

KHẢO SÁT MỘT SỐ THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ ĐIỀU KIỆN CHIẾT CHẤT MÀU ANTHOCYANIN TỪ VỎ QUẢ CÀ PHÊ (*COFFEA CANEPHORA* PIERRE EX FROEH.)

STUDY ON SOME CHEMICAL COMPOSITIONS AND EXTRACTION CONDITIONS OF ANTHOCYANIN PIGMENTS FROM COFFEE CHERRY OUTER SKIN (*COFFEA CANEPHORA* PIERRE EX FROEH.)

Nguyễn Văn Tạng^{1,2,*}, Đào Duy Hải¹, Lê Thị Kim Ngân¹,
Trần Thị Mỹ Duyên¹, Nguyễn Thị Ngọc Anh¹, Dương Bảo Ngọc¹

DOI: <https://doi.org/10.57001/huinh5804.2025.393>

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tận dụng vỏ quả cà phê tươi (*Coffea canephora* Pierre ex Froeh.) trong quá trình chế biến cà phê theo phương pháp ướt để xác định thành phần hóa học và thu nhận chất màu anthocyanin tự nhiên. Kết quả nghiên cứu xác định được một số thành phần hóa học của vỏ quả cà phê tươi gồm độ ẩm, protein, lipid, tro và carbohydrate lần lượt là 81,06; 1,31; 0,19; 0,76 và 16,69% khối lượng tươi. Điều kiện chiết phù hợp được xác định khi sử dụng dung môi ethanol 40%, phương pháp chiết hỗ trợ siêu âm ở nhiệt độ 60°C, thời gian chiết 30 phút và tỷ lệ dung môi/nguyên liệu là 20mL/g. Hàm lượng anthocyanin tổng (TAC), hàm lượng phenolic tổng (TPC) và khả năng chống oxy hóa thông qua khả năng khử sắt (FRAP) của dịch chiết từ vỏ quả cà phê đạt được cao nhất (tương ứng là 12,66mg/kg chất khô (CK), 10,93mg tương đương acid gallic (GAE)/g CK và 12,11mg tương đương trolox (TE)/g CK). Kết quả đạt được từ nghiên cứu này mở ra một hướng đầy tiềm năng trong việc tận dụng vỏ quả cà phê tươi để thu nhận chất màu anthocyanin ứng dụng trong ngành công nghệ thực phẩm và các ngành công nghiệp khác.

Từ khóa: Anthocyanin, chất màu, thành phần hóa học, vỏ quả cà phê, chiết.

ABSTRACT

This study utilized the fresh coffee cherry outer skin (*Coffea canephora* Pierre ex Froeh.) generated during wet coffee processing to determine its chemical composition and extract natural anthocyanins. The results of the study showed moisture, protein, lipid, ash and carbohydrate of fresh coffee cherry outer skin were 81.06, 1.31, 0.19, 0.76 and 16.69% on a fresh weight basic, respectively. The suitable extraction conditions were achieved using 40% ethanol by volume as solvent, ultrasonic assisted extraction method at 60°C, extraction time of 30 min and solvent/material ratio of 20mL/g. The total anthocyanin content (TAC), total phenolics content (TPC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) of coffee cherry outer skin exhibited the highest levels of 12.66mg/kg dry weight basic (CK), 10.93mg gallic acid equivalents (GAE)/g CK and 12.11mg trolox equivalents (TE)/g CK, respectively. The results suggest that the fresh coffee cherry outer skin is a promising source of natural anthocyanin pigments for application in the food industry and beyond.

Keywords: Anthocyanins, pigments, chemical composition, coffee cherry outer skin, extraction.

¹Nhóm nghiên cứu và phát triển Thực phẩm chức năng, Trường Đại học Nha Trang

²Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang

*Email: tangnv@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 16/7/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 05/10/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2025

1. MỞ ĐẦU

Cà phê là một trong những sản phẩm xuất khẩu chủ lực của Việt Nam, được tiêu thụ tại 80 quốc gia và vùng

lãnh thổ. Trong đó, cà phê với Robusta chiếm 95% tổng giá trị xuất khẩu cà phê. Loại cà phê này được trồng chủ yếu ở vùng Tây Nguyên. Khi đánh giá sự phát triển bền

vững của xuất khẩu nông sản, mức độ ô nhiễm môi trường thường là một vấn đề được quan tâm do sự gia tăng sản lượng xuất khẩu [1]. Để chế biến được sản phẩm cà phê mang chất lượng cao đảm bảo được nhu cầu tiêu dùng trong nước và xuất khẩu, thông thường cà phê được chế biến theo phương pháp ướt. Trong quy trình chế biến này, sau công đoạn xát vỏ, một lượng lớn vỏ quả cà phê bị thải ra môi trường (khoảng 39% khối lượng quả tươi) [2]. Từ lâu, nguồn phụ phẩm vỏ quả này chủ yếu được xử lý bằng cách ứng dụng chế phẩm vi sinh vật đem đi ủ cùng để thành phân hữu cơ sinh học nên giá trị còn thấp và là mối nguy đối với môi trường.

Các hợp chất có trong vỏ cà phê là procyanidin, tiền chất của hợp chất cyanidin, một anthocyanidin [3]. Nghiên cứu phát hiện trong vỏ quả cà phê có chứa anthocyanin, đặc biệt là vỏ quả lúc chín. Vỏ quả cà phê chín có màu đỏ tươi bắt mắt, mặt khác hàm lượng anthocyanin trong vỏ quả cà phê chín đỏ cao hơn vỏ màu cam và vàng [4]. Hiện nay, phần lớn vỏ quả cà phê được sử dụng làm phân bón hữu cơ hay sản xuất ethanol sinh học nên đã bỏ sót lượng chất màu anthocyanin quý giá tồn tại trong vỏ quả cà phê [2]. Trong khi đó, anthocyanin là hợp chất màu có nhiều trong tự nhiên, việc tiêu thụ thường xuyên các hợp chất này mang lại nhiều lợi ích cho sức khỏe con người, chủ yếu là khả năng làm giảm các gốc tự do và các dấu hiệu gây viêm, giúp phòng ngừa các bệnh mãn tính [5]. Tuy nhiên, chưa có nghiên cứu nào được thực hiện để thu nhận chất màu anthocyanin trong vỏ quả cà phê.

