

# Khảo sát thành phần hóa học, hoạt tính kháng vi sinh vật và kháng oxy hóa của cao chiết từ vỏ lụa hạt điều (*Anacardium occidentale* L.)

Nguyễn Thị Dung, Nguyễn Văn Toàn, Phạm Hải Sơn, Bùi Lê Khả Tú, Nguyễn Thị Liễu, Bùi Bảo Thịnh\*

Trung tâm Công nghệ sinh học TP. Hồ Chí Minh, phường Trung Mỹ Tây, TP. Hồ Chí Minh, Việt Nam

Ngày nhận bài 9/12/2024; ngày chuyển phản biện 11/12/2024; ngày nhận phản biện 15/1/2025; ngày chấp nhận đăng 20/1/2025

## Tóm tắt:

Vỏ lụa hạt điều (*Anacardium occidentale* L.) là một phụ phẩm nông nghiệp giàu tiềm năng, chứa nhiều hợp chất tự nhiên với các hoạt tính sinh học quan trọng. Nghiên cứu này khảo sát thành phần hóa học, hoạt tính kháng vi sinh vật và kháng oxy hóa của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều. Phân tích định tính cho thấy, cao chiết chứa các nhóm hợp chất như polyphenol, flavonoid, coumarin, tanin, nhưng không phát hiện alkaloid và saponin. Tổng hàm lượng polyphenol và catechin cùng các dẫn xuất lần lượt đạt  $566,50 \pm 0,76$  mg GAE/g và  $517,50$  mg/g, trong đó catechin ( $247,21$  mg/g) chiếm tỷ lệ cao nhất, tiếp theo là epigallocatechin gallate ( $166,27$  mg/g) và epicatechin ( $94,49$  mg/g). Cao chiết thể hiện hoạt tính kháng vi sinh vật mạnh, đặc biệt là với *Staphylococcus aureus* ( $21,00 \pm 0,50$  mm) và *Candida albicans* ( $11,33 \pm 0,58$  mm). Ngoài ra, hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết cũng rất đáng chú ý, với giá trị  $IC_{50}$  đạt  $10,05 \pm 0,06$   $\mu$ g/ml, thấp hơn vitamin C ( $11,62 \pm 0,18$   $\mu$ g/ml). Kết quả nghiên cứu đã chứng minh cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều là nguồn nguyên liệu giàu tiềm năng, hứa hẹn ứng dụng trong dược liệu và thực phẩm chức năng.

**Từ khóa:** *Anacardium occidentale* L., catechin, kháng oxy hóa, kháng vi sinh vật, polyphenol, vỏ lụa hạt điều.

**Chỉ số phân loại:** 1.4, 2.10, 3.4

## Investigation of the chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of cashew nut testa extracts (*Anacardium occidentale* L.)

Thi Dung Nguyen, Van Toan Nguyen, Hai Son Pham, Le Kha Tu Bui, Thi Lieu Nguyen, Bao Thinh Bui\*

Biotechnology Center of Ho Chi Minh City, Trung My Tay Ward, Ho Chi Minh City, Vietnam

Received 9 December 2024; revised 15 January 2025; accepted 20 January 2025

## Abstract:

The cashew nut testa (*Anacardium occidentale* L.) is an agricultural byproduct with great potential, containing numerous natural compounds with significant biological activities. This study investigates the chemical composition, antimicrobial properties, and antioxidant capacity of the ethyl acetate extract derived from cashew nut testa. Qualitative analysis revealed the presence of compounds such as polyphenols, flavonoids, coumarins, and tannins, while alkaloids and saponins were not detected. The total polyphenol and catechin contents, along with their derivatives, were  $566.50 \pm 0.76$  mg GAE/g and  $517.50$  mg/g, respectively, with catechin ( $247.21$  mg/g) being the predominant compound, followed by epigallocatechin gallate ( $166.27$  mg/g) and epicatechin ( $94.49$  mg/g). The extract exhibited strong antimicrobial activity, particularly against *Staphylococcus aureus* ( $21.00 \pm 0.50$  mm) and *Candida albicans* ( $11.33 \pm 0.58$  mm). Furthermore, the extract demonstrated remarkable antioxidant activity, with an  $IC_{50}$  value of  $10.05 \pm 0.06$   $\mu$ g/ml, which was lower than that of vitamin C ( $11.62 \pm 0.18$   $\mu$ g/ml). These findings suggest that the ethyl acetate extract from cashew nut testa is a promising raw material with potential applications in pharmaceuticals and functional foods.

**Keywords:** *Anacardium occidentale* L., antimicrobial, antioxidant, cashew nut testa, catechin, polyphenol.

**Classification numbers:** 1.4, 2.10, 3.4

\*Tác giả liên hệ: Email: buibaohinh9595@gmail.com

## 1. Đặt vấn đề

Điều (*Anacardium occidentale* L.) là một loại cây công nghiệp dài ngày thuộc họ Anacardiaceae, có nguồn gốc từ khu vực Đông Bắc Brazil, hiện được trồng rộng rãi ở các vùng nhiệt đới, đặc biệt là tại Nam Á và Đông Nam Á, trong đó có Việt Nam [1]. Hạt điều chứa hàm lượng dinh dưỡng cao gồm protein, chất béo không bão hòa, khoáng chất và vitamin [1-3]. Không chỉ được sử dụng phổ biến trong ngành thực phẩm, hạt điều còn có tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực dược phẩm. Ngoài nhân hạt, các phụ phẩm từ quá trình chế biến như vỏ hạt, vỏ lụa và dầu vỏ hạt điều cũng đang nhận được nhiều sự quan tâm nhằm tăng cường giá trị sử dụng và giảm thiểu lãng phí [2-4].

Trong số các phụ phẩm, vỏ lụa hạt điều là lớp màng mỏng bao quanh nhân hạt, chiếm khoảng 1-3% tổng trọng lượng hạt và thường bị loại bỏ trong quá trình chế biến [5]. Tuy nhiên, nghiên cứu đã chỉ ra rằng, vỏ lụa chứa nhiều polyphenol, bao gồm catechin, epicatechin, catechin gallate và procyanidin với các đặc tính sinh học như kháng vi sinh vật và kháng oxy hóa [4]. Nhờ những đặc tính này, vỏ lụa trở thành nguồn nguyên liệu tiềm năng cho các ngành công nghiệp thực phẩm, dược phẩm và mỹ phẩm. Trong bối cảnh nhu cầu ngày càng tăng đối với các sản phẩm tự nhiên, việc tận dụng hiệu quả phụ phẩm này đang thu hút sự chú ý của nhiều nhà nghiên cứu.

Việt Nam, một trong những quốc gia xuất khẩu hạt điều lớn nhất thế giới, sản xuất một lượng lớn vỏ lụa hạt điều từ quá trình chế biến. Theo ước tính, từ 80 kg hạt điều thô sẽ tạo ra khoảng 1 kg vỏ lụa [6]. Tuy nhiên, phần lớn nguồn phụ phẩm này vẫn chưa được khai thác hiệu quả, dẫn đến lãng phí trong chuỗi giá trị [7]. Mặc dù trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của vỏ lụa hạt điều [8-11], tại Việt Nam, các nghiên cứu chủ yếu tập trung vào phương pháp chiết xuất [12-15]. Ngoài ra, các yếu tố như điều kiện thổ nhưỡng, khí hậu và phương pháp trồng trọt tại Việt Nam có thể ảnh hưởng đến thành phần và hoạt tính sinh học của vỏ lụa, nhưng chưa được nghiên cứu chi tiết.

