

KHẢO SÁT MỘT SỐ YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN KHẢ NĂNG THU NHẬN DỊCH CHIẾT GIÀU POLYPHENOL VÀ FLAVONOID TỪ RỄ CÂY QUẢ NỔ (*Ruellia tuberosa* L.)

Đỗ Mai Nguyên Phương, Hoàng Thị Trúc Quỳnh, Lê Thị Hồng Ánh*

Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: anhlt@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 17/3/2025; Ngày nhận bài sửa: 31/5/2025; Ngày chấp nhận đăng: 04/6/2025

TÓM TẮT

Cây quả nổ (*Ruellia tuberosa* L.) là một loài thực vật mọc hoang, thuộc họ Ô rô (Acanthaceae), chứa các chất có hoạt tính sinh học như phenolic, flavonoid, triterpenoid, lignan, sterol, v.v. Gần như các bộ phận của cây đều sử dụng được và mang lại lợi ích cho sức khỏe con người. Nghiên cứu này nhằm khảo sát nguồn nguyên liệu, quá trình tiền xử lý và quá trình trích ly để thu nhận các hợp chất chống oxy hóa từ rễ cây quả nổ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, rễ cây quả nổ chứa hàm lượng chất khô là 69,22%, độ ẩm là 30,78%, hàm lượng tro 6,79%. Bên cạnh đó, phương pháp tiền xử lý phù hợp là sấy nguyên liệu ở nhiệt độ 60°C trong thời gian 4 giờ. Enzyme cellulase sử dụng có nồng độ 0,8% (v/w) và thời gian thủy phân là 60 phút. Điều kiện trích ly với nồng độ ethanol 50%, trong thời gian 40 phút ở nhiệt độ 50°C cho kết quả polyphenol tổng (TPC) là $10,2 \pm 0,28$ (mgGAE/g chất khô) và flavonoid tổng (TFC) là $4,05 \pm 0,24$ (mgQE/g chất khô). Việc nghiên cứu trích ly thu nhận các chất có hoạt tính sinh học có khả năng chống oxy hóa từ cây quả nổ nhằm cung cấp thêm các thông tin khoa học có giá trị; từ đó giúp cho việc khai thác sử dụng nguồn nguyên liệu trong thực tế phù hợp và có hiệu quả hơn.

Từ khóa: Flavonoid, hoạt chất sinh học, polyphenol, quả nổ, rễ cây quả nổ, *Ruellia tuberosa*.

1. MỞ ĐẦU

Cây quả nổ (*Ruellia tuberosa* L.) là một loài thực vật mọc hoang thuộc họ Ô rô (Acanthaceae), còn có tên thường gọi như cây nổ, sâm đất, sâm tanh tách, tiêu khát thảo, tam tiêu thảo.... [1]. *Ruellia* là chi lớn thứ hai trong họ Acanthaceae với khoảng 250 loài được đặt tên. Loài thuộc chi này thuộc loại cây lâu năm nhiệt đới và cây bụi có kích thước từ vài cm đến những cây to, rậm rạp. Đặc điểm của chi là các cụm hoa hình ống hoặc hình chuông, nhị hoa có hình lá hoặc nhị hoa có biểu mô, các sợi dính vào nhau ở gốc, bao phấn thuần dài, đối xứng và viên nang có hình trụ [2]. Cây quả nổ là một loại cây thân thảo, có nguồn gốc từ Châu Mỹ nhiệt đới, nhưng được du nhập ở Đông Nam Á (Thái Lan, bán đảo Malaysia) và những nơi khác ở vùng nhiệt đới (Ấn Độ, Châu Phi) [3]. Ở Việt Nam, cây quả nổ ít được biết đến vì chúng thường mọc dại ở ven đường, ven ao... và xem là loài cây dại. Hiện nay, trên thế giới có nhiều nghiên cứu về các hợp chất có hoạt tính sinh học có lợi trong cây quả nổ nhưng ở Việt Nam thì loại cây này vẫn chưa được khai thác.

Nhiều nghiên cứu trên thế giới cho thấy *Ruellia tuberosa* có tác dụng tiềm năng trong điều trị bệnh tiểu đường [4], giúp hạ cholesterol máu [5], điều trị sỏi bàng quang [6], giúp giảm kích thích khối u [7], kháng viêm, lợi tiểu và giải độc [8]. Những năm gần đây, các nghiên cứu về hoạt tính của *Ruellia tuberosa* cũng đã được quan tâm. Một số báo cáo cho thấy cây quả nổ có chứa các hợp chất phenolic, flavonoid, triterpenoid, lignan, sterol... Nhiều nghiên cứu đã cho thấy các chất thuộc nhóm flavonoid và phenolic trong cây quả nổ là hai nhóm chất có tác dụng chống oxy hóa đặc biệt quan trọng và chất chống ung thư tiềm năng [9]. Trong cây quả nổ có chứa 5 loại flavonoid bao gồm cirsimaritin, cirsimarin, cirsiol 4'-glucoside, sorbifolin và pedalitin [3]. Ngoài ra, nghiên cứu trước đây cũng đã chứng minh rằng ba loại flavonoid (cirsimarin, cirsiol 4'-glucoside và sorbifolin) được phân lập từ các bộ phận của cây cũng có hoạt tính chống ung thư đối với các dòng tế bào ung thư biểu mô biểu bì và ung thư gan [8]. Cao chiết của cây quả nổ có tác dụng điều trị cao huyết áp và tiểu

đường [10], điều trị u xơ tử cung, giảm độc tính và chữa lành bệnh viêm đường tiết niệu, góp phần bảo vệ dạ dày do rượu gây ra [3, 11].

Những yếu tố như kích thước nguyên liệu và mức độ phá vỡ tế bào được đánh giá là ảnh hưởng lớn đến khả năng trích ly. Hiệu quả quá trình trích ly các hợp chất có hoạt tính sinh học phụ thuộc vào mức độ phá hủy tế bào thực vật với sự hỗ trợ của các quá trình tiền xử lý như chần, hấp, sấy [12] và xử lý enzyme [13]. Quá trình sấy gây ra sự phá vỡ cấu trúc tế bào, tạo điều kiện cho dung môi và nguyên liệu tiếp xúc tốt hơn, làm giảm độ ẩm nguyên liệu từ đó làm tăng khả năng trích ly. Nhiều nghiên cứu trước đây đã cho thấy hiệu quả của quá trình sấy nguyên liệu trước trích ly để thu nhận các chất có hoạt tính sinh học ở thực vật vì nhiều lý do như làm giảm độ ẩm nguyên liệu [14], thuận lợi cho quá trình trích ly [15], tránh thất thoát hàm lượng các hợp chất có trong nguyên liệu [16]. Ngoài ra, enzyme có khả năng phân hủy hoặc phá vỡ thành tế bào, do đó có thể giải phóng tốt hơn và cho hiệu quả khi chiết xuất các hoạt chất sinh học [13]. Trong nghiên cứu này, các biện pháp tiền xử lý nguyên liệu (sấy và xử lý enzyme) được thực hiện với mục đích cải thiện và tăng hiệu quả cho quá trình trích ly để thu nhận dịch trích giàu polyphenol và flavonoid từ rễ cây quả nỏ.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Nguyên liệu sử dụng là rễ cây quả nỏ (*Ruellia tuberosa* L.) từ Châu Thành, Tiền Giang. Sau khi thu hái, rễ được chọn là rễ trưởng thành, còn tươi, cứng cáp, không bị khô héo và không bị hư hỏng. Rễ đã phân loại được rửa sạch bằng nước, để ráo và sấy ở nhiệt độ 60 °C cho đến khi độ ẩm < 10%. Mẫu được nghiền với kích thước 0,5-1 mm và đóng gói hút chân không trong các túi nhựa PE và được trữ ở nơi khô ráo, tránh ánh nắng trực tiếp để sử dụng cho nghiên cứu.



