

KHẢO SÁT SỰ ẢNH HƯỞNG CỦA QUÁ TRÌNH XỬ LÝ VÀ SẤY ĐẾN THÀNH PHẦN HÓA LÝ VÀ HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA CỦA BỘT VỎ SÀU RIÊNG Ri6

Mai Thị Hải Anh¹, Nguyễn Quang Vinh²

Ngày nhận bài: 01/10/2025; Ngày phản biện thông qua: 03/12/2025; Ngày duyệt đăng: 15/01/2026

TÓM TẮT

Phần vỏ của quả sàu riêng Ri6 chứa một lượng lớn chất xơ và các hợp chất có hoạt tính sinh học với khả năng chống oxy hóa đáng kể. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình ủ và sấy để thu được bột vỏ sàu riêng giàu xơ, có hoạt tính sinh học và dễ bảo quản, ứng dụng trong thực phẩm là điều cần thiết. Kết quả cho thấy, ủ vỏ ở 30 °C trong 2 ngày làm hàm lượng xơ tổng giảm 3,1%, chất xơ không tan giảm 5,2% và chất xơ tan tăng khoảng 7,2% so với đối chứng không ủ; tuy nhiên, sau ủ 2 ngày, hàm lượng phenolic và hoạt tính chống oxy hóa giảm lần lượt 5% và 2,2% so với đối chứng. Thời gian ủ kéo dài 3-4 ngày không có tác dụng tăng lượng xơ tan đáng kể, mặt khác làm giảm các chất có hoạt tính chống oxy hóa, đồng thời chỉ tiêu vi sinh vượt ngưỡng cho phép. Chế độ sấy đối lưu thích hợp đối với vỏ sàu riêng là 70 °C, tốc độ tác nhân sấy 3 m/s. Với chế độ sấy này, sản phẩm bột vỏ sàu riêng có hoạt tính chống oxy hóa cao nhất, với hàm lượng phenolic đạt 1070,56 mg GAE/100g chất khô và hoạt tính FRAP là 7769,97 µmol Trolox/100g chất khô.

Từ khoá: chất xơ, chống oxy hoá, frap, phenolic, vỏ sàu riêng.

1. MỞ ĐẦU

Theo Hội dinh dưỡng Việt Nam (2018), trong hai thập kỷ qua, thói quen ăn uống của người Việt Nam đã có sự thay đổi theo chiều hướng bất lợi cho sức khỏe cộng đồng, với xu hướng gia tăng tiêu thụ thịt và chất béo động vật, trong khi lượng rau, củ, quả - nguồn cung cấp chất xơ, vitamin, khoáng chất và hợp chất chống oxy hóa - giảm đáng kể. Sự thiếu hụt chất xơ trong khẩu phần ăn có liên quan đến nhiều bệnh mạn tính như rối loạn tiêu hóa, đái tháo đường, bệnh tim mạch và ung thư đại trực tràng (Cassidy et al., 2018; Jenkins et al., 2000; Kaczmarczyk et al., 2012; Kendall et al., 2010; Lattimer & Haub, 2010; Otles & Ozgoz, 2014; Smethers & Rolls, 2018; Tayyem et al., 2018; Xu et al., 2018). Do đó, việc tìm kiếm và khai thác các nguồn nguyên liệu giàu xơ và các hợp chất sinh học phục vụ chế biến thực phẩm có ý nghĩa khoa học và thực tiễn quan trọng.

Sàu riêng (*Durio zibethinus*) là loại cây ăn quả nhiệt đới có giá trị kinh tế cao ở khu vực Đông Nam Á (Charoenphun & Klangbud, 2022). Tại Việt Nam, diện tích trồng sàu riêng năm 2022 đạt khoảng 110.000 ha, sản lượng hơn 849 nghìn tấn (Cục Trồng trọt, Bộ NN-PTNT). Trong quả sàu riêng, phần vỏ chiếm tới 50-60% khối lượng nhưng không ăn được và thường bị thải bỏ, gây lãng phí và tác động tiêu cực đến môi trường (Baraheng & Karrila, 2019). Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng vỏ sàu riêng chứa hàm lượng chất xơ cao (79,18 g/100 g chất khô, trong đó 13,05 g là chất xơ tan)

cùng các hợp chất phenolic, flavonoid và hoạt tính chống oxy hóa đáng kể (Aziz & Jalil, 2019). Ngoài ra, vỏ sàu riêng còn thể hiện nhiều hoạt tính sinh học như chống viêm, điều hòa chuyển hóa glucose và lipid (Feng et al., 2018; Zhan et al., 2021). Một số nghiên cứu đã cho thấy tiềm năng ứng dụng của vỏ sàu riêng vào chế biến thực phẩm như bổ sung bột vỏ sàu riêng sản xuất bánh quy (Phạm et al., 2023), mì spaghetti (Srirajan et al., 2021).

Trong bối cảnh ngành công nghiệp chế biến sàu riêng ngày càng phát triển, lượng lớn vỏ sàu riêng được tạo ra đòi hỏi giải pháp xử lý và tận dụng hợp lý nhằm nâng cao giá trị gia tăng và giảm gánh nặng môi trường. Mặc dù vậy, các nghiên cứu về xử lý vỏ sàu riêng vẫn còn hạn chế, đặc biệt là nghiên cứu liên quan đến điều kiện ủ và sấy nhằm tạo ra bột vỏ sàu riêng có giá trị dinh dưỡng và hoạt tính sinh học cao, tiện lợi trong bảo quản và ứng dụng.

Từ những cơ sở trên, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu khảo sát chế độ ủ và sấy ảnh hưởng đến thành phần hóa lý và hoạt tính chống oxy hóa của bột vỏ sàu riêng, qua đó đánh giá tiềm năng sử dụng vỏ sàu riêng như một nguồn nguyên liệu giàu chất xơ và hợp chất sinh học cho công nghệ chế biến thực phẩm.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu và hoá chất nghiên cứu

Vật liệu: Vỏ trái sàu riêng được thu nhận sau

Khoa Nông Nghiệp, Trường Đại học Tây Nguyên;

²*Viện công nghệ sinh học và môi trường, Đại học Tây Nguyên;*

Tác giả liên hệ: Mai Thị Hải Anh; Email: mthanh@tnu.edu.vn.