Trước bối cảnh toàn cầu hóa và nhu cầu phát triển bền vững, việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp để tạo ra các sản phẩm có giá trị gia tăng đang trở thành xu hướng. Nghiên cứu thành phần hóa học và hoạt tính sinh học của vỏ lụa hạt điều tại Việt Nam không chỉ nâng cao giá trị kinh tế mà còn góp phần phát triển bền vững trong ngành nông nghiệp. Do đó, nghiên cứu này tập trung khảo sát thành phần hóa học, khả năng kháng vi sinh vật và kháng oxy hóa của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều thu thập tại Việt Nam.

Dung môi ethyl acetate được lựa chọn do tính phân cực trung bình, phù hợp để chiết xuất các hợp chất polyphenol và flavonoid có hoạt tính sinh học cao, đồng thời là dung môi an toàn, ít độc hại và thân thiện với môi trường [16]. Hơn nữa, các nghiên cứu sử dụng dung môi ethyl acetate để tách chiết các hợp chất từ vỏ lụa hạt điều còn hạn chế. Kết quả này sẽ cung cấp cơ sở khoa học cho việc tận dụng hiệu quả nguồn phụ phẩm này, góp phần phát triển các sản phẩm tự nhiên phục vụ lĩnh vực y học, thực phẩm và công nghiệp trong xu hướng ưu tiên sản phẩm tự nhiên.

## 2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

### 2.1. Vật liệu

Mẫu vỏ lụa hạt điều được thu thập từ một cơ sở chế biến tại tỉnh Bình Phước (trước sáp nhập). Sau khi thu thập, mẫu được rửa kỹ để loại bỏ hoàn toàn cát và bụi bẩn. Vỏ lụa hạt điều sạch được sấy khô ở 60°C trong 24 giờ, sau đó nghiền thành bột mịn với kích thước hạt nhỏ hơn 1 mm bằng máy nghiền trong phòng thí nghiệm. Bột vỏ lụa được bảo quản trong hộp kín ở 4°C nhằm duy trì sự ổn định và bảo toàn các hợp chất sinh học cho các thí nghiệm tiếp theo.

### 2.2. Chuẩn bị cao chiết ethyl acetate

Để chuẩn bị cao chiết ethyl acetate từ bột vỏ lụa hạt điều, 30 g bột đã xử lý được cân chính xác và cho vào túi dập mẫu. Sau đó, 100 ml dung môi ethyl acetate được thêm vào túi, trộn đều hỗn hợp. Túi chứa mẫu được đặt vào máy dập mẫu cơ học và xử lý trong 5 phút. Hỗn hợp mẫu được chuyển vào bình duran sạch, bổ sung dung môi để đạt tỷ lệ mẫu: dung môi là 1:10 (khối lượng: thể tích w/v). Bình chứa mẫu được đặt trong bể ổn nhiệt (WNB45, Memmert - Đức) và chiết ngâm trong 24 giờ ở 50°C để tối ưu hóa sự khuếch tán các hợp chất vào dung môi. Sau quá trình chiết ngâm, hỗn hợp được ly tâm bằng máy ly tâm (Allegra X-15R, Beckman Coulter - Mỹ) trong 8 phút ở tốc độ 2000 vòng/phút và 25°C để tách phần dịch chiết. Phần dịch chiết tiếp tục được lọc qua máy lọc chân không để loại bỏ bã thô. Phần bã được bổ sung dung môi mới và chiết ngâm thêm hai lần để thu nhận tối đa các hợp chất. Toàn bộ dịch chiết được gom lại và dung môi được loại bỏ bằng hệ thống cô quay chân không (Rotary evaporator, R-300), thu được cao chiết dạng lỏng. Cao chiết sau đó được hòa tan vào nước cất theo tỷ lệ 1:4 (v/v), bảo quản ở -80°C cho đến khi đông hoàn toàn. Mẫu đông lạnh được đưa vào máy đông khô chân không (Low volume lyophilizer, ALPHA 2-4 LSC Basic) và sấy đông khô trong 72 giờ để thu bột cao chiết khô. Thí nghiệm được lặp lại ba lần để đảm bảo tính chính xác với hiệu suất trích ly của cao chiết đạt  $13,64 \pm 0,18\%$ . Độ ẩm của cao chiết sau đông khô được duy trì <10% trước khi phân tích.

### 2.3. Định tính các nhóm hợp chất hoá học

Thành phần hóa học của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều được khảo sát bằng các phương pháp định tính. Coumarin được phát hiện bằng thuốc thử NaOH 10% theo phương pháp của D.T.L. Huong và cs (2012) [17]. Alkaloid được nhận diện bằng thuốc thử Wagner và Mayer theo phương pháp của N.H. Phung (1999) [18]. Tanin phản ứng với gelatin, saponin được phát hiện qua phản ứng tạo bọt, polyphenol với thuốc thử  $\text{FeCl}_3$  10%, và flavonoid qua thuốc thử  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc theo phương pháp của P. Tiwari và cs (2011) [19].

Ngoài ra, sự hiện diện của polyphenol và catechin được xác định bằng phương pháp sắc ký lớp mỏng (TLC) theo V. Rastija và cs (2004) [20]. Hệ dung môi pha động là hỗn hợp chloroform: methanol: acid acetic (9:3:3, v/v/v). Bản TLC Silicagel 60 F254 (Merck, Đức) được nung ở  $110^\circ\text{C}$  trong 30 phút trước khi sử dụng. Mẫu cao chiết và chất chuẩn (gallic acid, catechin, nồng độ 10 g/l) được chấm lên bản sắc ký và phát triển trong 25-30 phút. Sau đó, bản sắc ký được làm khô, phun dung dịch  $\text{FeCl}_3$  1%, sấy ở  $95\text{-}105^\circ\text{C}$  trong 5-10 phút. Vệt màu của mẫu được so sánh với chất chuẩn để xác định sự hiện diện của polyphenol hoặc catechin.

### 2.4. Định lượng polyphenol tổng số

Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều được xác định theo phương pháp đo màu dùng thuốc thử Folin-Ciocalteu với một số sửa đổi [21]. Cụ thể, 1 mg mẫu cao chiết được hòa tan vào 1 ml methanol, tạo thành dung dịch mẫu 1 mg/ml. Từ dung dịch này, lấy 0,1 ml trộn với 0,5 ml thuốc thử Folin-Ciocalteu 10%, để phản ứng trong 10 phút. Sau đó, bổ sung 0,4 ml dung dịch  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5%, ủ hỗn hợp trong điều kiện bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 1 giờ. Độ hấp thụ quang học của hỗn hợp được đo tại bước sóng 765 nm bằng thiết bị đọc ELISA (VersaMAX). Đường chuẩn được xây dựng dựa trên dung dịch acid gallic với các nồng độ từ 15,625 đến 500  $\mu\text{g/ml}$ . Kết quả được biểu diễn dưới dạng miligam acid gallic tương đương trên mỗi gam cao chiết (mg GAE/g cao chiết). Thí nghiệm được lặp lại 3 lần.