Hình 1. Cây quả nỏ (A) và rễ cây quả nỏ được thu hái từ tỉnh Tiền Giang (B)

Các hóa chất được sử dụng bao gồm thuốc thử Folin-Ciocalteu, chất chuẩn quercetin được cung cấp bởi Merck & Co., Inc (Mỹ). Choline chloride (>99%), 2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazyl (DPPH) (>98%) và acid citric (99,5%) được cung cấp bởi Sigma-Aldrich (Saint Louis, MO, USA). Enzyme cellulase dùng trong nghiên cứu là sản phẩm thương mại Viscozyme® L (Sigma, Mỹ), có thành phần chính là enzyme endoglucanase, dạng lỏng màu nâu, nhiệt độ khuyến cáo từ 40-50 °C, pH = 4,0-5,5; hoạt độ 700 FBGU/g. Các hóa chất khác đạt các yêu cầu của hóa chất phân tích.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của điều kiện sấy nguyên liệu đến hiệu suất thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh học

Cây quả nỏ tươi được thu hái, lấy rễ và rửa sạch, dùng 20 g và cắt nhỏ khoảng 0,2-0,3 cm để tiến hành sấy. Mỗi mẫu được sấy ở 5 mức nhiệt độ khác nhau (50 °C, 60 °C, 70 °C, 80 °C và 90 °C) [17]. Quá trình sấy kết thúc khi độ ẩm của nguyên liệu ở mức <10% trong 4 giờ đối với thí nghiệm khảo sát nhiệt độ sấy và thời gian từ 1 giờ đến 4 giờ 30 phút (bước nhảy 30 phút) đối với thời gian sấy. Mẫu sau đó được nghiền và rây với kích thước nguyên liệu 0,5-1,0 mm. Tiếp theo, 5 mẫu bột rễ cây quả nỏ được trích ly bằng dung môi ethanol 70% với tỷ lệ nguyên liệu và dung môi là 1/20 ở 50 °C trong thời gian 60 phút. Lọc mẫu loại cặn, thu nhận dịch chiết để xác định polyphenol và flavonoid tổng.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của enzyme cellulase đến quá trình thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh học

Cân 1 g bột rễ cây quả nỏ thu được từ quá trình sấy như mô tả ở nội dung trước. Thêm nước vào mỗi cốc với tỷ lệ nguyên liệu/nước là 1/10 (w/v) và điều chỉnh pH từ 4,5-5,5 với dung dịch acid citric 20%. Lần lượt cho enzyme cellulase vào mỗi cốc với nồng độ 0%; 0,2%; 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1%; 1,2%

và lắc đều đối với thí nghiệm khảo sát nồng độ enzyme. Giữ trong bể ổn nhiệt ở nhiệt độ 50 °C trong thời gian là 40 phút và thời gian từ 20-100 phút (bước nhảy 20 phút) đối với thí nghiệm khảo sát thời gian xử lý enzyme. Khi quá trình thủy phân kết thúc, thêm ethanol vào đạt nồng độ 50% (10 mL cồn nguyên chất) và tiếp tục giữ ở bể ổn nhiệt ở nhiệt độ 50 °C trong thời gian là 20 phút. Thu dịch mẫu bằng ly tâm ở nhiệt độ 4 °C, tốc độ 5.000 vòng/phút trong thời gian 15 phút. Lọc mẫu để loại cặn và tiến hành xác định polyphenol và flavonoid tổng [18].

2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của quá trình trích ly đến khả năng thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh học

Cân 1 g bột rễ cây quả nỏ cho vào cốc thủy tinh 100 mL. Cho enzyme cellulase nồng độ 0,8%, tỷ lệ nguyên liệu và nước là 1/20 (w/v) vào mỗi cốc và lắc đều, điều chỉnh pH từ 4,5-5,5 với dung dịch citric acid 20%. Giữ mẫu trong bể ổn nhiệt ở nhiệt độ 50 °C trong thời gian 60 phút để thủy phân. Tiếp theo, quá trình trích ly mẫu được thực hiện với các nồng độ dung môi ethanol với nồng độ 30%, 40%, 50%, 60% và 70%; tỷ lệ nguyên liệu và dung môi là 1/70 (w/v) cho thí nghiệm khảo sát nồng độ dung môi và thời gian 20 -120 phút (bước nhảy 20 phút) cho thí nghiệm khảo sát thời gian trích ly. Thu dịch mẫu bằng máy ly tâm ở nhiệt độ 4 °C với tốc độ 5.000 vòng/phút trong thời gian 15 phút. Lọc mẫu loại cặn để xác định polyphenol và flavonoid tổng.

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Xác định hàm lượng polyphenol tổng (TPC)

Xác định hàm lượng polyphenol bằng phương pháp Folin-Ciocalteu [19]. Phức hợp phospho-wolfarm- phosphomolybdate trong thuốc thử bị khử bởi các hợp chất polyphenol trong mẫu tạo thành phản ứng có màu xanh dương, sau đó đo độ hấp thụ quang của dung dịch ở bước sóng 758 nm. Hàm lượng polyphenol có trong mẫu tỉ lệ thuận với cường độ màu và được tính theo số mg acid gallic trên g chất khô. Pha loãng để đạt nồng độ 1.000 µg/mL với dung dịch methanol và chất chuẩn acid gallic thành các nồng độ 10, 20, 30, 40, 50, 60 µg/mL; pha loãng thuốc thử Folin-Ciocalteu 10% bằng nước cất. Tiếp theo, lần lượt cho 1 mL dung dịch mẫu cần định lượng hoặc dung dịch acid gallic chuẩn và 6 mL nước cất vào bình định mức, lắc đều. Sau đó thêm tiếp 0,5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu, lắc đều và để yên. Sau 5 phút thêm tiếp 1,5 mL Na₂CO₃ 20%, lắc đều và thêm nước cất để đạt thể tích 10 mL, để yên trong tối 2 giờ. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, giá trị hấp thụ (Abs) được ghi nhận để xây dựng đường chuẩn xác định hàm lượng polyphenol toàn phần trong các mẫu cao chiết. Các mẫu cao chiết được thực hiện theo quy trình tương tự như với dung dịch gallic acid. Hàm lượng polyphenol tổng (mgGAE/gCK) chứa trong mẫu cao chiết được tính theo công thức:

$$TPC = \frac{C \times V \times f}{m \times 1000 \times W}$$

Trong đó: C là nồng độ gallic acid từ đường chuẩn (µg/mL), tính từ giá trị Abs của mẫu; V là thể tích dịch chiết (mL); m là khối lượng mẫu phân tích (g); f là hệ số pha loãng và W là hàm lượng chất khô của mẫu phân tích (%).

2.3.2. Xác định hàm lượng flavonoid tổng (TFC)

Hàm lượng flavonoid tổng được xác định theo mô tả của Chang et al. [20]. Pha loãng các mẫu cao chiết để đạt nồng độ 1 mg/mL và dung dịch flavonoid chuẩn quercetin đạt nồng độ 20, 40, 60, 80 và 100 µg/mL với dung dịch methanol; pha loãng dung dịch AlCl₃ 10% và dung dịch CH₃COOK 1 M với nước. Lần lượt cho 0,5 mL dung dịch quercetin (nồng độ 20, 40, 60, 80 và 100 µg/mL) vào 1,5 mL MeOH và để phản ứng trong 5 phút. Sau đó, thêm tiếp 0,1 mL AlCl₃ 10% và để phản ứng trong 6 phút. Cuối cùng, hỗn hợp được thêm vào 0,1 mL CH₃COOK 1 M và 2,8 mL nước cất, lắc đều và để ổn định ở nhiệt độ phòng trong 45 phút, tiến hành xác định độ hấp thụ bằng máy đo quang phổ ở bước sóng 415 nm. Thí nghiệm được lặp lại 3 lần, giá trị Abs thu được được ghi nhận để xây dựng đường chuẩn, từ đó sử dụng để xác định hàm lượng flavonoid tổng trong các mẫu cao chiết. Các mẫu cao chiết được thực hiện theo quy trình tương tự như với dung dịch quercetin chuẩn. Hàm lượng flavonoid tổng (mgQE/gCK) được tính theo công thức:

$$TFC = \frac{C \times V \times f}{m \times 1000 \times W}$$

Trong đó: C là nồng độ quercetin từ đường chuẩn ($\mu\text{g/mL}$), tính từ giá trị Abs của mẫu; V là thể tích dịch chiết (mL); m là khối lượng mẫu phân tích (g); f là hệ số pha loãng và W là hàm lượng chất khô của mẫu phân tích (%).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Đánh giá sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nghiệm thức được thực hiện bằng phương pháp thống kê ANOVA một chiều (one-way ANOVA) và kiểm định LSD (Least Significant Difference) với $\alpha = 0,05$ bằng phần mềm Minitab phiên bản 21.1.0.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Độ ẩm và hàm lượng tro nguyên liệu rễ quả nỏ

Hàm lượng tro và độ ẩm của nguyên liệu chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như mức độ trưởng thành của cây, phương pháp canh tác, điều kiện thổ nhưỡng và việc sử dụng chất kích thích sinh trưởng. Độ ẩm là yếu tố quan trọng trong quá trình phân tích xác định giá trị dinh dưỡng và chất lượng của nguyên liệu ban đầu. Kết quả phân tích cho thấy hàm lượng ẩm trong nguyên liệu rễ cây quả nỏ có độ ẩm từ 68,28% đến 70,25%, trung bình là 69,22%. Điều này cho thấy độ ẩm của nguyên liệu rễ cây quả nỏ ổn định và không vượt quá ngưỡng 70%.

