

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẾ ĐỘ SẤY ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÀ HOẠT TÍNH SINH HỌC CỦA TRÀ GỪNG ĐEN TÚI LỘC (*Distichochlamys orlowii*)

Nguyễn Hiền Trang¹, Trương Thị Bích Phương², Lê Thị Chung³, Võ Văn Quốc Bảo^{1*}

¹ Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế, Huế, Việt Nam

² Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, Huế, Việt Nam

³ Trung tâm Y tế Pleiku, Gia Lai, Việt Nam

* Tác giả liên hệ Võ Văn Quốc Bảo <vvqbao@hueuni.edu.vn>

(Ngày nhận bài: 15-10-2025; Hoàn thành phần biên: 11-12-2025; Ngày chấp nhận đăng: 12-12-2025)

Tóm tắt. Gừng đen (*Distichochlamys orlowii*) là một dược liệu quý với nhiều hoạt chất có giá trị sinh học cao, mang lại nhiều lợi ích trong điều trị bệnh, chống oxy hóa, kháng viêm, kháng khuẩn, chống ung thư và tăng cường hệ miễn dịch cho cơ thể. Tuy nhiên, các hợp chất sinh học có trong gừng bị ảnh hưởng đáng kể dưới tác dụng của nhiệt khi sấy. Nghiên cứu này xác định ảnh hưởng của chế độ sấy (nhiệt độ và thời gian) đến chất lượng của Trà Gừng đen túi lọc, qua đó xác định điều kiện sấy thích hợp nhất nhằm giảm thiểu tổn thất các hợp chất có hoạt tính sinh học trong sản phẩm. Thí nghiệm được bố trí ở các mức nhiệt độ 40–60 °C và thời gian 7–11 giờ. Các chỉ tiêu của mẫu được phân tích sau khi sấy gồm hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử, polyphenol tổng, khả năng kháng oxy hóa (DPPH – IC₅₀) và điểm cảm quan. Kết quả cho thấy chế độ sấy ở 50 °C trong 9 giờ cho chất lượng sản phẩm cao nhất, với độ ẩm an toàn 6,15%, hàm lượng chất khô hòa tan 15,61%, đường khử 2,62%, polyphenol 3,06 mg GAE/g chất khô và khả năng kháng oxy hóa cao nhất (IC₅₀ = 791,11 µg/mL). Sản phẩm có màu vàng nâu đồng nhất, mùi thơm dịu, vị ngọt cay nhẹ đặc trưng, đạt điểm cảm quan cao nhất. Kết quả nghiên cứu cung cấp thông số công nghệ quan trọng để sản xuất Trà Gừng đen túi lọc chất lượng cao.

Từ khóa: chế độ sấy, Gừng đen, kháng oxy hóa, polyphenol, trà túi lọc

Effect of drying conditions on quality and bioactive properties of Black ginger bag tea (*Distichochlamys orlowii*)

Nguyen Hien Trang¹, Truong Thi Bich Phuong², Le Thi Chung³, Vo Van Quoc Bao^{1*}

¹ University of Agriculture and Forestry, Hue University, Hue, Vietnam

² University of Sciences, Hue University, Hue, Vietnam

³ Health Center of Pleiku, Gia Lai, Vietnam

* Correspondence to Vo Van Quoc Bao <vvqbao@hueuni.edu.vn>

(Received: 11 May 2025; Revised: 18 June 2025; Accepted: 01 July 2025)

Abstract. Black ginger (*Distichochlamys orlowii*) is a valuable medicinal plant rich in bioactive compounds, exhibiting various health-promoting effects, including antioxidant, anti-inflammatory, antimicrobial, anticancer, and immune-enhancing properties. However, these bioactive compounds are

significantly affected by heat during the drying process. This study aimed to evaluate the effects of drying conditions (temperature and time) on the physicochemical, biochemical, and sensory quality of black ginger bag tea, thereby determining the optimal drying parameters that minimise the loss of bioactive compounds in the final product. Drying experiments were conducted at temperatures ranging from 40 to 60 °C, with the drying times varying from 7 to 11 hours. After drying, the samples were analysed for total soluble solids, reducing sugars, total polyphenols, antioxidant capacity (DPPH – IC₅₀), and sensory attributes. The results indicated that drying at 50 °C for 9 hours produced the highest overall quality, with a safe moisture content of 6.15%, total soluble solids 15.61%, reducing sugars 2.62%, total polyphenols 3.06 mg GAE/g dry weight, and the highest antioxidant capacity (IC₅₀ = 791.11 µg/mL). The final product exhibited a uniform brown-yellow colour, pleasant aroma, and a mildly sweet and pungent flavour, achieving the highest sensory scores. This study provides vital technological parameters to produce high-quality Black ginger bag tea.

Keywords: drying conditions, Black ginger, antioxidant activity, polyphenols, herbal bag tea

1 Mở đầu

Gừng đen, tên khoa học là *Distichochlamys orlowii* thuộc họ gừng (Zingiberaceae), là thực vật đặc hữu của Việt Nam có giá trị sử dụng cao, được tìm thấy lần đầu tiên vào năm 1995 tại Vườn Quốc gia Bạch Mã, Thành phố Huế [1]. Trong y học dân gian, đồng bào Pako sử dụng Gừng đen làm thực phẩm và dược liệu với các tác dụng cầm máu, làm lành vết thương và hỗ trợ tiêu hóa [2]. Nhiều nghiên cứu đã cho thấy các hợp chất có hoạt tính sinh học của Gừng đen (polyphenol, flavonoid và các hợp chất phenol đặc trưng) có khả năng chống oxy hóa, kháng khuẩn, kháng virus, kháng nấm, hạ lipid máu, chống béo phì, bảo vệ gan [3], hỗ trợ điều trị thiếu máu do thiếu sắt [4] và chống ung thư [5]. Trong dân gian, Gừng đen còn được sử dụng làm thuốc trị ho, đau dạ dày, trị vết thương và làm gia vị [6].

