

Ảnh hưởng của các phương pháp sấy đến đặc tính lý hóa và hoạt tính sinh học của bột gừng (*Zingiber officinale*)

Nguyễn Hồng Khôi Nguyên^{1*}, Nguyễn Thị Ngọc Lan¹

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

*nhknguyen@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Sấy khô là phương pháp loại nước nhằm kéo dài thời gian bảo quản và duy trì chất lượng nguyên liệu. Nghiên cứu này với mục đích so sánh thành phần hóa học giữa hai giống gừng Trâu và gừng Sẻ, trong đó gừng Sẻ có hàm lượng chất xơ và carbohydrate cao hơn, nên được chọn để khảo sát ảnh hưởng của ba phương pháp sấy: đối lưu (DL), bơm nhiệt (BN) và thăng hoa (TH). Kết quả cho thấy, các phương pháp sấy ảnh hưởng đáng kể đến màu sắc, tính chất lý hóa và tác động sinh học của bột gừng. Trong đó, sấy thăng hoa vượt trội nhờ duy trì màu sắc, cải thiện độ chảy, độ nén, khả năng giữ nước và hút ẩm. Đặc biệt, bột gừng sấy thăng hoa chứa hàm lượng hợp chất sinh học và khả năng chống oxy hóa cao nhất. Như vậy, sấy thăng hoa là lựa chọn tối ưu để bảo tồn hoạt chất sinh học và nâng cao giá trị chức năng của bột gừng Sẻ, làm cơ sở phát triển các sản phẩm thực phẩm chức năng giàu chất xơ.

Nhận 15/06/2025

Được duyệt 01/08/2025

Công bố 26/11/2025

Từ khóa

gừng, hoạt tính sinh học, khả năng chống oxy hóa, phương pháp sấy, đặc tính hóa lý

© 2025 Journal of Science and Technology - NTTU

1. Đặt vấn đề

Gừng (*Zingiber officinale*) có nguồn gốc từ Đông Nam Á và được sử dụng rộng rãi như một loại thảo mộc và gia vị. Gừng chứa cellulose, lipid, tinh bột, protein, và các hợp chất chính như gingerol – tạo nên mùi thơm đặc trưng. Một số hợp chất như phenol, flavonoid và gingerol góp phần tạo nên các tác dụng dược lý như kháng khuẩn, chống viêm và bảo vệ gan [1].

Do dễ hư hỏng sau thu hoạch, gừng thường được sấy khô để tăng thời gian bảo quản và phục vụ sản xuất thực phẩm, dược phẩm, mỹ phẩm. Tuy nhiên, phương pháp sấy ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng sản phẩm. Sấy đối lưu (DL) có thời gian sấy ngắn nhưng làm giảm màu sắc và hoạt tính sinh học [2]. Sấy bơm nhiệt (BN) cung cấp không khí khô tuần hoàn, trong khi sấy thăng hoa (TH) giúp giữ lại đặc tính cảm quan và dinh dưỡng tốt nhất [3]. Ở các vùng nhiệt đới như Việt Nam, sấy phơi nắng dễ làm giảm chất lượng sản phẩm. Một số nghiên cứu cho thấy ảnh hưởng rõ rệt của nhiệt độ và phương pháp sấy đến đặc tính lý hóa của gừng. Muthukumar et al. (2022) nhận thấy gừng đen sấy ở 60 °C giữ hàm lượng phenolic và khả năng kháng oxy hóa tốt nhất [4]. Ajayi et al. (2017) so sánh các phương pháp sấy khác nhau và kết luận rằng microwave cho chất lượng sản phẩm cao nhất, trong khi sấy lò điện có tính ổn định và dễ ứng dụng hơn [5].

Nghiên cứu này nhằm so sánh thành phần hóa học của hai loại gừng (Trâu và Sẻ), sau đó áp dụng ba phương pháp sấy (DL, BN, TH) để đánh giá ảnh hưởng lên chỉ

số màu, đặc tính lý hóa, hàm lượng hợp chất sinh học và hoạt tính chống oxy hóa của bột gừng. Kết quả sẽ hỗ trợ lựa chọn công nghệ sấy phù hợp cho phát triển sản phẩm gừng giàu chất xơ và hoạt tính sinh học.