Chiết là phương pháp thu nhận các hợp chất tự nhiên. Trong đó, dung môi có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng chiết các hợp chất ra khỏi nguyên liệu [6]. Anthocyanin có gốc hydrocarbon kỵ nước, dễ tan trong dung môi hữu cơ, trong khi các nhóm polyphenol phân cực tan tốt trong dung môi phân cực. Do đó, ancol/nước là hệ dung môi thông dụng dùng trong chiết tách anthocyanin [7]. Các kết quả nghiên cứu cho thấy, methanol và ethanol là hai loại ancol thường dùng để chiết tách anthocyanin [8-10]. Phương pháp chiết cũng ảnh hưởng lớn đến khả năng chiết tách hoạt chất sinh học. Một số phương pháp chiết đã được sử dụng phổ biến như chiết truyền thống, chiết hỗ trợ siêu âm, chiết hỗ trợ vi sóng [6]. Nhiệt độ chiết là yếu tố quan trọng, khi nhiệt độ cao, độ nhớt giảm và tốc độ khuếch tán tăng, giúp hòa tan tốt các chất trong nguyên liệu [11]. Tuy nhiên, anthocyanin dễ bị phá hủy bởi nhiệt độ cao nên cần phải khảo sát nhiệt độ chiết để thu được hàm lượng anthocyanin cao nhất. Bên cạnh đó, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu và thời gian chiết cũng ảnh

hưởng đáng kể đến khả năng khuếch tán, hòa tan và chiết tách chất màu anthocyanin trong nguyên liệu [12].

Vì vậy, mục đích của nghiên cứu này là xác định một số thành phần hóa học của vỏ quả cà phê tươi, đồng thời khảo sát ảnh hưởng của dung môi, phương pháp, nhiệt độ, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu và thời gian chiết đến khả năng chiết tách chất màu anthocyanin, phenolic tổng và hoạt tính chống oxy hóa khử sắt của dịch chiết từ vỏ quả cà phê. Từ đó, lựa chọn được điều kiện chiết phù hợp nhất để thu nhận chất màu anthocyanin từ vỏ quả cà phê cho các nghiên cứu và ứng dụng tiếp theo, góp phần phát triển nền kinh tế tuần hoàn ở Việt Nam.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu, hóa chất và thiết bị

Vỏ quả cà phê tươi (Robusta coffee cherry outer skin) được thu nhận sau quá trình chế biến cà phê theo phương pháp ướt tại Viện Khoa học Kỹ thuật Nông Lâm Nghiệp Tây Nguyên, tỉnh Đắk Lắk vào tháng 02/2024. Vỏ quả tươi được bảo quản trong thùng xốp kín phủ đá gel để giữ tươi và đưa về Trường Đại học Nha Trang, sau đó được đựng trong túi zip và bảo quản đông ở -20°C để ổn định chất lượng đến khi sấy khô [13].

Các hóa chất sử dụng đạt chuẩn phân tích gồm: thuốc thử Folin-Ciocalteu, methanol, ethanol, 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) và trolox (Sigma-Aldrich); Na_2CO_3 , NaHCO_3 , KCl, $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, glacial acetic acid và HCl (Shanghai Lanji Technology Development Co., Ltd.); gallic acid (Shanghai Zhanyun Chemical Com., Ltd.).

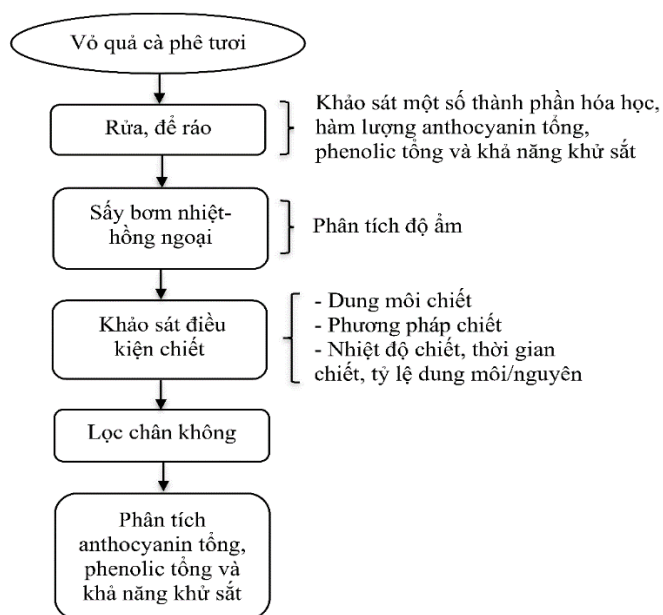
Cân phân tích BL 3200H độ chính xác 0,001g và EE05 Precisa độ chính xác 0,0001g, thiết bị sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại BN-HN (Việt Nam), máy xay khô Philips (Hà Lan), bể ổn nhiệt VS-1205SW1 VISION (Hàn Quốc), bể chiết siêu âm Branson 2510 (100W, 40kHz; Hoa Kỳ), lò vi sóng Elextrolux EMS 3067X (900W; Trung Quốc), hệ thống thiết bị chiết hỗ trợ vi sóng BRN 01 (Việt Nam), thiết bị lọc chân không ROCKER 300 (Đài Loan), máy quang phổ kế (UV- VIS) Libra S50 (Hoa Kỳ).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Sơ đồ nghiên cứu tổng quát được trình bày trên hình 1.

2.2.1. Phân tích thành phần hóa học của vỏ quả cà phê tươi

Một số thành phần hóa học của vỏ quả cà phê tươi gồm độ ẩm, protein, lipid, tro và carbohydrate được phân tích theo các phương pháp chuẩn tương ứng theo TCVN 9706:2013, phương pháp Kjeldahl (hệ số Nito 6,25), phương pháp Soxhlet, 10TCN 848:2006 và AOAC 986.25. Kết quả được tính theo % khối lượng tươi.



Hình 1. Sơ đồ nghiên cứu tổng quát

2.2.2. Chuẩn bị mẫu khô

Trước khi sử dụng, vỏ quả cà phê tươi được rửa sạch, để ráo và sấy bằng thiết bị sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại ở nhiệt độ $50 \pm 0,5^\circ\text{C}$ và độ ẩm tương đối của không khí 28 - 30% đến khối lượng không đổi (5 giờ 40 phút) [14]. Mẫu sau khi sấy khô được xay nhỏ bằng máy xay khô và rây bằng sàng rây kích thước 1,0mm. Mẫu sau khi xay được đựng trong túi zip PA (250 g/túi) và bảo quản trong tủ đông ở -20°C đến khi sử dụng (trong vòng 12 tháng).