Trà Gừng đen túi lọc đang trở thành sản phẩm tiềm năng không chỉ nhờ hương vị mà còn nhờ vào các lợi ích sức khỏe mà nó mang lại. Trong đó, các hợp chất có hoạt tính sinh học như polyphenol, flavonoid có tác dụng chống oxy hóa, phòng ngừa ung thư và kháng viêm hiệu quả [7]. Tuy nhiên, hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học có thể bị mất đi đáng kể ở công đoạn xử lý nhiệt (sấy/rang), làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Trần Bạch Long và cs. đã chứng minh rằng nhiệt độ sấy có ảnh hưởng đến hàm lượng

các hợp chất có hoạt tính sinh học như polyphenol và flavonoid có trong gừng. Kết quả cho thấy gừng có thể giữ được các hoạt chất sinh học và đạt giá trị cảm quan tốt nhất khi sấy ở 60 ± 2 °C [8]. Bên cạnh đó, thay đổi chế độ sấy còn ảnh hưởng đến độ ẩm cuối, chất hòa tan, đường khử, chất xơ và khả năng chống oxy hóa của sản phẩm trà túi lọc [9]. Wojdyto và cộng sự cũng cho rằng điều kiện sấy không được kiểm soát có thể làm giảm hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học nhạy cảm với nhiệt, có thể làm mất đi các chất dinh dưỡng và ảnh hưởng đến giá trị cảm quan của sản phẩm [10].

Tuy đã có một số kết quả nghiên cứu về ảnh hưởng của chế độ sấy đối với gừng thường, hiện vẫn thiếu các nghiên cứu tập trung vào ảnh hưởng của quá trình sấy dành riêng cho gừng đen nhằm hạn chế tổn thất các hợp chất có hoạt tính sinh học và cải thiện chất lượng cảm quan của sản phẩm. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của các thông số sấy (nhiệt độ và thời gian) đến các chỉ tiêu chất lượng chủ yếu của Trà Gừng đen túi lọc như hàm lượng chất khô hòa tan và đường khử; hàm lượng polyphenol tổng và hoạt tính chống oxy hóa; các đặc tính cảm quan của sản phẩm. Kết quả nghiên cứu góp phần đề xuất quy trình sấy thích hợp nhằm tạo ra sản phẩm có chất lượng và giá trị cảm quan cao, làm cơ sở khoa học cho việc sản

xuất và thương mại hóa sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc ổn định về chất lượng và giá trị sử dụng.

2 Vật liệu và phương pháp

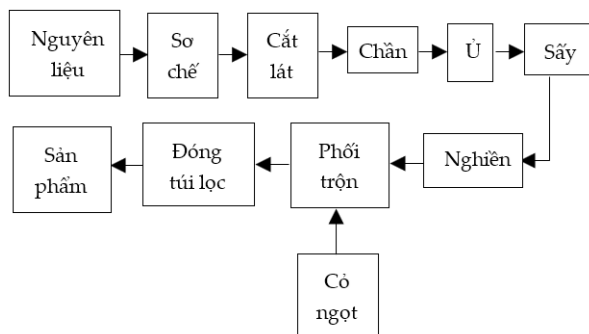
2.1 Vật liệu

Gừng đen (*Distichochlamys orlowii*) sử dụng trong nghiên cứu được thu hái tại xã Phong Điền, Thành phố Huế. Nguyên liệu được chọn là những củ gừng có độ tuổi sinh trưởng khoảng 6 tháng, kích thước đồng đều, không bị sâu bệnh hoặc hư hỏng cơ học. Sau khi thu hoạch, gừng được rửa sạch, cạo bỏ vỏ, cắt lát mỏng với độ dày 1–2 mm, sau đó bảo quản trong tủ lạnh ở 4–6 °C và được sử dụng trong vòng 48 giờ kể từ khi xử lý sơ bộ. Ngoài ra, cỏ ngọt (*Stevia rebaudiana* Bertoni), sử dụng làm nguyên liệu bổ sung, được mua tại các cơ sở đông y uy tín tại Thành phố Huế.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

Bố trí thí nghiệm

Quy trình sản xuất Trà Gừng đen túi lọc dự kiến



Phương pháp bố trí thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của chế độ sấy đến chất lượng sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc sản xuất theo quy trình trên như sau:

Nguyên liệu Gừng đen sau khi sơ chế và cắt lát (1–2 mm) được chần ở 85 °C trong 1 phút, sau đó ủ ở 40 °C trong 2 giờ. Tiếp theo, mẫu được sấy ở các mức nhiệt độ khác nhau (40, 45, 50, 55 và 60 °C) trong thời gian cố định 9 giờ để xác định nhiệt độ sấy thích hợp nhất.

Sau khi xác định được nhiệt độ thích hợp, tiến hành khảo sát ảnh hưởng của thời gian sấy tại nhiệt độ này với các mức 7, 8, 9, 10 và 11 giờ.

Sản phẩm thu được ở mỗi điều kiện thí nghiệm được nghiền mịn, phối trộn với cỏ ngọt theo tỷ lệ bột gừng đen/cỏ ngọt là 1:0,3, sau đó đóng túi lọc và phân tích các chỉ tiêu chất lượng, bao gồm độ ẩm, hàm lượng chất khô hòa tan, hàm lượng đường khử, hàm lượng polyphenol, khả năng kháng oxy hóa và đánh giá chất lượng cảm quan về màu sắc, mùi và trạng thái của sản phẩm.

Phương pháp phân tích

Xác định độ ẩm

Độ ẩm được xác định bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi ở 105 ± 2 °C (TCVN 8949:2011).

Xác định hàm lượng chất khô hòa tan

Hàm lượng chất khô hòa tan được xác định bằng phương pháp khối lượng: dịch chiết được cô quay để loại bỏ nước, phần chất khô còn lại được sấy đến khối lượng không đổi ở 105 ± 2 °C. Phần trăm chất khô hòa tan được tính trên khối lượng mẫu ban đầu [11].

Xác định hàm lượng đường khử

Lấy 10 mL dung dịch mẫu đã khử tạp cho vào bình tam giác 250 mL; thêm 5 mL dung dịch Fehling A và 5 mL dung dịch Fehling B; lắc nhẹ và đun sôi trong 3 phút cho đến khi xuất hiện kết tủa Cu₂O. Kết tủa được lọc bằng phễu Buchner có hút chân không, rửa sạch và hòa tan trong dung dịch Fe₂(SO₄)₃ trong H₂SO₄. Dung dịch này được chuẩn độ bằng KMnO₄ 0,1 N cho đến khi dung dịch chuyển sang màu hồng nhạt, bền trong 30 giây. Thể tích KMnO₄ tiêu hao được dùng để tính hàm lượng đường khử [12].