### 2.5. Định lượng catechin và các dẫn xuất

Hàm lượng catechin và các dẫn xuất trong cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều được phân tích theo phương pháp của H. Wang và cs (2003) [22]. 100 mg mẫu được chiết siêu âm trong 7 ml dung môi methanol:nước (70:30, v/v) ở  $70^\circ\text{C}$ , sau đó định mức đến 10 ml. Mẫu được lọc qua màng lọc 0,45  $\mu\text{m}$  trước khi tiêm vào hệ thống sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) Agilent series 1200, trang bị hai bơm

ghép nối đầu dò UV (Waters, Mỹ). Quá trình tách được thực hiện trên cột Zorbax Extend C18 (250x4,6 mm, 5  $\mu\text{m}$ ) với pha động gồm hai kênh: kênh A (0,1% acid acetic) và kênh B (acetonitrile). Chương trình rửa giải theo gradient bắt đầu với 95% A và 5% B, sau đó thay đổi tỷ lệ pha động qua các mốc thời gian khác nhau, đạt 100% B tại phút thứ 25 trước khi trở về điều kiện ban đầu ở phút thứ 26 và duy trì đến phút thứ 30. Quá trình phân tích được thực hiện ở tốc độ dòng 1 ml/phút, nhiệt độ cột  $30^\circ\text{C}$ , thể tích tiêm 20  $\mu\text{l}$  và bước sóng phát hiện 280 nm. Các chất chuẩn sử dụng bao gồm catechin, epigallocatechin gallate, epicatechin gallate, epigallocatechin và epicatechin được mua từ Sigma-Aldrich (Đức).

### 2.6. Thử nghiệm hoạt tính kháng vi sinh vật

Hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều được xác định bằng phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch theo L.A.J. Bhorgin và cs (2014) [23] với một số điều chỉnh. Phương pháp này dựa trên khả năng ức chế của cao chiết từ vỏ lụa hạt điều đối với các vi sinh vật, thể hiện qua đường kính vòng vô khuẩn (mm) xung quanh giếng thạch. Các vi sinh vật được thử nghiệm bao gồm: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 và *Candida albicans* ATCC 10231. Để chuẩn bị mẫu, các chủng vi khuẩn và nấm được tăng sinh trong môi trường Brain Heart Infusion (BHI) ở  $37^\circ\text{C}$  trong 24 giờ, sau đó trải trên đĩa thạch môi trường Mueller Hinton Agar (MHA) vô trùng ở mật độ sinh khối  $10^6$  CFU/ml. Cao chiết ethyl acetate được pha loãng bằng dung môi nước để đạt nồng độ thử nghiệm là 100 mg/ml. Trên đĩa thạch, tạo các giếng có đường kính 6 mm và thêm vào mỗi giếng 50  $\mu\text{l}$  dung dịch cao chiết ethyl acetate, với mỗi nghiệm thức được lặp lại ba lần trong điều kiện vô trùng. Ampicillin được pha loãng bằng dung môi nước để đạt nồng độ 10 mg/ml sử dụng làm đối chứng dương để so sánh hiệu quả kháng vi sinh vật. Sau 24 giờ ủ ở nhiệt độ phòng, đường kính vòng vô khuẩn xung quanh giếng thạch được đo để đánh giá hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều. Đối chứng âm sử dụng trong thử nghiệm là dung môi nước.

### 2.7. Thử nghiệm hoạt tính kháng oxy hóa

Hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều được xác định bằng phương pháp bắt gốc tự do DPPH, dựa trên mô tả của M.X. Hoa và cs (2018) [15], với một số điều chỉnh phù hợp. Trong quá trình thử nghiệm, cao chiết ethyl acetate được pha loãng bằng dung môi ethanol ở các nồng độ khác nhau (0-62,5  $\mu\text{g/ml}$ ). Sau đó, hút 1 ml

dung dịch mẫu cho vào ống nghiệm có chứa 4 ml dung dịch DPPH 0,1 mM (D9132-1G, Sigma). Hỗn hợp được ủ trong điều kiện tối, ở nhiệt độ phòng, trong vòng 30 phút. Sau thời gian ủ, độ hấp thụ quang học (OD) của dung dịch được đo tại bước sóng 517 nm. Vitamin C (A92902-100G, Sigma) được sử dụng làm mẫu chuẩn đối chứng dương. Hoạt tính kháng oxy hóa của mẫu được tính dựa trên khả năng trung hòa gốc tự do DPPH, thể hiện qua phần trăm hiệu suất ức chế. Giá trị  $IC_{50}$ , biểu thị nồng độ cần thiết để ức chế 50% hoạt tính gốc tự do DPPH, được tính từ đường cong chuẩn để đánh giá mức độ kháng oxy hóa của cao chiết ethyl acetate.

### 2.8. Xử lý số liệu

Mỗi thí nghiệm được tiến hành lặp lại ba lần, dữ liệu thu được được trình bày dưới dạng giá trị trung bình  $\pm$  độ lệch chuẩn. Phân tích số liệu được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm Minitab phiên bản 16.2.2.4 và Microsoft Excel 2013 để đảm bảo tính chính xác và đáng tin cậy của kết quả.

## 3. Kết quả và bàn luận

### 3.1. Định tính các nhóm hợp chất hoá học của cao chiết ethyl acetate

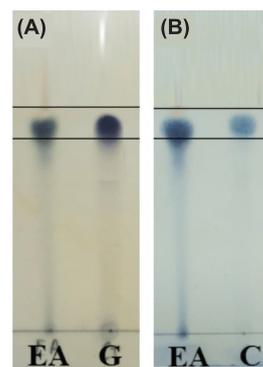
Việc định tính các nhóm hợp chất hóa học trong cao chiết thực vật là bước cơ bản và quan trọng để xác định thành phần hóa học sơ bộ, từ đó định hướng cho các nghiên cứu sâu hơn về tác dụng sinh học và tiềm năng ứng dụng [24]. Trong nghiên cứu này, cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều được kiểm tra qua các phản ứng hóa học đặc trưng, cho thấy sự hiện diện của coumarin, tanin, polyphenol và flavonoid (bảng 1). Ngược lại, các thử nghiệm đặc hiệu đối với alkaloid và saponin không phát hiện thấy sự hiện diện của hai nhóm hợp chất này.

**Bảng 1.** Định tính các nhóm hợp chất hoá học của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều.

Định tính	Phản ứng	Kết quả	Kết luận
Coumarin	NaOH 10%	+	Có
Alkaloid	Wagner	-	Không
	Mayer	-	Không
Tanin	Gelatin	+	Có
Polyphenol	FeCl <sub>3</sub> 10%	+	Có
Saponin	Dầu oliu, đun nóng 90°C	-	Không
	Phản ứng tạo bọt	-	Không
Flavonoid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	+	Có

(-): không xuất hiện hợp chất; (+): có xuất hiện hợp chất.

