



DOI:10.22144/ctujos.2024.378

ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP TRÍCH LY ĐẾN HOẠT TÍNH CHỐNG OXY HÓA CỦA CAO CHIẾT TỪ VỎ QUẢ CỦA BỐN GIỐNG CAM

Huỳnh Thị Phương Thảo^{1,2}, Hà Thanh Toàn¹, Trần Chí Nhân¹, Châu Trung Dương³ và Lưu Thái Danh^{4*}

¹Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

²Khoa Khoa học Sinh học ứng dụng, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

³Khoa Nông nghiệp, trường Cao đẳng Kinh tế - Kỹ thuật Cần Thơ

⁴Trường Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): ltdanh@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 29/03/2024

Sửa bài (Revised): 14/06/2024

Duyệt đăng (Accepted): 17/07/2024

Title: Effects of extraction methods on antioxidant activity of extracts from fruit peels of four orange cultivars

Author(s): Huỳnh Thị Phương Thảo^{1,2}, Hà Thanh Toàn¹, Trần Chí Nhân¹, Châu Trung Dương³ and Lưu Thái Danh^{4*}

Affiliation(s): ^{1,4}Can Tho University; ²Vinh Long University of Technology Education, ³Can Tho Technical Economic College

TÓM TẮT

Nghiên cứu được thực hiện nhằm so sánh hiệu suất thu hồi, hàm lượng polyphenol tổng số (TPC), flavonoid tổng số (TFC) và khả năng chống oxy hóa của cao chiết từ ba giống cam vỏ xanh (cam Sành, Xoàn và Mật) và giống cam Navel bằng phương pháp chiết ngâm dầm và Soxhlet. Khả năng chống oxy hóa được xác định bằng thử nghiệm DPPH, ABTS, FRAP và RP. Kết quả, hiệu suất thu hồi cao chiết bằng Soxhlet cao hơn ngâm dầm ở bốn giống cam. Cao chiết cam Sành bằng Soxhlet có hiệu suất cao nhất (15,1%) theo sau là cao chiết cam Xoàn (11,1%). Tuy nhiên, TPC và TFC của cao chiết bằng Soxhlet thấp hơn ngâm dầm, lần lượt là 25,8 – 46,7 mg GAE/g và 16,5 – 30,5 mg QE/g. Cao chiết ngâm dầm có khả năng chống oxy hóa ở các thử nghiệm cao hơn Soxhlet. Cao chiết cam Xoàn bằng ngâm dầm và Soxhlet có hàm lượng TPC và TFC cao nhất nhưng cao chiết ngâm dầm có khả năng chống oxy hóa cao nhất. Tóm lại, Soxhlet có hiệu suất thu hồi cao nhưng khả năng chống oxy hóa thấp hơn ngâm dầm.

Từ khóa: Cao chiết, phương pháp trích ly, polyphenol, flavonoid, hoạt tính chống oxy hóa, vỏ cam

ABSTRACT

The study was aimed to compare the yield, the content of total polyphenol (TPC), flavonoids (TFC) and antioxidant activity of extracts from three green orange cultivars (cv. Sanh, Xoan and Mat) and Navel cultivar by soaking and Soxhlet method. The antioxidant activity of the extract was determined by DPPH, ABTS, FRAP and RP assays. The results showed that the yield of extracts by Soxhlet method was higher than that of the soaking method in four orange cultivars. The extract from Sanh cultivar by Soxhlet method was the highest yield (15.1%) followed by the extract from Xoan cultivar (11.1%). However, TPC and TFC of the extracts by Soxhlet method were lower than soaking method, ranging from 25.8 – 46.7 mg GAE/g and 16.5 – 30.5 mg QE/g, respectively. The extracts by soaking method had higher antioxidant activity than Soxhlet method. The extract from Xoan cultivar by soaking and Soxhlet method had the highest TPC and TFC content but the extract using the soaking method had the highest antioxidant activity. In summary, Soxhlet method had a higher yield but lower antioxidant activity than soaking method.

Keywords: Antioxidant activity, extracts, extraction method, flavonoids, orange peels, polyphenols

1. GIỚI THIỆU

Trái cây họ cam quýt là ngành trái cây lớn nhất thế giới với sản lượng hàng năm trên 100 triệu tấn (Shehata et al., 2021). Theo USDA (2023) tổng sản lượng quả có múi tiêu thụ trên thế giới trong giai đoạn 2022 – 2023 khoảng 48 triệu tấn, trong đó sản lượng cam của Việt Nam đạt khoảng 1,15 triệu tấn. Ở Việt Nam, đặc biệt là vùng Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), có khoảng 30 nghìn hecta trồng cam, chủ yếu là cam Sành (*Citrus reticulata* × *sinensis*), cam Xoàn (*Citrus sinensis*) và cam Mật (*Citrus sinensis*), với sản lượng trên 500 nghìn tấn/năm (Cục Trồng trọt, 2019). Cam thường được tiêu thụ tươi hoặc chế biến thành nước ép và mứt hoặc các sản phẩm dạng bột. Việc tiêu thụ và chế biến cam thải ra môi trường một lượng lớn phụ phẩm (chiếm tỷ lệ 50% khối lượng quả), trong đó vỏ quả chiếm khoảng 20% tổng trọng lượng, từ đó có thể ảnh hưởng trực tiếp đến môi trường (Huang & Ho, 2010). Phụ phẩm từ quả có múi trong công nghiệp ngày càng tăng lên, điều đó đã thúc đẩy nhiều nhà nghiên cứu tận dụng nguồn phụ phẩm này để tạo ra các sản phẩm có giá trị, giảm thiểu ô nhiễm môi trường (Sharma et al., 2017).

Mặc dù vỏ quả có múi là phụ phẩm của ngành chế biến nhưng chúng có chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học quan trọng như hoạt tính kháng khuẩn, chống oxy hóa và chống ung thư (Contini et al., 2014; Singh et al., 2020). Hoạt tính chống oxy hóa của vỏ cam là do sự hiện diện của một số thành phần có hoạt tính sinh học như các hợp chất phenol, limonoid, flavonoid và polysaccharide (Singh et al., 2020). Bên cạnh đó, vỏ cam cũng được tìm thấy có hoạt tính kháng khuẩn cao đối với một số vi sinh vật gây bệnh được truyền qua thực phẩm (Lawal et al., 2013). Hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa khác nhau giữa các bộ phận khác nhau của quả, do đó, hoạt tính chống oxy hóa của các bộ phận trong quả cũng có thể khác nhau. Trong đó, phần vỏ quả chứa hàm lượng chất chống oxy hóa cao hơn phần thịt quả (Kondo et al., 2002).