Bảng 1. Kết quả độ ẩm và hàm lượng tro của nguyên liệu rễ cây quả nỏ

STT	Chỉ tiêu	Trung bình
1	Độ ẩm (%)	69,22 $\pm$ 0,98
2	Tro tổng (%)	6,79 $\pm$ 0,01

Hàm lượng muối khoáng có trong nguyên liệu rễ cây quả nỏ được xác định thông qua hàm lượng tro toàn phần. Kết quả cho thấy tỉ lệ tro toàn phần của nguyên liệu rễ cây nỏ dao động trong khoảng từ 6,69% đến 6,92%, trung bình là 6,79%. Như vậy, giới hạn tro toàn phần không quá 7%. Kết quả này phù hợp với các tiêu chuẩn của Dược điển Việt Nam V (phụ lục 9.8), tro toàn phần của các cây được liệu không vượt quá 15%. Kết quả này cũng tương thích với một số loại nguyên liệu khác như lá tía tô (không quá 9%), râu mèo (không quá 12%), độc hoạt (không quá 8%).

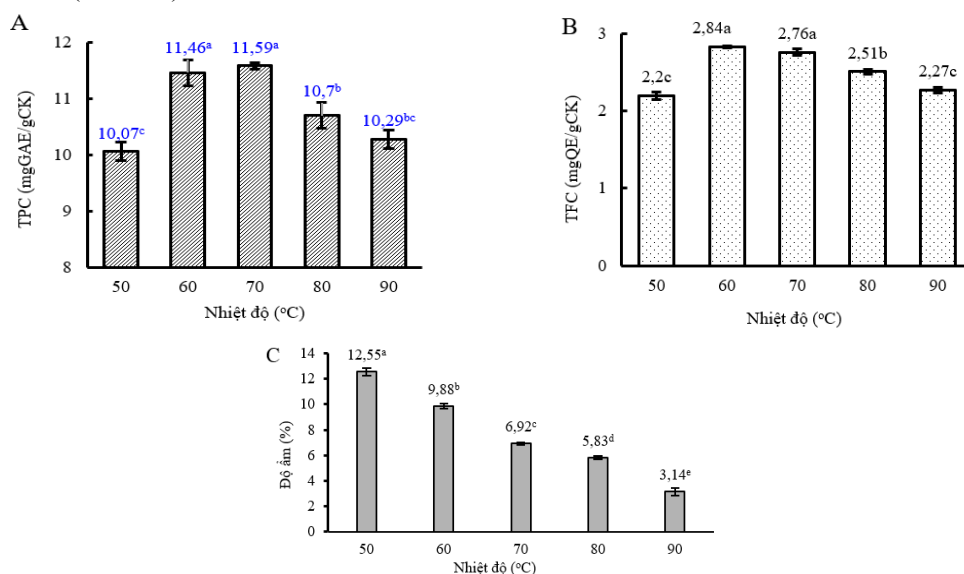
3.2. Ảnh hưởng của điều kiện sấy nguyên liệu đến quá trình thu nhận dịch chiết giàu polyphenol và flavonoid

3.2.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy nguyên liệu

Một trong các yếu tố có ảnh hưởng quan trọng đến hiệu suất trích ly thu nhận các hợp chất từ thực vật là độ ẩm của nguyên liệu. Thông qua liên kết giữa nước với protein và các thành phần hóa học khác của vật liệu sẽ làm cản trở sự dịch chuyển của các dung môi thâm thấu vào trong vật liệu, ảnh hưởng đến hiệu suất trích ly vì làm chậm quá trình khuếch tán [21]. Độ ẩm nguyên liệu càng cao càng ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi polyphenol, do độ ẩm nguyên liệu cao dẫn đến sự thâm thấu dung môi vào trong nguyên liệu giảm. Nhiệt độ là yếu tố quan trọng có ảnh hưởng rất lớn đến sự thất thoát ẩm từ trong nguyên liệu ra môi trường trong quá trình sấy [22]. Những công bố trước đó đã chỉ ra rằng khi sấy ở nhiệt độ cao trên 60 °C sẽ xảy ra quá trình suy thoái các hợp chất polyphenol, hơn nữa 60 °C cũng là nhiệt độ thích hợp cho hoạt động của enzyme polyphenoloxidase tạo điều kiện cho các phản ứng oxy hóa polyphenol, do đó dẫn đến hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa còn lại thấp hơn [23]. Sau khi tiến hành khảo sát, kết quả được trình bày ở Hình 2.

Kết quả Hình 2 cho thấy nhiệt độ sấy nguyên liệu ảnh hưởng đến quá trình trích ly thu nhận TPC và TFC. Giá trị TPC tăng từ nhiệt độ sấy 50 °C đến nhiệt độ 70 °C, từ 10,07 $\pm$ 0,17 mgGAE/gCK đến 11,59 $\pm$ 0,06 mgGAE/gCK (Hình 2A). Mẫu dịch trích khi được sấy ở nhiệt độ 60 °C và 70 °C cho TPC cao nhất, đạt 11,46 $\pm$ 0,21 mgGAE/gCK và 11,59 $\pm$ 0,06 mgGAE/gCK. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng đến nhiệt độ sấy lên đến 80 °C thì hàm lượng này giảm và có giá trị thấp nhất ở nhiệt độ 90 °C, ở mức 10,29 $\pm$ 0,16 mgGAE/gCK. Đối với TFC, hàm lượng này tăng từ nhiệt độ sấy 50 °C đến nhiệt độ 70 °C, từ 2,20 $\pm$ 0,05 mgQE/gCK đến 2,51 $\pm$ 0,03 mgQE/gCK (Hình 2B). Khi tiếp tục tăng nhiệt độ sấy đến 80 °C và 90 °C, TFC giảm chỉ còn 2,27 $\pm$ 0,04 mgQE/gCK. TFC có giá trị thấp nhất ở 50 °C, ở mức

$2,20 \pm 0,05$ mgQE/gCK. Độ ẩm giảm dần khi tăng dần nhiệt độ sấy, ở nhiệt độ 60 °C trở đi, độ ẩm ở mức <10% (Hình 2C).



Hình 2. Sự thay đổi nhiệt độ sấy nguyên liệu đến TPC (A), TFC (B) và độ ẩm (C). Các chữ cái khác nhau trong cùng một biểu đồ thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($\alpha = 0,05$)

Nhiệt độ ảnh hưởng đến sự chênh lệch áp suất hơi giữa nguyên liệu và môi trường, thúc đẩy quá trình khuếch tán và bay hơi của nước từ bên trong nguyên liệu ra ngoài. Nghiên cứu của Giang Trung Khoa và cộng sự (2017) cho thấy nguyên liệu có độ ẩm càng cao thì hiệu suất thu hồi polyphenol càng thấp, do độ ẩm nguyên liệu cao dẫn đến sự thẩm thấu dung môi vào trong nguyên liệu giảm và ảnh hưởng đến độ phân cực của hệ dung môi - nước trong vật liệu và từ đó làm ảnh hưởng đến độ hòa tan các hợp chất polyphenol [24]. Do vậy, TPC và TFC tăng từ nhiệt độ sấy 50 °C đến nhiệt độ 70 °C. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng cao hơn 70 °C thì cả TPC và TFC có xu hướng giảm, điều này được báo cáo bởi Yousefi và cộng sự (2011), nhiệt độ cao sẽ làm hao tổn lượng polyphenol do hợp chất này không bền ở nhiệt độ cao [25].

