

DETERMINATION OF TOTAL PHENOLIC, FLAVONOID CONTENTS AND ANTIOXIDANT CAPACITY OF KING MANDARIN FRUITS (*Citrus nobilis*)

Luu Minh Chau¹, Bui Thi Ngoc Bich¹, Thai Duong Ngoc Duyen¹, Tran Thuy An¹, Nguyen Huynh Anh Thu¹, Doan Thi Kieu Tien², Tran Thi Giang¹, Tran Bach Long¹, Huynh Xuan Phong¹, Nguyen Ngoc Thanh^{1*}

¹Can Tho University, ²Can Tho University of Technology

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 02/8/2023	This study was conducted to investigate phytochemicals composition and antioxidant capacity of <i>Citrus nobilis</i> collected in Ben Tre, Tien Giang, and Tra Vinh in Vietnam. The peel of <i>C. nobilis</i> was extracted in ethanol and the antioxidant activity was evaluated by 2,2-diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) assay. The analysis results showed that orange juice accounted for the highest proportion in the orange fruit and in the range of 34.80 - 61.18%. The main phytochemicals such as alkaloids, flavonoids, phenolics, saponins and terpenoids were detected in the tissues, but terpenoids were not found in the orange juice. In addition, the results of flavonoid and phenolic quantification showed that all 3 provinces recorded the highest concentration in orange juice, followed by flavedo extract and the lowest in albedo extract. The antioxidant capacity between different parts of oranges can be arranged in the following order: fruit juice > flavedo extract > albedo extract. But in general, oranges Tra Vinh have high antioxidant activity (including peel and juice).
Revised: 28/9/2023	
Published: 28/9/2023	
KEYWORDS	
Antioxidant capacity	
Citrus nobilis	
Flavonoid	
King mandarin	
Polyphenol	

XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG PHENOLIC, FLAVONOID VÀ KHẢ NĂNG CHỐNG OXY HÓA CỦA QUẢ CAM SÀNH (*Citrus nobilis*)

Luu Minh Châu¹, Bùi Thị Ngọc Bích¹, Thái Dương Ngọc Duyên¹, Trần Thúy An¹, Nguyễn Huỳnh Anh Thu¹, Đoàn Thị Kiều Tiên², Trần Thị Giang¹, Trần Bạch Long¹, Huỳnh Xuân Phong¹, Nguyễn Ngọc Thanh^{1*}

¹Trường Đại học Cần Thơ, ²Trường Đại học Kỹ thuật – Công nghệ Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 02/8/2023	Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định tỷ lệ các thành phần của quả cam sành (<i>Citrus nobilis</i>) và sự hiện diện của các hợp chất thực vật cũng như đánh giá khả năng chống oxy hóa của quả cam sành được trồng tại Bến Tre, Tiền Giang và Trà Vinh, Việt Nam. Vỏ cam sành được chiết xuất trong ethanol và hoạt tính chống oxy hóa được kiểm tra thông qua hoạt động nhát gốc tự do 2,2-diphenylpicrylhydrazyl (DPPH). Qua kết quả phân tích cho thấy dịch quả chiếm tỉ lệ cao nhất trong quả cam sành và dao động trong khoảng 34,80 - 61,18%. Các hợp chất thực vật chính như alkaloid, flavonoid, phenolic, saponin và terpenoid được phát hiện trong các bộ phận, riêng terpenoid không được tìm thấy trong dịch quả. Ngoài ra, kết quả định lượng flavonoid và phenolic cho thấy cả 3 tỉnh đều ghi nhận dịch quả có hàm lượng nhiều nhất, kể đến là cao chiết vỏ xanh và thấp nhất ở vỏ trắng. Về khả năng kháng oxy hóa, giữa các bộ phận khác nhau của quả cam sành có thể được sắp xếp theo thứ tự: dịch quả > vỏ xanh > vỏ trắng. Nhìn chung, cam sành Trà Vinh có khả năng kháng oxy cao nhất (bao gồm vỏ và dịch quả).
Ngày hoàn thiện: 28/9/2023	
Ngày đăng: 28/9/2023	
TỪ KHÓA	
Cam sành	
Citrus nobilis	
Flavonoid	
Khả năng chống oxy hóa	
Polyphenol	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8474>

* Corresponding author. Email: nnthanh@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Các loại trái cây có múi thuộc chi *Citrus* thuộc họ Rutaceae, có nhiều hình dạng và kích cỡ khác nhau (từ tròn đến thuôn dài). Nhóm cây này chiếm tỷ trọng lớn trong nền nông nghiệp thế giới, đứng đầu là cam, quýt, chanh và bưởi [1]. Quả cây có múi thường được tiêu thụ chủ yếu dưới dạng tươi hoặc chế biến dịch quả. Trong đó, tiêu thụ tươi chiếm phần lớn và chi phối đến giá trị kinh tế của nguồn nguyên liệu này. Tuy nhiên, một vấn đề của ngành công nghiệp chế biến quả cây có múi cần quan tâm là trong quá trình chế biến đã tạo ra một lượng phụ phẩm đáng kể với vỏ, hạt và bã màng, chiếm khoảng 50 - 60% tổng trọng lượng của trái cây [2]. Vì vậy, để giải quyết vấn đề chất thải từ các loại cây có múi cần có những nghiên cứu nhằm chuyển đổi những phụ phẩm này thành các sản phẩm có giá trị kinh tế. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng, vỏ cây có múi rất giàu chất dinh dưỡng như carbohydrate [3], vitamin (C, E), khoáng chất (selenium, kẽm, đồng, sắt và mangan) và acid amin [4]. Hơn nữa, vỏ trái cây có múi chứa nhiều hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học bao gồm các hợp chất phenolic (flavonoid, acid phenolic và coumarin) [5], terpenoid (limonoid và carotenoids) [6]. Những hợp chất này đã được chứng minh là có khả năng chống đái tháo đường, chống ung thư, chống viêm loét, chống béo phì, chống mất trí nhớ, kháng lại vi khuẩn, nấm và virus [7]-[9]. Từ các kết quả nghiên cứu có thể thấy vỏ quả cây có múi có tiềm năng đáng kể để sản xuất thực phẩm chức năng, dược phẩm và mỹ phẩm.