Trích ly là bước quan trọng thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh học từ thực vật. Phương pháp trích ly bằng dung môi được sử dụng rộng rãi để thu hồi các hợp chất có hoạt tính sinh học mặc dù có một số nhược điểm như thời gian kéo dài, tiêu tốn nhiều dung môi, tiếp xúc với dung môi hữu cơ lỏng dễ cháy và nguy hiểm trong vận hành (Nayak et al., 2015). Hàm lượng phenol hoặc chất chống oxy hóa bị ảnh hưởng rất nhiều bởi tính chất của dung môi. Một số dung môi phổ biến được sử dụng trong trích ly là methanol, ethanol, propanol, acetone và ethyl

acetate (Spigno et al., 2007). Các hợp chất phenol hòa tan tốt hơn trong dung môi có độ phân cực cao như methanol. Điều quan trọng cần lưu ý là một số dung môi hữu cơ được xác định là độc hại như methanol, do đó ethanol được xem như dung môi an toàn và có khả năng ứng dụng trong quy trình chế biến thực phẩm, được ưu tiên sử dụng trong chiết xuất các hợp chất phenol từ các loại vỏ cam quýt khác nhau vì độc tính thấp nhờ khả năng loại bỏ sau quá trình trích ly dễ dàng và là dung môi sinh học (Karadeniz et al., 2005; Li et al., 2006). Các hợp chất có hoạt tính sinh học không chỉ bị ảnh hưởng bởi dung môi mà còn bị ảnh hưởng bởi phương pháp trích ly. Phương pháp trích ly các hợp chất có hoạt tính sinh học được chia thành hai nhóm: ứng dụng các kỹ thuật thông thường (phương pháp ngâm dầm, phương pháp Soxhlet,...) và các kỹ thuật hiện đại (sử dụng sóng siêu âm, hỗ trợ vi sóng, áp suất cao, chất lỏng siêu tới hạn, hỗ trợ enzyme,...) (Tzanova et al., 2020). Nghiên cứu này tập trung so sánh hiệu suất thu hồi cao chiết từ vỏ của ba loại cam vỏ xanh (cam Sành, cam Xoàn và cam Mật) và một giống cam Navel bằng phương pháp ngâm dầm và chiết xuất Soxhlet với dung môi ethanol; xác định các hợp chất có hoạt tính sinh học và đánh giá khả năng chống oxy hóa.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Các giống cam vỏ xanh (cam Sành, Xoàn và Mật) được thu tại vườn ở các tỉnh ĐBSCL. Quả cam ở độ chín kỹ thuật (độ chín thu hoạch) phục vụ ăn tươi và sản xuất đồ uống được chọn để thực hiện nghiên cứu. Giống cam Navel nhập khẩu từ Úc được mua từ siêu thị Mega – Cần Thơ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Quả cam được rửa sạch, để ráo, tách riêng phần vỏ quả và thịt quả. Vỏ cam được sấy khô bằng phương pháp sấy đối lưu (máy sấy thực phẩm 16 khay, model: DRC-16T, Việt Nam) ở nhiệt độ $50 \pm 5^\circ\text{C}$ đến khối lượng không đổi. Sau đó vỏ được xay nhuyễn, sàng qua rây có kích thước lỗ 0,5 mm và bảo quản ở nhiệt độ $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ cho đến khi được sử dụng để ly trích cao chiết.

Chiết nóng bằng Soxhlet được thực hiện theo Niawanti et al. (2019) có hiệu chỉnh. 100 g bột vỏ cam và cho vào hệ thống chiết Soxhlet với 1000 mL ethanol tuyệt đối, tiến hành chiết xuất ở nhiệt độ 80°C trong 3 giờ. Sau đó dịch trích được lọc bằng giấy lọc Whatman số 1 và cô quay chân không ở nhiệt độ 50°C (model RE-52A, Trung Quốc) để đuổi

dung môi và thu nhận cao chiết Soxhlet. Quá trình ly trích được lặp lại 3 lần cho mỗi giống cam.

Chiết nguội bằng phương pháp ngâm dầm được thực hiện theo Shehata et al. (2021) có hiệu chỉnh. 100 g bột vỏ cam và cho vào túi vải, sau đó ngâm dầm trong bình kín màu hổ phách chứa 1000 mL ethanol tuyệt đối trong 24 giờ ở nhiệt độ phòng. Dịch trích được tách ra và 1000 mL ethanol tuyệt đối mới được thêm vào bình, tiếp tục ngâm dầm trong 24 giờ. Các dịch trích được trộn với nhau và được lọc qua giấy lọc Whatman số 1 và cô quay chân không ở nhiệt độ 50°C (model RE-52A, Trung Quốc) để đuổi dung môi và thu nhận cao chiết ngâm dầm. Quá trình ly trích được lặp lại 3 lần cho mỗi giống cam.

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Xác định hiệu suất trích ly cao chiết từ vỏ cam

Hiệu suất trích ly cao chiết được tính theo công thức (1):

$$H (\%) = \frac{\text{Khối lượng cao chiết}}{\text{Trọng lượng khô}} \times 100 \quad (1)$$

2.3.2. Định tính thành phần hoá học của cao chiết từ vỏ cam

Nhóm hợp chất như alkaloid, phenolic, flavonoid, tannin, saponin được định tính bằng các phương pháp định tính các nhóm hợp chất tự nhiên được mô tả bởi Shetty et al. (2016); Mostafa and Essawy (2021). Trong đó, định tính alkaloid bằng thuốc thử Wagner; định tính phenolic bằng thuốc thử FeCl₃ 10%; định tính flavonoid bằng thuốc thử FeCl₃ 1% và NaOH 10%; định tính tannin bằng thuốc thử FeCl₃ 5% và gelatin mặn; định tính saponin dựa trên khả năng tạo bọt. Kết quả được thể hiện trên 4 mức độ: âm tính (-), dương tính (+)

2.3.3. Định lượng polyphenol và flavonoid tổng số trong cao chiết từ vỏ cam

TPC được xác định theo phương pháp của Shehata et al. (2021) có hiệu chỉnh. Hỗn hợp phản ứng gồm 250 µL cao chiết trong 250 µL nước cất và 250 µL thuốc thử Folin-Ciocalteu, lắc đều. Sau đó, thêm vào 250 µL Na₂CO₃ 10%, ủ trong 30 phút ở 40°C trong bể điều nhiệt. Độ hấp thụ quang phổ của hỗn hợp phản ứng được đo ở bước sóng 765 nm bằng thiết bị đo quang phổ (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices, Hoa Kỳ). Gallic acid được sử dụng như chất đối chứng dương để xây dựng phương trình đường chuẩn. TPC trong các cao chiết được xác định dựa trên phương trình đường chuẩn gallic acid.