Xác định hàm lượng polyphenol

Hàm lượng polyphenol tổng số được xác định bằng phép phân tích so màu với thuốc thử Folin-Ciocalteu [13]. Phức hợp phospho-wolfarm-phosphomolybdate có trong thuốc thử Folin-Ciocalteu bị các hợp chất polyphenol khử, tạo thành wolfarm và molybden có màu xanh dương, hấp thụ cực đại ở bước sóng 765 nm. Hàm lượng polyphenol có trong Gừng đen tỷ lệ thuận với cường độ màu của mẫu và được tính theo hàm lượng acid gallic và biểu thị dưới dạng mg GAE/g chất khô [14].

Xác định khả năng kháng oxy hóa

Khả năng kháng oxy hóa của Gừng đen được xác định theo phương pháp quét gốc tự do DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Chất chống oxy hóa kết hợp với gốc tự do làm dung dịch chuyển từ màu tím sang màu vàng và làm giảm cường độ hấp thụ ánh sáng của dung dịch ở bước sóng 517 nm so với mẫu đối chứng dương do phản ứng DPPH với acid ascorbic.

Pha 1 mL dung dịch DPPH 0,1 mM trong methanol với 1 mL dịch chiết có nồng độ khác nhau, lắc đều và ủ trong tối 30 phút ở 25 ± 2 °C. Mẫu trắng được pha tương tự với dung dịch chỉ chứa methanol. Phần trăm khả năng khử gốc DPPH được tính theo công thức (1)

$$\text{Ức chế DPPH (\%)} = \frac{A_0 - A_t}{A_0} \times 100 \quad (1)$$

trong đó A_0 là độ hấp thụ của mẫu đối chứng; A_t là độ hấp thụ của mẫu.

Giá trị IC_{50} ($\mu\text{g/mL}$) là nồng độ chất kháng oxy hóa cần thiết để ức chế 50% gốc tự do DPPH, được xác định từ phương trình hồi quy tuyến tính $y = a \times x + b$. Acid ascorbic được sử dụng làm mẫu chuẩn đối chứng [15].

Đánh giá chất lượng sản phẩm Trà gừng túi lọc

Đánh giá chất lượng cảm quan sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc bằng phép thử cho điểm tổng hợp theo TCVN 3215-79.

Xử lý số liệu

Số liệu nghiên cứu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel và IBM SPSS Statistics phiên bản 22.0. Phân tích phương sai ANOVA được sử dụng để đánh giá sự khác biệt giữa các nghiệm thức. Sử dụng kiểm định Duncan để so sánh giá trị trung bình giữa các nghiệm thức (mỗi nghiệm thức được lặp lại 3 lần), với mức ý nghĩa thống kê $p < 0,05$.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Thành phần hóa học cơ bản của củ Gừng đen

Trước khi tiến hành các thí nghiệm, một số thành phần hóa học cơ bản của Gừng đen được phân tích gồm độ ẩm, hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử, polyphenol và khả năng kháng oxy hóa để đánh giá chất lượng ban đầu, đồng thời, làm cơ sở khoa học để đánh giá và lựa chọn các thông số công nghệ phù hợp với quy trình sản xuất.

Bảng 1 cho thấy độ ẩm trong Gừng đen khá cao (77,83%), có thể tạo điều kiện cho vi sinh vật phát triển, gây hư hỏng và làm giảm chất lượng nguyên liệu nếu không được bảo quản kịp thời. Hàm lượng chất khô hòa tan trong Gừng đen đạt 23,61%, là chỉ tiêu quan trọng phản ánh tiềm năng chiết xuất chất rắn và góp phần quyết định hương vị của trà túi lọc thành phẩm. Gừng đen có hàm lượng đường khử khá thấp (2,08 mg/g chất khô); hàm lượng polyphenol tổng đạt 2,06 mg GAE/g chất khô trong khi tinh dầu chiếm khoảng 0,58% khối lượng chất khô nguyên liệu. Những hợp chất này là thành phần chính tạo nên giá trị sinh học của Gừng đen, đặc biệt là khả năng chống oxy

hóa. Kết quả này cao hơn kết quả nghiên cứu gần đây của Nisoa và cs. khi hàm lượng phenol tổng của Gừng đen đạt 0,12 mg GAE/mL [16]. Đồng thời, hàm lượng tinh dầu ghi nhận trong nghiên cứu này cũng cao hơn so với công bố của Nguyễn Đăng Minh Chánh và Trịnh Thị Nga, khi hàm lượng tinh dầu của Gừng nhọn (*Zingiber Mill.*) chỉ đạt 0,043% [17].

Kết quả xác định hoạt tính kháng oxy hóa cho thấy dịch chiết Gừng đen có khả năng ức chế gốc tự do DPPH ở mức khá cao, với IC_{50} là 628,32 μ g/mL. Điều này chứng tỏ Gừng đen là nguồn giàu hợp chất phenol và các chất chống oxy hóa tự nhiên. Tuy nhiên, các hợp chất này dễ bị enzyme nội sinh oxy hóa hoặc phân hủy dưới tác dụng của nhiệt trong quá trình chế biến. Vì vậy, việc xác định chế độ sấy tối ưu là hết sức quan trọng nhằm duy trì tối đa các hợp chất dinh dưỡng và hoạt tính sinh học trong sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc.

Bảng 1. Thành phần hóa học cơ bản và khả năng kháng oxy hóa của củ Gừng đen

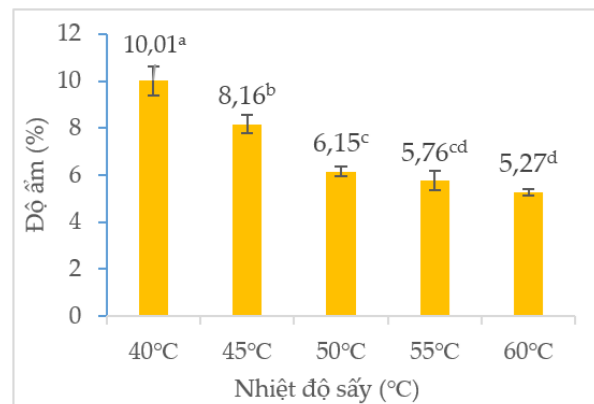
Thành phần	Hàm lượng
Độ ẩm (%)	77,83 \pm 0,03
Chất khô hòa tan (%)	23,61 \pm 0,48
Hàm lượng đường khử (%)	2,80 \pm 0,13
Hàm lượng polyphenol (mg GAE/g chất khô)	2,06 \pm 0,05
Hàm lượng tinh dầu (%)	0,58 \pm 0,03
Khả năng kháng oxy hóa IC_{50} (μ g/mL)	628,32

3.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chất lượng Trà Gừng đen túi lọc

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến độ ẩm của Trà Gừng đen túi lọc

Nhiệt độ sấy là một trong những yếu tố rất quan trọng, quyết định đến chất lượng của sản phẩm thực phẩm. Nhiệt độ sấy quá cao hoặc quá

thấp sẽ ảnh hưởng đến độ ẩm và các chất có hoạt tính sinh học trong các sản phẩm trà gừng [8].