2.2.3. Xác định độ ẩm của mẫu khô

Sấy cốc trong tủ sấy ở nhiệt độ 105°C đến khối lượng không đổi, dùng cân phân tích xác định khối lượng cốc khô (m_0 (g)). Cho một lượng bột vi bao nhất định vào cốc sấy, đem đi cân trên cân phân tích, ghi nhận khối lượng, khi đó tổng khối lượng cốc và mẫu là m_1 (g). Tiếp theo, đặt cốc sấy vào tủ sấy ở nhiệt độ 105°C đến khối lượng không đổi (trong 5 giờ). Sau đó, lấy cốc sấy cho vào bình hút ẩm khoảng 30 phút, cân cốc mẫu đã sấy. Khi đó, khối lượng cốc và mẫu sấy là m_2 (g) [15].

Tính độ ẩm (W) như sau:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 (\%)$$

Trong đó:

m_0 : Khối lượng cốc sau khi sấy đến khối lượng không đổi (g)

m_1 : Khối lượng cốc và mẫu trước khi sấy (g)

m_2 : Khối lượng cốc và mẫu sau khi sấy đến khối lượng không đổi (g)

2.2.4. Ảnh hưởng của điều kiện chiết mẫu khô

Ảnh hưởng của dung môi chiết

Cân 1,0g mẫu vỏ quả cà phê khô vào ống ly tâm 50mL, sau đó dùng ống đong 40mL các dung môi gồm nước, EtOH (20%, 40%, 60%, 80%, 100% thể tích (V) và MeOH (20%, 40%, 60%, 80%, 100% V) vào ống và đậy kín. Tiến hành chiết trong bể ổn nhiệt ở nhiệt độ 50°C trong 30 phút [13].

Ảnh hưởng của phương pháp chiết

Cân 1,0g mẫu vỏ quả cà phê khô vào ống ly tâm 50mL, sau đó dùng ống đong 40mL dung môi đã được lựa chọn vào ống và đậy kín. Tiến hành chiết bằng 03 phương pháp khác nhau: (1) chiết trong bể ổn nhiệt ở nhiệt độ 50°C trong 30 phút; (2) chiết hỗ trợ siêu âm ở mật độ công suất siêu âm 200W/L, tần số 40kHz, nhiệt độ 50°C trong 30 phút; (3) chiết hỗ trợ vi sóng ở công suất 450W, thời gian bức xạ 5 giây/phút trong 30 phút [13]. Các quá trình chiết không thực hiện khuấy và lắc.

Ảnh hưởng của các thông số chiết

Cân 1,0 g mẫu vỏ quả cà phê khô vào ống ly tâm 50mL, sau đó dùng ống đong 20mL dung môi chiết đã được lựa chọn và đậy kín. Tiến hành chiết bằng phương pháp đã được lựa chọn ở các nhiệt độ khác nhau 30, 40, 50, 60, 70, 80°C trong 20 phút, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu khác nhau 10, 20, 30, 40mL/g ở nhiệt độ đã được lựa chọn trong 20 phút và thời gian chiết khác nhau 10, 20, 30, 40 phút ở nhiệt độ và tỷ lệ dung môi/nguyên liệu đã được lựa chọn.

Quá trình chiết được lặp lại 4 lần ở điều kiện phù hợp nhất để thu nhận tối đa chất màu anthocyanin trong vỏ quả cà phê, dịch chiết 4 lần (4x20mL) được gom lại để xác định hàm lượng anthocyanin tổng trong vỏ quả cà phê tươi làm cơ sở đánh giá sự phù hợp của điều kiện chiết được lựa chọn.

Sau khi chiết, mẫu được làm nguội nhanh bằng cách ngâm trong nước lạnh ($4 - 6^\circ\text{C}$) rồi đem đi lọc bằng giấy lọc định lượng Newstar 11 μm để thu hồi dịch chiết và định lượng về cùng thể tích bằng các dung môi tương ứng. Dịch chiết được bảo quản ở -20°C để ổn định cho quá trình phân tích tiếp theo.

2.2.5. Phân tích hàm lượng anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa khử sắt của vỏ quả cà phê

Phân tích hàm lượng anthocyanin tổng

TAC của vỏ quả cà phê tươi được xác định bằng phương pháp đo màu sử dụng máy UV-VIS [16]. Cụ thể, hút 500 μL dịch chiết vào bình định mức 5mL, định mức lên 5mL bằng

dung dịch đệm KCl/HCl pH 1,0. Quy trình tương tự thực hiện đối với dung dịch đệm Natriacetat pH 4,5. Đo quang phổ hai mẫu trên máy UV-VIS vùng tử ngoại $\lambda = 520\text{nm}$ và $\lambda = 700\text{nm}$. Hàm lượng (HL) anthocyanin tổng (mg/kg CK) được tính theo công thức sau:

$$\text{HL}_{\text{anthocyanin}} \left(\frac{\text{mg}_{\text{anthocyanin}}}{\text{g}_{\text{dịch chiết thô}}} \right) = \left\{ \frac{\left[\frac{(\text{Abs}_{520\text{nm}} - \text{Abs}_{700\text{nm}})_{\text{pH}1.0}}{-(\text{Abs}_{520\text{nm}} - \text{Abs}_{700\text{nm}})_{\text{pH}4.5}} \right] \times \text{MW} \times \text{DF}}{\epsilon \times L} \right\} \times \frac{1}{x}$$

Trong đó: $\text{Abs}_{520\text{nm}}$ và $\text{Abs}_{700\text{nm}}$ là độ hấp thụ của mẫu tại bước sóng 520nm và 700nm ở pH = 1,0 và pH = 4,5, MW là khối lượng phân tử của cyanidin-3-glucoside (449,2g/mol), DF hệ số pha loãng, ϵ : hệ số hấp thụ phân tử (26900L/mol.cm) cho cyanidin-3-glucoside, L là chiều dài cuvet (1cm), x là nồng độ dịch chiết anthocyanin thô (mg/mL), thay đổi theo điều kiện chiết.

