dịch tạo màng. Hỗn hợp sau đó được đồng nhất ở tốc độ 15.000 vòng/phút trong 3 phút, bằng máy đồng hóa. Tiếp theo, dung dịch được xử lý siêu âm ở 35°C trong 5 phút để phá vỡ các bọt khí sinh ra trong quá trình trộn. Lượng dung dịch 15 mL được rót vào các đĩa petri nhựa vô trùng (đường kính 9 cm) và sấy khô trong tủ sấy đối lưu ở 45°C trong vòng 48 giờ. Sau

khí sấy, các màng sinh học được tách khỏi đĩa petri và bảo quản ở 25°C, trong điều kiện độ ẩm tương đối 50% (RH).

Bảng 1. Thành phần dung dịch tạo màng

Nồng độ tinh dầu gừng trong màng	Khối lượng các thành phần (g)				
	Dung dịch pectin (5% w/w)	Dung dịch sodium alginate (2% w/w)	Glycerol	Tween 80	Tinh dầu gừng
1,5%	43,13	3,13	2,50	0,50	0,75
1,0%	43,25	3,25	2,50	0,50	0,50
0,5%	43,38	3,38	2,50	0,50	0,25
0,0%	43,50	3,50	2,50	0,50	0,00

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Hiệu suất thu hồi và mật độ tinh dầu gừng

Hiệu suất thu hồi và mật độ của tinh dầu gừng được xác định theo công thức [4]:

$$\text{Hiệu suất thu hồi (\%)} = \left(\frac{m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (1)$$

trong đó, m_1 là khối lượng nguyên liệu ban đầu (g), và m_2 là khối lượng tinh dầu thu được sau quá trình chiết xuất (g). Để xác định mật độ tinh dầu gừng, dùng bình tỷ trọng kế (pycnometer) ở 20°C [5].

Đầu tiên, hiệu chuẩn bình bằng nước cất để xác định thể tích chuẩn. Sau đó cân bình rỗng, đổ đầy tinh dầu đã được khử bọt khí, cân lại. Mật độ tinh dầu ρ (g/mL) được tính theo công thức:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (2)$$

trong đó m_2 và m_1 lần lượt là khối lượng (g) của bình chứa tinh dầu và bình rỗng, V là thể tích pycnometer (mL). Kết quả ghi ở 20°C, đơn vị g/mL.

2.3.2. Sắc ký khí – khối phổ

Mẫu tinh dầu gừng (tươi, và sấy bằng bơm nhiệt) được đưa qua hệ thống sắc ký khí ghép khối phổ (GC-MS), sử dụng thiết bị của các hãng Waters, Agilent và Pal RSI để phân tích thành phần bay hơi. Cột mao quản DB-5MS (30 m × 0,25 mm ID, lớp phủ pha tĩnh dày 0,25 μ m) được sử dụng để phân tích. Khí mang heli được sử dụng với tốc độ dòng không đổi là 1 mL/phút. Mẫu phân tích được chuẩn bị bằng cách pha loãng tinh dầu gừng theo tỷ lệ 1:100 (v/v) trong n-Hexane, sau đó bơm tự động 1 μ L vào hệ thống.

2.3.3. Độ dày, độ bền kéo và độ giãn dài khi đứt của màng

Độ dày của màng pectin - alginate được đo bằng thước đo độ dày kỹ thuật số (Mitutoyo, Tokyo, Nhật Bản). Tại mỗi mẫu màng, ít nhất ba vị trí khác nhau dọc theo các cạnh được đo.

Phương pháp ASTM D 882 – 18 được sử dụng để xác định độ bền kéo và độ giãn dài của màng.

2.3.4. Màu sắc của màng

Máy CR-400 (Konica Minolta, Nhật Bản) được sử dụng để đo màu theo hệ màu CIE Lab. Các mẫu được đặt trên tấm chuẩn trắng và các giá trị L^* , a^* , và b^* được ghi nhận để xác định tổng độ chênh lệch màu (ΔE).