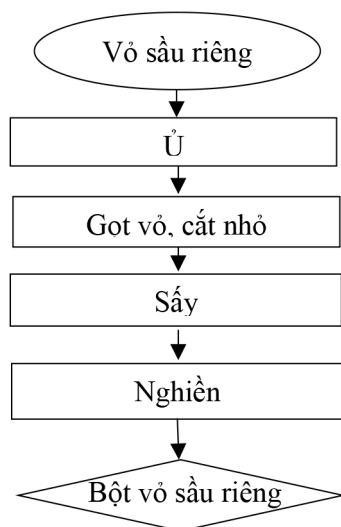
công đoạn bóc múi sầu riêng xuất khẩu tại công ty cổ phần Ban Mê Green Farm - Rau47 Farm thành phố Buôn Ma Thuột, Đắk Lắk. Trái sầu riêng Ri6 dùng để bóc múi xuất khẩu phải đồng nhất về độ chín, đạt độ khô nhất định (khoảng 32%) và có các đặc điểm sau: vỏ có màu sẫm, xuất hiện các đường nứt nhẹ ở cuống và gai mềm hơn; mùi thơm đặc trưng lan tỏa; khi gõ nhẹ sẽ nghe tiếng “lục cục” do múi đã tách khỏi vỏ. Cuống phải còn tươi, dẻo, có màu xanh vàng hoặc nâu và có độ đàn hồi tốt.

Các hoá chất sử dụng: Thuốc thử Folin-Ciocalteu cung cấp bởi hãng Merk (Đức), Trolox, gallic acid của hãng Sigma Aldrid; Na_2CO_3 ; các hoá chất còn lại đạt tiêu chuẩn phân tích.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Thu thập và xử lý mẫu

Vỏ quả sầu riêng Ri6 sau khi thu gom sẽ được rửa sạch, làm ráo, xử lý qua công đoạn ủ sau đó tách lấy phần vỏ trắng, rửa sạch, cắt nhỏ với độ dày 0,5 cm để sấy đến hàm ẩm 8-9 %; sau sấy vỏ được nghiền nhỏ và rây qua rây 40 mesh để thu bột. Bột được bảo quản ở 4 °C cho các phân tích và thí nghiệm. Quy trình sản xuất bột vỏ sầu riêng như sau:



Hình 1. Các bước tạo bột vỏ sầu riêng

2.2.2. Bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của chế độ ủ:
Vỏ sầu riêng sau khi bóc lấy múi được cho vào các túi nylon có đục lỗ thoát hơi, ủ ở các mức nhiệt độ 10 °C (ngăn mát tủ lạnh), 30 °C (nhiệt độ phòng) và 40 °C (tủ ấm), thời gian ủ từ 0-4 ngày. Sau ủ, tiến hành gọt lấy phần vỏ trắng, cắt ngang vỏ thành miếng nhỏ dày 0,5 cm, đem sấy đến hàm ẩm 8-9 % rồi xay nhỏ bằng thiết bị High Speed Multifunctional Crusher model 300A với tốc độ 25000 vòng/phút trong vòng 2 phút và rây qua rây 40 mesh để phân tích các chỉ tiêu hóa học, hoạt tính

FRAP, khả năng giữ nước, giữ dầu, chỉ tiêu vi sinh.

Thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của chế độ sấy:
Mẫu sau khi xử lý ủ được sấy đối lưu cưỡng bức bằng thiết bị sấy Memmert (Đức) Model SF30 ở các mức nhiệt độ khảo sát 50, 60, 70, 80, 90 °C; tốc độ tác nhân sấy khảo sát từ 1,4-3,6 m/s, sấy đến hàm ẩm bột 8-9 %, xay vỏ đến kích thước 40 mesh và phân tích các chỉ tiêu hóa học, hoạt tính FRAP, khả năng giữ nước, giữ dầu, màu sắc bột.

2.2.3. Phương pháp phân tích chỉ tiêu hoá lý

Hàm lượng ẩm được xác định bằng phương pháp sấy mẫu đến khi đạt khối lượng không đổi, sử dụng thiết bị đo độ ẩm hồng ngoại (A&D, Nhật Bản) (Bradley, pp. 85-104, 2010).

Hàm lượng protein thô được phân tích theo phương pháp Kjeldahl, tuân thủ tiêu chuẩn AOAC 984.13 (AOAC, 2000).

Xơ tổng số, xơ hòa tan và xơ không hòa tan được xác định dựa trên các quy trình AOAC 985.29, 991.42 và 993.19 (AOAC, 2000).

Hàm lượng chất béo được phân tích bằng phương pháp Soxhlet theo hướng dẫn AOAC 960.39 (AOAC, 2000).

Hàm lượng tro được đo lường theo quy trình AOAC 930.30 (AOAC, 2000).

Lượng tinh bột trong mẫu được xác định bằng phương pháp so màu sử dụng thuốc thử 3,5-dinitrosalicylic acid (DNS) theo (BeMiller).

Hàm lượng polyphenol tổng số được xác định bằng phương pháp so màu quang phổ với thuốc thử Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). Bột vỏ sầu riêng được chiết bằng dung môi ethanol 60% với tỷ lệ nguyên liệu:dung môi 1:10 (g:ml), có hỗ trợ siêu âm trong quá trình chiết, sau đó ly tâm ở tốc độ 3500 vòng/phút trong 5 phút để thu dịch chiết. Hàm lượng phenolic trong dịch chiết được tính toán dựa trên đường chuẩn acid gallic và biểu thị dưới dạng tương đương gallic acid. Xây dựng đường chuẩn: Chuẩn bị các dung dịch gallic acid chuẩn có nồng độ (mg GAE/L): 10, 20, 30, 40, 50, 60 và 100 mg/L từ dung dịch gốc 100 mg/L. Cho 0,2 mL các dung dịch gallic acid vào ống nghiệm, thêm vào 1 mL thuốc thử Folin - Ciocalteu 10% và lắc đều, cho thêm 0,8 mL dung dịch Na_2CO_3 10% và 3 mL nước cất, lắc đều. Ủ ở nhiệt độ phòng trong bóng tối 2 giờ. Đối với mẫu trắng, thay dung dịch acid gallic bằng nước cất. Đo độ hấp thụ ở bước sóng 760 nm. Dựng đường chuẩn của nồng độ gallic acid (mg GAE/L) theo độ hấp thụ.

- Hoạt tính chống oxy hóa theo năng lực khử sắt được xác định theo phương pháp của (Benzie & Strain, 1996). Dịch chiết được chuẩn bị tương

tự như cách tiến hành đo hàm lượng phenolic tổng. Hoạt tính FRAP của dịch chiết được tính toán dựa trên đường chuẩn Trolox và biểu thị dưới dạng tương đương Trolox. Xây dựng đường chuẩn Trolox: Pha các dung dịch Trolox có nồng độ lần lượt là 50, 100, 150 và 200 $\mu\text{molTE/L}$. Cho 0,6 mL dung dịch Trolox ở các nồng độ vào ống nghiệm. Tiếp theo cho 3,4 mL dung dịch thuốc thử FRAP vào mỗi ống. Lắc đều sau đó ủ ở nhiệt độ 37 °C trong 15 phút. Đo độ hấp thu tại bước sóng 593 nm. Dựng đường chuẩn nồng độ Trolox theo độ hấp thu với trục hoành là độ hấp thu và trục tung là nồng độ Trolox ($\mu\text{molTE/L}$). Đo độ hấp thu của dịch chiết, dựa vào đường chuẩn, kết quả được biểu thị dưới dạng μmol tương đương Trolox/100 g khối lượng khô của mẫu.