TFC được xác định bằng phương pháp so màu AlCl₃ của Shetty et al. (2016) có hiệu chỉnh. Hỗn hợp phản ứng gồm 1 mL cao chiết ở nồng độ khảo sát pha trong 1 mL nước rồi lắc đều. Sau đó, hỗn hợp phản ứng được thêm vào 200 µL NaNO₂ 5%, để yên 5 phút tiếp tục thêm 200 µL AlCl₃ 10%, lắc đều. Hỗn hợp phản ứng sau khi ủ trong 6 phút ở nhiệt độ phòng, thêm 2 mL NaOH 1M. Nước cất được thêm vào vừa đủ đến 5 mL, tiến hành đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 510 nm bằng thiết bị đo quang phổ (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices, Hoa Kỳ). Quercetin được sử dụng như chất đối chứng dương để xây dựng phương trình đường chuẩn. TFC trong các cao chiết được xác định dựa vào phương trình đường chuẩn quercetin.

2.3.4. Khảo sát hoạt tính chống oxy hoá của cao chiết từ vỏ cam

Hiệu quả loại bỏ gốc tự do DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazil) được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trong nghiên cứu của Anh et al. (2021). Hỗn hợp phản ứng gồm 50 µL DPPH (0,2 mM) và 100 µL dung dịch cao chiết trong methanol ở các nồng độ khác nhau (0 – 100 µL/mL) và mẫu trắng không chứa cao chiết. Các mẫu được ủ ở nhiệt độ phòng 30 phút trong bóng tối. Đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 517 nm bằng thiết bị đo quang phổ (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices, Hoa Kỳ).

Hiệu quả loại bỏ gốc tự do ABTS^{•+} (2,2'-azinobis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trong nghiên cứu của Anh et al. (2021). Chuẩn bị dung dịch ABTS^{•+} gồm 2 mL dung dịch ABTS^{•+} 7 mM và 2 mL dung dịch K₂S₂O₈ 2,45 mM, hỗn hợp được để yên trong bóng tối 16 giờ ở nhiệt độ phòng. Dung dịch được pha loãng với methanol để thu được độ hấp thụ 0,7 ± 0,02 ở 734 nm. Tiến hành phản ứng gồm 50 µL dung dịch cao chiết trong methanol với nồng độ khác nhau (0 – 100 µL/mL) và 950 µL ABTS^{•+} và mẫu trắng không chứa cao chiết. Hỗn hợp phản ứng được ủ ở nhiệt độ phòng trong bóng tối 7 phút, sau đó đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 734 nm bằng thiết bị đo quang phổ (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices, Hoa Kỳ).

Hiệu quả loại bỏ gốc tự do của cao chiết (phần trăm ức chế = I%) với DPPH và ABTS^{•+} được tính theo công thức (2):

$$I\% = 100 \times (A_0 - A_s) / A_s \quad (2)$$

Trong đó, A₀ và A_s lần lượt là độ hấp thụ của mẫu trắng và mẫu chứa cao chiết. Hoạt tính chống

oxy hóa của cao chiết được biểu thị bằng IC₅₀ (μL/mL) được định nghĩa là nồng độ cao chiết để làm giảm 50% nồng độ DPPH và ABTS⁺ ban đầu.

FRAP (ferric-reducing antioxidant power) của cao chiết được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trong nghiên cứu của Anh et al. (2021). 50 μL dung dịch cao chiết trong methanol với nồng độ khác nhau được kết hợp với 950 μL dung dịch FRAP (dung dịch đệm acetat 300 mM (pH 3,6): 10 mM TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine) trong dung dịch HCl 40 mM: 20 mM FeCl₃ trộn với tỷ lệ thể tích 10:1:1). Các hỗn hợp được ủ ở 37°C trong 10 phút, và sau đó được đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 593 nm bằng thiết bị đo quang phổ (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices, Hoa Kỳ).

RP (Reducing Power) của cao chiết được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp được mô tả trong nghiên cứu của Anh et al. (2021). 500 μL dung dịch cao chiết trong methanol với nồng độ khác nhau được trộn với 500 μL dung dịch đệm phosphate 0,2 M (pH 6,6) và 500 μL K₃Fe (CN)₆ 1%. Sau đó hỗn hợp phản ứng được ủ ở 50°C trong 20 phút, thêm vào 500 μL trichloroacetic acid 10% và ly tâm ở 3000 vòng/phút trong 10 phút. Nhẹ nhàng rút 500 μL cho vào 500 μL nước cất và 100 μL 0,1% FeCl₃, lắc đều. Các hỗn hợp đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 700 nm bằng thiết bị đo quang phổ (SpectraMax 190 Microplate Reader, Molecular Devices, Hoa Kỳ).

Khả năng chống oxy hóa của cao chiết trong thử nghiệm FRAP và RP được hiển thị dưới dạng OD_{0,5} đại diện cho nồng độ cao chiết cần thiết để đạt được độ hấp thụ 0,5.

2.4. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Số liệu được thu thập và xử lý bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion 16.2 (Statgraphics Technologies, Inc., Hoa Kỳ) và phần mềm Excel 365 (Microsoft Corporation, USA). Phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định LSD được sử dụng để kết luận về sự sai biệt giữa trung bình các nghiệm thức ở mức độ ý nghĩa p < 0,05.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hiệu suất thu hồi cao chiết từ vỏ cam

Hiệu suất thu hồi cao chiết từ nguyên liệu thực vật phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nguyên liệu, dung môi (ethanol, methanol, acetone hoặc hỗn hợp dung môi với nước), phương pháp, nhiệt độ và thời gian trích ly. Cao chiết từ ba giống cam vỏ xanh (cam Sành, Xoàn, Mật) và giống cam Navel nhập

khẩu từ Úc trong nghiên cứu này sử dụng dung môi là ethanol do hiệu suất thu hồi cao chiết cao, an toàn và thân thiện với môi trường (Shehata et al., 2021).