2.3.5. Độ ẩm và khả năng hòa tan của màng

Màng được cân sau khi được chia thành các mảnh 30 mm x 30 mm. Các mẫu màng được sấy khô trong 24 giờ ở 105°C. Sau khi sấy khô, trọng lượng của các mẫu màng được đo và độ ẩm của màng được tính theo công thức sau [6]:

$$\text{Độ ẩm màng (\%)} = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1} \right) \times 100 \quad (3)$$

trong đó, m_1 là khối lượng trước khi sấy của màng (g) và m_2 là khối lượng sau khi sấy của màng (g).

Các mẫu màng được sấy khô và sau đó được ngâm với 25 mL nước khử ion trong 24 giờ ở nhiệt độ phòng, theo quy trình đo độ ẩm màng. Sau đó, màng ướt được sấy khô, cân và độ hòa tan trong nước được tính theo phương pháp dưới đây [7]:

$$\text{Khả năng hòa tan (\%)} = \left(\frac{m_2 - m_3}{m_2} \right) \times 100 \quad (4)$$

trong đó, m_2 là khối lượng của màng ban đầu (trước khi khuấy với nước khử ion) (g) và m_3 khối lượng màng (sau khuấy nước khử ion và sấy khô) (g).

2.3.6. Độ thấm hơi nước của màng

Khả năng thấm hơi nước của màng được xác định theo [8]. CaCl_2 khan (5 g) được thêm vào cốc. Các mẫu màng thử nghiệm được sử dụng để bịt kín các cốc. Sau đó, các cốc được giữ trong tủ được điều chỉnh độ ẩm và nhiệt độ. Sau một ngày, trọng lượng của cốc được xác định.

$$\text{Khả năng thấm hơi nước (g.m/m}^2\text{.h.kPa)} = \frac{m \times d}{S \times t \times \Delta P} \quad (5)$$

trong đó, m là khối lượng của nước thêm vào cốc (g), d là độ dày màng (mm), t là thời gian đo (h), ΔP là chênh lệch áp suất của hai mặt màng (23,95 cm² kPa). S là diện tích bề mặt màng tiếp xúc – đơn vị m².

2.3.7. Độ mờ của màng

Độ mờ của màng được xác định nhằm đánh giá khả năng cản trở truyền ánh sáng của màng. Mẫu màng được cắt vừa với kích thước cuvet và đo độ hấp thụ tại bước sóng 600 nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Độ mờ được tính theo công thức:

$$\text{Độ mờ} = \frac{\text{Độ hấp thụ của màng ở } 600 \text{ nm}}{\text{Độ dày màng (mm)}} \quad (6)$$

Trong đó, độ hấp thụ là giá trị quang phổ thu được tại bước sóng 600 nm, còn độ dày màng được đo bằng thước cặp điện tử với độ chính xác $\pm 0,01$ mm.

2.3.8. Khả năng chống oxy hóa của màng

Các mẫu màng được hòa tan trong methanol và được lọc để thu được dung dịch màng. Dung dịch màng (0,1 mL) được phản ứng với thuốc thử DPPH hoặc ABTS trong 30 phút. Độ hấp thụ của dung dịch được xác định ở bước sóng 517 nm (đối với thử nghiệm DPPH) hoặc 734 nm (đối với thử nghiệm ABTS) [9].

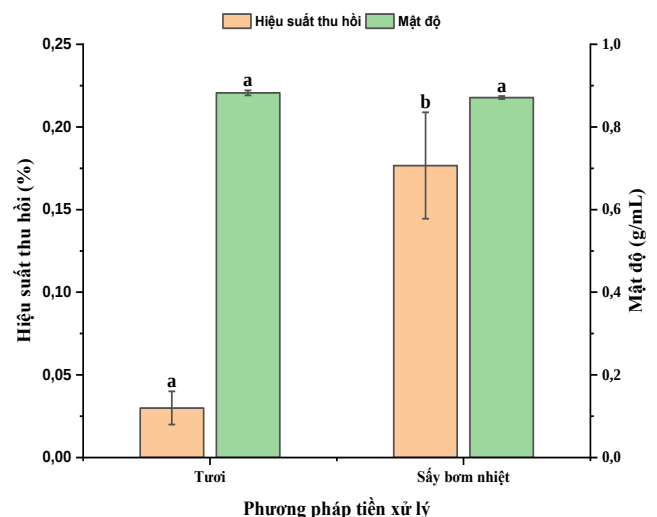
2.3.9. Phương pháp xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được lặp lại ba lần. Kết quả được phân tích bằng phương pháp ANOVA một nhân tố và phép thử Tukey, sử dụng phần mềm SPSS 22 (SPSS Inc., Chicago, USA).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của sấy bơm nhiệt đến hiệu suất thu hồi và mật độ của tinh dầu gừng