Hình 1. Đồ thị biểu diễn sự biến thiên độ ẩm của sản phẩm ở các mức nhiệt độ sấy khác nhau
Ghi chú: Các chữ cái in thường khác nhau cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả trên Hình 1 cho thấy độ ẩm của sản phẩm tỷ lệ nghịch với nhiệt độ sấy. Độ ẩm của sản phẩm đạt cao nhất ở 40 °C (10,01%) và ở 60 °C, độ ẩm giảm xuống thấp nhất (5,27%). Xu hướng này phù hợp với nguyên lý động lực học của quá trình sấy: khi nhiệt độ tăng, gradient nhiệt giữa tác nhân sấy và vật liệu tăng lên, làm gia tăng tốc độ truyền nhiệt và khuếch tán ẩm từ bên trong ra bề mặt nguyên liệu [18]. Tuy nhiên, khi nhiệt độ sấy tăng cao, hiện tượng khô cứng bề mặt có thể xảy ra, làm giảm tốc độ khuếch tán ẩm từ bên trong ra ngoài, dẫn đến sự không đồng đều về độ ẩm giữa lớp ngoài và lõi nguyên liệu. Do đó, việc lựa chọn mức nhiệt độ sấy phù hợp sẽ được xem xét dựa trên sự biến đổi đồng thời của các chỉ tiêu hóa học, hoạt tính sinh học và cảm quan, vốn sẽ được thảo luận trong phần tiếp theo.

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử và polyphenol của Trà Gừng đen túi lọc

Để đánh giá sâu hơn về tác động của nhiệt độ sấy đến chất lượng sản phẩm, chúng tôi đã tiến hành phân tích hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử và tổng polyphenol. Đây là các chỉ tiêu không chỉ ảnh hưởng đến giá trị cảm quan (vị

và màu sắc) mà còn liên quan trực tiếp đến giá trị dinh dưỡng và dược liệu của trà. Kết quả trình bày ở Bảng 2 cho thấy có sự khác biệt về hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử và polyphenol ở các mức nhiệt độ sấy khác nhau. Hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử và polyphenol tăng khi nhiệt độ sấy tăng từ 40 lên 50 °C và đạt giá trị cao nhất ở nhiệt độ sấy 50 °C, tương ứng $15,57 \pm 0,02\%$, $3,05 \pm 0,63\%$ và $2,62 \pm 0,08$ mg GAE/g chất khô. Tuy nhiên, khi nhiệt độ sấy tăng tiếp lên 55–60 °C, các giá trị này lại giảm xuống, trong đó hàm lượng polyphenol giảm rõ rệt nhất.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng chất hòa tan, đường khử và polyphenol của Trà Gừng đen túi lọc

Nhiệt độ sấy (°C)	Hàm lượng chất khô hòa tan (%)	Hàm lượng đường khử (%)	Hàm lượng polyphenol (mg GAE/g chất khô)
40	$14,89^a \pm 0,32$	$2,64^c \pm 0,25$	$2,55^c \pm 0,20$
45	$14,96^a \pm 0,25$	$2,80^{bc} \pm 0,18$	$2,58^b \pm 0,09$
50	$15,57^a \pm 0,02$	$3,05^a \pm 0,23$	$2,62^a \pm 0,08$
55	$13,85^b \pm 0,17$	$2,98^{ab} \pm 0,11$	$2,54^c \pm 0,01$
60	$13,46^b \pm 0,15$	$2,87^{ab} \pm 0,16$	$2,50^c \pm 0,04$

Ghi chú: Các chữ cái in thường khác nhau trong cùng một cột cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Sự gia tăng hàm lượng chất khô hòa tan và đường khử khi nhiệt độ sấy tăng đến 50 °C có thể là do sự phá vỡ cấu trúc tế bào dưới tác động nhiệt, giúp tăng khả năng giải phóng các hợp chất hòa tan. Ngoài ra, quá trình thủy phân nhẹ của polysaccharid cũng có thể làm tăng hàm lượng đường khử trong giai đoạn này. Tuy nhiên, khi nhiệt độ vượt quá 50 °C, các phản ứng phân hủy nhiệt và oxy hóa không enzym diễn ra mạnh hơn, làm giảm hàm lượng đường khử và polyphenol. Đặc biệt, các hợp chất phenol dễ bị oxy hóa hoặc tham gia vào các phản ứng Maillard, làm cho hoạt tính sinh học giảm và màu sắc của sản phẩm trở nên tối hơn [19].

Kết quả này tương đồng với nhận định của Muhammad và cộng sự, khi cho rằng nhiệt độ sấy 50 °C là thích hợp để duy trì cân bằng giữa hiệu suất bay hơi ẩm và sự ổn định hóa học của các hợp chất hoạt tính sinh học trong nguyên liệu thảo mộc [20].

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến khả năng kháng oxy hóa của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc

Bảng 3. Khả năng bắt gốc tự do DPPH của mẫu sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc ở các nhiệt độ sấy khác nhau

Nhiệt độ (°C)	PTHQ	R ²	IC ₅₀ (µg/mL)
40	$y = 0,0384 \times x + 14,574$	0,9228	922,55
45	$y = 0,0369 \times x + 14,963$	0,9418	949,51
50	$y = 0,0448 \times x + 13,584$	0,9246	812,86
55	$y = 0,0410 \times x + 10,394$	0,9528	966,00
60	$y = 0,0383 \times x + 11,742$	0,9424	998,90

Ghi chú: PTHQ là phương trình hồi quy; R² là hệ số hồi quy.