2. Nguyên liệu và phương pháp

2.1. Nguyên liệu

Hai giống gừng Trâu và gừng Sẻ đều được thu mua tại tỉnh Đắk Lắk, Việt Nam. Các củ gừng được lựa chọn có độ tuổi thu hoạch khoảng 8 tháng từ lúc trồng và không bị sâu bệnh. Các hóa chất được sử dụng trong nghiên cứu đều đạt chuẩn phân tích.

2.2. Phương pháp sấy gừng

Gừng được rửa sạch, cắt lát mỏng (~3 mm) và sấy khô bằng ba phương pháp: DL và BN (thiết bị sản xuất tại Việt Nam) ở 50 °C, tốc độ gió 50 Hz trong 13 h và 15 h tương ứng; TH (Harvest Right, Hoa Kỳ) sấy đông ở -30 °C (24 h), sau đó sấy khô ở 50 °C (24 h). Khi độ ẩm <5%, gừng được nghiền bằng máy xay khô (Seka, Nhật Bản) và bảo quản ở 4 °C để phân tích.

2.3. Phương pháp chiết xuất bột gừng

Mẫu bột gừng được chiết bằng ethanol tuyệt đối ở 500 rpm trong 12 giờ, sau đó ly tâm ở 10.000 rpm trong 10 phút. Dịch chiết thu được dùng để phân tích các hợp chất sinh học và hoạt tính kháng oxy hóa.

2.4. Phương pháp phân tích

2.4.1. Thành phần hóa học

Thành phần hóa học của gừng được phân tích theo các phương pháp chuẩn của AOAC: độ ẩm (934.01), tro (942.05), xơ thô (962.09), protein (992.15), chất béo

(920.39). Carbohydrate được tính bằng sai phân giữa 100% và tổng các thành phần còn lại [6].

2.4.2. Màu sắc

Máy đo màu Minolta (Minolta CR-400, Osaka) được sử dụng để thu thập và tính toán các chỉ số màu sắc của bột gừng, bao gồm L^* (độ sáng), a^* (độ đỏ), b^* (độ vàng), ΔE (cường độ màu) và chỉ số hóa nâu.

2.4.3. Mật độ khối, mật độ gỗ, khả năng chảy và khả năng nén

Mật độ khối (g/mL) được xác định bằng cách cho 10 g bột gừng vào ống đong 50 mL và ghi lại thể tích chiếm được. Mật độ gỗ (g/mL) được đo bằng cách gõ nhẹ ống đong cho đến khi thể tích bột ổn định, sau đó ghi nhận thể tích sau cùng. Các chỉ tiêu khả năng chảy và khả năng nén được đánh giá theo phương pháp của nghiên cứu [7].

$$\text{Khả năng chảy} = \frac{\text{Mật độ gỗ}}{\text{Mật độ khối}} \quad (1)$$

$$\text{Khả năng nén} = \frac{\text{Mật độ gỗ} - \text{mật độ khối}}{\text{Mật độ khối}} \times 100 \quad (2)$$

2.4.4. Khả năng hòa tan

Khả năng hòa tan được xác định theo phương pháp của nghiên cứu [8], với một số điều chỉnh. Cụ thể, 2 g bột gừng được khuấy trong 30 mL nước cất trong 10 phút, sau đó ly tâm ở 5000 rpm trong 10 phút. Phần dịch nổi được thu, sấy khô ở 105 °C trong 24 giờ và cân khối lượng để tính khả năng hòa tan.

$$\text{Khả năng hòa tan} = \frac{\text{Khối lượng phần dịch nổi sau sấy}}{\text{Khối lượng bột gừng}} \times 100 \quad (3)$$

2.4.5. Khả năng hút ẩm

Khả năng hút ẩm được xác định bằng phương pháp trong nghiên cứu [8], với một số thay đổi. Các đĩa petri chứa bột gừng được bảo quản trong bình hút ẩm chứa dung dịch NaCl bão hòa trong một tuần ở 25 °C.

$$\text{Khả năng hút ẩm} = \frac{\text{Khối lượng bột gừng sau bảo quản} - \text{khối lượng bột gừng}}{\text{Khối lượng bột gừng}} \times 100 \quad (4)$$

2.4.6. Kích thước hạt

Hình thái bề mặt hạt của bột gừng được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét S-4800 (Hitachi, Nhật Bản) ở điện áp quét 10 kV. Sau đó, kích thước của bột gừng được tính toán dựa trên phần mềm ImageJ.