Kết quả phân tích bằng phương pháp TLC cũng có thêm các phát hiện trên. Hình 1A cho thấy, mẫu cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều có vạch trùng với gallic acid ( $R_f=0,63$ ), xác nhận sự hiện diện của gallic acid, một hợp chất thuộc nhóm polyphenol. Tương tự, hình 1B cho thấy, mẫu có vạch trùng với catechin ( $R_f=0,68$ ), chứng tỏ sự hiện diện của catechin thuộc nhóm flavonoid.



**Hình 1.** Định tính hợp chất polyphenol (A) và catechin (B) của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều bằng phương pháp TLC. EA: Cao chiết ethyl acetate; G: chất chuẩn gallic acid; C: chất chuẩn catechin.

Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của N.V. Toan và cs (2023) [25] khi các tác giả ghi nhận sự hiện diện của coumarin, polyphenol, tanin và flavonoid trong cao chiết vỏ lụa hạt điều bằng các dung môi ethanol, methanol và nước. Nghiên cứu của H.V. Thanh và cs (2023b) [26] cũng khẳng định rằng, polyphenol và flavonoid là hai nhóm hợp chất chính trong cao chiết từ nguồn nguyên liệu này. Ngoài ra, các nghiên cứu trước đây cũng đã phát hiện hàm lượng tanin trong các bộ phận khác nhau của hạt điều, bao gồm cả vỏ lụa [2, 27, 28].

Polyphenol, flavonoid, coumarin và tanin trong cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều đều là những hợp chất có hoạt tính sinh học tiềm năng. Polyphenol nổi bật với khả năng kháng oxy hóa mạnh, bảo vệ tế bào khỏi tổn thương do gốc tự do, đồng thời hỗ trợ kháng viêm, kháng khuẩn và phòng ngừa bệnh mãn tính [29]. Flavonoid đóng vai trò quan trọng trong bảo vệ hệ tim mạch, điều hòa miễn dịch và giảm viêm [30]. Coumarin đã được chứng minh có khả năng kháng khuẩn, chống đông máu và điều hòa mạch máu [31]. Tanin nhờ khả năng tạo liên kết với protein có tác dụng bảo vệ niêm mạc tiêu hóa, kháng viêm và ức chế vi khuẩn gây bệnh [32]. Nhìn chung, việc phát hiện các hợp chất như polyphenol, flavonoid, coumarin và tanin trong cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều cho thấy tiềm năng nghiên cứu trong lĩnh vực dược liệu và chăm sóc sức khỏe.

### 3.2. Hàm lượng polyphenol tổng số của cao chiết ethyl acetate

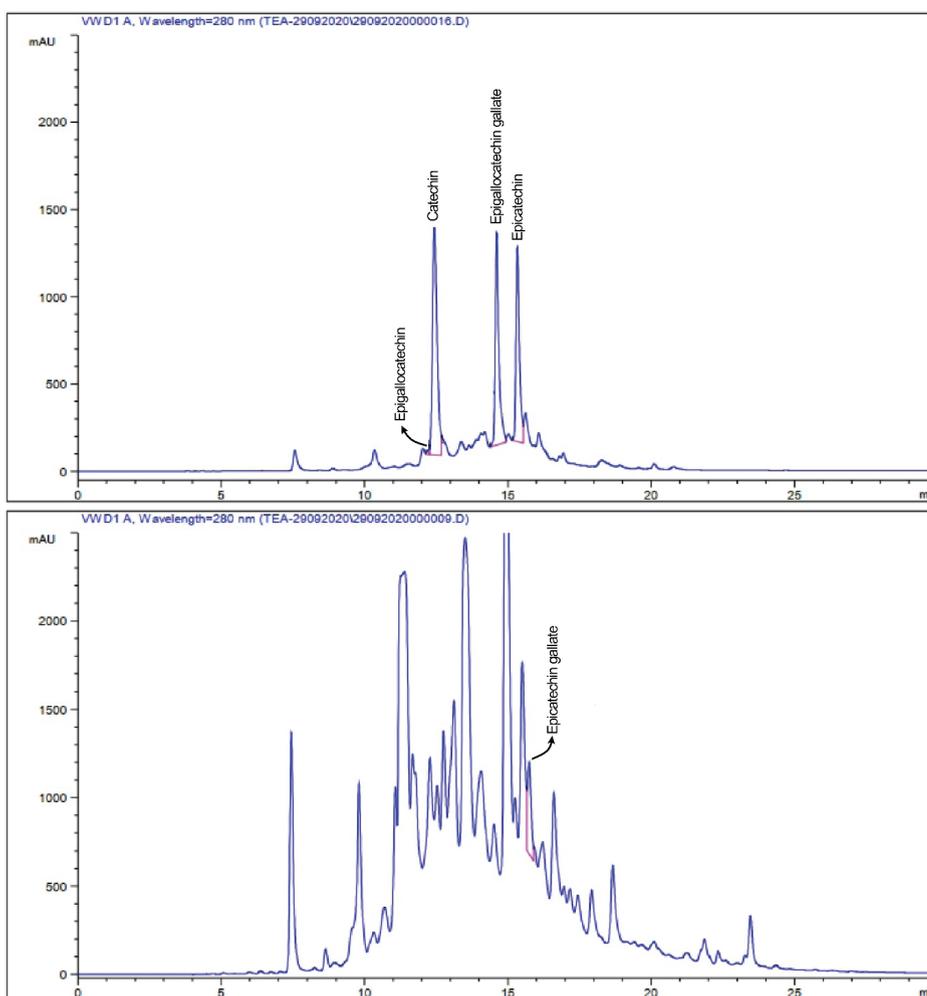
TPC trong cao chiết thực vật là một chỉ số quan trọng, phản ánh khả năng kháng oxy hóa và tiềm năng sinh học của nguồn nguyên liệu [29]. Trong nghiên cứu này, TPC của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều được xác định là  $566,50 \pm 0,76$  mg GAE/g (bảng 2). Kết quả này cao hơn đáng kể so với các nghiên cứu trước đây, cho thấy tiềm năng sinh học lớn của mẫu cao chiết.

So sánh với các nghiên cứu khác, nghiên cứu của N.T. Ngan (2023) [12] sử dụng dung môi ethanol/nước (80/20 v/v) thu được TPC chỉ đạt  $376,34 \pm 13,53$  mg GAE/g, thấp so với nghiên cứu hiện tại. Sự khác biệt này có thể do ethyl acetate ưu tiên chiết xuất các polyphenol ít phân cực. Tương tự, phương pháp sử dụng enzyme cellulase và pectinase của T.H. Phan và cs (2024) [14] chỉ thu được TPC  $165,03 \pm 1,17$  mg GAE/g, có thể vì cấu trúc tế bào không được phá vỡ hoàn toàn, dẫn đến hiệu suất chiết xuất thấp. Phương pháp hỗ trợ vi sóng với dung môi nước cất của M.X. Hoa và cs (2018) [15] cũng cho kết quả thấp hơn với TPC 194,99 mg GAE/g, do tính phân cực cao của nước không phù hợp để chiết xuất các polyphenol ít phân cực.