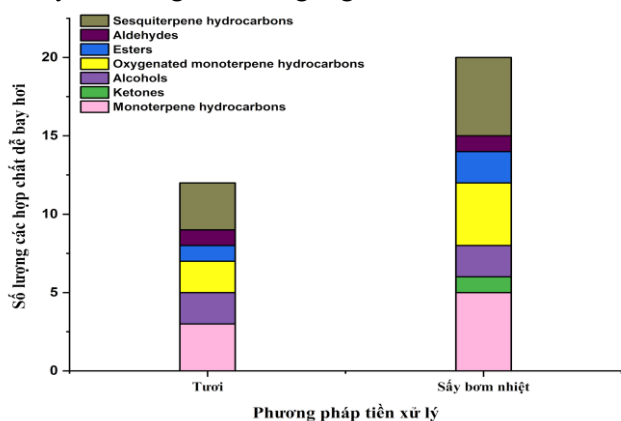
Hình 1 cho thấy tác động của kỹ thuật sấy bơm nhiệt đến quá trình thu hồi và đặc tính vật lý của tinh dầu gừng. Dữ liệu thu được cho thấy phương pháp này mang lại hiệu suất thu hồi cao hơn đáng kể so với mẫu gừng tươi ($p < 0,05$), với mức tăng từ 0,025% lên xấp xỉ 0,17%. Ngược lại, mật độ của tinh dầu ở hai mẫu gần như tương đương, khoảng 0,9 g/mL, và sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Như vậy, quá trình sấy bơm nhiệt có thể tối ưu hiệu suất chiết xuất tinh dầu mà vẫn duy trì được tính chất vật lý của sản phẩm [23]. Giá trị mật độ thu được cũng tương thích với các báo cáo về tinh dầu gừng ở Trung Quốc và Thái Lan [10].



Hình 1. Ảnh hưởng của nguyên liệu tươi và sấy bơm nhiệt đến hiệu suất thu hồi và mật độ của tinh dầu gừng. Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

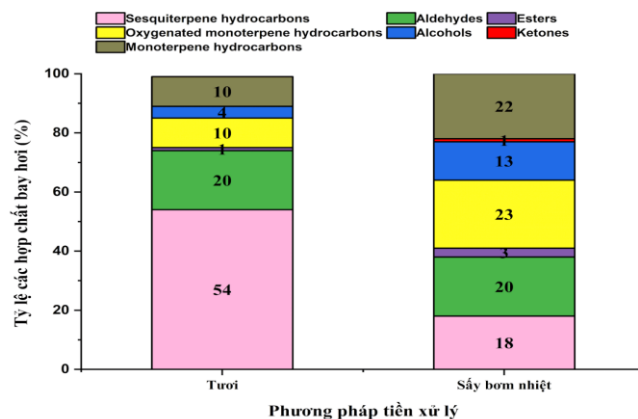
3.2. Ảnh hưởng của sấy bơm nhiệt đến thành phần các chất dễ bay hơi của tinh dầu gừng (tiêu đề cần chỉnh sửa phù hợp với nội dung)

Kết quả thể hiện trong Hình 2 cho thấy tinh dầu gừng chứa 22 hợp chất dễ bay hơi đã được xác định, bao gồm: 6 sesquiterpene hydrocarbons, 1 aldehyde, 2 esters, 5 oxygenated monoterpene hydrocarbons, 2 alcohols, 1 ketone và 5 monoterpene hydrocarbons. Trong tinh dầu gừng, các hợp chất phổ biến nhất là sesquiterpene và monoterpene. Tương tự, monoterpene và sesquiterpene cũng là hai hợp chất phổ biến trong tinh dầu sweet ginger (*Alpinia coriandriodora* D. Fang). Một số hợp chất dễ bay hơi được gia tăng nhờ sấy bơm nhiệt, số lượng các hợp chất monoterpene và sesquiterpene đều được tăng lên 5, số lượng hợp chất esters được tăng lên 2, số lượng hợp chất oxygenated monoterpene được tăng lên 4. Điều đặc biệt là hợp chất sulcatone (ketones) đã được phát hiện trong mẫu tinh dầu sấy bơm nhiệt. Sấy bơm nhiệt giúp gia tăng hiệu suất thu hồi tinh dầu, do đó, dẫn đến sự gia tăng của số lượng và loại hợp chất dễ bay hơi trong tinh dầu gừng.