2.4.7. Hàm lượng polyphenol

Hàm lượng polyphenol trong bột gừng được xác định theo phương pháp của nghiên cứu [9], với một số điều chỉnh. Mẫu chiết (0,2 mL) được phản ứng với 1 mL thuốc thử Folin–Ciocalteu 10% trong 10 phút, sau đó thêm 0,8 mL Na_2CO_3 7,5% và ủ 1 giờ. Độ hấp thụ đo tại 765 nm, kết quả biểu thị bằng mg GAE/g vật chất khô (vck).

2.4.8. Hàm lượng flavonoid

Hàm lượng flavonoid trong bột gừng được xác định theo phương pháp của nghiên cứu [9], với một số điều chỉnh. Mẫu chiết (1 mL) phản ứng với 0,06 mL NaNO_2 5,05% (5 phút), sau đó thêm 0,06 mL AlCl_3 0,1865% (6 phút), rồi bổ sung 0,48 mL nước và 0,4 mL NaOH 25%. Độ hấp thụ đo tại 510 nm, sử dụng quercetin làm chất chuẩn.

2.4.9. Hàm lượng tannin

Hàm lượng tannin trong bột gừng được xác định theo phương pháp của nghiên cứu [10], với một số điều chỉnh. Mẫu chiết (1 mL) được bổ sung 0,5 mL nước cất và 0,5 mL thuốc thử Folin 2N (5 phút), tiếp theo thêm 2 mL Na_2CO_3 20% và phản ứng trong 1 giờ. Độ hấp thụ đo tại 755 nm, sử dụng tannic acid làm chất chuẩn.

2.4.10. Hàm lượng gingerol

Do cấu trúc hóa học tương đồng giữa gingerol và vanillin [11], vanillin được sử dụng làm chất chuẩn để xác định hàm lượng gingerol. Mẫu chiết được pha loãng đến nồng độ thích hợp và đo độ hấp thụ tại bước sóng 280 nm.

2.4.11. Hàm lượng alkaloid

Hàm lượng alkaloid trong bột gừng được xác định theo phương pháp [12]. Mẫu chiết (1 mL) được trộn với 1 mL HCl 2 N, trung hòa bằng NaOH 0,1 N, rồi lấy 1 mL hỗn hợp đưa vào 5 mL đệm phosphate, 5 mL bromocresol green và 4 mL chloroform. Độ hấp thụ đo tại 470 nm, dùng atropine làm chất chuẩn.

2.4.12. Hoạt tính khử DPPH, ABTS, FRAP

Hoạt tính kháng oxy hóa (DPPH, ABTS, FRAP) dựa theo phương pháp của nghiên cứu [13], sử dụng trolox làm chất chuẩn. Với DPPH và ABTS, mẫu chiết (0,5 mL) phản ứng với 1,5 mL dung dịch tương ứng đã điều chỉnh độ hấp thụ về 1,1 tại bước sóng 517 nm (DPPH) và 734 nm (ABTS), sau 30 phút đo độ hấp thụ. Đối với FRAP, thuốc thử được pha từ sodium acetate 0,3 M, FeCl_3 0,02 M và TPTZ 0,01 M; mẫu chiết (0,5 mL) phản ứng với 1,5 mL thuốc thử và đo độ hấp thụ tại 593 nm sau 30 phút.

2.4.13. Phương pháp xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được lặp lại ba lần. Dữ liệu được xử lý bằng phần mềm SPSS 22 (SPSS Inc., Chicago, Hoa Kỳ). Sự khác biệt giữa các mẫu được phân tích bằng ANOVA một nhân tố, và so sánh trung bình bằng phép thử Tukey với mức ý nghĩa 5%.

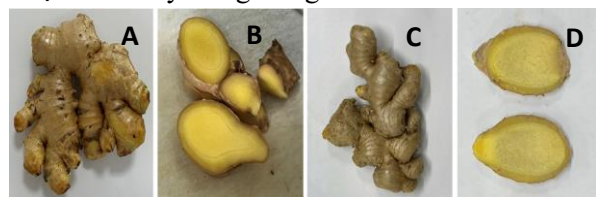
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả thành phần hóa học của gừng Trâu và gừng Sẻ

Hình 1 mô tả hình ảnh cảm quan bên ngoài và bên trong của hai loại gừng Trâu và gừng Sẻ. Trong khi,



thành phần hóa học cơ bản của gừng Trâu và gừng Sẻ được trình bày trong Bảng 1.