- Khả năng giữ nước (WHC) theo phương pháp mô tả bởi Fernández-López et al. (2009): Cân 1g mẫu nguyên liệu (đã sấy ẩm) cho vào ống ly tâm, thêm 10ml nước cất vào ống. Sau đó sử dụng máy lắc vortex để đảo trộn đều trong 30 giây. Mẫu được để ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ. Sau 2 giờ, mẫu được ly tâm ở tốc độ 2800 vòng/phút trong 10 phút. Bỏ phần nước trên bề mặt, cân lấy phần mẫu đã hút nước, ghi lại khối lượng.

$$\text{WHC (g/g)} = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \text{ Trong đó:}$$

m_1 (g): khối lượng mẫu đã hút nước

m_0 (g): khối lượng mẫu khô ban đầu.

Khả năng giữ dầu (OHC) thực hiện tương tự, thay nước cất bằng dầu ăn nguyên chất từ đậu nành.

- Xác định tổng vi sinh vật hiếu khí theo TCVN 11039-1:2015: cân 5 g bột vỏ sần riêng hòa vào 45ml nước muối sinh lí vô trùng thu được nồng độ pha loãng 10^{-1} , tiếp tục pha loãng đến nồng độ phù hợp, cấy lên đĩa thạch PCA, ủ ở nhiệt độ khoảng 30 °C dưới điều kiện hiếu khí trong khoảng thời gian 72h, sau đó đếm số khuẩn lạc phát triển (trong khoảng tin cậy 30-300 khuẩn lạc). Số khuẩn lạc được tính toán kết hợp với độ loãng và biểu thị kết quả là số CFU trên mỗi đơn vị khối lượng mẫu.

- Xác định màu sắc của bột theo hệ màu CIE $L^*a^*b^*$ bằng thiết bị đo màu Model CR-400

(Minolta, Nhật Bản) (Zouari et al., 2016).

2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần. So sánh sự khác biệt giá trị trung bình bằng phân tích phương sai một yếu tố. Số liệu được xử lý bằng phần mềm STATGRAPHICS Centurion XVI.II

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo sát một số thành phần hóa lý và hoạt tính chống oxy hóa của vỏ sần riêng.

Hàm ẩm của vỏ sần riêng tương đối cao, chiếm 83,26% tương tự như một số loại vỏ trái cây khác. Việc giảm độ ẩm bằng phương pháp sấy là cần thiết để bảo quản, tránh hư hỏng. Vỏ sần riêng chứa protein, tinh bột và lipid với hàm lượng thấp, nhưng khá giàu khoáng (Bảng 1). Thành phần hóa học rất nổi bật khi xét đến hàm lượng chất xơ và hợp chất phenolic. Hàm lượng chất xơ tổng số là 64,70% chất khô, trong đó chất xơ không tan chiếm 54,05% chất khô và chất xơ hòa tan là 10,65% chất khô. Hàm lượng xơ tổng cao hơn hẳn các các loại vỏ khác như vỏ táo (39,7% chất khô), vỏ cam, quýt, chanh (xấp xỉ 50 % chất khô) (Ciccoritti et al., 2024). Tuy nhiên, tỷ lệ xơ không tan: xơ tan là 5,08, tương đối cao so với tỷ lệ khuyến nghị của Hiệp hội Dinh dưỡng Hoa Kỳ (ADA, 2002), tỷ lệ IDF : SDF tối ưu nên xấp xỉ khoảng 3:1. Hàm lượng phenolic cao (1026,23 mg GAE/100 g chất khô) cùng hoạt tính FRAP lớn (7727,22 $\mu\text{mol Trolox/100 g}$ chất khô) cho thấy vỏ sần riêng có khả năng chống oxy hóa mạnh, tương đương với vỏ táo hoặc vượt các mẫu vỏ trái cây đã được công bố như vỏ chuối, chanh, kiwi, đào, đu đủ, lê, dứa (Suleria et al., 2020).

Kết quả trên cho thấy, thành phần hóa học của vỏ sần riêng - đặc biệt hàm lượng chất xơ, phenolic tổng số cao và khả năng chống oxy hóa tốt - làm nổi bật tiềm năng ứng dụng trong công nghệ thực phẩm. Tuy nhiên, hàm ẩm ban đầu cao (> 80 %) đặt ra yêu cầu tiên xử lý để đảm bảo ổn định vi sinh và hạn chế sự phân hủy các chất có hoạt tính sinh học. Đồng thời, việc giảm tỷ lệ xơ không tan là cần thiết để có nguồn xơ phù hợp. Vì vậy, điều kiện tiên xử lý - ủ và sấy cần được khảo sát.

Bảng 1. Hàm lượng một số thành phần hóa lý và hoạt tính chống oxy hóa của vỏ sần riêng Ri6

Chỉ tiêu	Hàm lượng
Hàm ẩm (%)	83,26 ± 0,27
Lipid (% chất khô)	0,89 ± 0,05
Protein (% chất khô)	4,23 ± 0,11
Tinh bột (% chất khô)	5,47 ± 0,44
Tro (% chất khô)	6,90 ± 0,26

Chỉ tiêu		Hàm lượng
Carbohydrate (% chất khô)		87,98 ± 0,23
Chất xơ	Xơ không tan (% chất khô)	54,05 ± 0,18
	Xơ hòa tan (% chất khô)	10,65 ± 0,02
	Xơ tổng (% chất khô)	64,70 ± 0,20
	Tỷ lệ không xơ tan:xơ tan	5,08 ± 0,01
Hàm lượng phenolic tổng mgGAE/100g chất khô		1026,23 ± 9,27
Hoạt tính FRAP (μmol Trolox/100g chất khô)		7727,22 ± 70,16

3.2. Kết quả khảo sát chế độ chế độ ủ vô ảnh hưởng đến thành phần hóa lý, vi sinh và hoạt tính chống oxy hóa của bột vỏ sầu riêng

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến thành phần xơ, hàm lượng phenolic, hoạt tính chống oxy hóa và tổng số VSV của bột vỏ sầu riêng.