Phân tích hàm lượng phenolics tổng số (TPC)

Hút 0,5mL dịch chiết trộn với 2,5mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10% (v/v) trong nước cất, để ổn định trong 6 phút. Sau đó, thêm vào 2mL dung dịch Na_2CO_3 7,5% (w/v) trong nước cất và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 1 giờ. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở 765nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Gallic acid được sử dụng làm chất chuẩn. Hàm lượng phenolics tổng số được biểu diễn tương đương với mg acid gallic/g chất khô (mg GAE/g chất khô) [17].

Khả năng khử sắt (FRAP)

Chuẩn bị 03 chất thử phản ứng gồm Chất thử A: 300mM dung dịch đệm acetate trong nước cất, pH 3,6. Chất thử B: 10mM TPTZ (2,4,6- dung dịch tripyridyl-s-triazine) trong HCl 40mM. Chất thử C: 20mM dung dịch $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ trong nước cất. Chất thử phản ứng FRAP được chuẩn bị ngay trước mỗi thí nghiệm bằng cách trộn 03 chất thử A, B và C theo tỷ lệ 10: 1: 1. Tiếp đó, trộn 0,15mL dịch chiết với 2,85mL dung dịch chất thử FRAP và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 593nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Kết quả được biểu diễn tương đương mg trolox (TE)/g chất khô [18].

Hiệu suất chiết TAC, TPC và FRAP được tính dựa trên giá trị đạt được ở điều kiện chiết lựa chọn phù hợp so với giá trị tương ứng trong vỏ quả cà phê tươi (%).

2.3. Xử lý số liệu thực nghiệm

Tất cả thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Kết quả được phân tích bằng phần mềm SPSS phiên bản 22.0 và được thể

hiện là trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. So sánh thống kê được thực hiện bằng phân tích phương sai một chiều (One-way ANOVA) và kiểm định Duncan. Giá trị $p < 0,05$ chỉ ra có sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Một số thành phần hóa học, hàm lượng chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa của vỏ quả cà phê tươi

Một số thành phần hóa học, hàm lượng chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa của vỏ quả cà phê tươi được trình bày ở bảng 1. Kết quả cho thấy, vỏ quả cà phê tươi là nguyên liệu có hàm lượng nước rất cao (81,06%). Điều này có thể ảnh hưởng tích cực đến khả năng giải phóng anthocyanin khi chiết tươi nhưng yêu cầu phải xử lý khô phù hợp để thuận lợi cho quá trình bảo quản và chiết (độ ẩm vỏ quả cà phê sau sấy khô còn lại 12,63%). Hàm lượng nước cao cũng khiến các cấu trúc tế bào mềm hơn, tạo điều kiện thuận lợi cho dung môi tiếp cận và phá vỡ màng tế bào, từ đó tăng hiệu suất chiết [16].

Bảng 1. Một số thành phần hóa học, hàm lượng chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa của vỏ cà phê tươi

Thành phần hóa học	Hàm lượng (% khối lượng tươi)	TAC, TPC và FRAP	Hàm lượng
Độ ẩm	$81,06 \pm 0,15$	TAC	15,63mg/kg CK
Protein	$1,31 \pm 0,03$	TPC	13,73mg GAE/g CK
Lipid	$0,19 \pm 0,01$	FRAP	17,99mg TE/g CK
Tro	$0,76 \pm 0,01$		
Carbohydrate	$16,69 \pm 0,11$		

Ghi chú: Kết quả thể hiện giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn. GAE: tương đương acid gallic, TE: tương đương trolox, CK: chất khô.

Protein và lipid đều có thể ảnh hưởng đến hiệu suất chiết xuất anthocyanin do khả năng tương tác với các hợp chất phân cực. Protein có thể liên kết với anthocyanin thông qua liên kết hydro và tương tác kỵ nước, dẫn đến hình thành phức hợp hoặc kết tủa, làm giảm hiệu suất chiết cũng như ảnh hưởng đến màu sắc dịch chiết. Lipid với đuôi acid béo dài không phân cực, có xu hướng tự tập hợp thành các môi trường kỵ nước, từ đó cản trở sự thâm nhập của dung môi phân cực như ethanol vào mô thực vật, hạn chế sự hòa tan và khuếch tán của anthocyanin [16, 19]. Tuy nhiên, vỏ quả cà phê tươi có hàm lượng protein (1,31%) và lipid (0,19%) đều ở mức rất thấp. Điều này làm giảm khả năng tạo liên kết kỵ nước hoặc phức hợp với anthocyanin cũng như môi trường kỵ nước do lipid tạo ra, từ đó hạn chế các tác động bất lợi đến quá

trình chiết tách. Một nghiên cứu khác cho thấy lá cây mật gấu có hàm lượng protein (23,25%) và lipid (3,53%) cao hơn nhiều so với vỏ quả cà phê nên sẽ không có lợi trong việc duy trì hiệu suất chiết anthocyanin [20].

Hàm lượng tro là những chất vô cơ sau khi đốt cháy hoặc oxy hóa hoàn toàn chất hữu cơ trong mẫu. Tro trong vỏ quả cà phê tươi có giá trị trung bình 0,76%, cho thấy một lượng nhất định ion kim loại tồn tại trong cấu trúc vỏ. Một số kim loại nặng có thể xúc tác sự phân hủy anthocyanin, trong khi các ion kim loại kiềm hoặc kiềm thổ có thể ảnh hưởng đến trạng thái cân bằng màu của anthocyanin thông qua pH hoặc hình thành phức với nhóm hydroxy [16, 19]. So sánh với nguyên liệu khác, hàm lượng tro trong vỏ quả cà phê thấp hơn so với vỏ quả ca cao có hàm lượng tro trung bình là 2,30% [21]. Điều này cho thấy vỏ cà phê chứa ít khoáng hơn, đồng thời cũng có thể ít nguy cơ ảnh hưởng đến anthocyanin từ khoáng chất hơn trong một số điều kiện chiết nhất định.