Khả năng kháng oxy hóa của sản phẩm được đánh giá thông qua hoạt tính bắt gốc tự do DPPH, biểu thị bằng giá trị IC₅₀ (nồng độ dịch chiết cần thiết để ức chế 50% gốc tự do DPPH). Giá trị IC₅₀ càng thấp thì khả năng kháng oxy hóa càng cao. Kết quả ở Bảng 3 cho thấy giá trị IC₅₀ của sản phẩm giảm dần khi nhiệt độ sấy tăng từ 40 đến 50 °C, cho thấy hoạt tính kháng oxy hóa được cải thiện đáng kể trong khoảng nhiệt độ này. Tại 50 °C, giá trị IC₅₀ đạt 812,86 µg/mL, cho thấy khả năng kháng oxy hóa mạnh nhất trong các mẫu khảo sát. Khi tiếp tục tăng nhiệt độ sấy lên 55 và 60 °C, IC₅₀ tăng trở lại, chứng tỏ các hợp chất chống oxy hóa bị phân hủy hoặc oxy hóa ở nhiệt độ cao.

Mối quan hệ này tương đồng với xu hướng biến đổi của hàm lượng polyphenol tổng ở Bảng 2, cho thấy mối tương quan thuận giữa polyphenol và khả năng kháng oxy hóa. Các hợp

chất phenol, đặc biệt là flavonoid và dẫn xuất acid phenolic trong gừng đen, được xem là các tác nhân chính trong cơ chế bắt gốc tự do DPPH [7, 21]. Roslan và cộng sự cũng cho rằng nhiệt độ sấy cao có thể phá hủy một số hợp chất polyphenol và làm giảm khả năng oxy hóa [22]. Việc giảm hàm lượng polyphenol trong quá trình sấy ở nhiệt độ cao được giải thích bằng ba cơ chế, gồm giải phóng các hợp chất phenol liên kết, phân hủy một phần lignin dẫn đến giải phóng các dẫn xuất của acid phenolic và bắt đầu quá trình phân hủy nhiệt của các hợp chất phenol, do đó, giảm khả năng kháng oxy hóa của các mẫu sấy khô [21].

Như vậy, trong khoảng nhiệt độ 40–60 °C, hoạt tính kháng oxy hóa của Trà Gừng đen túi lọc chịu ảnh hưởng mạnh của sự cân bằng giữa giải phóng và phân hủy các hợp chất phenol, với giá trị thấp nhất của IC₅₀ được ghi nhận ở 50 °C.

Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến giá trị cảm quan của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc

Chất lượng cảm quan được xem là yếu tố then chốt, ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ chấp nhận của người tiêu dùng đối với sản phẩm thực phẩm. Do đó, chúng tôi đã tiến hành đánh giá các chỉ tiêu cảm quan, bao gồm màu sắc, mùi và trạng thái của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc sau khi sấy ở các mức nhiệt độ khác nhau, nhằm làm rõ ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến đặc tính cảm quan của sản phẩm, từ đó làm cơ sở khoa học để lựa chọn chế độ sấy phù hợp nhằm nâng cao chất lượng và khả năng chấp nhận sản phẩm của người tiêu dùng. Kết quả được trình bày trong Bảng 4.

Kết quả được trình bày đánh giá cảm quan ở Bảng 4 cho thấy một sự khác biệt vượt trội của mẫu được sấy ở 50 °C. Cụ thể, mẫu này đạt điểm cao nhất ở cả ba chỉ tiêu: màu sắc (6,8), mùi (7,4) và trạng thái (7,6). Quan trọng hơn, phân tích thống kê cho thấy nghiệm thức này đạt các điểm số cao hơn một cách có ý nghĩa ($p < 0,05$) so với tất cả các nghiệm thức nhiệt độ còn lại, trong khi các nghiệm thức khác không có sự khác biệt đáng kể.

Nhìn chung, nhiệt độ sấy ảnh hưởng đồng thời đến các yếu tố cảm quan và hóa học của sản phẩm. Kết quả cảm quan này tương đồng với xu hướng biến đổi polyphenol và khả năng kháng oxy hóa, cho thấy rằng mức nhiệt độ 50 °C tạo ra sự cân bằng giữa bảo toàn hoạt chất sinh học và chất lượng cảm quan.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến chất lượng cảm quan của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc

Điểm cảm quan			
Nhiệt độ (°C)	Màu sắc	Mùi	Trạng thái
40	4,5 ^b	5,9 ^b	5,9 ^b
45	4,5 ^b	5,7 ^b	6,5 ^b
50	6,8 ^a	7,4 ^a	7,6 ^a
55	4,3 ^b	5,7 ^b	5,9 ^b
60	5,2 ^b	5,1 ^b	6,4 ^b

Ghi chú: Các chữ cái in thường khác nhau trong cùng một cột cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

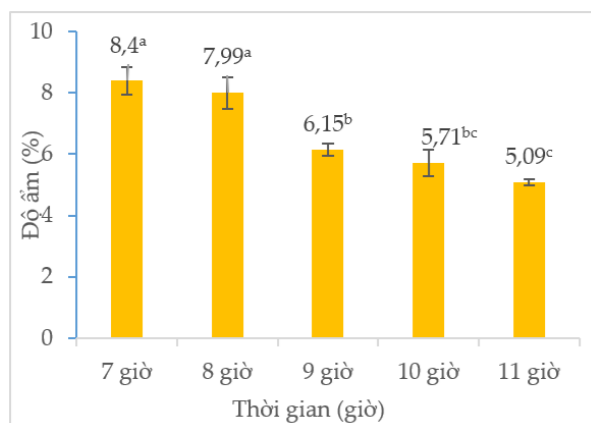
3.3 Ảnh hưởng của thời gian sấy đến chất lượng Trà Gừng đen túi lọc

Khảo sát ảnh hưởng của thời gian sấy đến chất lượng Trà Gừng đen túi lọc được thực hiện ở nhiệt độ sấy 50 °C trong các khoảng thời gian 7, 8, 9, 10 và 11 giờ. Sau mỗi khoảng thời gian sấy, hàm lượng các chất khô hòa tan, đường khử, polyphenol, khả năng kháng oxy hóa và các giá trị cảm quan của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc được phân tích để xác định thời gian sấy phù hợp nhất.

Ảnh hưởng của thời gian sấy đến độ ẩm của Trà Gừng đen túi lọc

Kết quả trên Hình 2 cho thấy độ ẩm của sản phẩm giảm rõ rệt khi thời gian sấy tăng từ 7 đến 11 giờ, với sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$); giá trị độ ẩm giảm tương ứng từ $8,40 \pm 0,25\%$ xuống $5,09 \pm 0,20\%$.