Bảng 1. Hiệu suất thu hồi cao chiết (%) từ vỏ cam

Giống cam	Phương pháp trích ly	Hiệu suất thu hồi (%)
Cam Sành	Ngâm đậm	11,7 ± 0,2 ^b
Cam Xoàn		9,73 ± 0,1 ^c
Cam Mật		8,89 ± 0,1 ^f
Cam Navel		5,97 ± 0,1 ^h
Cam Sành	Soxhlet	15,1 ± 0,2 ^a
Cam Xoàn		11,1 ± 0,4 ^c
Cam Mật		10,3 ± 0,2 ^d
Cam Navel		7,84 ± 0,1 ^g

(Trong cùng một cột, các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức ở mức độ tin cậy 95%)

Hiệu suất thu hồi cao chiết từ vỏ của các giống cam khác nhau bằng phương pháp ngâm đậm và Soxhlet được thể hiện ở Bảng 1. Kết quả cho thấy ảnh hưởng của các giống cam và phương pháp trích ly đến hiệu suất thu hồi cao chiết là đáng kể (p < 0,05). Hiệu suất thu hồi cao chiết từ vỏ cam dao động trong khoảng 5,97 – 15,1%. Trong đó, cao chiết cam Sành bằng phương pháp Soxhlet cho hiệu suất thu hồi cao nhất 15,1% và thấp nhất là cao chiết cam Navel được trích ly bằng phương pháp ngâm đậm 5,97%. Trong đó, hiệu suất thu hồi cao chiết bằng phương pháp Soxhlet (dao động 7,84 – 15,1%) cao hơn phương pháp ngâm đậm (dao động 5,97 – 11,7%) (Bảng 1). Hiệu suất thu hồi cao chiết bằng phương pháp Soxhlet cao hơn phương pháp ngâm đậm là do ảnh hưởng bởi nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng thì độ nhớt của dung môi giảm, do đó tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình trích ly. Ngoài ra, nhiệt độ tăng còn làm tăng độ hoà tan của các hợp chất có hoạt tính sinh học (polyphenol và flavonoid) đồng thời độ hoà tan của các tạp chất (waxes, các hydrocarbon có khối lượng cao) cũng tăng theo (Mohamad et al., 2010). Do đó, hiệu suất thu hồi cao của chiết Soxhlet có gia nhiệt cao hơn ngâm đậm không gia nhiệt.

Hiệu suất thu hồi cao chiết không chỉ chịu ảnh hưởng của phương pháp trích ly mà còn bị ảnh hưởng bởi loại nguyên liệu (giống cam). Hiệu suất thu hồi cao chiết từ vỏ giữa các giống cam khác biệt có ý nghĩa (p < 0,05). Trong các giống cam được khảo sát, giống cam Sành cho hiệu suất thu hồi cao hơn giống cam Xoàn và cam Mật ở cả hai phương pháp. Cụ thể, hiệu suất thu hồi cao chiết cam Sành là cao nhất (11,7 – 15,1%), tiếp theo là cam Xoàn (9,73 – 11,1%), cam Mật (8,89 – 10,3%) và cam

Navel (5,97 – 7,84%). Theo nghiên cứu của Hegazy and Ibrahim (2012), hiệu suất thu hồi cao chiết từ vỏ cam (Baladi) bằng dung môi ethanol là 28,0%. Kết quả tương tự cũng được ghi nhận bởi Kusrini et al. (2018), với hiệu suất thu nhận cao chiết ethanol của vỏ *Citrus sinensis* (L.) bằng phương pháp Soxhlet là 29,5%. Hiệu suất thu nhận cao chiết đối với hai giống cam (*C. sinensis* ‘Valancia’, *C. sinensis* ‘Maltaise Sanguine’) khi trích ly bằng dung môi ethanol lần lượt là 31,7% và 32,7%. Như vậy, có thể thấy hiệu suất thu hồi cao chiết trong nghiên cứu này thấp hơn so với các nghiên cứu trước đây. Sự khác biệt về hiệu suất thu hồi cao chiết từ vỏ của

các giống cam là do di truyền (loài hoặc giống), môi trường sinh trưởng, quá trình canh tác, thời gian bảo quản,... (Zahoor et al., 2016). Nhìn chung, trong các giống cam và phương pháp thu nhận cao chiết được khảo sát, cao chiết cam Sành được trích ly bằng phương pháp Soxhlet cho hiệu suất thu hồi cao nhất.

3.2. Thành phần hóa học của các hợp chất tự nhiên trong cao chiết vỏ cam

Sự hiện diện của các hợp chất có hoạt tính sinh học trong cao chiết từ vỏ cam được thể hiện ở Bảng 2.

Bảng 2. Định tính sự hiện diện một số thành phần hoá học trên cao chiết từ vỏ cam

Nhóm chất	Thuốc thử	Cam Sành		Cam Xoàn		Cam Mật		Cam Navel	
		Ngâm đậm	Soxhlet	Ngâm đậm	Soxhlet	Ngâm đậm	Soxhlet	Ngâm đậm	Soxhlet
Alkaloid	Wagner	+	+	+	+	+	+	+	+
Phenolic	FeCl ₃ 10%	+	+	+	+	+	+	+	+
	FeCl ₃ 1%	+	+	+	+	+	+	+	+
Flavonoid	NaOH 10%	+	+	+	+	+	+	+	+
	Gelatin mặn	+	+	+	+	+	+	+	+
Tannin	FeCl ₃ 5%	+	+	+	+	+	+	+	+
	Nước cất	-	-	-	-	-	-	-	-

Ghi chú: -: Âm tính; +: Dương tính

Kết quả thể hiện ở Bảng 2 cho thấy cao chiết từ các giống cam vỏ xanh (cam Sành, Xoàn, Mật) và giống cam Navel đều dương tính với các loại thuốc thử Wagner, FeCl₃ 10%, FeCl₃ 1%, NaOH 10%, FeCl₃ % và gelatin mặn. Như vậy có thể kết luận rằng cao chiết từ các giống cam đều có sự hiện diện của alkaloid, phenolic, flavonoid và tannin. Tuy nhiên, không có sự hiện diện của saponin trong cao chiết từ các giống cam được nghiên cứu khi thực hiện định tính bằng phương pháp tạo bọt. Khi thực hiện so sánh với các nghiên cứu khác, cao chiết của vỏ cam đều cho thấy có sự hiện diện chủ yếu của tannin, flavonoid và alkaloid. Cụ thể, nghiên cứu của Sandhya and Sree Mahalakshmi (2020) cũng cho thấy sự hiện diện của những hợp chất tự nhiên trong cao chiết từ vỏ cam (*C. aurantium*) gồm các alkaloid, flavonoid, saponin, tannin và phenolic. Tương tự, các hợp chất alkaloid, tannin và phenol, flavonoid cũng được tìm thấy trong cao chiết từ vỏ cam (*C. sinensis*) (Shetty et al., 2016). Nghiên cứu của Yohanes et al. (2023) trên cao chiết từ vỏ quả *C. sinensis* cũng cho thấy có sự hiện diện của các alkaloid, flavonoid, tannin và phenolic trong khi saponin không hiện diện trong cao chiết. Như vậy, trong vỏ cam có chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học như alkaloid, flavonoid, tannin. Nhiều nghiên cứu đã chứng minh rằng, các hợp chất phenol và

flavonoid có mối quan hệ tuyến tính đến hoạt động chống oxy hoá và thường xuất hiện trong nhiều loài thực vật (Chang et al., 2007). TPC và TFC trong cao chiết từ vỏ cam được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3. Hàm lượng polyphenol và flavonoid tổng số của cao chiết từ vỏ cam