Hình 2. Ảnh hưởng của nguyên liệu tươi và sấy bơm nhiệt đến số lượng và loại các hợp chất dễ bay hơi của tinh dầu gừng

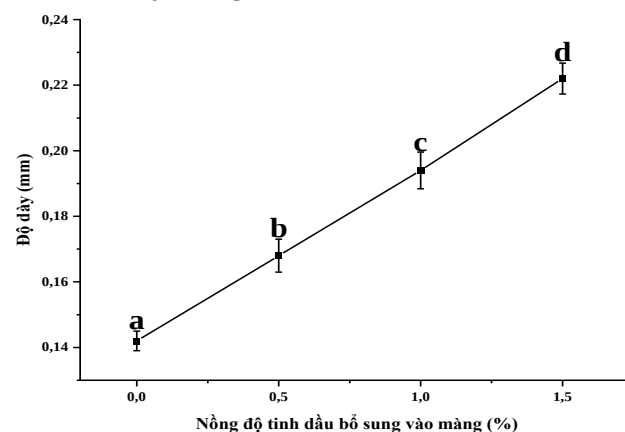
Hình 3 cho thấy sesquiterpene và aldehydes (α -citral) là hai loại hợp chất chiếm ưu thế nhất trong tinh dầu gừng tươi, với tỷ lệ của sesquiterpene và aldehydes lần lượt là 53,90% và 19,8%. Bên cạnh đó, quá trình sấy bơm nhiệt đã làm gia tăng tỷ lệ các hợp chất monoterpene (22,42%), ketones (1,31%), alcohols (12,42%), oxygenated monoterpene (22,85%), aldehydes (α -citral) (20,08%); trong khi tỷ lệ hợp chất sesquiterpene bị giảm còn 17,91%. Kamal và cộng sự (2023) cũng chứng minh rằng sesquiterpene là hợp chất chính có trong tinh dầu gừng tươi Trung Quốc và Thái Lan, tuy nhiên quá trình phơi nắng và sấy trong lò đã làm giảm đáng kể tỷ lệ hợp chất sesquiterpene [10].



Hình 3. Ảnh hưởng của nguyên liệu tươi và sấy bơm nhiệt đến tỷ lệ các hợp chất bay hơi của tinh dầu gừng

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu đến tính chất màng tổng hợp

3.3.1. Độ dày màng



Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu bổ sung đến độ dày màng.

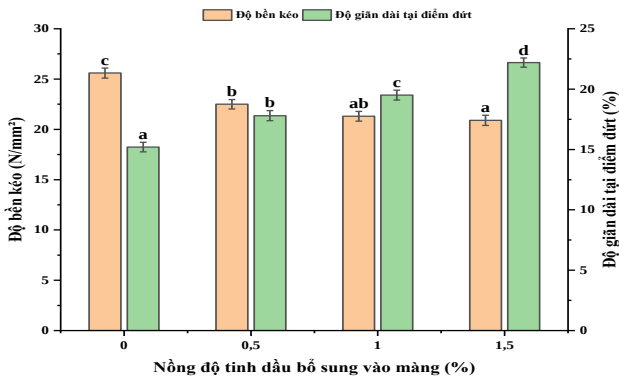
Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Như được thể hiện trong Hình 4, độ dày màng được tăng lên đáng kể khi nồng độ tinh dầu bổ sung được tăng. Kỵ nước là bản chất cơ bản của tinh dầu. Cấu trúc màng kém chặt hơn khi tinh dầu gừng được bổ sung vào màng, điều này là do các liên kết giữa các chuỗi đại phân tử đã bị các giọt tinh dầu phá vỡ. Tương tự, độ dày của màng pectin được tăng lên và khác biệt có ý nghĩa khi tinh dầu cỏ xạ hương được bổ sung vào công thức màng. Độ dày của màng pectin cũng được tăng lên đáng kể nhờ việc gia tăng hàm lượng tinh dầu đình hương [11].