Cam sành (*Citrus nobilis*) là giống cây ăn quả có lớp vỏ sần sùi giống bề mặt mảnh sành và thường có màu lục, các múi thịt có màu cam bắt mắt. Tại Việt Nam, cam sành được trồng phổ biến ở một số tỉnh phía Bắc như Hà Giang, Tuyên Quang, Yên Bái và nổi tiếng nhất là cam sành Hàm Yên. Ngoài ra, khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, được cho là thủ phủ của cam sành nhờ có khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, đất canh tác với phù sa màu mỡ. Do có phẩm chất thơm ngon, rất giàu chất dinh dưỡng, tốt cho sức khỏe con người nên ngoài việc sử dụng cam sành dưới dạng tươi thì cam sành đã được nghiên cứu để tạo ra nhiều dòng sản phẩm khác như rượu vang cam [10], cider cam [11], cam sấy dẻo [12]. Ngoài ra, tinh dầu của vỏ cam sành có hoạt tính kháng khuẩn, kháng nấm và khả năng chống oxy hóa [13]. Tuy nhiên, cho đến nay các dữ liệu cụ thể về các hợp chất hiện diện trong từng bộ phận của quả cam sành cũng như hàm lượng và khả năng kháng oxy hóa của polyphenol vẫn chưa được nghiên cứu nhiều. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định tỉ lệ phân bố, hàm lượng flavonoid, phenolic và hoạt tính chống oxy hóa của từng bộ khác nhau của cam sành ở 3 tỉnh ven biển Đồng thuộc khu vực Đồng bằng sông Cửu Long gồm Bến Tre, Tiền Giang, Trà Vinh.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Quả cam sành được thu mẫu tại tỉnh Bến Tre (BT), Tiền Giang (TG) và Trà Vinh (TV). Quả ở giai đoạn trưởng thành và có thể thương mại (Hình 1). Cam sành được thu mua ngẫu nhiên ở mỗi địa điểm với khối lượng là 10 kg. Sau khi mua về, cam được rửa sạch nhằm loại bỏ tạp chất bám bên ngoài, tránh va chạm mạnh và để ráo nước ở điều kiện phòng thí nghiệm.



Hình 1. Các mẫu cam sành tại các tỉnh Bến Tre (BT), Tiền Giang (TG) và Trà Vinh (TV)

Các loại hóa chất sử dụng bao gồm: galic acid, quercetin, thuốc thử Folin - Ciocalteu (Sigma-Aldrich, Đức), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (Tokyo Chemical Industry, Nhật Bản), ethanol tuyệt đối (Cemaco, Việt Nam), Na_2CO_3 , CH_3COOK , Na_2HPO_4 , $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$, CCl_3COOH , FeCl_3 , AlCl_3 , I_2 , KI (Xilong Scientific, Trung Quốc).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Khảo sát tỷ lệ phân bố các bộ phận của quả cam sành

Các mẫu cam sành ở mỗi tỉnh được ghi nhận khối lượng quả, đo đường kính (nơi rộng nhất của quả), chiều cao quả (nơi tiếp giáp với cuống quả đo xuống phần cuối của quả). Sau đó, cam sành được bóc vỏ và tách riêng thành từng phần bao gồm vỏ quả (vỏ xanh và vỏ trắng) và thịt quả (dịch quả, xác quả), rồi xác định khối lượng của từng phần.

2.2.2. Thu hồi cao chiết và định tính một số hợp chất tự nhiên trong quả cam sành

Vỏ cam (tách riêng vỏ xanh, vỏ trắng) được cắt nhỏ (chiều dày trung bình 1 - 2 mm) và sấy ở 40°C (MOV-112F, Sanyo, Nhật Bản) đến khi độ ẩm của mẫu giảm dưới 10%. Tiến hành xay mẫu bằng máy xay (MX-V310KRA, Panasonic, Nhật Bản) và trữ mẫu trong bình hút ẩm. Ngâm 50 g bột vỏ cam sành trong 200 mL cồn tuyệt đối, thời gian ngâm 24 giờ. Thực hiện lặp lại 4 lần ngâm để đảm bảo thu kiệt các hợp chất tự nhiên có trong mẫu nguyên liệu. Dịch chiết từ các lần ngâm được gom lại, tiến hành cô quay chân không ở 40°C để loại dung môi và thu nhận cao chiết [14]. Riêng phần múi quả được ép và sử dụng dịch quả nguyên chất để định tính một số hợp chất tự nhiên. Cao chiết được trữ trong bình hút ẩm và dịch quả được trữ ở -20°C .

Phương pháp định tính dựa vào các phản ứng màu được thực hiện theo mô tả trong Bảng 1 [15]. Các loại cao chiết được thực hiện ở nồng độ 100 mg/mL.