Bảng 2 cho thấy, so với mẫu đối chứng (ĐC), quá trình ủ vỏ sầu riêng trong 4 ngày ở các mức nhiệt độ khác nhau đã tạo ra những biến đổi về thành phần xơ, hợp chất phenolic và hoạt tính chống oxy hóa. Ở mẫu ĐC, hàm lượng xơ tan (SDF) đạt 10,51% với tỷ lệ SDF:IDF là 5,14, đồng thời hàm lượng phenolic và FRAP cũng ở mức cao nhất (1026,23 mg GAE/100 g chất khô và 7727,22 μmol Trolox/100 g chất khô). Sau ủ, hàm lượng SDF có xu hướng tăng nhẹ, đặc biệt khi ủ ở 30 °C – 40 °C (11,89%). Sự thay đổi này phản ánh quá trình thủy phân từng phần cellulose, hemicellulose và pectin nhờ hoạt động của hệ vi sinh vật và enzyme nội sinh (cellulase, hemicellulase, pec-

tinase), qua đó chuyển hóa một phần xơ không tan thành dạng hòa tan (Edema et al., 2024; Prasanna et al., 2007; Tavares et al., 2015), hay sự giải phóng các chất xơ hòa tan ở dạng liên kết trong cấu trúc vỏ cellulose-hemicellulose-pectin do quá trình ủ làm cấu trúc vỏ thay đổi (Giovannoni, 2001). Tuy nhiên, về mặt hoạt tính sinh học, tổng phenolic và FRAP đều giảm rõ rệt khi nhiệt độ ủ tăng từ 10 °C lên 40 °C, điều này là do sự phân hủy hoặc oxy hóa các hợp chất nhạy cảm nhiệt (Shahidi & Ambigaipalan, 2015).

Đáng lưu ý, mật độ vi sinh vật trong mẫu bột vỏ sầu riêng ủ ở nhiệt độ 30-40 °C tăng vọt (>10⁶ CFU/g), vượt xa ngưỡng an toàn cho thực phẩm (10⁴ CFU/g; ICMSEF, 2005), trong khi đối chứng và mẫu ủ ở 10 °C vẫn nằm trong giới hạn cho phép. Như vậy, chế độ ủ 10 °C không đạt được mục tiêu là thay đổi tỷ lệ xơ, trong khi đó, nhiệt độ ủ 40 °C cho thấy sự giảm đáng kể thành phần phenolic và hoạt tính chống oxy hóa so với mẫu ủ 30 °C.

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ ủ đến thành phần xơ, hàm lượng phenolic, hoạt tính chống oxy hóa và tổng số VSV của bột vỏ sầu riêng Ri6

Nhiệt độ ủ (°C)	Hàm lượng chất xơ không hòa tan (%)	Hàm lượng chất xơ hòa tan (%)	Hàm lượng chất xơ tổng (%)	Tỷ lệ xơ không tan: xơ tan	Phenolic tổng (mgGAE/100g chất khô)	Hoạt tính Frap (μmol Trolox/100g chất khô)	CFU/g mẫu
ĐC	54,05±0,18 ^a	10,51±0,25 ^a	64,56±0,43 ^a	5,14±0,10 ^a	1026,23±9,27 ^a	7727,22±70.16 ^a	3,2 × 10 ² ^a
10	53,03±0,28 ^b	10,71±0,05 ^a	63,74±0,27 ^b	4,95±0,04 ^b	981,78±14,82 ^b	7531,44±81.17 ^b	7,4 × 10 ³ ^a
30	48,36±0,37 ^c	11,89±0,33 ^b	60,25±0,46 ^c	4,07±0,12 ^c	854,77±32,48 ^c	7356,39±26.23 ^c	2,4 × 10 ⁶ ^b
40	48,81±0,46 ^c	11,79±0,19 ^b	60,6±0,29 ^c	4,14±0,1 ^c	807,91±10,41 ^d	7145,86±112.28 ^d	2,3 × 10 ⁶ ^c

Ghi chú: Các chữ cái trên các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu diễn sự khác nhau có ý nghĩa thống kê của các mẫu bột vỏ sầu riêng ở các nhiệt độ ủ khác nhau với độ tin cậy là 95%.

3.2.2. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến thành phần xơ, hàm lượng phenolic, hoạt tính chống oxy hóa và tổng số VSV của bột vỏ sầu riêng.

Trong quá trình ủ ở 30 °C, thành phần chất xơ và hoạt tính sinh học của vỏ sầu riêng có sự biến đổi rõ rệt theo thời gian (Bảng 3). Hàm lượng xơ

không hòa tan giảm dần từ 54,05% xuống còn 48,36% sau 4 ngày, trong khi xơ hòa tan có xu hướng tăng nhẹ (từ 10,51% lên 11,89%).

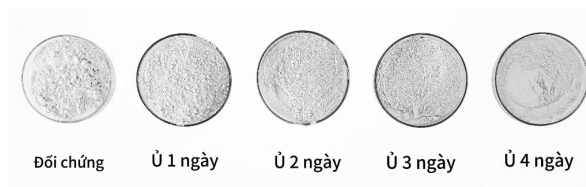
Hàm lượng phenolic tổng số (TPC) và hoạt tính chống oxy hóa (FRAP) có xu hướng giảm theo thời gian. Cụ thể, TPC giảm từ 1026,23 xuống

854,77 mg GAE/100 g chất khô sau 4 ngày, đồng thời FRAP giảm từ 7727,22 xuống 7356,39 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{ g}$ chất khô. Sự suy giảm này có thể liên quan đến quá trình oxy hóa polyphenol bởi hoạt động enzyme polyphenoloxidase và peroxidase, cũng như sự tiêu hao hợp chất chống oxy hóa do stress oxy hóa trong giai đoạn vi sinh vật phát triển mạnh (Kruk et al., 2022; Rho et al., 2021).

Đáng chú ý, mật độ vi sinh vật tăng nhanh theo thời gian, đặc biệt từ ngày 2 trở đi ($8,4 \times 10^3$ CFU/g) và tăng mạnh ở ngày 4 (đạt $2,4 \times 10^6$ CFU/g). Điều này cho thấy quá trình ủ, VSV phát triển mạnh mẽ. Sự gia tăng quá mức gây ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan cũng như nguy cơ an toàn thực phẩm. Ngoài ra, màu sắc của vỏ cũng

sậm dần theo thời gian ủ (Hình 1).

Kết quả cho thấy quá trình ủ ngắn ngày 2 ngày có thể giúp cải thiện hàm lượng xơ tan thêm xấp xỉ 7,2%; tuy nhiên, lượng xơ tổng giảm 3,1%, hàm lượng phenolic tổng số giảm xấp xỉ 5% và hoạt tính chống oxy hóa giảm 2,2% so với đối chứng.