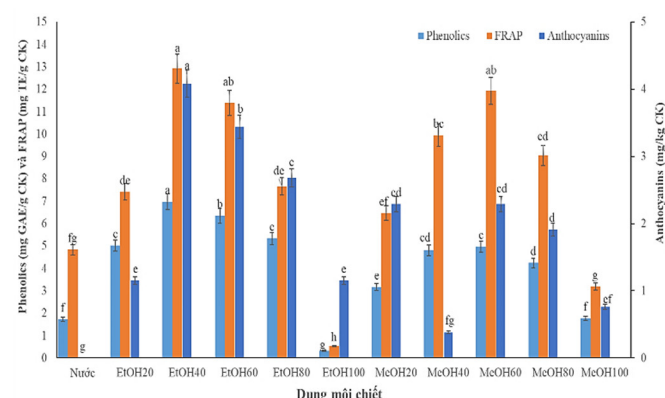
Vỏ quả cà phê tươi có hàm lượng protein, lipid và tro thấp. Tuy nhiên, hàm lượng carbohydrate khá cao (16,69%), chủ yếu bao gồm cellulose, hemicellulose và pectin là những thành phần cấu thành chất xơ thực vật. Sự hiện diện của chất xơ ở mức cao có thể tạo nên một ma trận cấu trúc chặt chẽ, từ đó hạn chế sự khuếch tán của anthocyanin ra khỏi tế bào trong quá trình chiết nếu không có quá trình xử lý trước khi chiết. Bên cạnh đó một số nghiên cứu cũng chỉ ra rằng pectin có thể góp phần ổn định anthocyanin trong dung dịch sau chiết, giúp giảm tốc độ oxy hóa và hạn chế sự biến đổi màu sắc trong quá trình bảo quản [22].

Bảng 1 cho thấy, TAC của vỏ quả cà phê tươi được xác định là 15,63mg/kg CK, thấp hơn so với hàm lượng anthocyanin tổng trong bã nhỏ là 0,31mg/g CK [14], trong củ hành tím là 24,17mg/100g CK [11] và trong củ khoai lang tím khoảng 209mg/100g CK [7]. TPC và FRAP của vỏ quả cà phê tươi cũng được xác định tương ứng là 13,73mg GAE/g CK và 17,99mg TE/g CK. Do đó, vỏ quả cà phê tươi là một nguồn giàu anthocyanin và chất chống oxy hóa tự nhiên, dồi dào, giá rẻ, tái tạo và bền vững cho phát triển nền kinh tế tuần hoàn.

3.2. Ảnh hưởng của dung môi chiết đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa từ vỏ quả cà phê

Ảnh hưởng của dung môi chiết đến khả năng chiết TAC, TPC và FRAP của vỏ quả cà phê được thể hiện ở hình 2. Kết quả cho thấy, trong các dung môi khảo sát, chiết bằng dung môi ethanol 40% V cho kết quả TAC (3,84mg/kg CK), TPC (6,09mg GAE/g CK) và FRAP (11,29mg TE/g CK) khác

biệt đáng kể so với các dung môi còn lại. Dung môi ethanol 80%V cho kết quả TAC (4,01mg/kg CK) không có sự khác biệt so với dung môi ethanol 40%V, tuy nhiên kết quả TPC (4,67mg GAE/g CK) và FRAP (6,69mg TE/g CK) lại thấp hơn đáng kể ($p < 0,05$) so với dung môi ethanol 40%. Vì vậy, để giảm chi phí dung môi, đảm bảo an toàn cho người sử dụng và môi trường, chúng tôi đề xuất lựa chọn dung môi ethanol 40%V để chiết tách anthocyanin từ vỏ quả cà phê cho ứng dụng tiếp theo. Kết quả nghiên cứu này cũng tương đồng với các kết quả nghiên cứu trước đây là dung môi và nồng độ dung môi ethanol có ảnh hưởng lớn đến khả năng chiết chất màu anthocyanin từ khoai lang tím [7], vỏ khoai lang tím [23] và củ hành tím có hỗ trợ siêu âm [11] bởi vì chúng ảnh hưởng đến độ phân cực của dung môi (độ phân cực của nước, ethanol và methanol tương ứng là 9,0; 5,2 và 5,1), yếu tố quyết định đến khả năng hòa tan anthocyanin vào dung môi [6]. Khi tăng nồng độ dung môi ethanol thì khả năng chiết chất màu anthocyanin cũng tăng, sau đó giảm hoặc đạt trạng thái cân bằng. Nghiên cứu cho thấy, nồng độ ethanol 60%V là tốt nhất để chiết tách chất màu anthocyanin từ vỏ khoai lang tím [23].



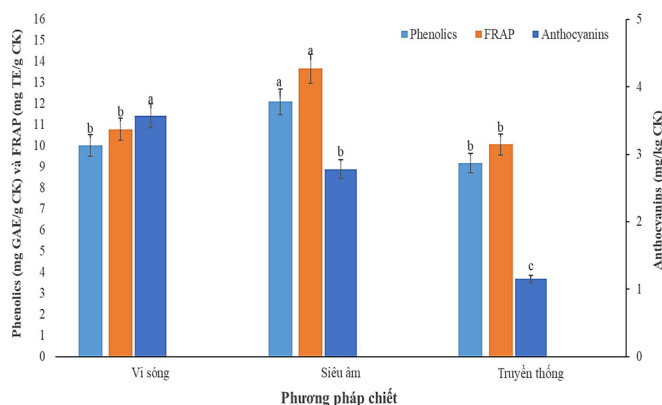
Hình 2. Ảnh hưởng của dung môi chiết đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa khử sắt của vỏ quả cà phê

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên các cột cùng màu chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$). EtOH: ethanol, MeOH: methanol. GAE: tương đương acid gallic, TE: tương đương trolox, CK: chất khô.