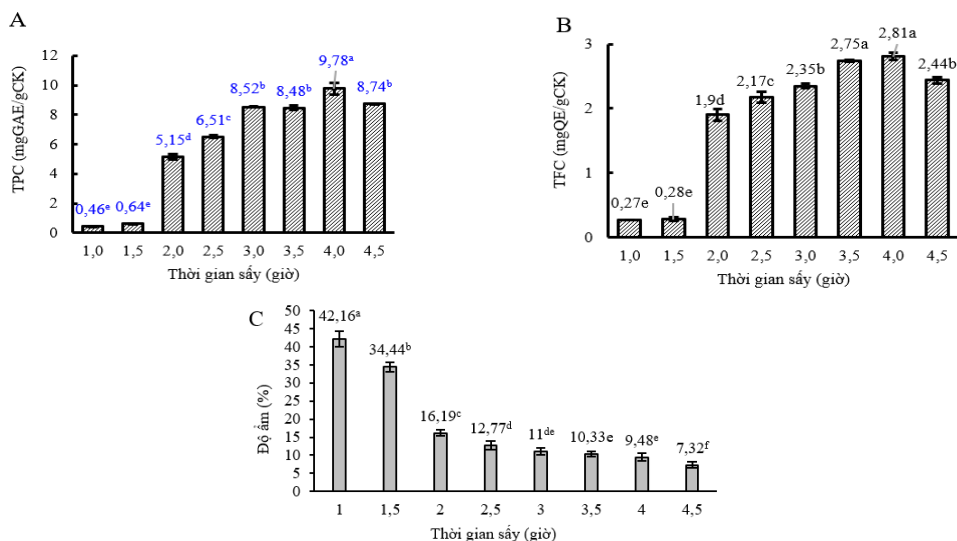
Đối với rễ cây quả nỏ khảo sát nhiệt độ sấy nguyên liệu phù hợp nhất ở 60°C cho thấy kết quả khá tương đồng với nghiên cứu của Nguyễn Ái Thạch và Nguyễn Minh Thủy (2018), nhiệt độ tối ưu được xác định là 58,78°C khi khảo sát nhiệt độ sấy từ 50-70 °C để trích ly các hợp chất polyphenol và flavonoid trong tòi đen [26]. Hơn nữa, Hoàng Lê Hằng và cộng sự (2021) đã khảo sát nhiệt độ sấy trong mức 50-80 °C cho thấy ở khi sấy vỏ cây chân danh hoa thưa cho khả năng trích ly các hợp chất là cao nhất ở nhiệt độ 60 °C và giảm khi tăng nhiệt độ ở 70 °C và 80 °C [27]. Kết quả trên cũng phù hợp với báo cáo của Wiriya và cộng sự (2009) khi nghiên cứu sấy ớt ở nhiệt độ từ 50-70 °C và kết luận rằng sấy ở nhiệt độ 60 °C cho TPC đạt giá trị cao nhất so với các khoảng nhiệt độ sấy còn lại [28]. Tuy nhiên, nghiên cứu ở lá tía tô của Trương Quốc Tất và cộng sự (2020) cho kết quả các hoạt chất chống oxy hóa cao nhất ở nhiệt độ 50 °C, do thân lá mềm mỏng nên cho khả năng thoát ẩm cao hơn rễ cây có cấu trúc cứng cáp [22]. Từ khảo sát trên cho thấy TPC và TFC giữa 60 °C và 70 °C là không có sự khác biệt ở mức ý nghĩa 5%, cho nên nhiệt độ sấy nguyên liệu thích hợp nhất là 60 °C được lựa chọn.

3.2.2. Ảnh hưởng của thời gian sấy nguyên liệu

Trong quá trình sấy, bên cạnh yếu tố nhiệt độ thì thời gian sấy cũng là một yếu tố rất quan trọng ảnh hưởng đến việc thu hồi các hợp chất các hoạt tính sinh học. Kết quả Hình 3 cho thấy TPC và TFC thu nhận cao nhất ở mẫu với thời gian sấy 4 giờ, lần lượt là $9,78 \pm 0,04$ mgGAE/gCK và $2,81 \pm 0,06$ mgQE/gCK. Mẫu với thời gian sấy 1 giờ đến 4 giờ, TPC và TFC tăng dần nhưng khi tiếp tục tăng thời gian sấy thì hiệu suất thu nhận các hợp chất giảm. Kết quả thấp nhất khi thời gian sấy chỉ 1 giờ, với TPC là $0,46 \pm 0,02$ mgGAE/gCK (Hình 3A) và TFC là $0,27 \pm 0,00$ mgQE/gCK (Hình 3B).

Sự thay đổi TPC và TFC theo thời gian sấy có thể giải thích do khi thời gian sấy quá ngắn, nguyên liệu giữ độ ẩm cao, cản trở sự hòa tan và khuếch tán của các hợp chất polyphenol, làm giảm hiệu suất trích ly. Tuy nhiên, khi vượt quá khoảng thời gian thích hợp, nguyên liệu càng tiếp xúc nhiều với nhiệt

độ, ánh sáng, oxy,... gây nên phản ứng oxy hóa các hợp chất polyphenol, dẫn đến tổn thất các hợp chất polyphenol và flavonoid nên ảnh hưởng đến hiệu suất thu nhận [29].



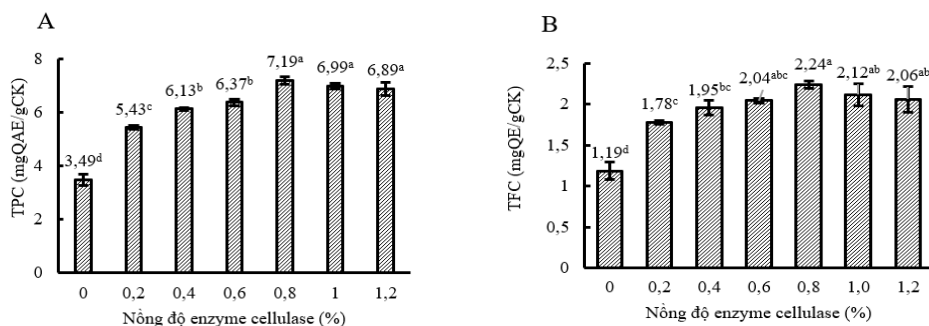
Hình 3. Sự thay đổi thời gian sấy nguyên liệu đến TPC (A), TFC (B) và độ ẩm (C).

Các chữ cái khác nhau trong cùng một biểu đồ thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($\alpha = 0,05$)

Đối với khảo sát thời gian sấy rễ cây quả nỏ, thời gian phù hợp nhất ở 4 giờ cho độ ẩm <10% (Hình 3C), kết quả khá tương đồng với nghiên cứu của Trương Quốc Tất cùng cộng sự (2021) trong việc xác định thời gian sấy rau càng cua phù hợp là 4 giờ để trích ly các hợp chất polyphenol và flavonoid [22]. Tuy nhiên, theo Hoàng Tiến Đạt và cộng sự (2021) thì thời gian sấy phù hợp là cao hơn 6 giờ với nhiệt độ 60 °C khi khảo sát trong khoảng 4-7 giờ cho hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học là cao nhất và hàm lượng ẩm <10% đối với trà túi lọc hoa sứ [30]. Sự khác biệt này có thể do cấu tạo nguyên liệu khác nhau dẫn đến các điều kiện thời gian sấy khác nhau. Tuy chưa có nhiều nghiên cứu báo cáo liên quan về cây quả nỏ nhưng với một số nghiên cứu có liên quan đến nguyên liệu khác cũng cho kết quả tương tự với kết quả thu nhận được. Từ khảo sát trên, thời gian sấy nguyên liệu thích hợp được xác định là 4 giờ.

3.3. Ảnh hưởng nồng độ và thời gian xử lý enzyme cellulase đến quá trình thu nhận dịch chiết giàu polyphenol và flavonoid

3.3.1 Ảnh hưởng của nồng độ enzyme



Hình 4. Ảnh hưởng của nồng độ enzyme cellulase đến khả năng thu nhận TPC (A) và TFC (B).