Bảng 1. Phương pháp định tính một số hợp chất tự nhiên

Hợp chất	Cách tiến hành	Hiện tượng quan sát
Alkaloid	0,5 mL mẫu + 3 - 4 giọt thuốc thử Wagner	Màu nâu đỏ
Flavonoid	0,5 mL mẫu + 3 - 4 giọt NaOH 1%	Màu vàng đến đỏ cam
Phenolic	0,5 mL mẫu + 2 - 3 FeCl_3 5%	Tủa màu xanh đen
Saponin	0,5 mL mẫu + 2 - 3 giọt dầu olive	Nhũ tương màu sữa
Terpenoid	0,5 mL mẫu + 1 mL CHCl_3 + 2 - 3 giọt $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{dd}}$	Màu đỏ đậm, xanh, xanh tím

2.2.3. Khảo sát hàm lượng phenolic và flavonoid tổng của từng bộ phận của quả cam sành

Hàm lượng phenolic tổng được xác định dựa trên phương pháp của Singleton và cộng sự (1999) [16] có hiệu chỉnh như sau: 1 mL mẫu được cho vào ống nghiệm, bổ sung 2,5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10% và lắc đều. Sau 5 phút, tiếp tục bổ sung 2 mL Na_2CO_3 2% và ủ trong 45 phút ở nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ quang phổ của hỗn hợp phản ứng được đo ở bước sóng 765 nm. Chất chuẩn được sử dụng là acid gallic (20 - 120 $\mu\text{g/mL}$). Hàm lượng phenolic tổng trong cao chiết được xác định dựa trên phương trình đường chuẩn của acid gallic (GA) (1).

$$\text{Hàm lượng phenolic tổng: } P = \frac{p \times V}{m} \quad (1)$$

Trong đó, P: hàm lượng phenolic tổng (mg GAE/g chiết xuất); p: giá trị x từ đường chuẩn với acid gallic (mg/mL); V: thể tích dịch chiết (mL); m: khối lượng cao chiết có trong thể tích V (g).

Hàm lượng flavonoid được xác định theo mô tả của Chang và cộng sự (2002) [17]. Đầu tiên, 1,5 mL ethanol 95% được bổ sung vào 0,5 mL mẫu đã được chuẩn bị trong ống nghiệm và để yên trong 5 phút. Sau đó, bổ sung 0,1 mL AlCl_3 10% và phản ứng trong 6 phút. Cuối cùng, hỗn hợp được thêm 0,1 mL CH_3COOK 1M và 2,8 mL nước cất, lắc đều rồi để ổn định ở nhiệt độ phòng trong 45 phút. Hỗn hợp phản ứng được đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 415 nm. Chất chuẩn được sử dụng là quercetin (10 - 100 $\mu\text{g/mL}$). Hàm lượng flavonoid toàn phần trong cao chiết được xác định dựa trên phương trình đường chuẩn của quercetin (Q) (2).

$$\text{Hàm lượng flavonoid tổng: } F = \frac{f \times V}{m} \quad (2)$$

Trong đó, F: hàm lượng flavanoid tổng (mg QE/g chiết xuất); f: giá trị x từ đường chuẩn với acid gallic (mg/mL); V: thể tích dịch chiết (mL); m: khối lượng cao chiết có trong thể tích V (g).

2.2.4. Khảo sát khả năng kháng oxy hóa từng bộ phận của quả cam sành

Khả năng kháng oxy hóa từng bộ phận của quả cam sành được đánh giá bằng phương pháp DPPH được thực hiện theo Ye và cộng sự (2013) [18] và có điều chỉnh như sau: 200 μ L mẫu ở các nồng độ khác nhau được chuẩn bị trong các ống nghiệm riêng biệt, bổ sung 1 mL DPPH 0,1 mM vào các ống nghiệm đã chuẩn bị sẵn và lắc đều. Giữ ổn định trong tối ở nhiệt độ phòng trong 15 phút, sau đó tiến hành đo độ hấp thụ quang phổ của hỗn hợp phản ứng ở bước sóng 517 nm (As). Mẫu đối chứng (Ac) gồm 200 μ L cồn tuyệt đối và 1 mL DPPH 0,1 mM (3).

$$\text{Phần trăm ức chế DPPH (\%)} = \frac{A_c - A_s}{A_c} \times 100 \quad (3)$$

Giá trị IC₅₀ (half maximal inhibitory concentration) nghĩa là nồng độ mẫu cần thiết để loại bỏ 50% hàm lượng gốc tự do.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Số liệu được xử lý bằng chương trình Microsoft Excel 2010 (Microsoft Corporation, USA) và phân tích thống kê sử dụng Statgraphics Centurion XV (Statgraphics Technologies, Inc., USA).

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Tỷ lệ phân bố các bộ phận của quả cam sành

Cam sành sau khi rửa sạch được cân và đo để xác định khối lượng và đường kính cũng như chiều cao của quả. Sau đó, quả cam được tách thành từng phần riêng biệt bao gồm vỏ xanh, vỏ trắng, thịt quả (dịch quả và xác). Kết quả sự phân bố của các thành phần trong quả cam được ghi nhận ở Bảng 2 và thể hiện qua Hình 2 và Hình 3.

Bảng 2. Tỷ lệ phân bố và giá trị trung bình của các thành phần chính của quả cam sành

Mẫu cam sành	Đường kính (cm)	Chiều cao (cm)	Khối lượng (g)	Thịt quả		Vỏ quả	
				Dịch quả (%)	Xác (%)	Vỏ trắng (%)	Vỏ xanh (%)
BT	9,15	7,47	300	34,80	17,40	14,84	32,96
TG	9,34	7,45	300	46,97	19,07	12,00	21,96
TV	6,16	7,39	250	61,18	14,95	6,74	17,12