Hình 1. Hình ảnh cảm quan của hai giống gừng Trâu và gừng Sẻ. A: Hình dạng bên ngoài gừng Trâu, B: Các lát cắt gừng Trâu, C: Hình dạng bên ngoài gừng Sẻ, D: Các lát cắt gừng Sẻ.

Cả hai loại gừng khảo sát đều có độ ẩm cao, phù hợp với gừng tươi (>80%) như đã được ghi nhận trong các nghiên cứu trước. Tuy nhiên, gừng Sẻ có độ ẩm thấp hơn đáng kể so với gừng Trâu, cho thấy tỷ lệ chất khô của nguyên liệu gừng Sẻ cao hơn so với gừng Trâu. Cả hai đều có tỷ lệ % theo khối lượng của tro không cao (1,56% và 1,59%), phản ánh hàm lượng chất vô cơ thấp. Hàm lượng chất béo (0,22–0,21%) và protein (3,15–3,21%) khác biệt không có ý nghĩa thống kê. Gừng Sẻ có hàm lượng chất xơ (2,74%) và carbohydrate (10,95%) cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với gừng Trâu (1,67% và 7,31%), phù hợp với sự chênh lệch về hàm lượng ẩm và quan sát hình ảnh sợi xơ trong Hình 1. Hàm lượng các thành phần hóa học của hai giống gừng này cũng khác biệt so với các giống Nadia và Local Shing (Ấn Độ) và các giống ở Nigeria [16], cho thấy yếu tố giống, địa lý và khí hậu tác động lớn đến thành phần hóa học của gừng. Với hàm lượng xơ và carbohydrate cao hơn cùng sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, gừng Sẻ có tiềm năng ứng dụng trong chế biến sâu và thực phẩm chức năng giàu chất xơ, do đó được chọn làm nguyên liệu cho các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 1. Thành phần hóa học của gừng Trâu và gừng Sẻ

Hàm lượng (%)	Gừng Trâu	Gừng Sẻ
Ẩm	86,09 ± 1,34 ^b	81,31 ± 1,04 ^a
Tro	1,56 ± 0,06 ^a	1,59 ± 0,11 ^a
Béo	0,22 ± 0,02 ^a	0,21 ± 0,02 ^a
Xơ	1,67 ± 0,08 ^a	2,74 ± 0,02 ^b
Protein	3,15 ± 0,09 ^a	3,21 ± 0,02 ^a
Carbohydrate	7,31 ± 1,52 ^a	10,95 ± 1,10 ^b

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

3.2. Ảnh hưởng của các phương pháp sấy đến chất lượng bột gừng Sẻ

3.2.1. Màu sắc

Bảng 2. Thuộc tính màu sắc của các mẫu bột gừng Sẻ

Thuộc tính	Đối lưu	Bơm nhiệt	Thăng hoa
Hình ảnh			
ΔE	39,88 ± 3,00 ^c	29,68 ± 1,48 ^b	17,32 ± 0,60 ^a
Chỉ số hóa nâu	49,68 ± 3,04 ^b	44,95 ± 3,65 ^b	35,90 ± 1,51 ^a

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

Trong quá trình sấy, nhiệt độ cao gây ra phân hủy sắc tố và phản ứng hóa nâu, làm thay đổi màu sắc nguyên liệu. Bảng 2 cho thấy phương pháp sấy ảnh hưởng rõ rệt đến ΔE và chỉ số hóa nâu của bột gừng Sẻ. Bột gừng sấy thăng hoa (TH) có giá trị ΔE và chỉ số hóa nâu thấp nhất, tiếp theo là BN và cao nhất là DL. Dù đều sử dụng không khí nóng, sấy DL tạo ra không khí ẩm cao hơn BN, thúc đẩy phản ứng hóa nâu và phân hủy sắc tố mạnh hơn. Trong khi đó, sấy TH diễn ra ở nhiệt độ thấp và điều kiện chân không, giúp hạn chế phân hủy sắc tố và giữ màu tốt nhất. Các nghiên cứu trước cũng cho thấy sấy TH ít làm thay đổi màu sắc nguyên liệu hơn so với các phương pháp sấy bằng không khí nóng.