Hình 1. Màu sắc của bột vỏ sầu riêng theo thời gian ủ vỏ

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến thành phần xơ, hàm lượng phenolic, hoạt tính chống oxy hóa và số lượng VSV tổng số của bột vỏ sầu riêng Ri6

Thời gian ủ (ngày)	Hàm lượng chất xơ không hòa tan (%)	Hàm lượng chất xơ hòa tan (%)	Hàm lượng chất xơ tổng (%)	Tỷ lệ xơ không tan: xơ tan	Phenolic tổng (mgGAE/100g chất khô)	Hoạt tính Frap ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ chất khô)	CFU/g mẫu
0	54,05±0,18 ^a	10,51±0,25 ^c	64,56±0,43 ^a	5,14±0,10 ^a	1026,23±9,27 ^a	7727,22±70,16 ^a	$3,2 \times 10^2$ ^a
1	53,02±1,19 ^a	11,03±0,12 ^{bc}	64,05±1,07 ^a	4,81±0,16 ^a	1001,42±8,45 ^a	7669,19±40,30 ^a	$7,3 \times 10^2$ ^a
2	51,26±0,17 ^b	11,27±0,23 ^{ab}	62,53±0,35 ^b	4,55±0,09 ^b	975,02±10,41 ^b	7560,24±61,76 ^b	$8,4 \times 10^3$ ^a
3	49,26±0,49 ^c	11,61±0,38 ^a	60,87±0,43 ^c	4,25±0,16 ^c	915,58±15,45 ^c	7400,03±28,06 ^c	$1,1 \times 10^5$ ^b
4	48,36±0,37 ^c	11,89±0,33 ^a	60,25±0,46 ^c	4,07±0,12 ^c	854,77±32,48 ^d	7356,39±26,23 ^c	$2,4 \times 10^6$ ^c

Ghi chú: Các chữ cái trên các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu diễn sự khác nhau có ý nghĩa thống kê của các mẫu bột vỏ sầu riêng ở các thời gian ủ khác nhau với độ tin cậy là 95%.

3.3. Kết quả khảo sát chế độ sấy ảnh hưởng đến thành phần hóa lý và hoạt tính chống oxy hóa của bột vỏ sầu riêng.

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đối lưu đến thành phần hóa lý của bột vỏ sầu riêng.

Kết quả cho thấy nhiệt độ sấy có tác động đáng kể đến chất xơ, tính chất chức năng và màu sắc của bột vỏ sầu riêng (Bảng 4). Về hàm lượng chất xơ, xơ không hòa tan và xơ hòa tan không có sự thay đổi đáng kể khi tăng nhiệt độ từ 50 đến 90 °C, dao động trong khoảng 52,92-54,42% và 10,57-11,03% tương ứng. Tổng xơ giảm nhẹ từ 65,13% (50 °C) xuống 63,53% (90 °C), cho thấy sự phân hủy một phần cấu trúc polysaccharide ở nhiệt độ cao (Lu et al., 2018; Schmid et al., 2021). Tỷ lệ xơ không tan: xơ tan dao động quanh giá trị 5, cho thấy mức cân bằng giữa hai dạng xơ được duy trì, ít chịu ảnh hưởng bởi nhiệt độ.

Khả năng hút nước (WHC) giảm dần khi nhiệt độ tăng, từ 6,23 g/g ở 50 °C xuống 5,88 g/g ở 90 °C. Điều này có thể liên quan đến sự mất cấu trúc mao quản trong chất xơ khi gia nhiệt cao, làm giảm khả năng giữ nước (Tejeda-Miramontes et al., 2024). Ngược lại, khả năng hút dầu (OHC) tăng dần theo

nhiệt độ, từ 1,95 g/g ở 50 °C lên 2,25 g/g ở 90 °C, sự thay đổi một phần cấu trúc polysaccharide và protein bề mặt giúp bột có khả năng giữ lipid tốt hơn.

Về màu sắc, giá trị L* (độ sáng) tăng từ 80,64 (50 °C) lên cao nhất ở 88,45 (70 °C), sau đó giảm còn 85,12 ở 90 °C. Điều này cho thấy sấy ở 70 °C cho màu sáng nhất, trong khi ở 90 °C xuất hiện hiện tượng sậm màu do phản ứng Maillard; ngược lại, ở nhiệt độ sấy thấp 50 °C, thời gian sấy dài hơn, phản ứng oxy hóa các hợp chất polyphenol trong vỏ làm màu bột trở nên tối hơn (Zawawi et al., 2022). Giá trị a* (sắc đỏ) giảm từ 4,14 xuống khoảng 2,44 ở mức nhiệt cao. Trong khi đó, b* (sắc vàng) tăng từ 17,04 (50 °C) lên 21,49 (90 °C), phản ánh sự gia tăng sắc vàng khi nhiệt độ cao, có thể liên quan đến biến đổi hợp chất phenolic và phản ứng nhiệt khác.

Như vậy, kết quả cho thấy sấy ở 70 °C giúp duy trì tốt hàm lượng xơ, đảm bảo khả năng hút nước và dầu cân bằng, đồng thời giữ được màu sắc sáng và ổn định. Trong khi đó, sấy ở nhiệt độ cao hơn (≥ 80 °C) làm giảm khả năng giữ nước và làm biến đổi màu sắc rõ rệt. Điều này gợi ý rằng 70 °C có thể là nhiệt độ sấy tối ưu để sản xuất bột vỏ sầu riêng với có tính chất chức năng và cảm quan tốt.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng chất xơ, khả năng hút nước, hút dầu và màu sắc của bột vỏ sầu riêng Ri6

Nhiệt độ sấy (°C)	Hàm lượng chất xơ không hòa tan (%)	Hàm lượng chất xơ hòa tan (%)	Hàm lượng chất xơ tổng (%)	Tỷ lệ xơ tan: xơ không tan	WHC (g/g)	OHC (g/g)	L*	a*	b*
50	54,25±0,50 ^{ab}	10,88±0,42 ^a	65,13±0,92 ^{ab}	4,99±0,15 ^a	6,23±0,18 ^a	1,95±0,08 ^a	80,64±0,53 ^c	4,14±0,10 ^a	17,04±0,27 ^d
60	54,42±1,10 ^a	11,03±0,12 ^a	65,45±1,08 ^a	4,94±0,12 ^a	6,22±0,13 ^a	2,00±0,06 ^a	85,33±0,96 ^b	3,64±0,29 ^b	18,41±0,27 ^c
70	54,19±0,79 ^{ab}	10,60±0,55 ^a	64,79±1,05 ^{ab}	5,12±0,25 ^a	6,14±0,09 ^{ab}	2,18±0,11 ^b	88,45±0,40 ^a	2,42±0,09 ^c	19,74±0,34 ^b
80	53,59±0,56 ^{ab}	10,57±0,40 ^a	64,16±0,50 ^{ab}	5,08±0,22 ^a	5,97±0,14 ^{bc}	2,22±0,08 ^b	88,32±0,11 ^a	2,45±0,09 ^c	19,60±0,14 ^b
90	52,92±0,64 ^b	10,60±0,36 ^a	63,53±0,76 ^b	4,99±0,17 ^a	5,88±0,13 ^c	2,25±0,09 ^b	85,12±0,95 ^b	2,44±0,09 ^c	21,49±0,46 ^a