Xu hướng này phản ánh quy luật động học truyền nhiệt – truyền khối trong quá trình sấy đối lưu: khi thời gian sấy tăng thì độ ẩm vật liệu giảm dần do hơi nước khuếch tán từ bên trong ra ngoài và bay hơi nhờ chênh lệch áp suất hơi nước giữa bề mặt vật liệu và không khí sấy. Giai đoạn đầu có tốc độ không đổi (ẩm bề mặt bốc hơi nhanh nhờ chênh lệch ẩm lớn), tiếp theo chuyển sang giai đoạn giảm tốc khi ẩm khuếch tán từ lõi ra bề mặt trở thành bước khống chế. Kéo dài thời gian sấy sau 9 giờ giúp giảm thêm ẩm nhưng biên độ giảm nhỏ dần và tiệm cận tới trạng thái cân bằng ẩm của vật liệu.



Hình 2. Đồ thị biểu diễn sự biến thiên độ ẩm của sản phẩm ở các thời gian sấy khác nhau
Ghi chú: Các chữ cái in thường khác nhau cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Ảnh hưởng của thời gian sấy đến hàm lượng chất hòa tan, đường khử và polyphenol của Trà Gừng đen túi lọc

Việc xác định điểm dừng của quá trình sấy là tối quan trọng, bởi vì thời gian tiếp xúc với nhiệt và oxy ảnh hưởng trực tiếp đến sự biến đổi của các hợp chất hóa học. Bảng 5 trình bày động học biến đổi của hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử và tổng polyphenol theo thời gian sấy ở 50 °C.

Giá trị hàm lượng chất khô hòa tan trình bày ở Bảng 5 cho thấy sự dao động trong khoảng 15,25–15,75%, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu ($p < 0,05$). Trong giai đoạn 7–9 giờ,

hàm lượng chất khô hòa tan gần như ổn định (15,6–15,7%), sau đó giảm nhẹ khi thời gian sấy kéo dài (10–11 giờ). Sự giảm này có thể liên quan đến quá trình bay hơi và phân hủy các hợp chất dễ bay hơi hoặc acid hữu cơ khi tiếp xúc với nhiệt trong thời gian dài, làm hao hụt một phần chất khô hòa tan. Latinović và cộng sự gần đây cũng ghi nhận hiện tượng tương tự, chứng minh rằng thời gian sấy dài làm giảm hàm lượng tổng chất hòa tan và các hợp chất dễ bay hơi trong rễ, củ và gia vị do sự phân hủy nhiệt [23]. Diễn biến này cũng xảy ra tương tự như hàm lượng đường khử, tăng nhẹ từ 7 đến 10 giờ (2,53–2,63%) và giảm nhẹ ở 11 giờ (2,58%). Sự gia tăng ban đầu có thể do thủy phân tinh bột và polysaccharide dưới tác dụng của nhiệt, giải phóng đường đơn (glucose và fructose). Tuy nhiên, khi kéo dài thời gian sấy, phản ứng Maillard giữa đường khử và nhóm amino xảy ra mạnh hơn, dẫn đến đường tự do giảm và hình thành các sản phẩm màu nâu ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan. Hiện tượng này được ghi nhận rõ trong nghiên cứu của Mustafa và Chin, khi ở các mẫu gừng sấy trong thời gian kéo dài xuất hiện sự sẫm màu do phản ứng Maillard và hàm lượng đường khử giảm đáng kể [24].

Bảng 5. Ảnh hưởng của thời gian sấy đến hàm lượng chất hòa tan, đường khử và polyphenol của Trà Gừng đen túi lọc

Thời gian sấy (giờ)	Hàm lượng chất khô hòa tan (%)	Hàm lượng đường khử (%)	Hàm lượng polyphenol (mg GAE/g chất khô)
7	15,75 ^a ± 0,48	2,53 ^c ± 0,49	2,71 ^b ± 0,62
8	15,61 ^{ab} ± 0,11	2,56 ^b ± 0,18	2,80 ^{bc} ± 0,24
9	15,61 ^{ab} ± 0,19	2,62 ^a ± 0,76	3,06 ^a ± 0,17
10	15,55 ^b ± 0,25	2,63 ^a ± 0,12	3,20 ^a ± 0,55
11	15,25 ^b ± 0,41	2,58 ^b ± 0,32	2,85 ^{ab} ± 0,11

Ghi chú: Các chữ cái in thường khác nhau trong cùng một cột cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Sự biến đổi của hàm lượng polyphenol quyết định giá trị dược liệu của sản phẩm. Hàm lượng polyphenol tăng dần từ 7 giờ, đạt giá trị cao nhất 3,20% tại thời điểm sấy 10 giờ, sau đó bắt đầu suy giảm nếu tiếp tục sấy đến 11 giờ. Điều này có nghĩa là khi kéo dài thời gian sấy, hàm lượng polyphenol trong sản phẩm bị phân hủy dưới tác dụng của nhiệt, làm giảm hiệu quả kháng oxy hóa và ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng sản phẩm cuối cùng [25].

Ảnh hưởng của thời gian sấy đến khả năng kháng oxy hóa của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc

Kết quả ở Bảng 6 cho thấy khả năng kháng oxy hóa của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc thay đổi đáng kể theo thời gian sấy. Khả năng kháng oxy hóa của sản phẩm tăng khi tăng thời gian sấy và đạt cực đại sau 9 giờ sấy với IC₅₀ thấp nhất là 791,11 µg/mL. Khi thời gian sấy tăng trên 10 giờ, IC₅₀ tăng trở lại, phản ánh sự suy giảm khả năng chống oxy hóa.

Sự gia tăng hoạt tính kháng oxy hóa trong giai đoạn đầu (7–9 giờ) có thể là do cấu trúc tế bào bị phá vỡ và giải phóng các hợp chất phenol liên kết dưới tác dụng của nhiệt, đồng thời bất hoạt các enzyme oxy hóa như polyphenol oxidase (PPO) và peroxidase, vốn phá hủy các hợp chất phenol. Mustafa và Chin cũng công bố rằng việc xử lý nhiệt gừng với thời gian sấy ở mức trung bình giúp tăng khả năng kháng oxy hóa nhờ giải phóng các hợp chất hoạt tính liên kết trong mô tế bào [24]. Tương tự, Latinovic và cộng sự nhận thấy giai đoạn sấy đầu có thể kích thích sự hình thành các sản phẩm phản ứng thứ cấp từ quá trình Maillard, góp phần tăng cường khả năng bắt gốc tự do trong gia vị và dược liệu [23].