Ngược lại, nghiên cứu của N.V. Toan và cs (2023) [25] sử dụng dung môi methanol, ethanol và nước lần lượt ghi nhận TPC là 517,81, 495,25 và 481,20 mg GAE/g, gần với giá trị của nghiên cứu hiện tại nhưng vẫn thấp hơn. Kết quả này một lần nữa khẳng định rằng ethyl acetate chiết được nhiều polyphenol hơn các dung môi khác. Sự khác biệt về hàm lượng TPC giữa các nghiên cứu có thể xuất phát từ nhiều yếu tố, bao gồm loại dung môi, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu, phương pháp và điều kiện chiết xuất (nhiệt độ, thời gian, pH), cũng như đặc điểm của nguyên liệu như độ ẩm hoặc nguồn gốc. Trong nghiên cứu này, ethyl acetate cho thấy khả năng chiết xuất các polyphenol ít phân cực, góp phần lý giải giá trị TPC cao hơn.

### 3.3. Hàm lượng catechin và các hợp chất liên quan trong cao chiết ethyl acetate

Catechin và các dẫn xuất là những hợp chất flavonoid quan trọng, nổi bật với khả năng kháng oxy hóa mạnh, trung hòa gốc tự do, bảo vệ sức khỏe tim mạch và hỗ trợ phòng ngừa các bệnh mãn tính [33, 34]. Việc xác định hàm lượng catechin và các dẫn xuất trong cao chiết thực vật không chỉ giúp đánh giá giá trị sinh học của nguyên liệu mà còn cung cấp cơ sở khoa học cho các ứng dụng tiềm năng trong lĩnh vực dược liệu và thực phẩm chức năng. Trong nghiên cứu này, tổng hàm lượng catechin và các dẫn xuất trong cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều đạt 517,50 mg/g cao chiết, bao gồm catechin (247,21 mg/g), epigallocatechin (8,58 mg/g), epigallocatechin gallate (166,27 mg/g), epicatechin (94,49 mg/g), và epicatechin gallate (0,945 mg/g) (bảng 2 và hình 2). Kết quả này cho thấy, catechin là hợp chất chiếm ưu thế, tiếp theo là epigallocatechin gallate và epicatechin, trong khi epigallocatechin và epicatechin gallate hiện diện với hàm lượng thấp hơn.



Hình 2. Sắc ký đồ của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều.

So sánh với các nghiên cứu trước đây, kết quả này có nhiều khác biệt đáng chú ý. Nghiên cứu của H.Q.V. Le và cs (2021) [8], sử dụng dung môi nước và ethanol, báo cáo hàm lượng (+)-catechin lần lượt là 167,6 và 172,4 mg/g cao chiết, thấp hơn giá trị catechin (247,21 mg/g) trong nghiên cứu này. Tuy nhiên, hàm lượng (-)-epicatechin đạt 93,3 mg/g và 99,8 mg/g, tương đương với epicatechin (94,49 mg/g) của nghiên cứu hiện tại.

Kết quả từ nghiên cứu của N. Chandrasekara và cs (2011) [9] ghi nhận hàm lượng (+)-catechin (47,28 mg/g), (-)-epicatechin (28,29 mg/g) và epigallocatechin (2 mg/g) thấp hơn đáng kể. Sự khác biệt này có thể xuất phát từ việc sử dụng dung môi và điều kiện chiết xuất không tối ưu. Trong khi đó, nghiên cứu của H.V. Thanh và cs (2023b) [26] báo cáo hàm lượng catechin dao động 139-207 mg/g, thấp hơn so với nghiên cứu này. Tuy nhiên, hàm lượng epigallocatechin (8,58 mg/g) trong nghiên cứu hiện tại lại thấp hơn phạm vi 37-95 mg/g mà nhóm này ghi nhận.

Sự khác biệt giữa các nghiên cứu có thể được giải thích bởi các yếu tố như loại dung môi, phương pháp chiết xuất và điều kiện thí nghiệm (nhiệt độ, thời gian, pH). Dung môi ethyl acetate được sử dụng trong nghiên cứu này cho thấy khả năng chiết xuất hiệu quả các flavonoid ít phân cực, dẫn đến hàm lượng catechin và các dẫn xuất cao hơn so với dung môi nước hoặc ethanol.

### 3.4. Hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết ethyl acetate

Hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết thực vật là một chỉ số quan trọng, giúp đánh giá khả năng ngăn chặn sự phát triển của các tác nhân gây bệnh, đồng thời xác định tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực dược liệu và bảo quản thực phẩm [35]. Trong nghiên cứu này, cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều và Ampicillin được thử nghiệm với năm chủng vi sinh vật: *E. coli*, *S. aureus*, *S. typhimurium*, *P. aeruginosa* và *C. albicans* (bảng 2). Kết quả thử nghiệm cho thấy, cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều ở nồng độ 100 mg/ml có khả năng ức chế sự phát triển của các vi sinh vật. Đối với vi khuẩn Gram dương *S. aureus*, cao chiết tạo ra vòng vô khuẩn có đường kính là 21,00±0,50 mm, cho thấy hoạt tính kháng khuẩn rõ rệt. Với các vi khuẩn Gram âm, đường kính vòng vô khuẩn đo được lần lượt là 7,17±0,29 mm đối với *E. coli* và *S. typhimurium*, trong khi *P. aeruginosa* có đường kính vòng vô khuẩn nhỏ hơn, chỉ đạt 6,00±0,00 mm. Đối với nấm *C. albicans*, cao chiết cũng thể hiện hoạt tính kháng nấm với đường kính vòng vô khuẩn đạt 11,33±0,58 mm. Ampicillin được sử dụng làm đối chứng dương ở nồng độ 10 mg/ml cũng cho thấy khả năng kháng vi sinh vật. Cụ thể, với *S. aureus*, Ampicillin tạo ra vòng vô khuẩn có đường

kính 18,79±0,89 mm. Đối với vi khuẩn Gram âm, đường kính vòng vô khuẩn đo được là 5,25±0,78 mm đối với *E. coli*, 5,98±0,46 mm đối với *S. typhimurium* và 5,11±0,39 mm đối với *P. aeruginosa*. Ngoài ra, Ampicillin cũng thể hiện hoạt tính kháng nấm nhất định với *C. albicans* với đường kính vòng vô khuẩn đạt 8,95±0,12 mm. Nhìn chung, cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều có khả năng ức chế vi khuẩn Gram dương tốt hơn vi khuẩn Gram âm và nấm men.

**Bảng 2. Hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều.**

Vi sinh vật	Đường kính vòng vô khuẩn (mm)	
	Cao chiết	Ampicillin
<i>Escherichia coli</i>	7,17±0,29	5,25±0,78
<i>Staphylococcus aureus</i>	21,00±0,50	18,79±0,89
<i>Salmonella typhimurium</i>	7,17±0,29	5,98±0,46
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	6,00±0,00	5,11±0,39
<i>Candida albicans</i>	11,33±0,58	8,95±0,12

So sánh với các nghiên cứu trước đây, kết quả này cho thấy sự khác biệt về hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết vỏ lụa hạt điều. Nghiên cứu của N.V. Toan và cs (2023) [25] ghi nhận rằng, chiết xuất vỏ lụa hạt điều bằng dung môi methanol, ethanol và nước có khả năng ức chế các vi sinh vật tương tự, nhưng mức độ kháng khuẩn không mạnh bằng, đặc biệt là đối với *S. aureus*. Nghiên cứu của P. Sruthi và cs (2023) [10] đã thử nghiệm các phân đoạn phenolic từ vỏ lụa hạt điều, trong đó phân đoạn phenolic tự do cho vùng ức chế tối đa ở nồng độ thấp (3 mg/ml). Kết quả này tốt hơn hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết ethyl acetate trong nghiên cứu hiện tại.