Hình 2. Hình ảnh đo chiều cao quả cam sành ở 3 tỉnh BT, TG, TV



Hình 3. Hình ảnh đo đường kính quả cam sành ở 3 tỉnh BT, TG, TV

Kết quả ở Bảng 2 có thể thấy sự chênh lệch về tỷ lệ phân bố giữa các thành phần ở quả cam sành. Nhìn chung, phần thịt quả sẽ chiếm khối lượng nhiều nhất và dao động trong khoảng 52,20 - 76,13% w/w, trong đó phần dịch quả đã chiếm tới 34,80 - 61,18% w/w. Riêng phần vỏ có khối lượng dao động từ 23,87 - 47,80% w/w và tỉ lệ vỏ xanh luôn lớn hơn vỏ trắng. Kết quả ghi nhận trong nghiên cứu này phù hợp với công bố của Mahato và cộng sự (2019) khi đánh giá tổng quan về sự phân bố các thành phần của quả *Citrus* [2]. Bên cạnh đó, khi so sánh đặc tính hình thái và tỷ lệ phân bố giữa các thành phần của các mẫu cam sành BT, TG và TV cũng cho thấy sự khác biệt. Kết quả khảo sát cho thấy cam sành BT và TG có khối lượng trung bình tương đương nhau (khoảng 300 g); quả có kích thước rộng với đường kính (9,15 - 9,34 cm) lớn hơn chiều cao (7,45 - 7,47 cm). Trong khi cam sành TV có khối lượng và kích thước nhỏ hơn so với mẫu ở 2 tỉnh còn lại. Mặc dù vậy, cam sành TV lại có ưu điểm là vỏ mỏng, thịt quả rất mọng nước với tỉ lệ dịch quả lên đến 61,18% w/w. Ngược lại, cam sành BT có tỉ lệ dịch quả thấp nhất và vỏ cao nhất so với tổng khối lượng ban đầu. Nguyên nhân dẫn sự khác biệt này có thể là do tác động của môi trường như điều kiện khí hậu, điều kiện canh tác và phương thức canh tác đã ảnh hưởng đến sự phân bố giữa các thành phần [19]. Kết quả này là cơ sở cho việc ứng dụng tối đa nguồn nguyên liệu này cho các mục đích khác nhau.

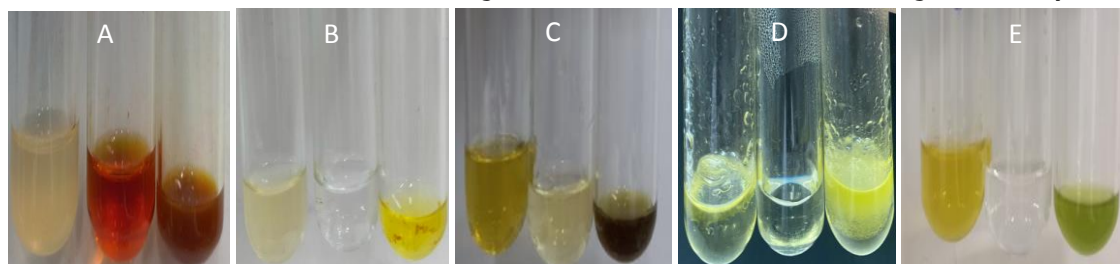
3.2. Kết quả định tính một số hợp chất tự nhiên có trong từng bộ phận của quả cam sành

Kết quả ở Bảng 2 đã cho thấy các bộ phận trong quả cam sành có sự phân bố khác nhau giữa các tỉnh ven biển thuộc khu vực Đồng bằng sông Cửu Long. Thí nghiệm này tiến hành nhận diện một số hợp chất thực vật chính có trong vỏ và dịch quả cam sành và kết quả định tính được thể hiện trong Bảng 3 và Hình 4.

Bảng 3. Kết quả định tính các hợp chất trong dịch quả, cao chiết ethanol vỏ xanh và vỏ trắng

Nhóm chất	BT			TG			TV		
	X	T	DQ	X	T	DQ	X	T	DQ
Alkaloid	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Flavonoid	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Phenolic	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Saponin	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Terpenoid	+	+	-	+	+	-	+	+	-

Ghi chú: +: có sự hiện diện và -: không có sự hiện diện; X: vỏ xanh, T: vỏ trắng, DQ: dịch quả



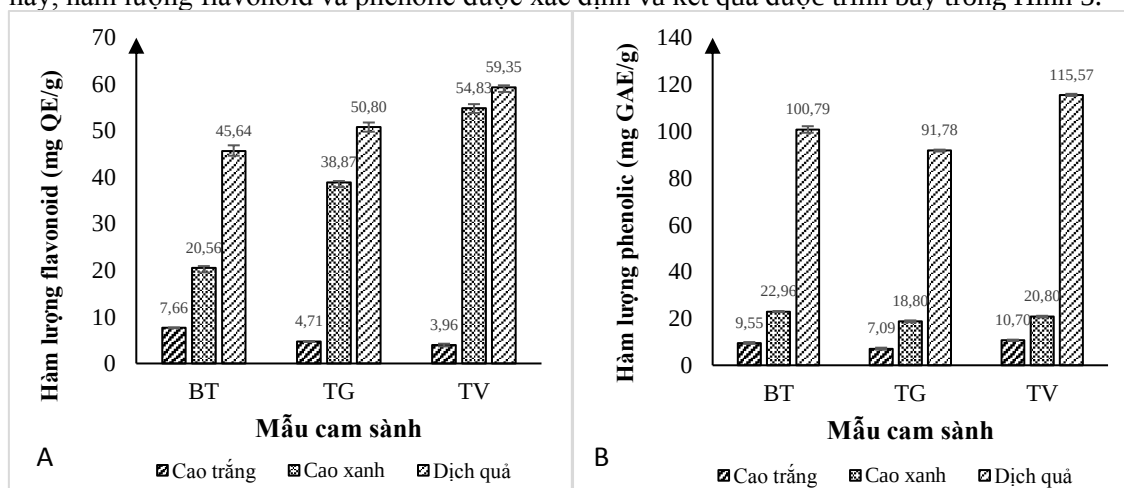
Hình 4. Kết quả định tính (A) alkaloid dịch quả, (B) flavonoid cao chiết vỏ trắng, (C) phenolic cao chiết vỏ xanh, (D) saponin cao chiết vỏ trắng và (E) steroid cao chiết vỏ xanh. Theo thứ tự các ống từ trái sang phải là 1: Mẫu + nước cất; 2: Nước cất + Thuốc thử; 3: Cao chiết + Thuốc thử