Tương tự như nhiệt độ, việc tiếp tục kéo dài thời gian sấy dẫn đến sự phân hủy enzym, từ đó làm suy giảm hoạt tính kháng oxy hóa. Điều kiện sấy không được kiểm soát có thể làm giảm hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học nhạy cảm với nhiệt, có thể làm mất đi các chất dinh dưỡng và giá trị

cảm quan của sản phẩm [10]. Subramaniam và cộng sự cũng nhận thấy rằng khi nghiên cứu mô hình hóa quá trình sấy gừng, TPC và hoạt tính kháng oxy hóa đạt đỉnh tại thời điểm tối ưu rồi suy giảm do phân hủy nhiệt [25].

Bảng 6. Khả năng bắt gốc tự do DPPH của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc ở các thời gian sấy khác nhau

Thời gian sấy (giờ)	PTHQ	R ²	IC ₅₀ (µg/mL)
7	$y = 0,0377 \times x + 16,169$	0,9493	897,37
8	$y = 0,0388 \times x + 15,244$	0,9372	895,77
9	$y = 0,046 \times x + 13,609$	0,9519	791,11
10	$y = 0,0405 \times x + 13,604$	0,8877	898,67
11	$y = 0,0409 \times x + 12,595$	0,9010	914,55

Ghi chú: PTHQ là phương trình hồi quy; R² là hệ số hồi quy.

Ảnh hưởng của thời gian sấy đến chất lượng cảm quan của Trà Gừng đen túi lọc

Thời gian sấy không chỉ ảnh hưởng đến tính chất hóa học mà còn quyết định đáng kể đến màu sắc, mùi và trạng thái cảm quan của sản phẩm. Kết quả ở Bảng 7 cho thấy khi kéo dài thời gian sấy, các chỉ tiêu cảm quan thay đổi rõ rệt, phản ánh sự biến đổi của cấu trúc vật liệu và các hợp chất dễ bay hơi trong quá trình xử lý nhiệt.

Bảng 7. Ảnh hưởng của thời gian sấy đến chất lượng cảm quan của sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc

Thời gian (giờ)	Điểm cảm quan		
	Màu sắc	Mùi	Trạng thái
7	5,6 ^b	5,9 ^b	4,7 ^b
8	5,5 ^b	6,0 ^b	5,1 ^b
9	7,2 ^a	8,3 ^a	7,3 ^a
10	5,7 ^{ab}	7,4 ^b	7,8 ^a
11	6,1 ^{ab}	5,7 ^b	5,2 ^b

Ghi chú: Các chữ cái in thường khác nhau trong cùng một cột cho biết sự sai khác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả cho thấy điểm cảm quan tăng dần khi kéo dài thời gian sấy từ 7 đến 9 giờ, đạt cực

đạt ở 9 giờ với các giá trị điểm trung bình là 7,2 (màu sắc), 8,3 (mùi) và 7,3 (trạng thái). Sau đó, khi kéo dài thời gian sấy lên 10–11 giờ, điểm cảm quan có xu hướng giảm rõ rệt, đặc biệt là mùi và trạng thái.

Ở các mẫu sấy ngắn (7–8 giờ), màu sắc và trạng thái của lát gừng chưa đồng nhất; bề mặt còn ẩm và nhả nhẹ do hàm lượng ẩm dư cao (>8%), làm giảm độ giòn và khả năng bảo quản. Trong khi đó, ở thời gian sấy tối ưu (9 giờ), bề mặt sản phẩm khô đều, màu vàng nâu đặc trưng, mùi thơm dịu và trạng thái giòn xốp; những đặc điểm này được người tiêu dùng ưa chuộng nhất.

Khi sấy kéo dài quá 10 giờ, điểm mùi giảm mạnh, có thể do bay hơi hoặc phân hủy của các hợp chất thơm (zingiberene, citral, geranial và shogaol), thành phần chính tạo nên hương vị đặc trưng của gừng. Theo Mustafa và Chin, kéo dài thời gian sấy vượt quá giới hạn tối ưu dẫn đến sự oxy hóa lipid và phân hủy hợp chất dễ bay hơi, làm giảm mạnh hương thơm tự nhiên của gừng [24]. Thời gian sấy dài còn thúc đẩy phản ứng Maillard và caramen hóa, khiến màu chuyển sậm, đôi khi gây cảm giác cháy khét và giảm điểm hấp dẫn cảm quan. Ngoài ra, thời gian sấy dài còn làm bất hoạt enzyme PPO, hỗn hợp của monophenol oxidase và catechol oxidase, có khả năng oxy hóa diphenol thành quinon, dẫn đến hóa nâu và mất mùi vị tự nhiên [26].

Từ kết quả trên, chế độ sấy ở 50 °C trong 9 giờ được xác định là phù hợp nhất để sản xuất Trà Gừng đen túi lọc. Ở chế độ này, sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc có độ ẩm an toàn, đáp ứng các chỉ tiêu về chất lượng các chất có hoạt tính sinh học và giá trị cảm quan tốt nhất.

4 Kết luận

Chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu và xác định chế độ sấy đối lưu không khí nóng ở 50 °C trong 9 giờ là thông số công nghệ thích hợp nhất

cho quá trình sấy sản phẩm Trà Gừng đen túi lọc. Ở điều kiện này, sản phẩm đạt độ ẩm 6,15%, đáp ứng yêu cầu bảo quản, đồng thời duy trì hàm lượng chất khô hòa tan, đường khử và polyphenol tổng ở mức cao, cùng hoạt tính kháng oxy hóa mạnh. Trà Gừng đen thành phẩm có màu vàng nâu đặc trưng, mùi thơm dễ chịu, vị ngọt dịu và cay nhẹ, đặc trưng tự nhiên của gừng đen.

Thông tin tài trợ

Công trình được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí từ dự án cấp thành phố Huế (tỉnh Thừa Thiên Huế cũ), mã số: TTH.2021-KC.30.