3.3. Ảnh hưởng của phương pháp chiết đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa từ vỏ quả cà phê

Ảnh hưởng của phương pháp chiết đến khả năng chiết TAC, TPC và FRAP của vỏ quả cà phê được trình bày ở hình 3. Kết quả cho thấy TAC, TPC và FRAP khi sử dụng phương pháp chiết hỗ trợ vi sóng và phương pháp hỗ trợ siêu âm (tương ứng là 2,5 - 3,12mg/kg CK; 8,76 - 10,56mg GAE/g CK; 9,43 - 11,94mg TE/g CK) cao hơn so với sử dụng phương pháp truyền thống (tương ứng là 1,0mg/kg CK;

8,02mg GAE/g CK; 8,80mg TE/g CK). Phương pháp chiết hỗ trợ vi sóng có TAC, TPC và FRAP cao hơn phương pháp truyền thống là do bức xạ vi sóng tác động lên các phân tử phân cực (H_2O , ethanol) tạo dao động quay xung quanh trục của chúng, dao động này làm sinh nhiệt và tăng nhanh nhiệt độ từ trong tâm vật liệu ra ngoài. Nhiệt sinh ra cục bộ tạo sự chênh lệch áp suất lớn làm phá vỡ cấu trúc tế bào thực vật, từ đó làm dịch chuyển các hợp chất trong tế bào ra ngoài. Tuy nhiên, để phù hợp với thiết bị chiết quy mô lớn trong công nghiệp nên lựa chọn phương pháp chiết hỗ trợ siêu âm để thu nhận chất màu anthocyanin từ vỏ quả cà phê [13]. Kết quả nghiên cứu này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu trước đây cho thấy phương pháp chiết hỗ trợ vi sóng có khả năng chiết chất màu anthocyanidin từ nho đen, đậu nành đen, cà rốt đen và gạo đen cao hơn so với phương pháp chiết truyền thống từ 1,2 đến 3,0 lần [24], trong khi đó phương pháp chiết hỗ trợ vi sóng và siêu âm có khả năng chiết hợp chất phenolic, saponin và alkaloid từ vỏ quả cacao tốt hơn so với phương pháp chiết truyền thống [13].



Hình 3. Ảnh hưởng của phương pháp chiết đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa khử sắt của vỏ quả cà phê

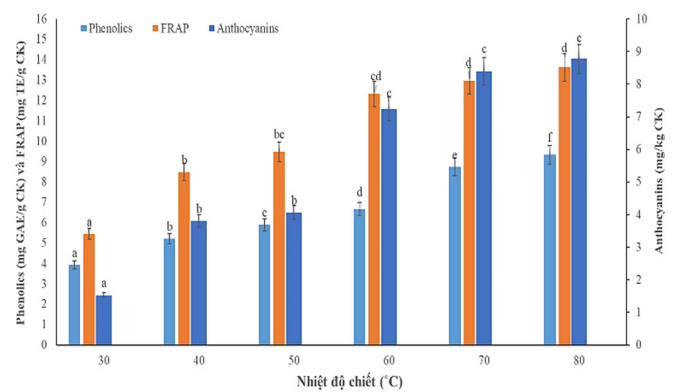
Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên các cột cùng màu chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$). GAE: tương đương acid gallic, TE: tương đương trolox, CK: chất khô.

3.4. Ảnh hưởng của các thông số chiết đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa của vỏ quả cà phê

Nhiệt độ chiết ảnh hưởng đến độ nhớt của dung môi chiết, khi tăng nhiệt độ chiết thì độ nhớt của dung môi chiết giảm, từ đó tăng khả năng khuếch tán và hòa tan của chất tan vào dung môi. Tuy nhiên, khi nhiệt độ chiết tăng cao thì các hợp chất kém bền nhiệt dễ bị phân hủy làm chúng bị tổn thất trong quá trình chiết và tiêu tốn nhiều năng lượng, từ đó tăng chi phí và tăng lượng khí thải carbon [23]. Bên cạnh đó, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu

và thời gian chiết cũng ảnh hưởng đến khả năng khuếch tán và hòa tan của chất tan vào dung môi, do đó làm tăng hiệu suất chiết chất tan. Tuy nhiên, khi tăng tỷ lệ dung môi/nguyên liệu và thời gian chiết cũng tiêu tốn lượng dung môi chiết và năng lượng trong quá trình chiết cũng như để loại bỏ dung môi sau khi chiết nhiều hơn, từ đó làm tăng chi phí và tăng lượng khí thải carbon [25]. Vì vậy, khảo sát để lựa chọn được nhiệt độ chiết, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu và thời gian chiết phù hợp là hết sức cần thiết và có ý nghĩa lớn.

Ảnh hưởng của nhiệt độ chiết, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu và thời gian chiết đến khả năng chiết TAC, TPC và FRAP của vỏ quả cà phê được thể hiện tương ứng trên hình 4, 5 và 6.



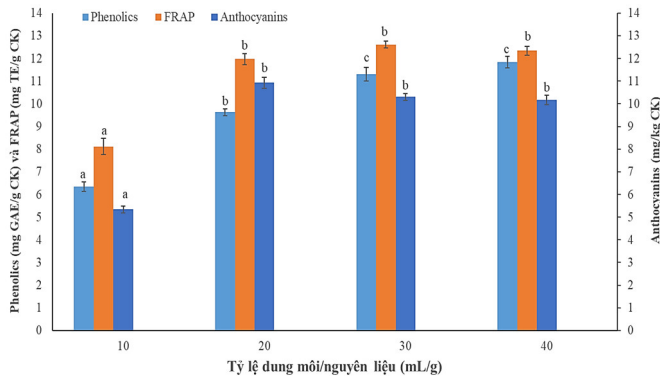
Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ chiết đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa khử sắt của vỏ quả cà phê

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên các cột cùng màu chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$). GAE: tương đương acid gallic, TE: tương đương trolox, CK: chất khô.

Hình 4 cho thấy, TAC tăng khi tăng nhiệt độ chiết từ 60°C lên 70°C và 80°C (lần lượt là 6,33, 7,33, 7,66mg/kg CK) nhưng không có sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$). Trong khi đó, TPC tăng dần khi nhiệt độ chiết tăng từ 30°C đến 80°C, nhưng TPC ở nhiệt độ 60°C (5,83mg GAE/g CK) thấp hơn khá đáng kể so với ở nhiệt độ 70°C và 80°C. Tuy nhiên, FRAP ở 60°C so với 70°C và 80°C không khác biệt đáng kể (lần lượt là 10,78; 1,32; 11,91mg TE/g CK). Do vậy, để tiết kiệm chi phí năng lượng cho quá trình chiết tách nên lựa chọn nhiệt độ chiết 60°C.