Dựa vào Bảng 3 và Hình 4 có thể thấy dịch quả và cao chiết ethanol vỏ xanh, vỏ trắng tại 3 tỉnh khảo sát đều ghi nhận sự hiện diện của alkaloid, flavonoid, phenolic, saponin và terpenoid với các phản ứng màu đặc trưng cho từng loại hợp chất, ngoại trừ dịch quả cho kết quả âm tính khi thử nghiệm nhận diện terpenoid. Nhìn chung, kết quả này phù hợp với nhiều kết quả đã được công bố trước đây khi xác định sơ bộ các hợp chất thực vật phổ biến trong chi *Citrus*. Tuy nhiên, vẫn có sự khác nhau giữa các nghiên cứu về kết quả định tính [20], [21]. Nguyên nhân có thể là do ở các nghiên cứu sử dụng các loại dung môi khác nhau trong quá trình chiết xuất dẫn đến thu nhận các loại hợp chất khác nhau. Sự hiện diện của các hợp chất trong mẫu khảo sát bị ảnh

hường rất nhiều bởi tính chất của dung môi chiết xuất (phân cực hay không phân cực). Ngoài ra, số lượng và loại hợp chất hiện diện trong quả *Citrus* rất đa dạng và phụ thuộc vào giống, loài, bộ phận của quả cũng như vào điều kiện khí hậu và canh tác [22].

3.3. Hàm lượng phenolic tổng và flavonoid toàn phần của từng bộ phận của quả cam sành

Trong số các hợp chất thực vật được tìm thấy trong các loại trái cây có múi, thuộc họ Rutaceae thì flavonoid và phenolic được tìm thấy với một lượng đáng kể [2]. Trong thí nghiệm này, hàm lượng flavonoid và phenolic được xác định và kết quả được trình bày trong Hình 5.



Hình 5. Hàm lượng flavonoid (A) và phenolic (B) trong dịch quả, cao chiết ethanol vỏ xanh và vỏ trắng

Hình 5 cho thấy có sự khác nhau về hàm lượng flavonoid giữa các bộ phận và các loại cây được trồng ở các tỉnh khác nhau. Hàm lượng flavonoid dao động trong khoảng 20,56 - 54,83 mg QE/g trong cao chiết vỏ xanh, 3,96 - 7,66 mg QE/g trong cao chiết vỏ trắng và 45,64 - 59,35 mg QE/g trong dịch quả. Trong đó, cao chiết vỏ xanh và dịch quả cam sành TV có hàm lượng flavonoid cao nhất nhưng cao chiết vỏ trắng lại cho kết quả hàm lượng flavonoid thấp nhất. Ngược lại, cam sành BT được ghi nhận là có hàm lượng flavonoid cao nhất ở cao chiết vỏ trắng và thấp nhất là ở cao chiết vỏ xanh và dịch quả trong 3 tỉnh khảo sát. Mặt khác, khi khảo sát hàm lượng phenolic cũng thể hiện sự khác biệt giữa các tỉnh và bộ phận quả khác nhau. Hàm lượng phenolic được ghi nhận trong khoảng 18,80 - 22,96 mg GAE/g trong cao chiết vỏ xanh, 7,09 - 10,70 mg GAE/g đối với cao chiết vỏ trắng và 91,77 - 115,58 mg GAE/g đối với dịch quả. Một nghiên cứu của Zhang và cộng sự (2018) cũng đã đánh giá hàm lượng phenolic và flavonoid trong mô của 19 giống quýt (*Citrus reticulata*) khác nhau và kết quả là tổng hàm lượng flavonoid được ghi nhận từ 23,29 - 56,52, 6,38 - 16,74, 5,96 - 18,23 và 9,88-48,13 mg RE/g tương ứng trong vỏ, bã, hạt và nước ép; còn hàm lượng phenolic thì nằm trong khoảng từ 22,80 - 32,76 đối với vỏ; 8,25 - 15,15 đối với bã; 1,09 - 2,81 đối với hạt và 7,28 - 34,03 mg GAE/g đối với nước trái cây [23].