3.3.2. Độ bền kéo và độ giãn dài tại điểm đứt

Khi tăng nồng độ tinh dầu gừng trong công thức tạo màng đã dẫn đến sự suy giảm giá trị độ bền kéo (Hình 5). Điều này là do hiện tượng không đồng nhất và gián đoạn trong cấu trúc màng khi tinh dầu gừng được bổ sung. Mặt khác, giá trị độ giãn dài tại điểm đứt của màng cũng tăng đáng kể khi nồng độ tinh dầu gừng được tăng. Điều này cho thấy tinh dầu gừng có tác dụng

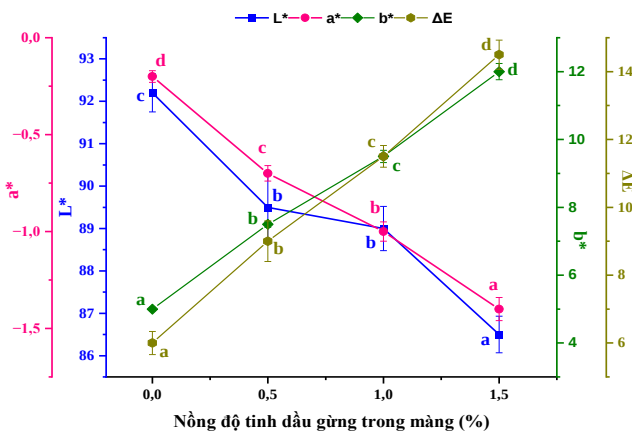
cải thiện độ dẻo và độ giãn dài tại điểm đứt của màng. Tinh dầu tồn tại dưới trạng thái lỏng ở nhiệt độ phòng, do đó, tinh dầu sẽ tồn tại dưới dạng các giọt dầu nhỏ để biến dạng trong cấu trúc màng.



Hình 5. Tác động của nồng độ tinh dầu lên độ bền kéo và khả năng giãn đứt của màng.

Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.3.3. Các giá trị màu sắc



Hình 6. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu đến các giá trị màu sắc của màng.

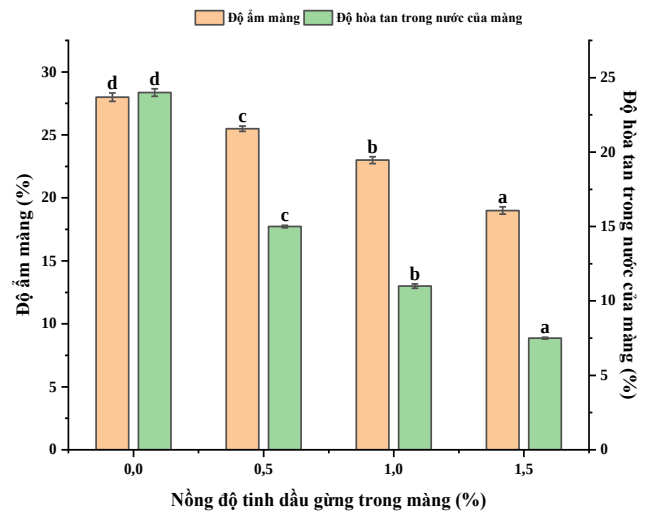
Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Hình 6 cho thấy các giá trị màu sắc của màng bị tác động đáng kể bởi tinh dầu gừng bổ sung (Hình 6). Giá trị L^* cao hơn (độ sáng cao hơn) được phát hiện ở màng 0%. Khi nồng độ tinh dầu gừng trong màng tăng dần, giá trị a^* của các màng cũng giảm xuống đáng kể. Ngược lại, khi nồng độ tinh dầu tăng đã dẫn đến các giá trị b^* và ΔE của các màng thử nghiệm tăng. Sự biến đổi của các giá trị (L^* , a^* và b^*) liên quan đến màu sắc đã dẫn làm cho giá trị ΔE tăng. Hợp chất phenol của tinh dầu hấp thụ ánh sáng ở bước sóng thấp hơn đã dẫn đến sự suy giảm các giá trị L^* và a^* . Bên cạnh đó, ảnh hưởng không mong muốn của tia cực tím đến màu sắc của màng bao bì và chất lượng dinh dưỡng trong thực phẩm được hạn chế bởi sự suy giảm giá trị L^* [12].