Các chữ cái khác nhau trong cùng một biểu đồ thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($\alpha = 0,05$)

Kết quả ở Hình 4 cho thấy, đối với phương pháp trích ly truyền thống, không bổ sung enzyme cellulase TPC và TFC chỉ đạt lần lượt là $3,49 \pm 0,21$ mgGAE/gCK và $1,19 \pm 0,10$ mgQE/gCK, thấp nhiều so với khi được bổ sung cellulase. Vì khi trích ly có sử dụng phương pháp hỗ trợ enzyme góp phần thủy phân cellulose tự nhiên, cắt đứt các liên kết, phá vỡ khung tế bào, giúp tăng diện tích tiếp xúc giữa dung môi với các hợp chất hoà tan trong bột rễ cây quả nỏ làm hiệu suất trích ly tăng cao hơn so với quá trình trích ly thông thường. Theo nghiên cứu của Ghandahari và cộng sự (2019), khi sử dụng enzyme với

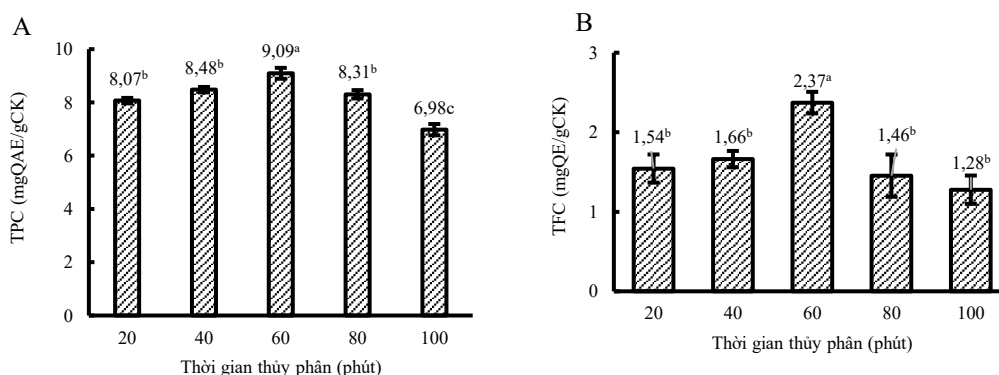
nồng độ phù hợp, khả năng trích ly polyphenol từ vỏ lụa hạt hồ trăn được cải thiện so với không sử dụng enzyme [31].

Kết quả nghiên cứu của Hai và cộng sự (2016) cũng cho thấy, khi sử dụng cellulase với nồng độ 0,2% thì khả năng trích ly polyphenol từ lá trà tăng 1,3 lần so với không sử dụng enzyme [32]. Hàm lượng hợp chất có hoạt tính sinh học tăng dần từ mẫu có nồng độ enzyme cellulase 0,2-0,8% (v/w), tăng từ $5,43 \pm 0,08$ mgGAE/gCK đến $7,19 \pm 0,13$ mgGAE/gCK đối với polyphenol và flavonoid tăng từ $1,78 \pm 0,03$ mgQE/gCK đến $2,24 \pm 0,04$ mgQE/gCK. Nguyên nhân là do khi nồng độ enzyme cellulase càng cao, dẫn đến khả năng phá vỡ cấu trúc thành tế bào càng nhiều, làm tăng hiệu suất trích ly các hợp chất chống oxy hóa. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng nồng độ cellulase lên cao hơn 0,8% thì hàm lượng polyphenol và flavonoid thu nhận được từ quá trình trích ly không tăng và có xu hướng giảm. Nghiên cứu của Verma (2014) khi trích ly polyphenol từ lá của cây dạ hoa (*Nyctanthes arbor-tristis*) cũng cho kết quả tương tự, hàm lượng các hợp chất polyphenol sẽ tăng khi hàm lượng cellulase tăng, nhưng khi nồng độ enzyme tiếp tục tăng cao hàm lượng các hợp chất polyphenol sẽ giảm [33]. Hiện tượng polyphenol tổng giảm khi tăng nồng độ cellulase được Hong và cộng sự giải thích là do sự ức chế ngược lại quá trình thủy phân do nồng độ enzyme cao đến mức bão hòa so với lượng cơ chất [34].

Khảo sát cho thấy nồng độ cellulase phù hợp nhất là ở 0,8% trong quá trình thủy phân rễ cây quả nỏ nhận thấy rằng kết quả gần tương đồng với nghiên cứu của Ngô Trịnh Tất Đạt và cộng sự (năm 2023) đã xác định nồng độ enzyme phù hợp là 1% (v/w) cho khả năng trích ly thu nhận các hợp chất polyphenol và flavonoid là cao nhất đối với vỏ dưa hấu khi khảo sát nồng độ cellulase từ 0-1,5% (v/w), khi tăng hàm lượng cellulase hơn 1% khả năng trích ly thu hồi các hợp chất có xu hướng giảm nhẹ [35]. Tuy nhiên, theo báo cáo của Trần Gia Bửu và cộng sự (2018) thì nồng độ enzyme phù hợp là ở 0,6% cho hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học là cao nhất trên dịch chiết tỏi đen Lý Sơn. Khi tiếp tục tăng nồng độ lên từ 0,8-1% (v/w), nhận thấy hàm lượng trích ly các chất chống oxy hóa không có sự khác biệt với mức 0,6% ở mức ý nghĩa 5%, sự khác biệt này có thể do cấu tạo nguyên liệu khác nhau dẫn đến nồng độ enzyme là khác nhau [36]. Từ khảo sát trên, nồng độ enzyme cellulase phù hợp nhất là nồng độ 0,8%.

3.3.2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý enzyme

Kết quả ở Hình 5 cho thấy rằng thời gian thủy phân cellulase ở mốc 60 phút đạt hiệu suất trích ly cao nhất với hàm lượng polyphenol là $9,09 \pm 0,21$ mgGAE/gCK và flavonoid là $2,37 \pm 0,14$ mgQE/gCK. Các thành phần này với giá trị thấp dần khi tiếp tục khảo sát từ mốc thời gian 80 phút trở đi. Thời gian thủy phân cellulase ở mốc 100 phút chỉ thu được hàm lượng polyphenol là $6,98 \pm 0,21$ mg GAE/gCK và flavonoid là $1,28 \pm 0,18$ mgQE/gCK thấp nhất trong quá trình khảo sát. Hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa dao động trong khảo sát này là do thời gian thủy phân ở 20 phút quá ngắn, chưa thủy phân hoàn toàn các thành tế bào cellulose làm cản trở quá trình trích ly các chất hòa tan. Tuy nhiên, theo Kankara và cộng sự (2014), khi thời gian thủy phân càng dài thì dịch chiết càng tiếp xúc nhiều với nhiệt độ, ánh sáng, oxy,... gây nên phản ứng oxy hóa các hợp chất polyphenol và phân hủy enzyme [37].



Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian xử lý enzyme đến khả năng thu nhận TPC (A) và TFC (B).

Các chữ cái khác nhau trong cùng một biểu đồ thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($\alpha = 0,05$)

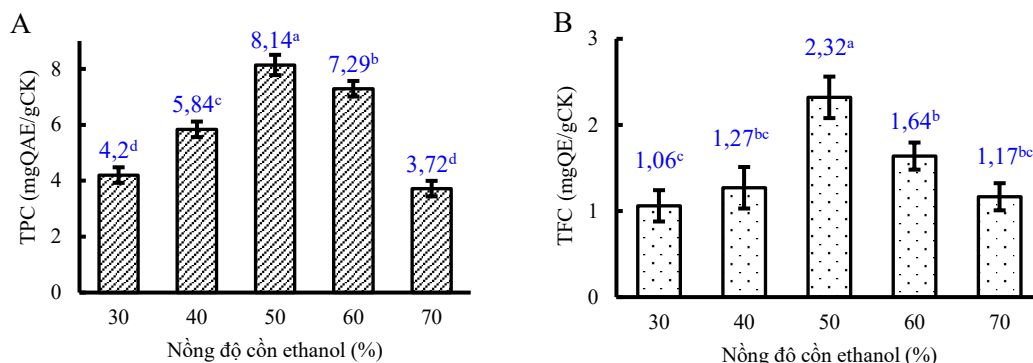
Đối với khảo sát thời gian thủy phân cellulase phù hợp nhất ở 60 phút đối với rễ cây quả nỏ nhận thấy rằng kết quả tương đồng với nghiên cứu của Hai và cùng cộng sự đã xác định thời gian thủy phân enzyme 60 phút cho khả năng trích ly thu nhận các hợp chất polyphenol cao nhất khi khảo sát trong

khoảng thời gian 0-100 phút; khi khảo sát ở thời gian thủy phân cellulase từ 0-60 phút khả năng trích ly cho hàm lượng polyphenol tăng dần, tuy nhiên khi tăng thời gian thủy phân hơn 60 phút thì hàm lượng hợp chất có hoạt tính sinh học giảm đối với dịch chiết lá trà già [31]. Bên cạnh đó, Ngô Trịnh Tác Đạt và cộng sự cũng cho kết quả tương tự khi khảo sát thời gian thủy phân enzyme ở 55-60 phút thu được kết quả trích ly polyphenol cao nhất và không có sự khác biệt ở mức ý nghĩa 5% đối với vỏ dưa hấu [35]. Tuy nhiên, theo Hoàng Trúc Quỳnh và cộng sự thì thời gian thủy phân cellulase cao hơn 15 phút (75 phút) cho hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học là cao nhất đối với nguyên liệu cây lá với [18], sự khác biệt này có thể do cấu tạo nguyên liệu khác nhau dẫn đến xử lý khác nhau [38]. Từ khảo sát trên, thời gian thủy phân enzyme cellulase thích hợp nhất là 60 phút.