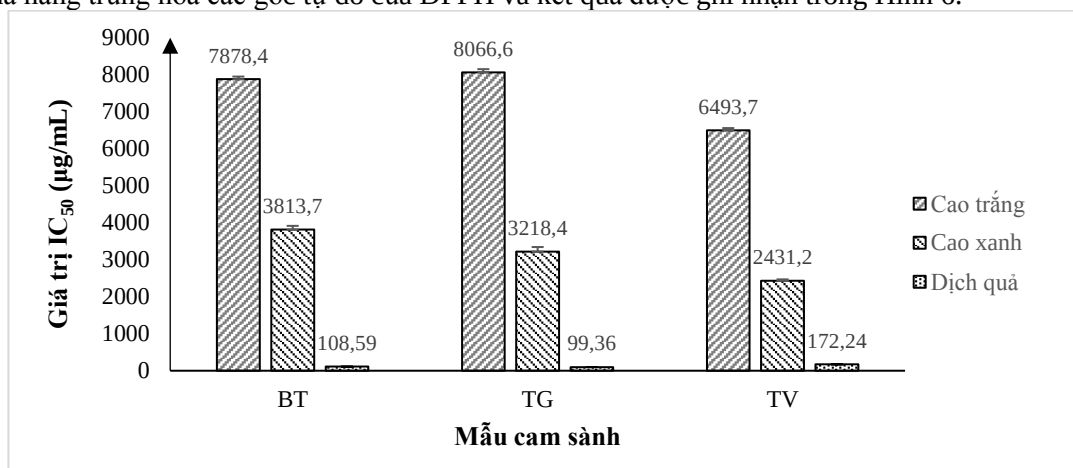
Nhìn chung, các số liệu trong Hình 5 cho thấy dịch quả cam sành ở các tỉnh có hàm lượng flavonoid và phenolic cao nhất, kể đến là vỏ xanh và vỏ trắng. Tuy nhiên, kết quả này có sự khác biệt so với một số kết quả đã được công bố trước đó. Gần như các nghiên cứu trước đây đều báo cáo rằng hàm lượng flavonoid và phenolic ở vỏ trái cây họ cam quýt cao hơn so với thịt quả [24], [25]. Nguyên nhân có thể là do vỏ là phần bên ngoài của quả, đóng vai trò trong việc bảo vệ quả khỏi các tác động của môi trường sống như ánh sáng mặt trời (tia UV), côn trùng và vi sinh vật. Chính vì thế, các hợp chất được thực vật tạo ra như một cơ chế bảo vệ để đáp ứng với các stress từ môi trường và có khuynh hướng tập trung ở lớp vỏ [26]. Trong thí nghiệm này, sự khác biệt có thể là do cách xử lý mẫu và dung môi chiết xuất ở các nghiên cứu có sự khác nhau. Các nghiên cứu trước đã xử lý mẫu bằng cách đông khô [24], [25]. Tuy nhiên, mẫu trong nghiên cứu này lại

được sấy khô và chiết xuất bằng dung môi ethanol. Đây có thể là nguyên nhân dẫn đến sự hao hụt hàm lượng flavanoid và phenolic trong vỏ do mất đi một số hợp chất dễ bay hơi bởi nhiệt như tinh dầu.

Mặc dù các tài liệu chỉ ra rằng vỏ quả *Citrus* giàu flavanoid và phenolic hơn so với nước ép, nhưng sự tích tụ các chất hóa học thực vật cũng bị ảnh hưởng bởi các yếu tố như kiểu gen và điều kiện môi trường. Nghiên cứu của Zhang và cộng sự (2018) cho thấy nước ép của một số giống *Citrus reticulata* có nguồn gốc từ Mỹ chứa hàm lượng flavonoid và phenolic cao hơn so với trong vỏ của nó, ngược lại, cùng loài ở Ý có vỏ chứa nhiều flavonoid và phenolic hơn nước ép [23]. Dong và cộng sự (2019) cho rằng độ ẩm không khí tương đối tác động đến sự tích tụ flavonoid bằng cách thay đổi hoạt động của các chất kích hoạt phiên mã và enzyme [27]. Như vậy, kết quả từ nghiên cứu này sẽ cung cấp thông tin quan trọng cho việc nghiên cứu và sử dụng cam sành trong tương lai.

3.4. Khả năng kháng oxy hóa từng bộ phận của quả cam sành

Quả cây có múi (cam, quýt, chanh, bưởi) được báo cáo là có khả năng chống oxy hóa tốt. Khả năng kháng oxy hóa của cao chiết vỏ và dịch quả cam sành tại 3 tỉnh được đánh giá thông qua khả năng trung hòa các gốc tự do của DPPH và kết quả được ghi nhận trong Hình 6.



Hình 6. Khả năng kháng oxy hóa của dịch quả, cao chiết ethanol vỏ xanh và vỏ trắng

Các loại oxy phản ứng (ROS) có nguồn gốc hóa học từ oxy như anion superoxide, gốc hydroxyl và hydro peroxide có liên quan chặt chẽ với nhiều tình trạng bệnh lý phổ biến ngày nay như lão hóa, viêm nhiễm và ung thư. DPPH là các gốc tự do ổn định, đã được sử dụng rộng rãi như một công cụ để ước tính các hoạt động thu hồi gốc tự do của các chất chống oxy hóa. Hiệu quả kháng oxy hóa giữa các bộ phận trong quả cam sành có sự khác nhau và được thể hiện thông qua các giá trị IC_{50} . Trong đó, dịch quả ở hầu hết các tỉnh có giá trị IC_{50} thấp nhất và nằm trong khoảng 99,36 - 172,24 $\mu\text{g/mL}$, kế đến là cao chiết vỏ xanh (2.431,2 - 3.813,7 $\mu\text{g/mL}$) và vỏ trắng (6.493,7 - 8.066,6 $\mu\text{g/mL}$). Giá trị IC_{50} thấp hơn cho thấy hoạt động chống oxy hóa mạnh hơn và điều này có nghĩa là khả năng kháng oxy hóa của dịch quả là cao nhất và vỏ trắng có khả năng kháng oxy hóa thấp nhất. Kết quả này thấp hơn so với nghiên cứu của Park và cộng sự (2014) khi đánh giá hoạt động chống oxy hóa của thịt và vỏ cam được chiết xuất từ các dung môi khác nhau cho các giá trị IC_{50} thấp nhất trong dịch chiết acetone của thịt (333,7 $\mu\text{g/mL}$) và vỏ (781,9 $\mu\text{g/mL}$), kế đến là dịch chiết ethanol và cao nhất trong dịch chiết metanol với IC_{50} của thịt là 1.710,2 $\mu\text{g/mL}$ và của vỏ là 1.402,9 $\mu\text{g/mL}$) [28]. Sự khác biệt về khả năng chống oxy hóa giữa các mô có thể bị ảnh hưởng bởi dung môi chiết xuất hoặc là do hàm lượng flavanoid và phenolic khác nhau trong các mô khác nhau của trái cây có múi. Một số nghiên cứu trước đây đã tìm thấy mối tương quan cao giữa khả năng trung hòa gốc tự do của DPPH với tổng phenolic và tổng flavonoid của vỏ các loài *Citrus* khác [29].