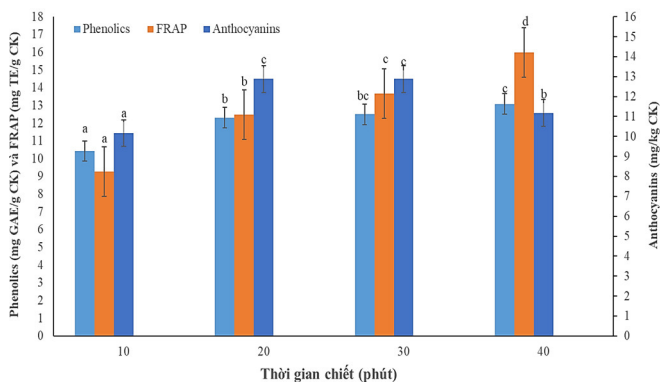
Hình 5 cho thấy, khi tăng tỷ lệ dung môi/nguyên liệu từ 10 lên 40mL/g thì TAC cũng khác nhau, cụ thể khi tăng từ 10 lên 20mL/g thì TAC tăng nhanh (tương ứng là 4,66 và 9,55mg/kg CK), nhưng khi tăng từ 30 lên 40mL/g thì TAC lại có xu hướng giảm (tương ứng là 9,0 và 8,88mg/kg CK) nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Trong khi đó, TPC và FRAP cũng không có sự

khác biệt đáng kể khi tăng tỷ lệ dung môi/nguyên liệu từ 30mL/g lên 40mL/g. Điều này cho thấy khi tăng tỷ lệ dung môi/nguyên liệu từ 30 lên 40mL/g thì quá trình chiết đã đạt đến trạng thái cân bằng, nghĩa là sự khuếch tán và hòa tan chất tan của dung môi đã đạt cực đại. Vậy nên, để tiết kiệm dung môi, giảm chi phí thu hồi và thời gian cho việc loại bỏ dung môi, chọn tỷ lệ của dung môi/nguyên liệu là 20mL/g.



Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi/nguyên liệu đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa khử sắt của vỏ quả cà phê

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$). GAE: tương đương acid gallic, TE: tương đương trolox, CK: chất khô.



Hình 6. Ảnh hưởng của thời gian chiết đến khả năng chiết chất màu anthocyanin tổng, phenolic tổng và khả năng chống oxy hóa khử sắt của vỏ quả cà phê

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột chỉ ra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% ($p < 0,05$). GAE: tương đương acid gallic, TE: tương đương trolox, CK: chất khô.

Hình 6 cho thấy, khi tăng thời gian chiết thì TAC thu được tăng lên và đạt cao nhất trong khoảng từ 20 đến 30 phút (12,66mg/kg CK), nhưng khi tiếp tục tăng thời gian chiết đến 40 phút thì TAC lại giảm xuống còn 11,11mg/kg CK. Nguyên nhân là do quá trình khuếch tán và hòa tan các hợp chất này vào dung môi xảy ra nhanh. Tuy nhiên, nếu kéo dài thời gian chiết thì anthocyanin có thể bị phân

hủy hoặc oxy hóa, dẫn đến hàm lượng trong dịch chiết giảm. Bên cạnh đó, TPC và FRAP cũng tăng không đáng kể khi kéo dài thời gian chiết đến 40 phút (tương ứng 11,43mg GAE/g CK và 13,82mg TE/g CK). Do vậy, để đạt được hàm lượng chất màu anthocyanin cao nhất và tiết kiệm chi phí năng lượng, chọn thời gian chiết hỗ trợ siêu âm phù hợp nhất là 30 phút.

Kết quả nghiên cứu này cũng tương đồng với các kết quả nghiên cứu trước đây về chiết tách chất màu anthocyanin từ khoai lang tím [7] và từ củ hành tím có hỗ trợ siêu âm [11] là khi tăng nhiệt độ chiết, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu và thời gian chiết thì khả năng chiết chất màu anthocyanin tăng, sau đó giảm hoặc đạt trạng thái cân bằng.

Như vậy, điều kiện chiết chất màu anthocyanin từ vỏ quả cà phê phù hợp nhất cho ứng dụng tiếp theo là sử dụng dung môi ethanol 40%V, phương pháp chiết hỗ trợ siêu âm ở nhiệt độ 60°C, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu 20mL/g và thời gian 30 phút. Ở điều kiện này, hiệu suất chiết TAC, TPC và FRAP đạt được tương ứng là 81,0%, 83,25% và 69,13% so với vỏ quả cà phê tươi. Điều này cho thấy điều kiện chiết được đề xuất trong nghiên cứu này ở mức có thể chấp nhận.

Tuy nhiên, kết quả khảo sát ảnh hưởng của các thông số tác động chính (nhiệt độ chiết, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu và thời gian chiết) đến khả năng chiết TAC, TPC và FRAP từ vỏ quả cà phê cho thấy cả ba thông số này đều có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng chiết TAC, TPC và FRAP từ vỏ quả cà phê. Do vậy, nghiên cứu tiếp theo sẽ tiến hành tối ưu hóa các thông số ảnh hưởng để đánh giá sự tương tác giữa các yếu tố bằng phương pháp bề mặt đáp ứng nhằm đạt hiệu suất chiết TAC, TPC và FRAP cao hơn.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy vỏ quả cà phê tươi có hàm lượng nước rất cao (81,06%), hàm lượng carbohydrate khá cao (16,69%) nhưng hàm lượng protein và lipid ở mức rất thấp (tương ứng 1,31 và 0,19%), còn hàm lượng tro ở mức trung bình (0,76%). TAC, TPC và FRAP của vỏ quả cà phê tươi khá cao (tương ứng 15,63mg/kg CK, 13,73mg GAE/g CK và 17,99mg TE/g CK). Điều kiện chiết chất màu anthocyanin từ vỏ quả cà phê phù hợp nhất cho ứng dụng tiếp theo được đề xuất là sử dụng dung môi ethanol 40%V, phương pháp chiết hỗ trợ siêu âm ở nhiệt độ 60°C, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu 20mL/g và thời gian 30 phút.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Nha Trang thông qua "Nghiên cứu chiết tách và thử nghiệm