Giá trị b^* của các mẫu màng tăng lên khi được thêm tinh dầu là do màu vàng tự nhiên của tinh dầu gừng.

3.3.4. Độ ẩm và độ hòa tan trong nước của màng

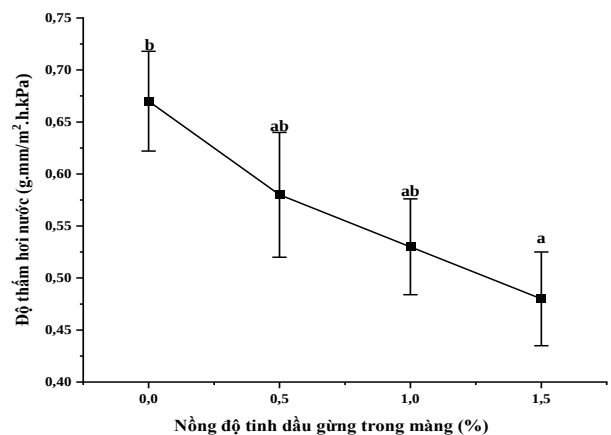
Hình 7 minh họa ảnh hưởng của việc bổ sung tinh dầu gừng đến độ ẩm và độ hòa tan trong nước của màng. Các dữ liệu cho thấy khi nồng độ tinh dầu trong màng tăng đã dẫn đến sự suy giảm đáng kể của độ ẩm và hòa tan trong nước của các màng thử nghiệm. Điều này là do sự tương tác các thành phần của tinh dầu gừng với nhóm hydroxyl của pectin và bản chất kỵ nước của tinh dầu. Các liên kết chéo của pectin đã được gắn với tinh dầu, do đó, ái lực của các phân tử nước với polysaccharide polymer bị giảm [13].



Hình 7. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu gừng trong màng đến độ ẩm và độ hòa tan trong nước của màng.

Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.3.5. Độ thấm hơi nước và độ mờ của màng

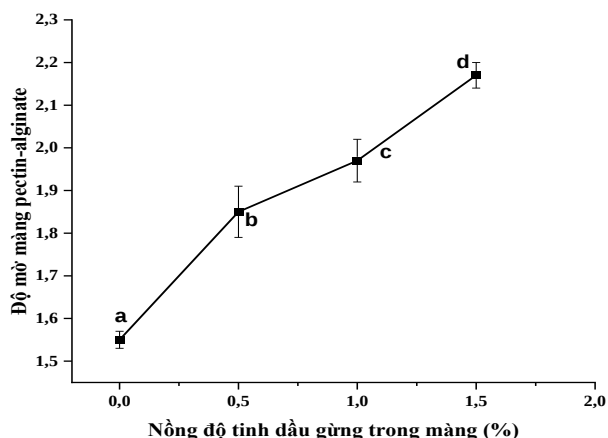


Hình 8. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu đến độ thấm hơi nước của màng.

Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Hình 8 thể hiện khi nồng độ tinh dầu gừng trong màng tăng, dẫn đến sự suy giảm độ thấm hơi nước của màng. Điều này là do tính kỵ nước của màng được tăng khi bổ

sung tinh dầu. Khả năng khuếch tán của nước bị giảm và các chuỗi polyme trở nên kém di động hơn khi tinh dầu được bổ sung vào màng.