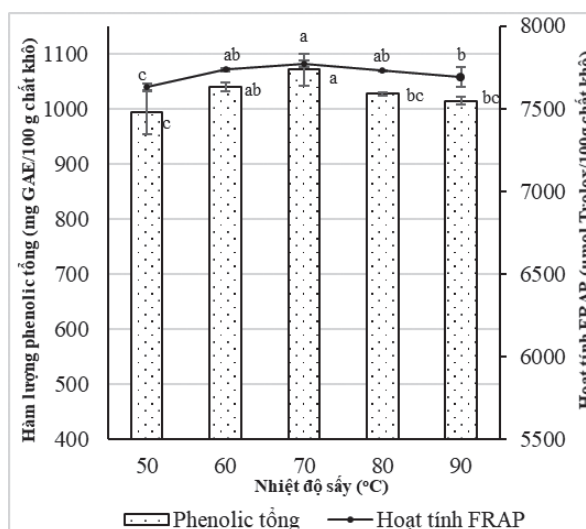
Ghi chú: các chữ cái trên các giá trị trung bình trong cùng một cột biểu diễn sự khác nhau có ý nghĩa thống kê về hàm lượng chất xơ, WHC, OHC và màu sắc của các mẫu bột vỏ sầu riêng ở các nhiệt độ sấy khác nhau với độ tin cậy là 95%.

3.3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng phenolic tổng, khả năng chống oxy hóa của bột vỏ sầu riêng.

Hình 2 cho thấy, hàm lượng phenolic tổng và hoạt tính chống oxy hóa (FRAP) của bột vỏ sầu riêng chịu ảnh hưởng đáng kể bởi nhiệt độ sấy. Khi tăng nhiệt độ từ 50 lên 70 °C, hàm lượng phenolic tăng dần từ 992,83 lên 1070,56 mg GAE/100 g chất khô, đồng thời giá trị FRAP cũng đạt mức cao nhất ở 7769,97 μmol Trolox/100 g chất khô. Điều này cho thấy ở nhiệt độ trung bình (70 °C), sự phá vỡ cấu trúc tế bào giúp giải phóng hợp chất phenolic tốt hơn, đồng thời hạn chế sự mất mát do oxy hóa hoặc phân hủy (Călinoiu & Vodnar, 2019; Prakash et al., 2022).

Tuy nhiên, khi nhiệt độ tiếp tục tăng lên 80-90 °C, cả phenolic tổng và FRAP đều giảm nhẹ, lần lượt còn 1026,25-1013,47 mg GAE/100g chất khô và 7727,24-7690,07 μmol Trolox/100g chất khô. Xu hướng này phù hợp với nhiều nghiên cứu trước đây, khi nhiệt độ sấy cao làm gia tăng phản ứng oxy hóa polyphenol hoặc làm biến đổi cấu trúc các hợp chất chống oxy hóa nhạy nhiệt, từ đó hoạt tính oxy hóa cũng giảm (ElGamal et al., 2023).

Như vậy, kết quả cho thấy 70 °C là nhiệt độ sấy tối ưu, vừa giúp duy trì hàm lượng phenolic cao, vừa đạt được khả năng chống oxy hóa mạnh nhất.



Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng phenolic tổng và hoạt tính chống oxy hóa

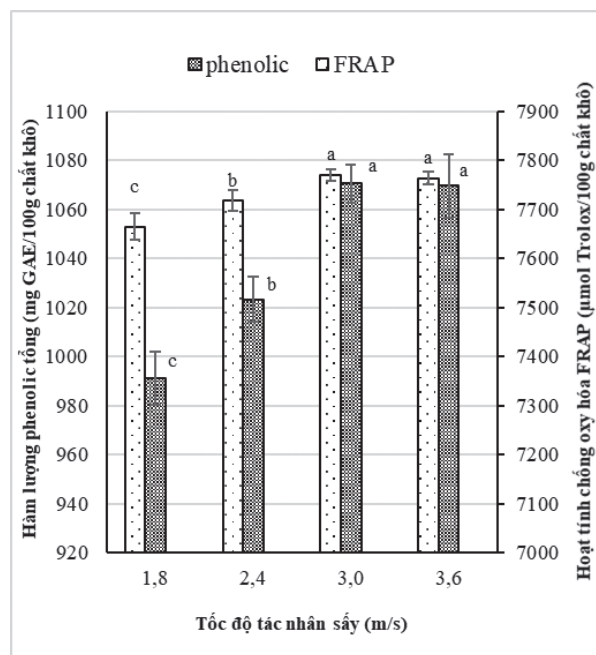
3.3.3. Ảnh hưởng tốc độ tác nhân sấy đến thành phần hóa học, tính chất vật lý và hoạt tính chống oxy hóa của bột vỏ sầu riêng

Kết quả cho thấy tốc độ sấy có ảnh hưởng nhất định đến chất lượng bột vỏ sầu riêng, song nhìn chung mức dao động không quá lớn. Về thành phần cơ bản, hàm lượng lipid (0,94-0,96% chất khô), protein (4,23-4,28% chất khô), tinh bột (5,27-5,59% chất khô) và tro (6,99-7,04% chất khô) gần như ổn định khi thay đổi tốc độ tác nhân sấy, chứng tỏ yếu tố này không tác động đến các thành phần dinh dưỡng chính.

Đối với hàm lượng chất xơ, kết quả cũng không có sự thay đổi lớn, với xơ không hòa tan dao động quanh 54,14-54,23% và xơ hòa tan ở mức 10,77-10,95%. Tổng xơ duy trì ở khoảng 64,9-65,2%, trong khi tỷ lệ xơ tan: xơ không tan dao động trong khoảng 4,94-5,03. Như vậy, tốc độ sấy khác nhau không làm biến đổi đáng kể cấu trúc chất xơ.

Ngược lại, hợp chất phenolic và hoạt tính

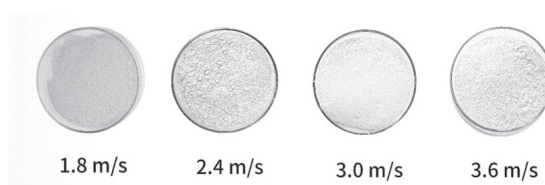
chống oxy hóa có sự cải thiện rõ khi tăng tốc độ sấy đến 3,0 m/s (Hình 3). Hàm lượng phenolic tổng tăng từ 991,05 mg GAE/100 g (1,8 m/s) lên 1070,56 mg GAE/100 g chất khô (3,0 m/s). Hoạt tính FRAP cũng đạt cao nhất ở 3,0 m/s (7769,97 μ mol Trolox/100 g chất khô). Điều này do tốc độ tác nhân sấy cao hơn giúp giảm thời gian tiếp xúc nhiệt, hạn chế quá trình oxy hóa polyphenol, từ đó giữ được hoạt tính sinh học (ElGamal et al., 2023).