Giống cam	Phương pháp trích ly	TPC (mg GAE/g)	TFC (mg QE/g)
Cam Sành		46,7 ± 1,44 ^a	28,3 ± 0,13 ^{ab}
Cam Xoàn	Ngâm đậm	45,8 ± 2,89 ^a	30,5 ± 1,00 ^a
Cam Mật		42,5 ± 2,50 ^{ab}	26,8 ± 2,97 ^b
Cam Navel		31,7 ± 1,44 ^c	19,9 ± 0,46 ^d
Cam Sành		38,3 ± 3,82 ^b	22,3 ± 0,40 ^c
Cam Xoàn	Soxhlet	42,5 ± 2,50 ^{ab}	23,4 ± 0,30 ^c
Cam Mật		33,3 ± 3,82 ^c	19,1 ± 1,37 ^d
Cam Navel		25,8 ± 1,44 ^d	16,5 ± 1,45 ^c

(Trong cùng một cột, các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức ở mức độ tin cậy 95%)

Các hợp chất phenol được xem là một nhóm các hợp chất chính có khả năng chống oxy hoá trong nguyên liệu thực vật do khả năng loại bỏ gốc tự do

(Sultana et al., 2007). Các kết quả nghiên cứu cho thấy rằng giống cam và phương pháp trích ly đều có ảnh hưởng đáng kể ($p < 0,05$) đến TPC (Bảng 3). TPC trong vỏ của bốn giống cam được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm và Soxhlet dao động từ 25,8 – 46,7 mg GAE/g. Trong đó, TPC trong cao chiết cam Sành cao nhất (46,7 mg GAE/g) và khác biệt không có ý nghĩa so với cao chiết cam Xoàn (45,8 mg GAE/g), và thấp nhất trong cao chiết cam Navel (25,8 mg GAE/g). Bên cạnh đó, TPC trong cao chiết được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm cao hơn phương pháp Soxhlet và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), lần lượt là 31,7 – 46,7 mg GAE/g và 25,8 – 38,3 mg GAE/g. Sự khác biệt về hàm lượng TPC trong cao chiết từ vỏ của các giống cam là do yếu tố di truyền, môi trường sinh trưởng, điều kiện canh tác. Bên cạnh đó, quá trình sử dụng nhiệt để ly trích có thể là nguyên nhân phân hủy một số hợp chất polyphenol và flavonoid, dẫn đến TPC và TFC thu nhận được trong vỏ cam được trích ly bằng phương pháp Soxhlet thấp hơn phương pháp ngâm dầm. Kết quả tương tự cũng được ghi nhận trong nghiên cứu của Putnik et al. (2017). Hàm lượng TPC của các cao chiết trong nghiên cứu này cao hơn nhiều so với nghiên cứu của Zahoor et al. (2016) đối với *C. sinensis* ‘Valancia’ (23,4 mg GAE/g) và *C. sinensis* ‘Maltaise Sanguine’ (13,7 mg GAE/g). TPC trong cao chiết từ vỏ *C. sinensis* được ngâm dầm là 21,4 mg GAE/g (Liew et al., 2018). Trong khi đó, TPC thu nhận được trong cao chiết của vỏ quả *C. sinensis* L. được trích ly bằng phương pháp Soxhlet là 20,5 mg/g (Kusrini et al., 2018).

TFC trong cao chiết từ vỏ của các giống cam và phương pháp trích ly khác nhau dao động trong khoảng 16,5 – 30,5 mg QE/g. Theo kết quả thể hiện ở Bảng 3 cho thấy TFC trong cao chiết cam Xoàn được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm là cao nhất (30,5 mg QE/g) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các giống cam khác. Trong khi

đó, TFC thấp nhất ở cao chiết cam Navel ở cả hai phương pháp trích ly (phương pháp ngâm dầm 19,9 mg QE/g và phương pháp Soxhlet 16,5 mg QE/g). TFC trong cao chiết không chỉ bị ảnh hưởng bởi giống cam mà còn bị ảnh hưởng bởi phương pháp trích ly. Trong hai phương pháp trích ly được khảo sát, TFC trong phương pháp ngâm dầm (19,9 – 30,5 mg QE/g) cao hơn phương pháp Soxhlet (16,5 – 23,4 mg QE/g). Nghiên cứu của Liew et al., (2018) đã sử dụng các loại dung môi với các tỷ lệ khác nhau để thu nhận cao chiết từ vỏ quả *C. sinensis*, kết quả cho thấy cao chiết có TFC là 2,6 mg QE/g, thấp hơn nhiều lần so với TFC trong nghiên cứu này. TFC trong nghiên cứu này cũng cao hơn so với nghiên cứu của Zahoor et al. (2016), được ghi nhận trên giống cam *C. sinensis* ‘Valancia’ và *C. sinensis* ‘Maltaise Sanguine’ (9,3 và 21,6 mg QE/g, tương ứng). Đối với phương pháp trích ly bằng Soxhlet, Kusrini et al., (2018) đã ghi nhận TFC trong cao chiết của vỏ *C. sinensis* L. là 4,7 mg/g, kết quả này cũng thấp hơn so với nghiên cứu này.

Tóm lại, cao chiết được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm có TPC và TFC cao hơn phương pháp Soxhlet. Bên cạnh đó TPC và TFC trong cao chiết từ các giống cam vỏ xanh cao hơn cam Navel. Trong đó, TPC và TFC của cao chiết cam Xoàn là cao nhất, tuy nhiên TPC trong cao chiết cam Sành bằng phương pháp ngâm dầm không khác biệt với cam Xoàn.

3.3. Khả năng chống oxy hoá của cao chiết vỏ cam

Khả năng chống oxy hóa của cao chiết từ vỏ cam được xác định bởi các thử nghiệm loại bỏ các gốc tự do DPPH và ABTS⁺, được thể hiện qua chỉ số IC₅₀. Kết quả cho thấy sự khác biệt đáng kể giữa các giống cam cũng như phương pháp trích ly ($p < 0,05$) được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Hoạt tính chống oxy hoá của các loại cao chiết từ vỏ cam