Ngoài ra, nghiên cứu của A. Prakash và cs (2018) [11] cho thấy, chiết xuất methanol từ vỏ hạt điều có khả năng ức chế sự phát triển của các vi khuẩn như *E. coli*, *S. enterica*, *S. flexneri* và *S. pyogenes*. So với nghiên cứu hiện tại, cao chiết ethyl acetate cho thấy phổ hoạt tính kháng khuẩn rộng hơn và tốt hơn, đặc biệt đối với *S. aureus* và *C. albicans*. Sự khác biệt về hoạt tính kháng vi sinh vật giữa các nghiên cứu có thể do các yếu tố như loại dung môi, phương pháp chiết xuất, nồng độ hợp chất hoạt tính và đặc điểm vi sinh vật thử nghiệm.

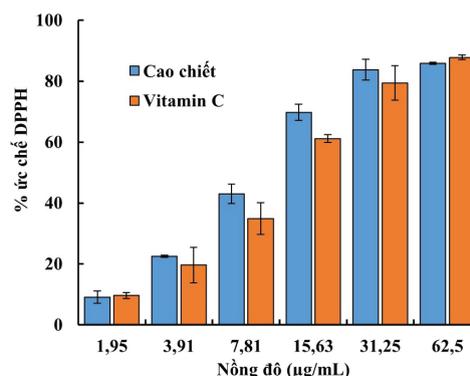
Hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết ethyl acetate được cho là nhờ thành phần hóa học phong phú, bao gồm polyphenol, flavonoid, catechin và coumarin [35]. Các hợp chất này có thể ức chế sự phát triển của vi khuẩn thông qua nhiều cơ chế như phá vỡ màng tế bào vi khuẩn, ức chế enzyme thiết yếu trong quá trình sinh trưởng và ngăn chặn sự phân chia tế bào [35]. Catechin và các dẫn xuất

như epigallocatechin gallate không chỉ có khả năng kháng oxy hóa mạnh mà còn hỗ trợ tăng cường hoạt tính kháng vi khuẩn [33, 34]. Coumarin với khả năng ức chế sự tổng hợp protein và DNA của vi sinh vật cũng đóng góp quan trọng vào hoạt tính này [35]. Những hợp chất này có thể tương tác cộng hưởng làm gia tăng hiệu quả kháng vi sinh vật của cao chiết vỏ lụa hạt điều.

Sự khác biệt trong hoạt tính kháng vi sinh vật của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều đối với vi khuẩn Gram dương, Gram âm và nấm men có thể được giải thích dựa trên cấu trúc màng tế bào và cơ chế tác động của các hợp chất kháng khuẩn. Vi khuẩn Gram dương như *S. aureus* có thành tế bào dày với lớp peptidoglycan chiếm phần lớn cấu trúc nhưng không có màng ngoài lipopolysaccharide (LPS) giúp các hợp chất kháng khuẩn trong cao chiết dễ dàng thâm nhập và gây tổn thương tế bào giúp hiệu quả kháng khuẩn cao [36]. Trong khi đó, vi khuẩn Gram âm, như *E. coli* và *P. aeruginosa*, có lớp màng ngoài LPS đóng vai trò như một hàng rào bảo vệ, hạn chế sự xâm nhập của các hợp chất kháng khuẩn và làm giảm hiệu quả ức chế của cao chiết [37]. Ngoài ra, vi khuẩn Gram âm còn sở hữu nhiều bơm tổng kháng sinh (efflux pumps), giúp loại bỏ nhanh chóng các hợp chất có hoạt tính kháng khuẩn [38]. Đối với nấm men *C. albicans*, thành tế bào của chúng chủ yếu được cấu tạo từ chitin và  $\beta$ -glucan, có khả năng chống chịu tốt hơn so với vi khuẩn, dẫn đến mức độ ức chế của cao chiết thấp hơn so với vi khuẩn Gram dương [39]. Do đó, cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều thể hiện hiệu quả kháng khuẩn mạnh nhất đối với vi khuẩn Gram dương, thấp hơn đối với vi khuẩn Gram âm và chỉ có mức độ kháng nấm trung bình.

### 3.5. Hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết ethyl acetate

Hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết thực vật là một đặc tính quan trọng, giúp đánh giá khả năng dọn gốc tự do và hỗ trợ nghiên cứu các ứng dụng tiềm năng trong phòng ngừa và điều trị các bệnh liên quan đến stress oxy hóa [40]. Trong nghiên cứu này, khả năng dọn gốc tự do DPPH của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều tăng từ  $9,10 \pm 1,96\%$  ở nồng độ  $1,95 \mu\text{g/ml}$  đến  $85,85 \pm 0,34\%$  ở nồng độ  $62,5 \mu\text{g/ml}$  (hình 3). Tương tự, khả năng dọn gốc tự do DPPH của vitamin C tăng từ  $9,66 \pm 1,02\%$  ở nồng độ  $1,95 \mu\text{g/ml}$  đến  $87,80 \pm 0,79\%$  ở nồng độ  $62,5 \mu\text{g/ml}$  (hình 3). Đồng thời, giá trị  $\text{IC}_{50}$  của cao chiết được tính toán đạt  $10,05 \pm 0,06 \mu\text{g/ml}$ , thấp hơn so với vitamin C ( $11,62 \pm 0,18 \mu\text{g/ml}$ ), một chất chuẩn kháng oxy hóa. Kết quả này chứng minh rằng, cao chiết ethyl acetate có hoạt tính kháng oxy hóa mạnh, thậm chí vượt trội hơn vitamin C, đồng thời cho thấy tiềm năng lớn trong ứng dụng dược liệu và thực phẩm chức năng.



Hình 3. Hoạt tính kháng oxy hóa của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều bằng phương pháp DPPH.

Giá trị  $\text{IC}_{50}$  thấp hơn biểu thị hoạt tính kháng oxy hóa tốt hơn. So sánh với các nghiên cứu trước đây, kết quả này nổi bật hơn đáng kể. Nghiên cứu của M.X. Hoa và cs (2018) [15] báo cáo  $\text{IC}_{50}$  của cao chiết vỏ lụa hạt điều trong thử nghiệm DPPH là  $88,68 \mu\text{g/ml}$ , cao hơn đáng kể so với nghiên cứu hiện tại. Điều này có thể được giải thích bởi dung môi ethyl acetate trong nghiên cứu này đã chiết xuất hiệu quả các hợp chất kháng oxy hóa mạnh hơn so với nước cất.