3.2.2. Đặc tính lý hóa

Các đặc tính lý hóa của bột gừng bị ảnh hưởng đáng kể bởi phương pháp sấy (Bảng 3). Bột gừng sấy thăng hoa (TH) có mật độ khối thấp nhất ($0,22 \pm 0,01$ g/mL) và mật độ gỗ cao nhất ($0,37 \pm 0,02$ g/mL), dẫn đến khả năng chảy ($1,66 \pm 0,05$) và khả năng nén ($65,93 \pm 4,57$) cao hơn đáng kể so với mẫu sấy đối lưu (DL) và bơm nhiệt (BN). Điều này có thể do quá trình thăng hoa tạo ra cấu trúc xốp với nhiều lỗ rỗng, trong khi DL và BN khiến lát gừng bị co rút và đặc lại. Bột có cấu trúc xốp thường có mật độ khối thấp và chiếm thể tích lớn hơn. Khả năng chảy và nén có liên hệ chặt chẽ đến kết cấu, hiệu quả chế biến và tính ổn định khi bảo quản sản phẩm dạng bột.

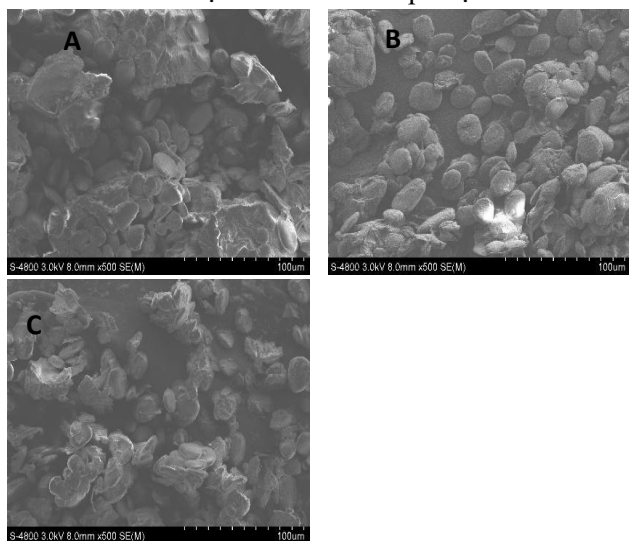
Bảng 3 Đặc tính lý hóa của các mẫu bột gừng Sẻ

Thuộc tính	Đối lưu	Bơm nhiệt	Thăng hoa
------------	---------	-----------	-----------

Mật độ khối (g/mL)	0,26 0,02 ^b	±	0,24 0,01 ^{ab}	±	0,22 0,01 ^a	±
Mật độ gỗ (g/mL)	0,31 0,02 ^a	±	0,32 0,02 ^a	±	0,37 0,02 ^b	±
Khả năng chảy	1,23 0,01 ^a	±	1,36 0,01 ^b	±	1,66 0,05 ^c	±
Khả năng nén	22,69 1,29 ^a	±	35,80 1,24 ^b	±	65,93 4,57 ^c	±
Khả năng hòa tan (%)	15,83 0,04 ^c	±	13,04 0,16 ^b	±	9,89 0,09 ^a	±
Khả năng hút ẩm (%)	4,09 0,41 ^a	±	5,13 0,57 ^a	±	7,52 0,55 ^b	±
Kích thước hạt (μm)	31,98 2,75 ^c	±	21,78 2,01 ^b	±	15,54 1,49 ^a	±

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

Bảng 3 cho thấy độ hòa tan của bột gừng sấy thăng hoa (TH) trong nước thấp nhất, trong khi khả năng hút ẩm lại cao hơn và khác biệt có ý nghĩa so với bột gừng sấy đối lưu (DL) và bơm nhiệt (BN). Điều này có thể do bột TH có cấu trúc xốp và mịn hơn, làm tăng diện tích tiếp xúc với không khí [13]. Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của Shuen et al. (2021), cho thấy bột Kuini sấy TH hút ẩm cao hơn so với sấy DL. Ngoài ra, phương pháp sấy cũng ảnh hưởng đến kích thước hạt: bột DL có kích thước lớn nhất ($31,98 \pm 2,75 \mu\text{m}$), còn bột TH nhỏ nhất ($15,54 \pm 1,49 \mu\text{m}$). Hình ảnh vi mô trong Hình 2 cho thấy bột TH có cấu trúc xốp, dễ vỡ hơn, trong khi bột DL và BN có mật độ hạt dày đặc hơn. Tất cả mẫu bột đều có hình elip hoặc tròn.