Giống cam	Phương pháp trích ly	IC ₅₀ /OD _{0,5} (µg/mL)			
		DPPH	ABTS ⁺	FRAP	RP
Cam Sành	Ngâm dầm	426,7 ± 3,60 ^e	130,9 ± 6,60 ^e	181,6 ± 0,36 ^e	570,1 ± 2,31 ^e
Cam Xoàn		379,0 ± 7,62 ^g	122,4 ± 3,57 ^f	158,5 ± 0,32 ^f	487,5 ± 3,93 ^f
Cam Mật		447,1 ± 9,28 ^d	141,2 ± 2,53 ^d	235,5 ± 1,83 ^e	598,4 ± 2,48 ^d
Cam Navel		490,9 ± 3,20 ^b	149,2 ± 1,48 ^c	241,0 ± 9,43 ^e	623,6 ± 1,70 ^c
Cam Sành	Soxhlet	472,6 ± 10,84 ^{bc}	154,8 ± 2,72 ^{bc}	265,7 ± 2,47 ^b	622,0 ± 2,82 ^c
Cam Xoàn		406,3 ± 10,90 ^f	142,9 ± 0,93 ^d	221,5 ± 3,87 ^d	597,4 ± 4,09 ^d
Cam Mật		470,1 ± 13,91 ^c	157,2 ± 3,12 ^b	267,6 ± 1,37 ^b	716,4 ± 6,24 ^a
Cam Navel		496,7 ± 17,47 ^a	163,6 ± 2,81 ^a	274,9 ± 3,72 ^a	691,8 ± 3,44 ^b
Trolox/Vitamin E (µg/mL)		4,65 ± 0,1	1,48 ± 0,1	6,65 ± 0,1	52,1 ± 0,1

(Trong cùng một cột, các chữ cái khác nhau biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức ở mức độ tin cậy 95%)

Trong thử nghiệm với DPPH, khả năng chống oxy hoá của cao chiết từ vỏ cam (Bảng 4) có chỉ số IC₅₀ dao động trong khoảng 379,0 – 496,7 µg/mL và khác biệt có ý nghĩa (p < 0,05). Trong đó, cao chiết cam Xoàn được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm thể hiện khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH là tốt nhất với chỉ số IC₅₀ 379,0 µg/mL, và thấp nhất là cam Navel được trích ly bằng phương pháp Soxhlet (496,7 µg/mL). Kết quả ở Bảng 4 cho thấy cao chiết được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm thể hiện khả năng chống oxy hoá DPPH tốt hơn cao chiết được trích ly bằng phương pháp Soxhlet, chỉ số IC₅₀ lần lượt là 379,0 – 490,9 µg/mL và 406,3 – 496,7 µg/mL. Với các giống cam được khảo sát bằng phương pháp ngâm dầm, chỉ số IC₅₀ thấp nhất ở cam Xoàn (379,0 µg/mL), theo sau là cam Sành (426,7 µg/mL), cam Mật (447,1 µg/mL) và cam Navel (490,9 µg/mL). Khả năng chống oxy hoá bằng phương pháp DPPH của các giống cam bằng phương pháp Soxhlet cũng tương tự phương pháp ngâm dầm. Kết quả nghiên cứu cho thấy khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH của các giống cam vỏ xanh tốt hơn cam Navel và kết quả này cũng được ghi nhận tương tự ở một số nghiên cứu trước đó. Cụ thể, khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH của cao chiết từ cam *C. sinensis* L. với chỉ số IC₅₀ là 693,7 µg/mL (Diab et al., 2015), chỉ số IC₅₀ của *C. sinensis* ‘Maltaise Sanguine là 0,37 mg/mL và *C. sinensis* ‘Valancia’ là 0,76 mg/mL (Zahoor et al., 2016), chỉ số IC₅₀ của cam vàng (Newhall) là 1,15 – 1,37 mg/mL (Lai et al., 2022). Tuy nhiên, khi so với khả năng loại bỏ gốc tự do của cao chiết với chất chuẩn vitamin E thì vitamin E có khả năng loại bỏ gốc tự do tốt hơn gấp nhiều lần (chỉ số IC₅₀ của vitamin E là 4,65 µg/mL).

Hoạt tính chống oxy hóa bằng thử nghiệm ABTS⁺ đối với cao chiết từ vỏ của các giống cam bằng các phương pháp trích ly khác nhau thể hiện xu hướng tương tự khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH. Khả năng loại bỏ gốc tự do ABTS⁺ của cao chiết thể hiện ở Bảng 4 khác biệt có ý nghĩa (p < 0,05) giữa các giống cam và phương pháp trích ly. Khả năng loại bỏ gốc tự do ABTS⁺ của các loại cao chiết được thể hiện qua chỉ số IC₅₀ trong khoảng 122,4 – 163,6 µg/mL. Nhìn chung, chỉ số IC₅₀ thấp nhất cao chiết cam Xoàn được trích ly phương pháp ngâm dầm (122,4 µg/mL). Thấp nhất là cao chiết cam Navel được trích ly bằng phương pháp Soxhlet (163,6 µg/mL). Khả năng loại bỏ gốc tự do của chất chuẩn trolox tốt hơn gấp nhiều lần so với các loại cao chiết từ vỏ cam (chỉ số IC₅₀ là 1,48 µg/mL). Nghiên cứu của Lai et al. (2022) thể hiện khả năng chống oxy hóa của vỏ cam vàng bằng các phương

pháp sấy khác nhau có chỉ số IC₅₀ trong khoảng 0,23 – 0,32 mg/mL đối với khả năng loại bỏ gốc tự do ABTS⁺. Khả năng loại bỏ gốc tự do DPPH và ABTS⁺ tốt nhất cao chiết cam Xoàn được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm. Khả năng chống oxy hóa của các giống cam khác nhau có thể liên quan đến sự hiện diện của các hợp chất phenolic và flavonoid, hàm lượng các hợp chất phenolic và flavonoid càng cao thì khả năng chống oxy hoá càng cao (Li et al., 2006). Kết quả phù hợp với số liệu được báo cáo ở Bảng 3, cao chiết cam Xoàn thể hiện khả năng chống oxy hoá tốt nhất do hàm lượng TPC và TFC trong cao chiết là cao nhất. Bên cạnh đó, sự khác biệt về khả năng chống oxy hoá giữa các loại cao chiết là do sự khác biệt về giống cây trồng, điều kiện sinh trưởng và canh tác, thời gian bảo quản, chuẩn bị mẫu và phương pháp trích ly (Duong et al., 2023).