Ngoài ra, khi so sánh khả năng kháng oxy của từng loại mô ở các tỉnh, kết quả ở mẫu cam sành TV lại cho thấy khả năng kháng oxy hóa của vỏ trắng và vỏ xanh và cao nhất trong 3 tỉnh khảo sát. Mặt khác, dịch quả của cam sành được trồng tại TG lại cho khả năng bắt gốc tự do cao hơn có khác biệt ý nghĩa thống kê với IC_{50} là 99,35 $\mu\text{g/mL}$, trong khi đó các tỉnh còn lại với giá trị IC_{50} nằm trong khoảng 108,59 - 172,24 $\mu\text{g/mL}$. Kết quả này thể hiện hoạt động kháng oxy thấp hơn so với kết quả của Sicari và cộng sự (2016), các mẫu nước ép của *Citrus bergamia* được thu hái ở 7 khu vực thuộc miền Nam nước Ý đều thể hiện hoạt động nhốt gốc tự do DPPH với giá trị IC_{50} dao động trong khoảng 19,6 đến 31,4 $\mu\text{g/mL}$, tương ứng với các mẫu được thu hái ở Melito và Palizzi [30]. Từ đó cho thấy sự khác nhau về khả năng chống oxy giữa các loại mô trong quả cũng như giữa các tỉnh và môi trường sinh sống có thể là nguyên nhân dẫn đến sự khác biệt này.

4. Kết luận

Kết quả khảo sát tỉ lệ phân bố các bộ phận của cam sành tại 3 tỉnh Bến Tre, Tiền Giang và Trà Vinh cho thấy các mẫu cam sành có thịt quả dày và nhiều nước (34,80 - 61,18% w/w). Các hợp chất như alkaloid, flavonoid, phenolic, saponin đều được tìm thấy trong vỏ và dịch quả, ngoại trừ terpenoid chỉ hiện diện ở phần cao chiết của vỏ. Kết quả định lượng flavonoid và phenolic cho thấy dịch quả có hàm lượng nhiều nhất, kế đến là cao chiết vỏ xanh và thấp nhất ở vỏ trắng. Tương tự, khả năng kháng oxy hóa của các bộ phận của quả cam sành cũng thể hiện hoạt tính cao nhất đối với dịch quả với giá trị IC_{50} nằm trong khoảng 99,35 - 172,24 $\mu\text{g/mL}$, kế đến là cao chiết vỏ xanh (2.431,0 - 3.813,3 $\mu\text{g/mL}$) và vỏ trắng (6.493,7 - 7.878,0 $\mu\text{g/mL}$). Nhìn chung, nghiên cứu bước đầu cung cấp một số dữ liệu về tỉ lệ phân bố và hoạt tính sinh học của các bộ phận cam sành được trồng tại 3 tỉnh ven biển thuộc Đồng bằng sông Cửu Long.

Lời cảm ơn

Kính phí thực hiện thông qua đề tài nghiên cứu khoa học theo hợp đồng thực hiện nhiệm vụ Khoa học và Công nghệ số 10/HĐ-SKHCN ngày 18/10/2021 giữa Sở Khoa học và Công nghệ thành phố Cần Thơ và Trường Đại học Cần Thơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] USDA/FAS, "Citrus: World Markets and Trade," United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, pp. 1-13, 2023. [Online]. Available: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/citrus.pdf>. [Accessed July 2023].
- [2] N. Mahato, K. Sharma, M. Sinha, and M. H. Cho, "Citrus waste derived nutra-/pharmaceuticals for health benefits: Current trends and future perspectives," *Journal of Functional Foods*, vol. 40, pp. 307-316, 2018.
- [3] N. El Fihry, K. El Mabrouk, M. Eeckhout, H. A. Schols, Y. Filali-Zegzouti, and H. Hajjaj, "Physicochemical and functional characterization of pectin extracted from Moroccan citrus peels," *LWT*, vol. 162, 2022, Art. no. 113508.
- [4] A. Czech, E. Zarycka, D. Yanovych, Z. Zasadna, I. Grzegorzczuk, and S. Klys, "Mineral content of the pulp and peel of various citrus fruit cultivars," *Biological Trace Element Research*, vol. 193, pp. 555-563, 2020.
- [5] G. J. Lee, S. Y. Lee, N. G. Kang, and M. H. Jin, "A multi-faceted comparison of phytochemicals in seven citrus peels and improvement of chemical composition and antioxidant activity by steaming," *LWT - Food Science and Technology*, vol. 160, 2022, Art. no. 113297.
- [6] Q. Huang, J. Liu, C. Hu, N. Wang, L. Zhang, X. Mo, G. Li, H. Liao, H. Huang, S. Ji, and D. Chen, "Integrative analyses of transcriptome and carotenoids profiling revealed molecular insight into variations in fruits color of *Citrus reticulata* Blanco induced by transplantation," *Genomics*, vol. 114, no. 2, 2022, Art. no. 110291.
- [7] X. Lv, S. Zhao, Z. Ning, H. Zeng, Y. Shu, O. Tao, C. Xiao, C. Lu, and Y. Liu, "Citrus fruits as a treasure trove of active natural metabolites that potentially provide benefits for human health," *Chemistry Central Journal*, vol. 9, pp. 1-14, 2015.
- [8] R. K. Saini, A. Ranjit, K. Sharma, P. Prasad, X. Shang, K. G. M. Gowda, and Y. S. Keum, "Bioactive compounds of citrus fruits: A review of composition and health benefits of carotenoids, flavonoids, limonoids, and terpenes," *Antioxidants*, vol. 11, no. 2, 2022, Art. no. 239.