Tài liệu tham khảo

1. Tung NX, Hai NT, Hong LT, Anh NTV, Luyen LH. Quantification of Total Polyphenols, Total Flavonoids, and Evaluation of Antioxidant Activity of the Aerial Part of *Distichochlamys orlowii* K. Larsen & M.F. Newman. VNU Journal of Science: Medical and Pharmaceutical Sciences. 2023;39(4):55-63.
2. Ty PV, Van T, Dang N, Vo QH, Duc VH. Chemical composition of the essential oils of *Distichochlamys citrea* leaves collected from central Vietnam. Journal of Science. Vietnam Journal of Chemistry. 2017;55:358-62.
3. Styawan A, Purwanto P, Susidarti R, Windarsih A, Rohman A. Comparative Analysis of Essential Oil Profiles From Emprit Ginger Rhizome (*Zingiber officinale* var. *amarum*) Grown in Different Locations and Antibacterial Activity Againsts *Staphylococcus aureus*. Indonesian Journal of Tropical and Infectious Disease. 2024;12:82-91.
4. Ooi SL, Pak SC, Campbell R, Manoharan A. Polyphenol-Rich Ginger (*Zingiber officinale*) for Iron Deficiency Anaemia and Other Clinical Entities Associated with Altered Iron Metabolism. Molecules. 2022;27(19):6417.
5. Moteki H, Hibasami H, Yamada Y, Katsuzaki H, Imai K, Komiya T. Specific induction of apoptosis by 1,8-cineole in two human leukemia cell lines,

- but not a in human stomach cancer cell line. *Oncol Rep.* 2002;9(4):757-60.
6. Hiền HTD, Nguyễn PTT, Quang HN, Chi HA, Tuấn ND, Trung LNT, et al. Định danh và nhân giống Gừng đen (*Distichochlamys citrea*) bằng phương pháp giâm hom. *Hue University Journal of Science: Agriculture and Rural Development.* 2023; 132(3B):97-109.
 7. Zhang S, Xu M, Zhang W, Liu C, Chen S. Natural Polyphenols in Metabolic Syndrome: Protective Mechanisms and Clinical Applications. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021; 22(11):6110.
 8. Long TB, Muoi NV, Truc TT, Phong HX, Linh NH, Quoc LPT. Influence of drying and roasting temperatures and humidity on the content of polyphenols and flavonoids, antioxidant activity, and quality of ginger tea. *Journal of Chemistry and Technologies.* 2023;31(4):873-82.
 9. Manik RPS, Suhaidi I, Ginting S. Effect of Red Ginger Addition and Drying Temperature Variations on Quality Characteristics and Antioxidant of Catê™s Whiskers Leaf Teabags. *Indonesian Journal of Agricultural Research.* 2023; 6(2):79-91.
 10. Wojdyło A, Figiel A, Legua P, Lech K, Carbonell-Barrachina ÁA, Hernández F. Chemical composition, antioxidant capacity, and sensory quality of dried jujube fruits as affected by cultivar and drying method. *Food Chemistry.* 2016;207:170-9.
 11. Thư VT, Tiến ĐH, Gấm ĐT, Khoa GT. Các hợp chất hóa học có trong chè và một số phương pháp phân tích thông dụng trong sản xuất chè ở Việt Nam. Hà Nội: Nhà xuất bản Nông nghiệp; 2001.
 12. Trong NV. So sánh phương pháp Bertrand và phương pháp chuẩn độ phức chất, ứng dụng xác định đường khử trong trái cây. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ.* 2019;39B:94-9.
 13. Waterman, Mole. *Analysis of Phenolic Plant Metabolites.* Blackwell Scientific Publications. 1994;73-9.
 14. Trung DHN, Huy HD, An NN, Quý NP, Vi PD. Khảo sát hàm lượng polyphenol, flavonoid và hoạt tính sinh học của cao chiết từ vỏ chôm chôm (*Nephelium lappaceum* L.). *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ.* 2022; 58:74-82.
 15. Tailor, Chandra Shekhar, Goyal, Aju. Antioxidant Activity by DPPH Radical Scavenging Method of *Ageratum conyzoides* Linn. Leaves. *American Journal of Ethnomedicine.* 2014;1:244-9.
 16. Nisoa M, Plodkaew A, Sirisathitkul C, Wattanasit K, Somjit B, Pacdeepin P, et al. Simulation and experimentation on parameters influencing microwave-assisted extraction of bioactive compounds from *Kaempferia parviflora* rhizomes. *Alexandria Engineering Journal.* 2023;65:357-66.
 17. Chánh NĐM, Trịnh Thị Nga. Nghiên cứu thành phần hoá học và hoạt tính sinh học của loài gừng nhọn ở Việt Nam. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam.* 2022;2(135).
 18. Tuyết LTB. Các quá trình công nghệ cơ bản trong sản xuất thực phẩm. Hà Nội: Nhà xuất bản Giáo dục; 1995.
 19. El Majnaoui S, Lekrati M, El Broudi S, Benkhalti F, Zehhar N, ElKaoua M, et al. Effect of drying methods on phenolic compounds, antioxidant activity and surface colour of the potentially valuable Moroccan seaweeds *Gracilaria gracilis* and *Ulva lactuca*: modelling the optimal treatment. *Applied Phycology.* 2025;6(1):223-35.
 20. Muhamad N, Hoon H. Effect of drying temperatures and extraction solvents on total phenolic, flavonoid contents and antioxidant properties of immature Manis Terengganu Melon (*Cucumis melo*). *Journal of Agrobiotechnology.* 2018;9(1S):114-21.
 21. Méndez-Lagunas L, Rodríguez-Ramírez J, Cruz-Gracida M, Sandoval-Torres S, Barriada-Bernal G. Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content. *Food Chemistry.* 2017;230:174-81.
 22. Roslan A, Ismail A, Ando Y, Azlan A. Effect of drying methods and parameters on the antioxidant properties of tea (*Camellia sinensis*) leaves. *Food Production, Processing and Nutrition.* 2020;2(1):8.
 23. Latinović S, Vasiljšin L, Pezo L, Lakić-Karalić N, Cvetković D, Ranitović A, et al. Impact of Drying Methods on Phenolic Composition and Bioactivity of Celery, Parsley, and Turmeric-Chemometric Approach. *Foods.* 2024;13(21):3355.
 24. Mustafa I, Chin NL. Antioxidant Properties of Dried Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) var. Bentong. *Foods.* 2023;12(1):178.
 25. Subramaniam SD, Azman NABM, Abdul Mudalip SKB, Halim LA, Basrawi F, Muhammad NB. Modeling, drying kinetics, and antioxidant properties of Bentong ginger based on different

drying techniques. Journal of Food Process Engineering. 2023;46(2):e14234.

26. Antony A, Farid M. Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. Applied Sciences. 2022;12(4):2107.