3.4. Ảnh hưởng của nồng độ dung môi và thời gian trích ly đến quá trình thu nhận dịch chiết giàu polyphenol và flavonoid

3.4.1. Ảnh hưởng của nồng độ dung môi

Nồng độ dung môi ảnh hưởng khá nhiều đến hiệu suất thu nhận các hợp chất chống oxy hóa. Kết quả Hình 6 cho thấy rằng nồng độ dung môi ethanol có ảnh hưởng rất nhiều đối với khả năng trích ly thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh học ở rễ cây quả nỏ. Đối với mẫu được khảo sát ở nồng độ ethanol 30%, kết quả cho thấy TPC và TFC thấp nhất lần lượt là $4,20 \pm 0,28$ mgGAE/gCK và $1,06 \pm 0,18$ mgQE/gCK. Khi tăng dần nồng độ ethanol từ 30% đến 50% thì hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa tăng dần, đạt cao nhất ở mẫu được khảo sát ở nồng độ ethanol 50%, với TPC là $8,14 \pm 0,36$ mgGAE/gCK (Hình 6A) và TFC là $2,32 \pm 0,24$ mgQE/gCK (Hình 6B). Tuy nhiên, khi khảo sát ở nồng độ cao hơn 50% thì hàm lượng các hợp chất này giảm.



Hình 6. Ảnh hưởng của nồng độ dung môi trích ly đến TPC (A) và TFC (B).

Các chữ cái khác nhau trong cùng một biểu đồ thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($\alpha = 0,05$)

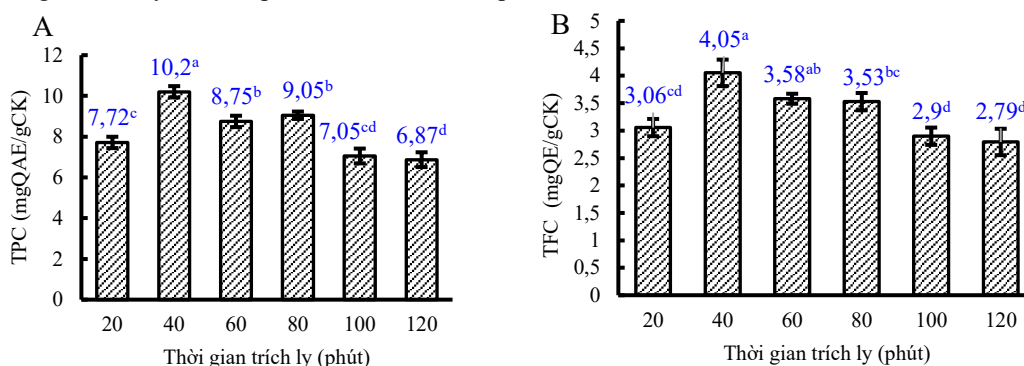
Ở khảo sát này, kết quả thu được phù hợp nhất ở nồng độ dung môi ethanol 50%, kết quả tương đồng với nghiên cứu của Nguyễn Đình Dũng và cộng sự (2018) khi khảo sát ảnh hưởng nồng độ ethanol đến hàm lượng polyphenol, hàm lượng tăng dần từ nồng độ dung môi 0-50% và cho khả năng thu nhận cao nhất ở nồng độ ethanol 50%, nhưng khi tăng đến 75% thì cho hàm lượng polyphenol thấp hơn đối với vỏ chanh dây [39]. Bên cạnh đó, Phạm Trần Bảo Nghi và cộng sự (2019) cũng cho kết quả tương tự khi khảo sát nồng độ ethanol từ 0-90% thu được kết quả trích ly polyphenol cao nhất ở nồng độ 50% và khi tăng cao hơn 50%, hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa có xu hướng giảm đối với vỏ chuối xiêm [40]. Tuy nhiên, theo Lâm Quốc Vinh và cộng sự (2022) thì nồng độ ethanol phù hợp nhất là 70%, cho hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học là cao nhất đối với cần tây và cần ta chứa nhiều các gốc hydrocarbon kỵ nước hơn, chi tan tốt trong các dung môi hữu cơ. Từ khảo sát trên cho thấy nên chọn nồng độ dung môi ethanol thích hợp nhất được xác định là 50%.

3.4.2. Ảnh hưởng của thời gian trích ly

Bên cạnh yếu tố nồng độ dung môi thì thời gian trích ly cũng ảnh hưởng rất lớn đến hiệu suất trích ly thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh. Do ban đầu, hàm lượng polyphenol trong rễ cây quả nỏ lớn nên sự chênh lệch nồng độ giữa bên trong và bên ngoài tế bào cao, hiệu suất trích ly các hợp chất này tăng dần theo thời gian trích ly [42]. Khi thời gian trích ly khác nhau sẽ làm cho khả năng tiếp xúc giữa

dung môi và chất hòa tan khác nhau, kết hợp với đó là thời gian chịu tác động bởi nhiệt độ của các hợp chất cũng bị thay đổi nên TPC và TFC thu được trong dịch trích cũng bị thay đổi theo [43]. Tuy nhiên, khi hàm lượng giữa các hợp chất chống oxy hóa giữa bên trong và bên ngoài gần đạt đến trạng thái cân bằng sẽ làm cho hiệu suất trích ly tăng chậm theo định luật Fick mà Pinelo và cộng sự đã nêu [42]. Thời gian kéo dài làm cho các hợp chất đã được trích ly tiếp xúc lâu với môi trường bên ngoài, đặc biệt là ở môi trường nhiệt độ cao. Sự tiếp xúc này làm cho polyphenol và flavonoid bị phân hủy bởi quá trình oxy hóa [43]. Vì thế, cần khảo sát yếu tố thời gian trích ly ảnh hưởng đến hiệu suất thu hồi các hợp chất có hoạt tính sinh học trong quá trình trích ly. Kết quả khảo sát thời gian trích ly đến TPC và TFC được trình bày ở Hình 7.

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian trích ly cho thấy yếu tố này có ảnh hưởng đến khả năng thu hồi các hợp chất chống oxy hóa ở rễ cây quả nỏ (Hình 7). Ở mốc thời gian trích ly 40 phút đã thu được TPC và TFC cao nhất, lần lượt là $10,20 \pm 0,28$ mgGAE/gCK (Hình 7A) và $4,05 \pm 0,24$ mgQE/gCK (Hình 7B). Tuy nhiên, khi tăng thời gian trích ly trong khoảng 80-120 phút, TPC và TFC giảm dần, kết quả thấp nhất ở 120 phút với TPC là $6,87 \pm 0,36$ mgGAE/gCK và TFC là $2,79 \pm 0,24$ mgQE/gCK. Với kết quả khảo sát như trên, nguyên nhân là do ban đầu, TPC và TFC trong rễ cây quả nỏ lớn dẫn đến sự chênh lệch nồng độ giữa bên trong và bên ngoài tế bào cao, nên hiệu suất trích ly tăng dần theo thời gian trích ly [42]. Khi thời gian trích ly khác nhau, kết hợp với đó là thời gian chịu tác động bởi nhiệt độ của các hợp chất cũng bị thay đổi nên TPC và TFC thu được trong dịch trích cũng bị thay đổi theo. Khi sự tiếp xúc lâu giữa chất hòa tan và dung môi làm tăng khả năng thâm tách. Từ các kết quả trên, thời gian trích ly thích hợp được xác định là 40 phút.