ứng dụng chất màu anthocyanins từ vỏ quả cà phê để tạo màu cho một số thực phẩm", mã số SV2023-13-31.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Thanh Kim, Trần Thị Hoàng hà, "Phát triển bền vững xuất khẩu nông sản Việt Nam - Nghiên cứu điển hình mặt hàng cà phê," *Tạp chí Khoa học Thương mại*, 166, 37-43, 2022.
- [2]. Oliveira G., Passos C. P., Ferreira P., Coimbra M. A., Gonçalves I. "Coffee by-products and their suitability for developing active food packaging materials," *Foods*, 10, 683, 2021.
- [3]. Volz R. K., McGhie T. K., Kumar S., "Variation and genetic parameters of fruit colour and polyphenol composition in an apple seedling population segregating for red leaf," *Tree genetics & genomes*, 10, 953-964, 2014.
- [4]. Esquivel P., Viñas M., Steingass C. B., Gruschwitz M., Guevara E., Carle R., Schweiggert R. M., Jiménez V. M., "Coffee (*Coffea arabica* L.) by-products as a source of carotenoids and phenolic compounds-Evaluation of varieties with different peel color," *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 590597, 2020.
- [5]. Saha P., Das S., Khanom S. A. A., Islam L., Begum S., Parveen S. "Nutritional & microbiological quality assessment of dehydrated jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) seed powder," *Octa Journal of Biosciences*, 4, 49-52, 2016.
- [6]. Nguyen V. T., Pham H. N. T., Bowyer M. C., van Altena I. A., Scarlett C. J. "Influence of solvents and novel extraction methods on bioactive compounds and antioxidant capacity of *Phyllanthus amarus*," *Chemical Papers*, 70, 556-566, 2016.
- [7]. Quynh T. T. T., Cúc H. T. K., Thúy C. T. N., Cường Đ. H., "Chiết tách chất màu anthocyanins từ khoai lang tím," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Đà Nẵng*, 11, 55-59, 2014.
- [8]. Lee J., Durst R., Wrolstad R., "AOAC official method 2005.02: total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method," *Official methods of analysis of AOAC International*, 2, 2005.
- [9]. Bridgers E. N., Chinn M. S., Truong V. D., "Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars," *Industrial crops and products*, 32, 613-620, 2010.
- [10]. Truong V., Hu Z., Thompson R., Yencho G., Pecota K., "Pressurized liquid extraction and quantification of anthocyanins in purple-fleshed sweet potato genotypes," *Journal of food composition and Analysis*, 26, 96-103, 2012.
- [11]. Khanh Đ., Quỳnh C., Hằng H., "Xác định điều kiện tối ưu tách chiết anthocyanin có hỗ trợ siêu âm từ củ hành tím Sóc Trăng," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 5, 31-37, 2022.
- [12]. Nguyễn T. T., Trần T. D., "Nghiên cứu tách chiết chất màu anthocyanin từ hoa đậu biếc (*Clitoria Ternateana*)," *Tạp chí Công nghiệp Nông thôn*, 36, 81-92, 2019.
- [13]. Tạng N. V., Hạnh T. T. M., An P. C., Trâm P. T. B., Trung H. Q., Giang T. T., "Ảnh hưởng của dung môi và phương pháp trích ly đến khả năng chiết tách các hợp chất phenolics, saponins và alkaloids từ vỏ quả ca cao (*Theobroma cacao* L.)," *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 71-78, 2020.
- [14]. Aktaş M., Taşeri L., Şevik S., Gülcü M., Uysal Seçkin G., Dolgun E. C., "Heat pump drying of grape pomace: Performance and product quality analysis," *Drying Technology*, 37, 1766-1779, 2019.
- [15]. AOAC, *Official methods of analysis*, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC., 1998.
- [16]. Favaro L. I., Balcão V. M., Rocha L. K., Silva E. C., Oliveira Jr J. M., Vila M. M., Tubino M., "Physicochemical characterization of a crude anthocyanin extract from the fruits of Jussara (*Euterpe edulis* Martius): potential for food and pharmaceutical applications," *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 29, 2072-2088, 2018.
- [17]. Singleton V. L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R. M., "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent," in Packer, L. (Ed.). *Oxidants and Antioxidants Part A. Methods in Enzymology*, Elsevier, Amsterdam, 299, 152-178, 1999.
- [18]. Vuong Q. V., Hirun S., Roach P. D., Bowyer M. C., Phillips P. A., Scarlett C. J., "Effect of extraction conditions on total phenolic compounds and antioxidant activities of *Carica papaya* leaf aqueous extracts," *Journal of Herbal Medicine*, 3, 104-111, 2013.
- [19]. Staroszczyk H., Sikorski Z. E., *Chemical and Functional Properties of Food Components*. CRC Press: 2023.
- [20]. Atangwho I., Ebong P., Eyong E., Williams I., Eten M., Egbung G., "Comparative chemical composition of leaves of some antidiabetic medicinal plants: *Azadirachta indica*, *Vernonia amygdalina* and *Gongronema latifolium*," *African Journal of Biotechnology*, 8, 2009.
- [21]. Nguyen V. T., "Mass proportion, proximate composition and effects of solvents and extraction parameters on pigment yield from cacao pod shell (*Theobroma cacao* L.)," *Journal of Food Processing and Preservation*, 39, 1414-1420, 2015.
- [22]. Khoo H. E., Azlan A., Tang S. T., Lim S. M., "Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits," *Food & Nutrition Research*, 61, 1361779, 2017.
- [23]. Lucas-González R., Pateiro M., Domínguez-Valencia R., Carrillo C., Lorenzo J. M., "Optimization of anthocyanin extraction from purple sweet potato peel (*Ipomea batata*) using sonotrode ultrasound-assisted extraction," *Foods*, 14, 2686, 2025.
- [24]. Hasan M., Tripathi K., Harun M., Krishnan V., Kaushik R., Chawla G., Shakil N. A., Verma M., Dahuja A., Sachdev A., "Unravelling the effect of extraction on anthocyanin functionality and prebiotic potential," *Heliyon*, 10, 2024.
- [25]. Nguyen V. T., Tran N. T. H., Tran T. G., "Central composite experimental design for ultrasound-assisted extraction optimization of alkaloid compounds and antioxidant properties from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.)," *Journal of Food Processing and Preservation*, 46, e17084, 2022.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Van Tang^{1,2,*}, Dao Duy Hai¹, Le Thi Kim Ngan¹,

Tran Thi My Duyen¹, Nguyen Thi Ngoc Anh¹, Duong Bao Ngoc¹

¹Research and Development Group on Functional Foods, Nha Trang University, Vietnam

²Faculty of Food Technology, Nha Trang University, Vietnam