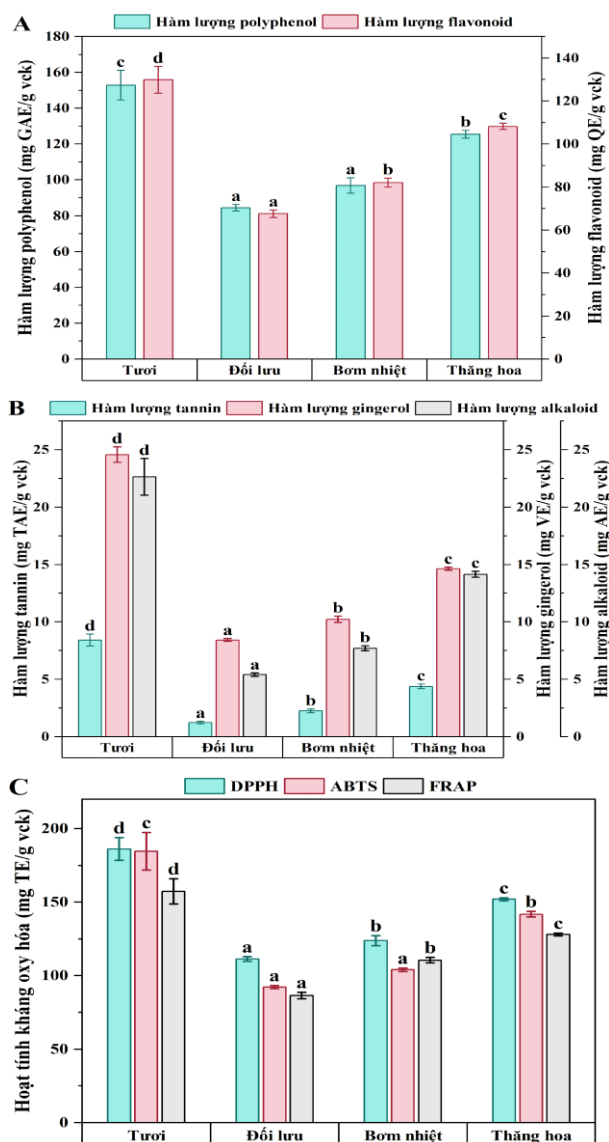


Hình 2. Hình ảnh cấu trúc vi mô (SEM) của bột gừng ở độ phóng đại 500 lần. A: Mẫu sấy đối lưu, B: Mẫu sấy bơm nhiệt, C: Mẫu sấy thăng hoa.

3.2.3. Hợp chất sinh học

Hình 3A và 3B cho thấy các hoạt chất sinh học bị giảm đi trong quá trình sấy của bột gừng Sê. Mẫu tươi có polyphenol và flavonoid lần lượt là $152,84 \pm 8,29$ và $129,85 \pm 6,23 \text{ mg/g vck}$, trong khi các mẫu sấy dao động từ $84,42 - 125,43$ và $67,60 - 108,19 \text{ mg/g vck}$. Tương tự, tannin, gingerol và alkaloid ở mẫu tươi lần lượt đạt $8,41 \pm 0,52$; $24,57 \pm 0,67$ và $22,63 \pm 1,59 \text{ mg/g vck}$, trong khi mẫu sấy chỉ đạt $1,24 - 4,38$; $8,42 - 14,62$ và $5,41 - 14,15 \text{ mg/g vck}$. Sấy thăng hoa (TH) bảo toàn hoạt chất tốt nhất, tiếp theo là BN và DL.

Các hợp chất sinh học của nguyên liệu thô dễ bị phân hủy do nhạy cảm với nhiệt độ cao của quá trình sấy [2]. Phương pháp sấy BN được thực hiện bằng cơ chế tái sử dụng không khí nóng có độ ẩm thấp trong hệ thống khép kín được kiểm soát. Do đó, phương pháp sấy BN giúp lưu giữ hàm lượng các hợp chất sinh học của nguyên liệu tốt hơn sấy DL. Hơn nữa, việc sấy các lát gừng ở nhiệt độ thấp trong môi trường chân không giúp lưu giữ tốt hơn hàm lượng các hợp chất sinh học trong phương pháp sấy TH. Thêm vào đó, sấy TH cũng giúp giảm đáng kể kích thước hạt của bột gừng. Điều này giúp gia tăng diện tích tiếp xúc của bề mặt bột gừng với dung môi, do đó giúp gia tăng hiệu quả trích ly các hợp chất sinh học. Một số nghiên cứu khác cũng trình bày các xu hướng tương tự. Theo Osae và cộng sự (2020), quá trình sấy khô khiến lượng polyphenol và flavonoid trong gừng giảm đáng kể; tuy nhiên, việc sử dụng sấy thăng hoa đã giúp giảm thiểu tổn thất của các hợp chất này [14]. Bên cạnh đó, An et al. (2016) cũng ghi nhận hàm lượng gingerol của các mẫu gừng được lưu giữ đáng kể trong phương pháp sấy thăng hoa.