Cao chiết từ vỏ cam không chỉ thể hiện khả năng loại bỏ gốc tự do mà còn thể hiện khả năng khử sắt (FRAP) và khả năng khử (RP). Khả năng khử sắt của các loại cao chiết từ vỏ cam được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm và Soxhlet thể hiện ở Bảng 4 qua giá trị OD_{0,5} khác biệt có ý nghĩa (p < 0,05). Cao chiết đạt giá trị OD_{0,5} càng thấp thể hiện khả năng khử ion Fe³⁺ thành ion Fe²⁺ càng mạnh. Kết quả Bảng 4 cho thấy khả năng khử sắt của các loại cao chiết từ vỏ cam dao động trong khoảng 158,5 – 274,9 µg/mL, thấp hơn nhiều lần so với chất chuẩn trolox (6,65 µg/mL). Tương tự như khả năng loại bỏ gốc tự do, khả năng khử sắt của cao chiết cam Xoàn bằng phương pháp ngâm dầm là tốt nhất với giá trị OD_{0,5} 158,5 µg/mL. Theo sau là cam Sành-ngâm dầm, cam Xoàn-Soxhlet (lần lượt là 181,6 µg/mL và 221,5 µg/mL), cam Mật-ngâm dầm (235,00 µg/mL) và cam Navel-ngâm dầm (241,0 µg/mL) không khác biệt, cam Sành-Soxhlet và cam Mật-soxhlet cũng thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa. Giá trị OD_{0,5} cao nhất ở giống cam Navel được trích ly bằng phương pháp Soxhlet (274,9 µg/mL). Cao chiết được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm thể hiện khả năng khử sắt tốt hơn phương pháp Soxhlet (lần lượt là 204,1 µg/mL và 257,4 µg/mL). Một số nghiên cứu trước đó cũng thể hiện khả năng khử sắt của cao chiết từ vỏ cam, cụ thể như khả năng khử sắt của cao chiết từ vỏ cam (*Citrus sinensis*) là 139,4 mmol Fe(II)/g (Liew et al., 2018), khả năng khử sắt của vỏ cam vàng (Newhall) là 3,39 – 4,27 µgVC/mL (Lai et al., 2022).

Ngoài khả năng khử sắt, năng lực khử của các loại cao chiết cũng được xác định trong nghiên cứu này. Bảng 4 thể hiện năng lực khử (thể hiện qua giá trị OD_{0,5}) của các loại cao chiết được trích ly bằng

các phương pháp khác nhau khác biệt có ý nghĩa ($p < 0,05$). Nhìn chung, cao chiết cam Xoàn trích ly bằng phương pháp ngâm dầm thể hiện năng lực khử tốt nhất với giá trị $OD_{0,5}$ là 487,5 $\mu\text{g/mL}$ và thấp nhất ở cao chiết cam Mật trích ly bằng phương pháp Soxhlet (716, $\mu\text{g/mL}$). Cao chiết được trích ly bằng phương pháp ngâm dầm (487,5 – 623,6 $\mu\text{g/mL}$) thể hiện năng lực khử tốt hơn phương pháp Soxhlet (597,4 – 716,4 $\mu\text{g/mL}$). Khi so sánh với chất chuẩn trolox, chất chuẩn trolox thể hiện khả năng khử gấp 10 lần (512,1 $\mu\text{g/mL}$) so với các loại cao chiết từ vỏ cam. Nghiên cứu của Zahoor et al., (2016) thể hiện năng lực khử của *C. sinensis* ‘Maltaise Sanguine’ và *C. sinensis* ‘Valancia’ lần lượt là 2,36 mg/mL và 6,61 mg/mL . Tóm lại, khả năng chống oxy hoá của cao chiết cam Xoàn được trích ly bằng pháp ngâm dầm thể hiện khả năng chống oxy hoá là tốt nhất. Khả năng chống oxy hoá của cam Navel trong nghiên cứu này thấp nhất do thời gian bảo quản dài. Ở Việt Nam, cam Navel thường được nhập khẩu từ Úc bằng đường biển, thời gian vận chuyển khoảng 22 – 30 ngày. Trong khi đó đối với cam giống cam vỏ xanh chỉ mất vài ngày nên sự tổn thất về các hoạt chất sinh học trong vỏ cam xanh thấp hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Anh, V. T. T., Trang, D. T. X., Kamei, K., Linh, T. C., Pham-Khanh, N. H., Tuan, N. T., & Danh, L. T. (2021). Phytochemicals, Antioxidant and Antidiabetic Activities of Extracts from *Milisia velutina* Flowers. *Horticulturae*, 7(12), 555. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7120555>
- Chang, H. C., Huang, G. J., Agrawal, D. C., Kuo, C. L., Wu, C. R., & Tsay, H. S. (2007). Antioxidant activities and polyphenol contents of six folk medicinal ferns used as “Gusuibu.” *Botanical Studies*, 48(4), 397–406.
- Contini, C., Álvarez, R., O’Sullivan, M., Dowling, D. P., Gargan, S. Ó., & Monahan, F. J. (2014). Effect of an active packaging with citrus extract on lipid oxidation and sensory quality of cooked turkey meat. *Meat Science*, 96(3), 1171–1176. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.007>
- Cục Trồng trọt (2019). Hiện trạng và định hướng phát triển bền vững cây ăn quả các tỉnh phía Nam. *Hội nghị Thúc đẩy triển khai bền vững cây ăn quả*, Long An 3/2019: 1-19.
- Diab, K. A. E., Shafik, R. E., & Yasuda, S. (2015). In Vitro Antioxidant and Antiproliferative Activities of Novel Orange Peel Extract and Its Fractions on Leukemia HL-60 Cells. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 16(16), 7053–7060. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2015.16.16.7053>
- Duong, C. T., Thao, H. T. P., Y, N. T. N., Tien, D. T. K., Nga, N. T. T., Nhan, T. C., Huong, B. T. C., Ercisli, S., Truc, N. T. N., & Danh, L. T. (2023). Application of Essential Oils Extracted from Peel Wastes of Four Orange Varieties to Control Anthracnose Caused by *Colletotrichum scovillei* and *Colletotrichum gloeosporioides* on Mangoes. *Plants*, 12(15), 2761. <https://doi.org/10.3390/plants12152761>
- Hegazy, A. E., & Ibrahim, M. I. (2012). Antioxidant activities of orange peel extracts. *World Applied Sciences Journal*, 18(5), 684–688. <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2012.18.05.64179>
- Huang, Y.-S., & Ho, S.-C. (2010). Polymethoxy flavones are responsible for the anti-inflammatory activity of citrus fruit peel. *Food Chemistry*, 119(3), 868–873. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.09.092>
- Karadeniz, F., Burdurlu, H. S., Koca, N., & Soyer, Y. (2005). Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(4), 297–303. <https://doi.org/10.3906/tar-0409-12>
- Kondo, S., Tsuda, K., Muto, N., & Ueda, J. (2002). Antioxidative activity of apple skin or flesh extracts associated with fruit development on selected apple cultivars. *Scientia Horticulturae*, 96(1–4), 177–185. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(02\)00127-9](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(02)00127-9)

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thu nhận cao chiết từ vỏ của ba giống cam vỏ xanh (cam Sành, Xoàn, Mật) và một giống cam Navel bằng phương pháp ngâm dầm và Soxhlet. Hiệu suất thu hồi cao chiết cam Sành cao nhất, tiếp theo là cao chiết cam Navel, Xoàn và Mật. Phương pháp Soxhlet cho hiệu suất thu hồi cao hơn phương pháp ngâm dầm. Hàm lượng TPC, TFC cũng như khả năng chống oxy hoá DPPH, ABTS, FRAP và RP của cao chiết cam Xoàn cao hơn các giống cam khác; trong đó, trích ly bằng phương pháp ngâm dầm có thể thu nhận được hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa và khả năng trung hòa các gốc tự do cao hơn phương pháp Soxhlet.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện thông qua đề tài nghiên cứu khoa học cấp Bộ “Nghiên cứu sản xuất một số sản phẩm có hoạt tính sinh học từ phụ phẩm vỏ cam vùng Đồng bằng sông Cửu Long” (mã số: B2023-TCT-01).