Hình 7. Ảnh hưởng của thời gian trích ly đến TPC (A) và TFC (B).

Các chữ cái khác nhau trong cùng một biểu đồ thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ($\alpha = 0,05$)

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy rễ cây quả nỏ chứa hàm lượng chất khô là 69,22%, độ ẩm là 30,78%, hàm lượng tro 6,79%. Phương pháp tiền xử lý nguồn nguyên liệu phù hợp là sấy nguyên liệu ở nhiệt độ 60 °C trong thời gian 4 giờ. Enzyme cellulase sử dụng có nồng độ 0,8% (v/w) và thời gian thủy phân là 60 phút. Điều kiện trích ly với nồng độ ethanol 50% với thời gian trích ly là 40 phút ở nhiệt độ 50 °C cho kết quả TPC là $10,20 \pm 0,28$ mgGAE/gCK và TFC là $4,05 \pm 0,24$ mgQE/gCK. Từ kết quả này cho thấy được một số điều kiện xử lý nguyên liệu và trích ly để làm tiền đề cho các nghiên cứu sâu hơn nhằm thu hồi tối đa các hợp chất có hoạt tính sinh học từ rễ cây quả nỏ nói riêng và cây quả nỏ nói chung.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi nguồn kinh phí hỗ trợ từ Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh theo hợp đồng số 105/HĐ-DCT ngày 15/08/2023.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] N. T. Thu Ngân, N. T N. Vân, L. Q. Tuấn, P. T. Minh, và L. T. T. Yến, “Nghiên cứu quy trình chiết xuất nhóm phenolic và sơ bộ đánh giá khả năng kháng oxy hóa *in vitro* của cây quả nỏ (*Ruellia tuberosa*)”, *Tạp chí Y Dược học Cần Thơ*, số 55, tr 220–227, tháng 12 2022, doi: <https://doi.org/10.58490/ctump.2022i55.411>.

- [2] R. W. Long, “Biosystematics of *Ruellia tuberosa* L. (Acanthaceae)”, *American Journal of Botany*, vol. 63, no. 7, pp. 951–59, 1976, doi: <https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1976.tb13176.x>
- [3] Daya L Chothani, MB Patel, SH Mishra, HU Vaghasiya, “Review on *Ruellia tuberosa* (Cracker plant)”, *Pharmacognosy Journal*, vol. 2, no. 12, pp. 506–512, 2010, doi: [https://doi.org/10.1016/S0975-3575\(10\)80040-9](https://doi.org/10.1016/S0975-3575(10)80040-9).
- [4] A. Safitri, A. Roosdiana, N. Arrochmah and S. S. Nur’Adya, “Anti-diabetic properties of root extracts of *Ruellia tuberosa* L.: Effects on serum enzyme activity”, *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 1374, 012030, 2019, doi: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1374/1/012030>
- [5] Krishna C.B., Ravindra B.S., Ramesh. C, Alekhya Ravella, Jayasree Vardhan, “Hypolipidemic and anti oxidant activity of *Ruellia tuberosa* Linn.”, *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, vol. 2, no. 3, pp. 63-72, Jul.-Sep. 2012. Available: https://www.ijpbs.com/ijpbsadmin/upload/ijpbs_50d18d1623f39.pdf
- [6] Anna Roosdiana, Fajar Shodiq Permata, Riera Indah Fitriani, Khairul Umam, Anna Safitri, “*Ruellia tuberosa* L. extract improves histopathology and lowers malondialdehyde levels and TNF alpha expression in the kidney of streptozotocin-Induced diabetic rats”, *Veterinary Medicine International* (2020). DOI: 10.1155/2020/8812758.
- [7] Bo Eng Cheong, Mohd.Zulkarnain Waslim, Fui Fui Lem, Peil Lin Teoh, “Antioxidant and anti-proliferative activities of Sabah *Ruellia tuberosa*”, *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, vol. 3, no. 12, pp. 20-24, 2013, DOI: 10.7324/JAPS.2013.31204
- [8] Chwan-Fwu Lin, Yu-Ling Huang, Lee-Ying Cheng, Shuenn-Jyi Sheu, Chien-Chih Chen, “Bioactive flavonoids from *Ruellia tuberosa*”, *Chinese Medical Journal*, vol. 17, no. 3, pp.103-109, 2006.
- [9] Zepka L.Q. *et al*, “Bioactive Compounds-Biosynthesis, Characterization and Applications”, BoD–Books on Demand, Sep. 2021.
- [10] Fu-An Chen, An-Bang Wu, Pochuen Shieh, Daih-Huang Kuo and Chi-Ying Hsieh, “Evaluation of the antioxidant activity of *Ruellia tuberosa*”, *Food Chem*, vol. 94, pp. 14–18, 2006. DOI: 10.1016/j.foodchem.2004.09.046
- [11] B. Arirudran, A Saraswathy and Vijayalakshmi Krishnamurthy, “Pharmacognostic and Preliminary Phytochemical Studies on *Ruellia tuberosa* L. (Whole plant)”, *Pharmacognosy Journal*, vol. 3, no. 22 pp. 29–34, 2011, DOI: 10.5530/pj.2011.22.6.
- [12] Aoyama, S. and Y. Yamamoto, “Antioxidant activity and flavonoid content of welsh onion (*Allium fistulosum*) and the effect of thermal treatment”, *Food Science and Technology Research*, vol. 13, no. 1, pp.67-72, 2007, <https://doi.org/10.3136/fstr.13.67>
- [13] M. Roy and A. Datta, “Fundamentals of phytochemicals”, in *Cancer Genetics and Therapeutics*, pp. 49-81, 2019, DOI: 10.1007/978-981-13-9471-3_3.
- [14] Müller, J., A. Heindl. and R.J. Bogers, “Drying of Medicinal Plants”, In *Medicinal and Aromatic Plants - Agricultural, Commercial, Ecological, Legal, Pharmacological and Social Aspects*, pp. 237–252, 2006.
- [15] Marur, C. J. and L. Sodek, “Microwave drying of plant material for biochemical analysis”, *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, vol. 7, pp.111–114, 1995.
- [16] Gupta, S., S. Cox and N. Abu-Ghannam, “Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible Irish brown Seaweed”, *Food Science and Technology*, vol. 44, no. 5, pp. 1266–1272, 2011, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.12.022>
- [17] N. K. Phụng và N. T. Hiền, “Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy lên chất lượng của trái nhàu (*Morinda citrifolia* L.)”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Trà Vinh*, số 43, tháng 6 (2021), DOI:10.35382/18594816.1.43.2021.821
- [18] H. T.T. Quỳnh, N.T.M. Thôi và T.T.T. Hương, “Đánh giá khả năng trích ly polyphenol từ lá vối (*Cleistocalys Operculatus*) bằng phương pháp siêu âm và xử lý bang enzyme cellulose” *Tạp chí Khoa học Đại học Văn Hiến*, tập 5 số 4, tr.100-105, 2017.
- [19] Waterman P.G, Mole S., “Analysis of phenolic plant metabolites”, Oxford, UK: Blackwell Science; 1994.