- [9] B. Singh, J. P. Singh, A. Kaur, and N. Singh, "Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel," *Food Research International*, vol. 132, 109114, 2020.
- [10] P. T. Nguyen and V. T. Nguyen, "Isolation, selection and identification of natural yeasts for orange wine fermentation," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 58, no. 1B, pp. 121-131, 2021.
- [11] T. M. T. Nguyen, M. C. Luu, N. T. Nguyen, H. D. L. Bui, T. K. T. Doan, T. T. Tran, V. M. Nguyen, and X. P. Huynh, "Optimization of fermentation conditions in cider production from king orange (*Citrus nobilis* L. Osbeck)," *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 227, no. 14, pp. 48-56, 2022.
- [12] T. T. Q. Phan, K. T. Duong, D. N. Le, L. T. V. Nguyen, C. T. Kha, V. A. Nguyen, and T. P. L. Duong, "Effect of pretreatments on the quality of soft dried Sanh orange (*Citrus sinensis*)," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 57, pp. 151-160, 2021.
- [13] X. P. Huynh, T. H. N. Tran, T. T. D. Ly, N. T. Nguyen, and D. T. Le, "Physiochemical properties, antibacterial, antifungal, and antioxidant activities of essential oils from orange (*Citrus nobilis*) peel," *Emirates Journal of Food and Agriculture*, vol. 34, no. 4, pp. 289-296, 2022.
- [14] T. X. T. Dai, C. L. Tran, T. N. Nguyen, K. D. Phan, T. M. Tran, and T. T. Nguyen, "Investigation of bioactivities of the extract from *Premna serratifolia* (L.) leaves," *Can Tho University Journal of Science*, vol. 54, no. 9A, pp. 46-52, 2018.
- [15] K. P. P. Nguyen, "Methods to identify natural compounds," in *Methods of Isolating Organic Compounds* (in Vietnamese), 1st, Ho Chi Minh City, Vietnam: Vietnam National University, 2007, pp. 80-150.
- [16] V. L. Singleton, R. Orthofer, and R. M. Lamuela-Raventós, "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent," *Methods in enzymology*, vol. 299, pp. 152-178, 1999.
- [17] C. C. Chang, M. H. Yang, H. M. Wen, and J. C. Chern, "Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods," *Journal of Food and Drug Analysis*, vol. 10, no. 3, pp. 178-182, 2002.
- [18] M. Ye, L. Ren, Y. Wu, Y. Wang, and Y. Liu, "Quality characteristics and antioxidant activity of hickory-black soybean yogurt," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 51, no. 1, pp. 314-318, 2013.
- [19] A. L. Stewart and S. Ahmed, "Effects of climate change on fruit nutrition," in *Fruit Crops*, A.K. Srivastava and Chengxiao Hu, Eds. Elsevier, 2020, pp. 77-93.
- [20] E. E. Emojorho and P. I. Akubor, "Effect of debittering methods on the proximate composition sensory and functional properties of orange (*Citrus sinensis*) seed flour," *Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, vol. 10, no. 9, pp. 134-139, 2016.
- [21] R. Roghini and K. Vijayalakshmi, "Phytochemical screening, quantitative analysis of flavonoids and minerals in ethanolic extract of *Citrus paradisi*," *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, vol. 9, no. 11, pp. 4859-4864, 2018.
- [22] J. Lado, G. Gambetta, and L. Zacarias, "Key determinants of citrus fruit quality: Metabolites and main changes during maturation," *Scientia Horticulturae*, vol. 233, pp. 238-248, 2018.
- [23] H. Zhang, Y. F. Yang, and Z. Q. Zhou, "Phenolic and flavonoid contents of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) fruit tissues and their antioxidant capacity as evaluated by DPPH and ABTS methods," *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 17, no. 1, pp. 256-263, 2018.
- [24] H. R. de Moraes Barros, T. A. P. de Castro Ferreira, and M. I. Genovese, "Antioxidant capacity and mineral content of pulp and peel from commercial cultivars of citrus from Brazil," *Food Chemistry*, vol. 134, no. 4, pp. 1892-1898, 2012.
- [25] W. Xi, J. Lu, J. Qun, and B. Jia, "Characterization of phenolic profile and antioxidant capacity of different fruit part from lemon (*Citrus limon* Burm.) cultivars," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 54, pp. 1108-1118, 2017.
- [26] Y. Tak and M. Kumar, "Phenolics: a key defence secondary metabolite to counter biotic stress," *Plant Phenolics in Sustainable Agriculture*, vol. 1, pp. 309-329, 2020.
- [27] X. Dong, Y. Hu, Y. Li, and Z. Zhou, "The maturity degree, phenolic compounds and antioxidant activity of Eureka lemon [*Citrus limon* (L.) Burm. f.]: A negative correlation between total phenolic content, antioxidant capacity and soluble solid content," *Scientia Horticulturae*, vol. 243, pp. 281-289, 2019.
- [28] J. H. Park, M. Lee, and E. Park, "Antioxidant activity of orange flesh and peel extracted with various solvents," *Preventive Nutrition and Food Science*, vol. 19, no. 4, pp. 291-298, 2014.
- [29] D. Barreca, E. Bellocchio, U. Leuzzi, and G. Gattuso, "First evidence of C-and O-glycosyl flavone in blood orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) juice and their influence on antioxidant properties," *Food Chemistry*, vol. 149, pp. 244-252, 2014.
- [30] V. Sicari, M. R. Loizzo, V. Branca, and T. M. Pellicanò, "Bioactive and antioxidant activity from *Citrus bergamia* Risso (Bergamot) juice collected in different areas of Reggio Calabria province, Italy," *International Journal of Food Properties*, vol. 19, no. 9, pp. 1962-1971, 2016.