Hình 3. Hàm lượng phenolic và hoạt tính FRAP của bột vỏ sần riêng theo tốc độ tác nhân sấy

Về tính chất chức năng, khả năng hút nước và hút dầu không thay theo tốc độ tác nhân sấy (số liệu không được biểu diễn).

Đối với màu sắc, giá trị L^* (độ sáng) tăng rõ khi tốc độ tác nhân sấy cao, từ 76,14 (1,8 m/s) lên 86,17 (3,6 m/s) (số liệu không được biểu diễn). Điều này cho thấy tốc độ sấy cao giúp sản phẩm sáng màu hơn, giảm hiện tượng nâu hóa nhờ hạn chế thời gian tiếp xúc nhiệt và oxy (Hình 4).



Hình 4. Màu sắc của bột vỏ sần riêng theo tốc độ tác nhân sấy

Như vậy, tốc độ sấy ở mức khoảng 3,0 m/s có thể được xem là tối ưu, vừa duy trì được thành phần dinh dưỡng, cải thiện hàm lượng phenolic tổng và hoạt tính chống oxy hóa, vừa tạo ra sản phẩm có màu sáng và đặc tính chức năng tốt.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy vỏ sần riêng là nguồn nguyên liệu tiềm năng để sản xuất bột giàu xơ, với hàm lượng chất xơ tổng cao và chứa nhiều hợp chất có hoạt tính sinh học. Quá trình xử lý sinh học (ủ ở 30 °C trong 2 ngày, kết hợp sấy đối lưu ở 70 °C với tốc độ tác nhân sấy 3,0 m/s đã giúp biến đổi cấu trúc thành phần chất xơ, làm tăng tỷ lệ xơ hòa tan (SDF) so với xơ không tan (IDF), đồng thời cải thiện các đặc tính hóa lý và chức năng như khả năng giữ nước, giữ dầu - các yếu tố then chốt giúp gia tăng giá trị ứng dụng trong công nghiệp thực phẩm. Bột vỏ sần riêng thu được có hàm lượng chất xơ cao (64,9% chất khô), giàu hợp chất phenolic (1070,56 mg GAE/100g chất khô), hoạt tính chống oxy hóa mạnh (FRAP 7769,97 μ mol Trolox/100 g chất khô), đồng thời có màu sắc cảm quan thuận lợi. Những cải thiện này cho phép bột vỏ sần riêng trở thành nguồn nguyên liệu chức năng giàu xơ hòa tan, phù hợp bổ sung vào các sản phẩm thực phẩm như bánh, mì, ngũ cốc ăn liền, thanh dinh dưỡng hoặc sản phẩm thay thế bột mỳ.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Tây Nguyên theo mã tài trợ T2025-07CB. Chúng tôi xin ghi nhận sự hỗ trợ về kinh phí và cơ sở vật chất từ Trường Đại học Tây Nguyên cho nghiên cứu này.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF PRETREATMENT AND DRYING PROCESSES ON THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF DURIAN PEEL POWDER

Mai Thị Hải Anh¹, Nguyễn Quang Vinh²

Received Date: 01/10/2025; Revised Date: 03/12/2025; Accepted for Publication: 15/01/2026

ABSTRACT

Currently, the Vietnamese diet is increasingly deficient in dietary fiber, making the search for fiber-rich ingredients with bioactive properties for food processing imperative. Durian is a high-value fruit tree, yet its peel - which accounts for more than half of its weight - remains underutilized. This study investigates fermentation and drying regimes to obtain durian peel powder rich in fiber and possessing antioxidant activity, with potential application in sustainable food processing and concomitant enhancement of agricultural by-product value. The results show that fermenting the peel at 30 °C for 2 days reduced total fiber by 3.1 %, insoluble fiber by 5.2 %, and increased soluble fiber by approximately 7.2 % compared to the non-fermented control; however, after 2 days of fermentation, total phenolic content and antioxidant activity decreased by 5 % and 2.2 %, respectively, compared to the control. Extending fermentation to 3–4 days did not significantly increase soluble fiber, but further reduced antioxidant compounds and caused the microbial count to exceed permissible limits. Meanwhile, the optimal convective drying conditions for durian peel were 70 °C with an air velocity of 3.0 m/s. Under these conditions, the durian peel powder exhibited the highest antioxidant activity, with phenolic content reaching 1070.56 mg GAE/100g dry matter and a FRAP value of 7769.97 µmol Trolox/100 g dry matter.

Keywords: antioxidant, durian peel, fiber, frap, phenolic.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17th ed.). MD, USA: AOAC International.
- Aziz, N. A. A., Jalil, A. M. M. (2019). Bioactive Compounds, nutritional value, and potential health benefits of indigenous durian (*Durio Zibethinus* Murr): A review. *Foods*, 8(3), 1-18. doi:10.3390/foods8030096
- Baraheng, S., Karrila, T. (2019). Chemical and functional properties of durian (*Durio zibethinus* Murr.) seed flour and starch. *Food Bioscience*, 30, 1-8. doi:10.1016/j.fbio.2019.100412
- BeMiller, J. N (2010). “Carbohydrate analysis,” in *Food Analysis*, S. S. Nielsen, Ed. 4th ed, Springer, Berlin, Germany, pp. 147–177, 2010. In.
- Benzie, I. F., Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Anal Biochem*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bradley, R. L., Jr. (2010). Compositional Analysis of Foods. In S. S. Nielsen (Ed.), *Food Analysis* (4th ed.). NY, USA: Springer, pp. 85-104.
- Călinoiu, L. F., Vodnar, D. C. (2019). Thermal Processing for the Release of Phenolic Compounds from Wheat and Oat Bran. *Biomolecules*, 10(1). 10.3390/biom10010021
- Cassidy, Y. M., McSorley, E. M., Allsopp, P. J. (2018). Effect of soluble dietary fibre on postprandial blood glucose response and its potential as a functional food ingredient. *Journal of Functional Foods*, 46, 423-439. 10.1016/j.jff.2018.05.019
- Charoenphun, N., Klangbud, W. K. (2022). Antioxidant and anti-inflammatory activities of durian (*Durio zibethinus* Murr.) pulp, seed and peel flour. *PeerJ*, 10, 1–15. doi:10.7717/peerj.12933
- Ciccoritti, R., Ciorba, R., Ceccarelli, D., et al. (2024). Phytochemical and Functional Properties of Fruit and Vegetable Processing By-Products. *Appl. Sci*, 14(20), 9172.
- Edema, H., Ashraf, M. F., Samkumar, A., et al. (2024). Characterization of cellulases from softening fruit for enzymatic depolymerization of cellulose. *Carbohydrate Polymers*, 343, 122493. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122493>

¹Faculty of Agriculture, Tay Nguyen university;

²Institute of Biotechnology and Environment, Tay Nguyen University;

Corresponding author: Mai Thi Hai Anh; Email: anhmth.tnu@gmail.com.