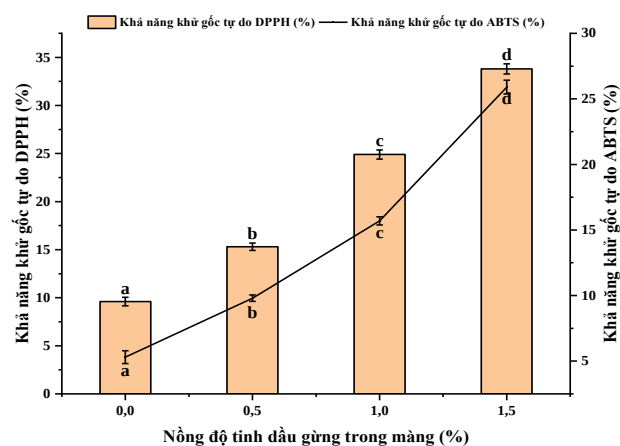
Hình 9. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu gừng trong màng đến độ mờ của màng.

Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Ảnh hưởng của việc bổ sung tinh dầu gừng đến độ mờ của màng được minh họa trong Hình 9. Khi lượng tinh dầu gừng tăng dần đã dẫn đến sự gia tăng đáng kể độ mờ của màng. Một số nghiên cứu cũng báo cáo việc tăng nồng độ tinh dầu bổ sung cũng dẫn đến sự gia tăng độ mờ của màng [14].

3.4. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu đến khả năng chống oxy hóa của màng tổng hợp

Khi lượng tinh dầu gừng bổ sung tăng đã dẫn đến sự gia tăng khả năng khử các gốc tự do DPPH và ABTS (Hình 10).



Hình 10. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu gừng đến khả năng chống oxy hóa của màng.

Các giá trị mang ký tự khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

4. Kết luận

Hiệu suất thu hồi tinh dầu gừng sẽ được tăng đáng kể nhờ phương pháp sấy bơm nhiệt. Khi tăng nồng độ tinh dầu gừng, các tính chất như độ dày, độ giãn dài tại điểm đứt, giá trị b^* , ΔE , độ mờ và khả năng khử gốc tự do (DPPH và ABTS) của màng được tăng, trong khi độ bền kéo, độ ẩm, độ hòa tan trong nước, độ thấm hơi nước, giá trị L^* , a^* giảm. Việc bổ sung tinh dầu gừng giúp tăng độ dày, độ giãn dài tại điểm đứt và khả năng cản sáng của màng, nhưng đồng thời làm giảm độ ẩm, độ hòa tan trong nước và khả năng thấm hơi nước khi hàm lượng tinh dầu tăng.

Lời cảm ơn: Cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ và cung cấp cơ sở vật chất để đề tài nghiên cứu có thể được thực hiện thuận lợi.

Tài liệu tham khảo

- [1] Ozdemir, N., Ozgen, Y., Kiralan, M., Bayrak, A., Arslan, N., & Ramadan, M. F. (2018). Effect of different drying methods on the essential oil yield, composition and antioxidant activity of *Origanum vulgare* L. and *Origanum onites* L. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 12(2), 820-825. doi: 10.1007/s11694-017-9696-x.
- [2] Xing, Y., Lei, H., Wang, J., Wang, Y., Wang, J., & Xu, H. (2017). Effects of different drying methods on the total phenolic, rosmarinic acid and essential oil of purple perilla leaves. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 20(6), 1594-1606, doi: 10.1080/0972060X.2017.1413957.
- [3] Varghese, S. A., Siengchin, S., & Parameswaranpillai, J. (2020). Essential oils as antimicrobial agents in biopolymer-based food packaging-A comprehensive review. *Food Bioscience*, 38, 100785. doi: 10.1016/j.fbio.2020.100785.
- [4] Kamal, G. M., Anwar, F., Hussain, A. I., Sarri, N., & Ashraf, M. Y. (2011). Yield and chemical composition of Citrus essential oils as affected by drying pretreatment of peels. *International Food Research Journal*, 18(4).
- [5] Sumiwi, S. A., Subarnas, A., Supriyatna, S., Abdasah, M., & Muchtaridi, M. (2015). Analysis of chemical composition and its analgesic and anti-inflammatory activity of essential oil of sintoc bark (*Cinnamomum sintoc* bl.) using in vivo methods. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 5(2), 058-065.