Hình 3. Ảnh hưởng phương pháp sấy đến hoạt tính sinh học bột gừng Sẻ. A: Polyphenol và flavonoid, B: Gingerol, alkaloid và tannin, C: Hoạt tính kháng oxy hóa.

Các chữ cái khác nhau chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

3.2.4. Hoạt tính kháng oxy hóa

Hình 3C cho thấy các phương pháp sấy làm giảm đáng kể hoạt tính kháng oxy hóa (DPPH, ABTS, FRAP) của

bột gừng Sẻ. Mẫu gừng tươi có hoạt tính cao nhất, với giá trị hoạt tính kháng oxy hóa lần lượt là $186,10 \pm 7,78$; $184,65 \pm 12,78$ và $157,35 \pm 8,58$ mg TE/g vck. Trong khi đó, các mẫu bột gừng sau sấy dao động từ 111,32 – 151,97 (DPPH), 92,24 – 141,76 (ABTS) và 86,51 – 127,95 mg TE/g vck (FRAP). Hoạt tính kháng oxy hóa giảm theo thứ tự: sấy thăng hoa > sấy bức xạ nhiệt > sấy đối lưu.

Trong quá trình sấy, các hợp chất sinh học bị phân hủy hoặc bị chuyển hóa thành các hợp chất khác do nhiệt độ cao tác động và điều này dẫn đến sự suy giảm khả năng kháng oxy hóa của bột gừng. Dưới tác động của nhiệt độ cao trong quá trình này các hợp chất như shogaol được chuyển thành aldehyde và gingerol thành zingerone, do đó hoạt tính kháng oxy hóa của bột gừng bị giảm. Phương pháp sấy TH đã được chứng minh là có khả năng lưu giữ lại phần lớn hàm lượng các hợp chất sinh học, do đó giúp duy trì khả năng kháng oxy hóa của bột gừng. Roslan et al. (2020) đã chứng minh hàm lượng TPC, TFC và hoạt tính chống oxy hóa của lá trà *Camellia sinensis* được duy trì tốt nhất bằng phương pháp sấy thăng hoa.

4. Kết luận

Gừng Sẻ có hàm lượng chất xơ và carbohydrate tốt hơn gừng Trâu, điều này cho thấy gừng Sẻ phù hợp cho việc phát triển các sản phẩm chức năng giàu chất xơ. Các chỉ số màu sắc và đặc tính lý hóa của bột gừng được sấy TH cho thấy nhiều ưu điểm vượt trội hơn so với hai mẫu bột gừng được sấy DL và BN. Hơn nữa, phương pháp sấy TH cũng cho thấy hiệu quả vượt trội trong việc duy trì hàm lượng các hợp chất sinh học và khả năng kháng oxy hóa của bột gừng. Nghiên cứu này có thể làm nền tảng cho các quá trình chế biến tiếp theo và phát triển các sản phẩm thực phẩm chức năng giàu chất xơ và hoạt tính sinh học từ gừng Sẻ.

Lời cảm ơn: Cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam 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] Garza-Cadena, C., Ortega-Rivera, D. M., Machorro-García, G., Gonzalez-Zermeño, E. M., Homma-Dueñas, D., Plata-Gryl, M., & Castro-Muñoz, R. (2023). A comprehensive review on Ginger (*Zingiber officinale*) as a potential source of nutraceuticals for food formulations: Towards the polishing of gingerol and other present biomolecules. *Food Chemistry*, 413, 135629.
- [2] Zheplinska, M., Mushtruk, M., Vasylyv, V., Slobodyanyuk, N., & Boyko, Y. (2021). The main parameters of the physalis convection drying process. In *Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange* (pp. 306-315). Cham: Springer International Publishing.
- [3] Valadez-Carmona, L., Plazola-Jacinto, C. P., Hernández-Ortega, M., Hernández-Navarro, M. D., Villarreal, F., Necoechea-Mondragón, H., Ortiz-Moreno, A., & Ceballos-Reyes, G. (2017). Effects of microwaves, hot air and