Nghiên cứu của N.V. Toan và cs (2023) [25] ghi nhận giá trị  $\text{IC}_{50}$  của chiết xuất methanol, ethanol và nước từ vỏ lụa hạt điều trong thử nghiệm DPPH lần lượt là  $11,90$ ,  $12,44$  và  $12,87 \mu\text{g/ml}$ , cao hơn một chút so với cao chiết ethyl acetate. Điều này khẳng định rằng, ethyl acetate có ưu thế trong việc chiết xuất các hợp chất như polyphenol và flavonoid ít phân cực. Tương tự, nghiên cứu của P. Sruthi và cs (2023) [10] ghi nhận  $\text{IC}_{50}$  của các phân đoạn phenolic dao động từ  $12,35 \pm 1,48 \mu\text{g/ml}$  (phân đoạn phenolic tự do) đến  $41,23 \pm 2,01 \mu\text{g/ml}$  (phân đoạn phenolic este hóa), cao hơn so với cao chiết ethyl acetate trong nghiên cứu này. Sự khác biệt này có thể do cao chiết ethyl acetate chứa sự cộng hưởng của nhiều hợp chất kháng oxy hóa, thay vì chỉ tập trung vào một phân đoạn cụ thể. Nghiên cứu của A. Prakash và cs (2018) [11] cho thấy, giá trị  $\text{IC}_{50}$  của chiết xuất methanol từ vỏ lụa hạt điều là  $44 \mu\text{g/ml}$ , cao hơn đáng kể so với nghiên cứu hiện tại, có thể do phương pháp chiết xuất chưa tối ưu hóa khả năng thu nhận các hợp chất kháng oxy hóa mạnh như catechin và flavonoid.

Hoạt tính kháng oxy hóa tốt của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều có thể được giải thích bởi thành phần hóa học phong phú của nó. Polyphenol và flavonoid đóng vai trò quan trọng trong việc trung hòa gốc tự do thông qua cơ chế cung cấp electron hoặc hydrogen [29, 30]. Trong đó, catechin và các dẫn xuất như epigallocatechin gallate và epicatechin nổi bật với khả năng dọn gốc tự do mạnh, bảo

vệ tế bào khô tổn thương do oxy hóa [33, 34]. Ngoài ra, coumarin, dù hiện diện với hàm lượng thấp hơn, cũng tham gia vào cơ chế ức chế các phản ứng tạo gốc tự do thông qua việc phân hủy hydrogen peroxide [41]. Sự cộng hưởng giữa các hợp chất này chính là yếu tố then chốt giúp cao chiết ethyl acetate đạt được hoạt tính kháng oxy hóa tốt.

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định thành phần hóa học, hoạt tính kháng vi sinh vật và kháng oxy hóa của cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều. Kết quả cho thấy cao chiết chứa các hợp chất quan trọng như polyphenol, flavonoid, coumarin và tannin, với tổng hàm lượng polyphenol đạt  $566,50 \pm 0,76$  mg GAE/g và tổng hàm lượng catechin cùng các dẫn xuất là  $517,50$  mg/g. Cao chiết thể hiện hoạt tính kháng vi sinh vật mạnh chống lại *S. aureus*, *E. coli*, *S. typhimurium*, *P. aeruginosa* và *C. albicans*. Bên cạnh đó, cao chiết cũng cho thấy hoạt tính kháng oxy hóa tốt với giá trị  $IC_{50}$  đạt  $10,05 \pm 0,06$   $\mu$ g/ml thông qua thử nghiệm DPPH. Những kết quả này khẳng định cao chiết ethyl acetate từ vỏ lụa hạt điều là nguồn nguyên liệu tiềm năng cho các ứng dụng trong lĩnh vực dược liệu và thực phẩm chức năng.

#### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Bình Phước (hợp đồng số 708/HĐ-SKHCN).

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] T.K. Lim (2011), "Anacardium occidentale", *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants: Volume 1, Fruits*, Dordrecht: Springer Netherlands, pp.45-68, DOI: 10.1007/978-90-481-8661-7\_6.

[2] B. Salehi, M. Gültekin-Özgülven, C. Kırkın, et al. (2019), "Anacardium plants: Chemical, nutritional composition and biotechnological applications", *Biomolecules*, **9(9)**, pp.1-34, DOI: 10.3390/biom9090465.

[3] Y.Y. Chen, N.Y. Li, X. Guo, et al. (2023), "The nutritional and bio-active constituents, functional activities, and industrial applications of cashew (*Anacardium occidentale*): A review", *Food Frontiers*, **4(4)**, pp.1606-1621, DOI: 10.1002/fft2.250.

[4] P. Sruthi, M.M. Naidu (2023), "Cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) testa as a potential source of bioactive compounds: A review on its functional properties and valorization", *Food Chemistry Advances*, **3**, pp.1-9, DOI: 10.1016/j.focha.2023.100390.

[5] N.F. Oliveira, R.S. Leal, T.N.C. Dantas (2015), "The importance of the cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) coat: A review", *American International Journal of Contemporary Scientific Research*, **2(4)**, pp.9-41.

[6] A. Mohod, S. Jain, A.G. Powar (2011), "Cashew nut processing: Sources of environmental pollution and standards", *BIOINFO Environment and Pollution*, **1(1)**, pp.5-11.

[7] M.K. Zafeer, K.S. Bhat (2023), "Valorisation of agro-waste cashew nut husk (Testa) for different value-added products", *Sustainable Chemistry for Climate Action*, **2**, pp.1-6, DOI: 10.1016/j.scca.2023.100014.

[8] H.Q.V. Le, T.D. Tong, X.C. Luu, et al. (2021), "Preliminary extraction of catechin in cashew testa", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, **947(1)**, pp.1-11, DOI: 10.1088/1755-1315/947/1/012003.

[9] N. Chandrasekara, F. Shahidi (2011), "Effect of roasting on phenolic content and antioxidant activities of whole cashew nuts, kernels, and testa", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59(9)**, pp.5006-5014, DOI: 10.1021/jf2000772.

[10] P. Sruthi, C. Roopavathi, M.M. Naidu (2023), "Profiling of phenolics in cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) testa and evaluation of their antioxidant and antimicrobial properties", *Food Bioscience*, **51**, pp.1-9, DOI: 10.1016/j.fbio.2022.102246.

[11] A. Prakash, V. Vadivel, S.F. Banu, et al. (2018), "Evaluation of antioxidant and antimicrobial properties of solvent extracts of agro-food by-products (cashew nut shell, coconut shell and groundnut hull)", *Agriculture and Natural Resources*, **52(5)**, pp.451-459, DOI: 10.1016/j.anres.2018.10.018.

[12] N.T. Ngan (2023), "Preserving An Phuoc rose apples by dipping method with the addition of phenolic extract from cashew nut apple", *Journal of Science and Technology-IUH*, **62(02)**, pp.85-93 (in Vietnamese).

[13] H.V. Thanh, N.X. Hoan, N.H. Dat, et al. (2023a), "Effect of hydrolyzation conditions on extraction capacity of catechin of cashew nut testa with the support of enzyme Viscozyme L and Pectinex ultra-L products", *Journal of Science Technology & Food*, **23(1)**, pp.40-48 (in Vietnamese).

[14] T.H. Phan, T.M.T. Dao, T.P. Nguyen (2024), "Optimization of enzymatic-assisted extraction of polyphenol from cashew nut testa by using cellulase and pectinase", *The Journal of Agriculture and Development*, **23(5)**, pp.72-85 (in Vietnamese).