- [6] Lee, J. Y., Garcia, C. V., Shin, G. H., & Kim, J. T. (2019). Antibacterial and antioxidant properties of hydroxypropyl methylcellulose-based active composite films incorporating oregano essential oil nanoemulsions. *Lwt*, 106, 164-171. doi: 10.1016/j.lwt.2019.02.061.
- [7] Huang, T., Qin, Y., Li, M., Gao, S., & Shen, C. (2022). Preparation and characterization of deacetylated konjac glucomannan/pectin composite films crosslinked with calcium hydroxide. *Journal of Polymer Research*, 29(6), 238. doi: 10.1007/s10965-022-03090-7.
- [8] Peng, Y., & Li, Y. (2014). Combined effects of two kinds of essential oils on physical, mechanical and structural properties of chitosan films. *Food Hydrocolloids*, 36, 287-293. doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.10.013.
- [9] Martins, J. T., Cerqueira, M. A., & Vicente, A. A. (2012). Influence of α -tocopherol on physicochemical properties of chitosan-based films. *Food hydrocolloids*, 27(1), 220-227. doi: 10.1016/j.foodhyd.2011.06.011.
- [10] Kamal, G. M., Nazi, N., Sabir, A., Saqib, M., Zhang, X., Jiang, B., ... & Murtaza, S. (2023). Yield and chemical composition of ginger essential oils as affected by inter-varietal variation and drying treatments of rhizome. *Separations*, 10(3), 186. doi: 10.3390/separations10030186.
- [11] Qin, C., Li, Z., Zhang, J., Meng, H., & Zhu, C. (2024). Preparation, physicochemical properties, antioxidant, and antibacterial activities of quaternized hawthorn pectin films incorporated with thyme essential oil. *Food Packaging and Shelf Life*, 41, 101235. doi: 10.1016/j.fpsl.2023.101235.
- [12] Liu, Q., Han, R., Yu, D., Wang, Z., Zhuansun, X., & Li, Y. (2024). Characterization of thyme essential oil composite film based on soy protein isolate and its application in the preservation of cherry tomatoes. *Lwt*, 191, 115686. doi: 10.1016/j.lwt.2023.115686.
- [13] Ghasemlou, M., Khodaiyan, F., Oromiehie, A., & Yarmand, M. S. (2011). Characterization of edible emulsified films with low affinity to water based on kefir and oleic acid. *International journal of biological macromolecules*, 49(3), 378-384. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2011.05.013.
- [14] Sadadekar, A. S., Shruthy, R., Preetha, R., Kumar, N., Pande, K. R., & Nagamaniammai, G. (2023). Enhanced antimicrobial and antioxidant properties of Nano chitosan and pectin based biodegradable active packaging films incorporated with fennel (*Foeniculum vulgare*) essential oil and potato (*Solanum tuberosum*) peel extracts. *Journal of Food Science and Technology*, 60(3), 938-946. doi: 10.1007/s13197-021-05333-9.

Impact of heat pump drying on ginger essential oil quality and its application in antioxidant-active pectin-alginate films

Nguyen Hong Khoi Nguyen^{1,*}, Tran Quoc Nam¹, Phạm Quoc Vinh²

¹Faculty of Applied Science and Technology, Nguyen Tat Thanh University

²Institute of Advanced Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

*nhknguyen@ntt.edu.vn

Abstract The quality of ginger essential oil can be significantly influenced by the preprocessing methods applied to the raw material. In this study, the effect of heat pump drying, compared to fresh ginger, was evaluated in terms of essential oil yield, density, and volatile compound composition. The results indicated that heat pump drying improved both the yield and the quantity and proportion of volatile compounds in the essential oil. Subsequently, the essential oil obtained from heat pump-dried ginger was incorporated into pectin-alginate films at different concentrations (0%, 0.5%, 1.0%, and 1.5%). The physical, structural, and bioactive properties of the films were then assessed. The incorporation of ginger essential oil significantly increased the film thickness and elongation at break, as well as light barrier properties, resulting in more opaque and yellowish films. Conversely, increasing the essential oil content led to reductions in film moisture content, water solubility, and water vapor permeability. Notably, the antioxidant activity of the films was markedly enhanced with higher concentrations of ginger essential oil.

Keywords antioxidant capacity, ginger essential oil, heat pump drying, physical properties