org/10.1016/j.carbpol.2024.122493

- ElGamal, R., Song, C., Rayan, A. M., et al. (2023). Thermal Degradation of Bioactive Compounds during Drying Process of Horticultural and Agronomic Products: A Comprehensive Overview. *Agronomy*, 13(6), 1580.
- Feng, J., Yi, X., Huang, W., et al. (2018). Novel triterpenoids and glycosides from durian exert pronounced anti-inflammatory activities. *Food Chemistry*, 241, 215–221. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.097>
- Fernández-López, J., Sendra-Nadal, E., Navarro, C., et al. (2009). Storage stability of a high dietary fibre powder from orange by-products. *Int J Food Sci Technol*, 44(4), 748–756. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01892.x>
- Giovannoni, J. (2001). Molecular biology of fruit maturation and ripening. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 52, 725–749.
- Hội dinh dưỡng Việt Nam. (2018). Vấn đề dinh dưỡng hiện nay và sự thay đổi bữa ăn của người Việt Nam. *Dinh dưỡng và Thực phẩm*, 14 (2), 4-7.
- Jenkins, D. J., Axelsen, M., Kendall, C. W., et al. (2000). Dietary fibre, lente carbohydrates and the insulin-resistant diseases. *Br J Nutr*, 83 Suppl 1, S157-163.
- Kaczmarczyk, M. M., Miller, M. J., Freund, G. G. (2012). The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. *Metabolism*, 61(8), 1058-1066. [10.1016/j.metabol.2012.01.017](https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.01.017)
- Kendall, C. W. C., Esfahani, A., Jenkins, D. J. A. (2010). The link between dietary fibre and human health. *Food Hydrocolloids*, 24(1), 42-48. [10.1016/j.foodhyd.2009.08.002](https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.08.002)
- Kruk, J., Aboul-Enein, B. H., Duchnik, E., et al. (2022). Antioxidative properties of phenolic compounds and their effect on oxidative stress induced by severe physical exercise. *The Journal of Physiological Sciences*, 72(1), 19. [10.1186/s12576-022-00845-1](https://doi.org/10.1186/s12576-022-00845-1)
- Lattimer, J. M., Haub, M. D. (2010). Effects of dietary fiber and its components on metabolic health. *Nutrients*, 2(12), 1266-1289. [10.3390/nu2121266](https://doi.org/10.3390/nu2121266)
- Lu, X., Li, N., Qiao, X., et al. (2018). Effects of thermal treatment on polysaccharide degradation during black garlic processing. *LWT*, 95, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.059>
- Otles, S., Ozgoz, S. (2014). Health effects of dietary fiber. *Acta Sci Pol Technol Aliment*, 13(2), 191-202.
- Phạm, H. P., Lâm, N. T. M., Ái, H. L. X., et al. (2023). Nghiên cứu bổ sung bột vỏ Sầu Riêng giống ri6 (*Durio zibethinus* Murr.) trong chế biến sản phẩm bánh quy. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, 59(4), 124-132. <https://doi.org/10.22144/ctujos.2023.170>
- Prakash, O., Baskaran, R., Chauhan, A. S., et al. (2022). Effect of heat processing on phenolics and their possible transformation in low-sugar high-moisture (LSHM) fruit products from Kainth (*Pyrus pashia* Buch.-ham ex D. Don) fruit. *Food Chemistry*, 370, 130988. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130988>
- Prasanna, V., Prabha, T. N., Tharanathan, R. N. (2007). Fruit ripening phenomena – An overview. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 47(1), 1–19.
- Rho, S. J., Mun, S., Park, J., et al. (2021). Retarding Oxidative and Enzymatic Degradation of Phenolic Compounds Using Large-Ring Cycloamylose. *Foods*, 10(7). [10.3390/foods10071457](https://doi.org/10.3390/foods10071457)
- Schmid, V., Trabert, A., Keller, J., et al. (2021). Defined shear and heat treatment of apple pomace: impact on dietary fiber structures and functional properties. *European Food Research and Technology*, 247(8), 2109-2122. [10.1007/s00217-021-03776-0](https://doi.org/10.1007/s00217-021-03776-0)
- Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am J Enol Vitic*, 16, 144-158.
- Smethers, A. D., Rolls, B. J. (2018). Dietary Management of Obesity: Cornerstones of Healthy Eating Patterns. *Med Clin North Am*, 102(1), 107-124. [10.1016/j.mcna.2017.08.009](https://doi.org/10.1016/j.mcna.2017.08.009)
- Srirajan, S., Mounmued, W., Rungsardthong, V., et al. (2021). Preparation of rice spaghetti with added defatted soy flour, modified starch and durian peel powdered by extrusion method. *Science, Engineering and Health Studies*, 15, 21030003. [10.14456/sehs.2021.5](https://doi.org/10.14456/sehs.2021.5)

- Suleria, H. A. R., Barrow, C. J., Dunshea, F. R. (2020). Screening and Characterization of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Capacity in Different Fruit Peels. *Foods*, 9(9). 10.3390/foods9091206
- Tavares, E., De Souza, A., Buckeridge, M. (2015). How endogenous plant cell-wall degradation mechanisms can help achieve higher efficiency in saccharification of biomass. *Journal of Experimental Botany*, 66. 10.1093/jxb/erv171
- Tayyem, R. F., Al-Shudifat, A. E., Johannessen, A., et al. (2018). Dietary patterns and the risk of coronary heart disease among Jordanians: A case-control study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*, 28(3), 262-269. 10.1016/j.numecd.2017.10.026
- Tejeda-Miramontes, J. P., González-Frías, S. E., Padlon-Manjarrez, S., et al. (2024). Obtaining a fiber-rich ingredient from blueberry pomace through convective drying: Process modeling and its impact on techno-functional and bioactive properties. *LWT*, 210, 116862. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116862>
- Xu, H., Li, S., Song, X., et al. (2018). Exploration of the association between dietary fiber intake and depressive symptoms in adults. *Nutrition*, 54, 48-53. 10.1016/j.nut.2018.03.009
- Zawawi, N. A. F., Hazmi, N. A. M., How, M. S., et al. (2022). Thermal, High Pressure, and Ultrasound Inactivation of Various Fruit Cultivars' Polyphenol Oxidase: Kinetic Inactivation Models and Estimation of Treatment Energy Requirement. *Appl. Sci.*, 12, 1864. <https://doi.org/10.3390/app12041864>
- Zhan, Y. f., Hou, X. t., Fan, L. l., et al. (2021). Chemical constituents and pharmacological effects of durian shell in ASEAN countries: a review. *Chinese Herbal Medicines*, 13(4), 461–471. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2021.10.001>
- Zouari, R., Besbes, S., Ellouze-Chaabouni, S., et al. (2016). Cookies from composite wheat-sesame peels flours: dough quality and effect of *Bacillus subtilis* SPB1 biosurfactant addition. *Food Chem*, 194, 758-769. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.064>