[15] M.X. Hoa, N.T.T. Minh, N.T.M. Chau, et al. (2018), "Optimisation of microwave-assisted extraction of phenolic compounds from cashew nut coat", *Journal of Science Technology & Food*, **16(1)**, pp.106-116 (in Vietnamese).

[16] S. Tian, Y. Shi, X. Zhou, et al. (2011), "Total polyphenolic (flavonoids) content and antioxidant capacity of different *Ziziphora clinopodioides* Lam. extracts", *Pharmacognosy Magazine*, **7(25)**, pp.65-68, DOI: 10.4103/0973-1296.75904.

[17] D.T.L. Huong, N.T. Phuong, L.T.T. Huong, et al. (2012), "Determining the coumarin and assessing the anti-bacterial activity of the extractive solution from some medicinal plants by Muong ethnic group based on the local people experience in Nho Quan, Ninh Binh province", *CTU Journal of Science*, **24(2)**, pp.140-146 (in Vietnamese).

[18] N.H. Phung (1999), *List of Vietnamese Marine Fish*, Vol. V, Agricultural Publishing House, pp.191-201 (in Vietnamese).

[19] P. Tiwari, B. Kumar, M. Kaur, et al. (2011), "Phytochemical screening and extraction: A review", *Internationale Pharmaceutica Scientia*, **1(3)**, pp.98-106.

- [20] V. Rastija, A. Mornar, I. Jasprica, et al. (2004), “Analysis of polyphenol components in Croatian red wines by thin-layer chromatography”, *JPC-Journal of Planar Chromatography-Modern TLC*, **17(1)**, pp.26-31, DOI: 10.1556/jpc.17.2004.1.6.
- [21] V.Q. Vuong, H. Sathira, D.R. Paul, et al. (2013), “Effect of extraction conditions on total phenolic compounds and antioxidant activities of *Carica papaya* leaf aqueous extracts”, *Journal of Herbal Medicine*, **3(3)**, pp.104-111, DOI: 10.1016/j.hermed.2013.04.004.
- [22] H. Wang, G.J. Provan, K. Helliwell (2003), “HPLC determination of catechins in tea leaves and tea extracts using relative response factors”, *Food Chemistry*, **81(3)**, pp.307-312, DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00510-1.
- [23] L.A.J. Bhorgin, K. Uma (2014), “Antimicrobial activity of earthworm powder (*Lampito mauritii*)”, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, **3(1)**, pp.437-443.
- [24] K.P. Ingle, A.G. Deshmukh, D.A. Padole, et al. (2017), “Phytochemicals: Extraction methods, identification and detection of bioactive compounds from plant extracts”, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, **6(1)**, pp.32-36.
- [25] N.V. Toan, N.T. Dung, N.T. Lieu, et al. (2023), “Extraction and evaluation of total polyphenols, catechin derivatives and antioxidant, antibacterial activities of extract from cashew nut testa (*Anacardium occidentale* L.)”, *Proceedings of National Biotechnology Conference*, pp.271-276 (in Vietnamese).
- [26] H.V. Thanh, N.T.L. Phi, N.T. Khoi, et al. (2023b), “Green extraction and biological activity of phenolic extracts from cashew nut testa using a combination of enzyme and ultrasound-assisted treatments”, *Journal of The Science of Food and Agriculture*, **103(11)**, pp.5626-5633, DOI: 10.1002/jsfa.12641.
- [27] S.Z. Mwangi, V.C. Silayo, D.N. Chaula (2024), “Optimization of tannin’s extraction from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut testa for use in leather tanning”, *Asian Journal of Applied Chemistry Research*, **15(2)**, pp.7-16, DOI: 10.9734/ajacr/2024/v15i2283.
- [28] M.K.S. Pillai, K.J. Kedlaya, R. Selvarangan (1963), “Cashew seed skin as a tanning material”, *Leather Science*, **10**, pp.317-319.
- [29] N.B. Rathod, N. Elabed, S. Punia, et al. (2023), “Recent developments in polyphenol applications on human health: A review with current knowledge”, *Plants*, **12(6)**, pp.1-30, DOI: 10.3390/plants12061217.
- [30] L. Chen, H. Cao, Q. Huang, et al. (2022), “Absorption, metabolism and bioavailability of flavonoids: A review”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **62(28)**, pp.7730-7742, DOI: 10.1080/10408398.2021.1917508.
- [31] S.S. Garg, J. Gupta, S. Sharma, et al. (2020), “An insight into the therapeutic applications of coumarin compounds and their mechanisms of action”, *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, **152**, pp.1-9, DOI: 10.1016/j.ejps.2020.105424.
- [32] A.K. Das, M.N. Islam, M.O. Faruk, et al. (2020), “Review on tannins: Extraction processes, applications and possibilities”, *South African Journal of Botany*, **135**, pp.58-70, DOI: 10.1016/j.sajb.2020.08.008.
- [33] A. Baranwal, P. Aggarwal, A. Rai, et al. (2022), “Pharmacological actions and underlying mechanisms of catechin: A review”, *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, **22(5)**, pp.821-833, DOI: 10.2174/1389557521666210902162120.
- [34] J. Bae, N. Kim, Y. Shin, et al. (2020), “Activity of catechins and their applications”, *Biomedical Dermatology*, **4**, pp.1-10, DOI: 10.1186/s41702-020-0057-8.
- [35] N. Vaou, E. Stavropoulou, C. Voidarou, et al. (2021), “Towards advances in medicinal plant antimicrobial activity: A review study on challenges and future perspectives”, *Microorganisms*, **9(10)**, pp.1-28, DOI: 10.3390/microorganisms9102041.
- [36] M. Rohde (2019), “The gram-positive bacterial cell wall”, *Microbiology Spectrum*, **7(3)**, pp.1-21, DOI: 10.1128/microbiolspec.gpp3-0044-2018.
- [37] G.E. Zhang, T.C. Meredith, D. Kahne (2013), “On the essentiality of lipopolysaccharide to gram-negative bacteria”, *Current Opinion in Microbiology*, **16(6)**, pp.779-785, DOI: 10.1016/j.mib.2013.09.007.
- [38] A.B. Lorusso, J.A. Carrara, C.D.N. Barroso, et al. (2022), “Role of efflux pumps on antimicrobial resistance in *Pseudomonas aeruginosa*”, *International Journal of Molecular Sciences*, **23(24)**, pp.1-21, DOI: 10.3390/ijms232415779.
- [39] J. Ruiz-Herrera, M. Victoria Elorza, E. Valentin, et al. (2006), “Molecular organization of the cell wall of *Candida albicans* and its relation to pathogenicity”, *FEMS Yeast Research*, **6(1)**, pp.14-29, DOI: 10.1111/j.1567-1364.2005.00017.x.
- [40] D. Krishnaiah, R. Sarbatly, R. Nithyanandam (2011), “A review of the antioxidant potential of medicinal plant species”, *Food and Bioproducts Processing*, **89(3)**, pp.217-233, DOI: 10.1016/j.fbp.2010.04.008.
- [41] Y. Al-Majedy, A. Al-Amiery, A.A. Kadhum, et al. (2017), “Antioxidant activity of coumarins”, *Systematic Reviews in Pharmacy*, **8(1)**, pp.24-30.