- freeze-drying on the phenolic compounds, antioxidant capacity, enzyme activity and microstructure of cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.). *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 378-386.
- [4] Muthukumar, P., Lakshmi, D. V. N., Koch, P., Gupta, M., & Srinivasan, G. (2022). Effect of drying air temperature on the drying characteristics and quality aspects of black ginger. *Journal of Stored Products Research*, 97, 101966
- [5] Ajayi, O. A., Ola, O. O., & Akinwunmi, O. O. (2017). Effect of drying method on nutritional composition, sensory and antimicrobial properties of Ginger (*Zingiber officinale*). *International Food Research Journal*, 24(2).
- [6] Karabacak, A. Ö., Suna, S., Tamer, C. E., & Çopur, Ö. U. (2018). Effects of oven, microwave and vacuum drying on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of celery slices. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 10(2), 193-205.
- [7] Papoutsis, K., Pristijono, P., Golding, J. B., Stathopoulos, C. E., Bowyer, M. C., Scarlett, C. J., & Vuong, Q. V. (2017). Effect of vacuum-drying, hot air-drying and freeze-drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (*Citrus limon*) pomace aqueous extracts. *International Journal of Food Science and Technology*, 52(4), 880-887.
- [8] Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 6(4), 420-428.
- [9] Nguyen, N. H. K., Tran, N. Q., Nguyen, N. T., & Nguyen, H. L. (2025). Impact of Pretreatment Solutions on the Physicochemical and Microbiological Properties of Dried Tu Quy Mango (*Mangifera indica* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 2025(1), 8811106.
- [10] Nguyen, P. T. N., Ha, H. Q., Nguyen, T. V., Tran, Q. N., Nguyen, H. T., & Van, C. K. (2025). Effect of raw material pretreatment and drying methods on mango seed kernel flour (*Mangifera indica* Linn.) properties: nutrition, physicochemical, and antibacterial activity. *International Journal of Food Science and Technology*, 60(1), vva079.
- [11] Si, W., Chen, Y. P., Zhang, J., Chen, Z. Y., & Chung, H. Y. (2018). Antioxidant activities of ginger extract and its constituents toward lipids. *Food chemistry*, 239, 1117-1125.
- [12] Tabasum, S., Khare, S., & Jain, K. (2016). Spectrophotometric quantification of total phenolic, flavonoid, and alkaloid contents of *Abrus precatorius* L. seeds. *Asian J Pharm Clin Res*, 9(2), 371-374.
- [13] Hasan, F., Nazir, A., Sobti, B., Tariq, H., Karim, R., Al-Marzouqi, A. H., & Kamal-Eldin, A. (2022). Dehydration of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.) for the production of natural sweet powder. *NFS Journal*, 27, 13-20.
- [14] Osa, R., Essilfie, G., Alolga, R. N., Bonah, E., Ma, H., & Zhou, C. (2020). Drying of ginger slices—Evaluation of quality attributes, energy consumption, and kinetics study. *Journal of Food Process Engineering*, 43(2), e13348.

Effects of drying methods on the physicochemical properties and bioactivity of ginger powder (*Zingiber officinale*)

Nguyễn Hồng Khôi Nguyễn^{1*}, Nguyễn Thị Ngọc Lan¹

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

*nhknguyen@ntt.edu.vn

Abstract Drying is a method of water removal aimed at extending shelf life and preserving the quality of raw materials. This study compared the chemical composition of two ginger varieties, Trau and Se. Among them, Sẻ ginger had significantly higher fiber and carbohydrate contents, and was therefore selected to investigate the effects of three drying methods: convective drying (CD), heat pump drying (HPD), and freeze drying (FD). The results showed that these drying methods significantly influenced the color, physicochemical properties, and bioactivity of ginger powder. Notably, freeze drying was superior in maintaining color, improving flowability, compressibility, water holding capacity, and moisture adsorption. In particular, freeze-dried ginger powder contained the highest levels of bioactive compounds and antioxidant capacity. Thus, freeze drying is the optimal method for preserving bioactive substances and enhancing the functional value of Sẻ ginger powder, providing a basis for developing high-fiber functional food products.

Keywords antioxidant capacity, bioactivity, drying methods, ginger, physicochemical properties