- Kusrini, E., Mawarni, D., Mamat, M., Prasetyanto, E., & Usman, A. (2018). Comparison of Antibacterial Activity in Ethanol Extract and Essential Oil of Citrus sinensis (L.) Peels Obtained by Soxhlet and Distillation Methods. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 440(1), 012028. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/440/1/012028>
- Lai, C., Liang, Y., Zhang, L., Huang, J., Kaliaperumal, K., Jiang, Y., & Zhang, J. (2022). Variations of Bioactive Phytochemicals and Antioxidant Capacity of Navel Orange Peel in Response to Different Drying Methods. *Antioxidants*, 11(8), 1543. <https://doi.org/10.3390/antiox11081543>
- Lawal, D., Bala, J. A., Aliyu, S. Y., & Huguma, M. A. (2013). Phytochemical Screening and In Vitro Anti-Bacterial Studies of the Ethanolic Extract of Citrus Senensis (Linn.) Peel against some Clinical Bacterial Isolates. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 2(2), 138–145.
- Li, B. B., Smith, B., & Hossain, M. M. (2006). Extraction of phenolics from citrus peels. *Separation and Purification Technology*, 48(2), 182–188. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2005.07.005>
- Liew, S. S., Ho, W. Y., Yeap, S. K., & Sharifudin, S. A. Bin. (2018). Phytochemical composition and in vitro antioxidant activities of Citrus sinensis peel extracts. *PeerJ*, 6(8), e5331. <https://doi.org/10.7717/peerj.5331>
- Mohamad, M., Ali, M. W., & Ahmad, A. (2010). Modelling for Extraction of Major Phytochemical Components from Eurycoma longifolia. *Journal of Applied Sciences*, 10(21), 2572–2577. <https://doi.org/10.3923/jas.2010.2572.2577>
- Mostafa, R., & Essawy, H. (2021). Screening and Quantification of Bioactive Compounds and Antimicrobial Activities of Fresh Juice, Methanolic Peel and Pulp Extract of Citrus sinensis L. (Sweet Orange). *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences, G. Microbiology*, 13(2), 1–10. <https://doi.org/10.21608/eajbsg.2021.189671>
- Nayak, B., Dahmoune, F., Moussi, K., Remini, H., Dairi, S., Aoun, O., & Khodir, M. (2015). Comparison of microwave, ultrasound and accelerated-assisted solvent extraction for recovery of polyphenols from Citrus sinensis peels. *Food Chemistry*, 187, 507–516. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.081>
- Niawanti, H., Lewar, Y. S., & Octavia, N. N. (2019). Effect of Extraction Time on Averrhoa bilimbi Leaf Ethanolic Extracts Using Soxhlet Apparatus. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 543(1), 012018. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/543/1/012018>
- Putnik, P., Barba, F. J., Španić, I., Zorić, Z., Dragović-Uzelac, V., & Bursać Kovačević, D. (2017). Green extraction approach for the recovery of polyphenols from Croatian olive leaves (Olea europea). *Food and Bioprocess Technology*, 106, 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.08.004>
- Sandhya, T., & Sree Mahalakshmi, P. (2020). Evaluation of In-Vitro and In-Vivo Anticoagulant Activity of Orange Peel Extract. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 4(10), 56–66. <https://doi.org/10.31080/ASPS.2020.04.0598>
- Sharma, K., Mahato, N., Cho, M. H., & Lee, Y. R. (2017). Converting citrus wastes into value-added products: Economic and environmentally friendly approaches. *Nutrition*, 34, 29–46. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2016.09.006>
- Shehata, M. G., Awad, T. S., Asker, D., El Sohaimy, S. A., Abd El-Aziz, N. M., & Youssef, M. M. (2021). Antioxidant and antimicrobial activities and UPLC-ESI-MS/MS polyphenolic profile of sweet orange peel extracts. *Current Research in Food Science*, 4(December 2020), 326–335. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2021.05.001>
- Shetty, S. B., Mahin-Syed-Ismael, P., Varghese, S., Thomas-George, B., Kandathil-Thajuraj, P., Baby, D., Haleem, S., Sreedhar, S., & Devang-Divakar, D. (2016). Antimicrobial effects of Citrus sinensis peel extracts against dental caries bacteria: An in vitro study. *Journal of Clinical and Experimental Dentistry*, 8(1), e71–e77. <https://doi.org/10.4317/jced.52493>
- Singh, B., Singh, J. P., Kaur, A., & Singh, N. (2020). Phenolic composition, antioxidant potential and health benefits of citrus peel. *Food Research International*, 132(February), 109114. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109114>
- Spigno, G., Tramelli, L., & De Faveri, D. M. (2007). Effects of extraction time, temperature and solvent on concentration and antioxidant activity of grape marc phenolics. *Journal of Food Engineering*, 81(1), 200–208. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.10.021>
- Sultana, B., Anwar, F., & Przybylski, R. (2007). Antioxidant potential of corncob extracts for stabilization of corn oil subjected to microwave heating. *Food Chemistry*, 104(3), 997–1005. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.12.061>
- Tzanova, M., Atanasov, V., Yaneva, Z., Ivanova, D., & Dinev, T. (2020). Selectivity of Current Extraction Techniques for Flavonoids from Plant Materials. *Processes*, 8(10), 1222. <https://doi.org/10.3390/pr8101222>

Yohanes, R., Geremew, T., Tafese, T., & Endale Annisa, M. (2023). Antibacterial and antioxidant activity of compounds from *Citrus sinensis* peels and in silico molecular docking study. *International Journal of Secondary Metabolite*, 10(3), 437–458.
<https://doi.org/10.21448/ijsm.1180610>

Zahoor, S., Anwar, F., Mehmood, T., Sultana, B., & Qadir, R. (2016). Variation in antioxidant attributes and individual phenolics of citrus fruit peels in relation to different species and extraction solvents. *Journal of the Chilean Chemical Society*, 61(2), 2884–2889.
<https://doi.org/10.4067/S0717-97072016000200007>