- [20] Chang, C.-C., Yang, M.-H., Wen, H.-M. and Chern, J.-C., “Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods”, *Journal of Food and Drug Analysis*, vol. 10, no.3, Art. no. 3., 2002, DOI: <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>.
- [21] L. B. Tuyết, L. Duẩn và H. V. Thuyết, “Quá trình trích ly trong: Các quá trình công nghệ cơ bản trong sản xuất thực phẩm”, Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội, 1996.
- [22] T. Q. Tất, P. T. T. Liễu, N. T. P. Trang và N. D. Khánh, “Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hàm lượng hợp chất polyphenol, sắc tố carotenoids, chlorophyll và hoạt tính chống oxy hóa của cây rau càng cua (*Peperomia pellucida* L.) thu ở tỉnh Tiền Giang”, *Tạp chí khoa học Đại học Mở Thành phố Hồ Chí Minh - Kỹ thuật và Công nghệ*, tập 16, số 1, 2021, tr. 25–33, doi: <https://doi.org/10.46223/HCMCOUJS.tech.vi.16.1.1891.2021>.
- [23] G.B. Awuah, H.S. Ramaswamy and A. Economides, “Thermal processing and quality: Principles and overview”, *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, vol. 46, no. 6, pp. 584–602, 2007, <https://doi.org/10.1016/j.cep.2006.08.004>.
- [24] G. T. Khoa, B. Q. Thuật và N. X. Mạnh, “Bước đầu nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ đến hiệu suất trích ly polyphenol từ lá chè (*Camellia sinensis* (L) O. Kuntze)”, *Tạp chí Khoa học Nông nghiệp Việt Nam*, tập 5, số 2, 2017, pp. 203–213.
- [25] Shima Yousefi 1, Zahra Emam-Djomeh and S M Mousavi, “Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica granatum* L.)”, *J Food Sci Technol*, vol. 48, no. 6, pp. 677–684, 2011, DOI: 10.1007/s13197-010-0195-x.
- [26] N. A. Thạch và N. M. Thùy, “Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và thời gian sấy đến các hợp chất có hoạt tính sinh học và khả năng chống oxy hóa của sản phẩm tòi đen” *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, vol. 1, no. 186 (2018). DOI: 10.22144/ctu.jsi.2021.020.
- [27] H. L. Hằng, H. V. Chuyên, N. A. Dũng và N. Q. Vinh, “Ảnh hưởng của phương thức sấy đến hàm lượng hoạt chất và hoạt tính sinh học của lá và vỏ cây chân danh hoa thưa (*Eunonymus flaxiflorus* Champ)”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ*, 2021. http://thuvienlamdong.org.vn:81/handle/DL_134679/41469.
- [28] Wiriya, P., Paiboon, T. and Somchart, S., “Effect of drying air temperature and chemical pretreatments on quality of dried chilli”, *Int Food Res J.*, vol. 16, no. 3, (2009) pp. 441–454.
- [29] N. H. Xuân, Đ. T. Tuyết Nhung, Đ. T. K. Tiên, T. C. Linh, P. C. Đúng et al, “Ảnh hưởng của quá trình xử lý nhiệt đến hàm lượng polyphenol, flavonoid, vitamin C, acid gallic và khả năng chống oxy hóa của dịch ép nước dâu Hạ Châu (*Baccaurea ramiflora* Lour.)”, *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, vol. 58 (CĐ Khoa học tự nhiên) (2022) pp. 38-47. <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2022.118>
- [30] H. T. Đạt, N. T. M. Duyên, H. L. Ngân, H. B. Phương, V. T. Vi, N. T. Khôi và H. T. N. Nhơn, “Nghiên cứu ảnh hưởng của chế độ sấy nguyên liệu đến sản xuất trà túi lọc hoa sứ”, *Tạp chí Công Thương* (2021). http://thuvienlamdong.org.vn:81/handle/DL_134679/38033.
- [31] Amir Pouya Ghandahari Yazdi, Mohsen Barzegar, Mohammad Ali Sahari and Hassan Ahmadi Gavlighi, “Optimization of the enzyme-assisted aqueous extraction of phenolic compounds from pistachio green hull”, *Food Sci Nutr*, vol. 7, no. 1, pp. 356–366, 2019. DOI: 10.1002/fsn3.900.
- [32] T. C. Hai, N. D. Nam and L. T. H. Anh, “Enzyme assisted extraction of polyphenols from the old tea leaves”, *Journal of Nutrition and Health Sciences*, vol. 3, no. 4, 2016. DOI: 10.15744/2393-9060.3.404.
- [33] Madhu Verma, Subhabrata Das, Debjani Dutta and Surabhi Chaudhuri, “Kinetic modeling of cellulase enzyme assisted extraction of polyphenols from *Nyctanthes arbor-tristis* leaves”, *Advances in Biotechnology Patenting*, vol. 219, 2014.
- [34] Y. H. Hong, E. Y. Jung, Y. Park, K. S. Shin, T. Y. Kim, K. W. Yu, U. J. Chang and H. J. Suh, “Enzymatic improvement in the polyphenol extractability and antioxidant activity of green tea extracts”, *Biosci Biotechnol Biochem*, vol. 77, no. 1, pp. 22–29, 2013. DOI: 10.1271/bbb.120373.
- [35] N. T. T. Đạt, H. K. Anh và T. T. Linh, “Nghiên cứu quá trình trích ly polyphenol từ vỏ dưa hấu có sự hỗ trợ của enzyme xenulaza”, *Khoa học Công nghệ* (2023).
- [36] T. G. Bửu, Đ. S. Mai, T. L. T. Đoàn và Đ. H. Nguyễn, “Tác động của các thông số trong quá trình trích ly bằng cellulase lên hàm lượng polyphenol tổng số và khả năng chống oxy hóa của dịch chiết tòi

đen Lý Sơn”, *Journal of Science and Technology - IUH*, vol. 36, no. 06 (2021). DOI: 10.46242/jst-iuh.v36i06.827.

[37] S. S. Kankara, M. Mustafa, H. M. Ibrahim, R. Nulit and R. Go, “Effect of Drying Methods, Solid-Solvent Ratio, Extraction Time and Extraction Temperature on Phenolic Antioxidants and Antioxidant Activity of *Guiera senegalensis* J.F. Gmel (Combretaceae) Leaves Water Extract”, *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, vol. 2, no. 12 (2014) pp. 1378-1392.

[38] N. T. H. Linh, N. M. Đạt, Đ. T. T. Lê, Đ. T. T. Huyền và B. H. Phương, “Nghiên cứu ứng dụng enzyme để nâng cao hiệu suất trích ly Resveratrol từ dây gắm”, *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*, tập 15, số 4 (2019).

[39] N. Đ. Dũng, V. T. Hường, L. T. Thiên, H. Q. Bình, và H. N. Chiến, “Ảnh hưởng của xử lý siêu âm đến khả năng trích ly hợp chất polyphenol và anthocyanin từ vỏ chanh dây (*Passiflora incanate*)”, *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm*, tập 17, số 1, (2018) tr. 66–75.
<https://vjol.info.vn/index.php/hufi/article/view/42906/34638>

[40] P. T. B. Nghi, T. T. Trúc, N. V. Mười và T. H. Vương, “Ảnh hưởng của mức độ chín và điều kiện trích ly bằng phương pháp ngâm trích đến hiệu quả thu nhận polyphenol từ vỏ chuối xiêm (*Musa paradisiaca* L.)”, *Tạp chí Khoa học và công nghệ Nông nghiệp*, tập 3, số 2, 2019.
http://113.161.11.34/tapchi_ojs30/index.php/id20194/article/view/252.

[41] L. Q. Vinh, N. N. L. Nhi, H. P. Q. Như and N. T. T. Huyền, “Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình trích ly polyphenol và flavonoid từ cần tây, cần ta và tỏi tươi”, *Tạp chí Công Thương*, vol. 15, (2022) p. 163, 2022. http://thuvienlamdong.org.vn:81/handle/DL_134679/67536.

[42] M. Pinelo, J. Sineiro, M.J. Núñez, “Mass transfer during continuous solid–liquid extraction of antioxidants from grape byproducts”, *J Food Eng*, vol. 77, no. 1, 2006, pp. 57–63.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.06.021>.

[43] V. T. Thanh, N. T. K. Tuyền, V. T. Thúy, T. N. Tú, L. B. Tuyền and P. T. Oanh, “Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trích ly hợp chất polyphenol và flavonoid từ lá dâu tằm”, *Dong Thap University Journal of Science*, vol. 12, no. 8, 2023, pp. 88–94. DOI: 10.52714/dthu.12.8.2023.1156.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF SOME FACTORS AFFECTING THE EXTRACTION OF POLYPHENOL AND FLAVONOID COMPOUNDS FROM *Ruellia tuberosa* L.

Do Mai Nguyen Phuong, Hoang Thi Truc Quynh, Le Thi Hong Anh*

Faculty of Food Science and Technology,

Ho Chi Minh City University of Industry and Trade, Vietnam

*Email: anhhlth@huit.edu.vn

Ruellia tuberosa, a tropical perennial plant, belongs to the family Acanthaceae and contains many bioactive compounds such as phenolics, flavonoids, triterpenoids, lignans, sterols, etc... Almost all parts of the plant can be used to benefit human health. This study investigated the source of raw materials, the effect of pretreatment methods on extraction and the extraction process to obtain antioxidant compounds from *Ruellia tuberosa*. The results show that the roots of *Ruellia tuberosa* contain a dry matter content of 69.22% and, a moisture content of 30.78%, and an ash content of 6.79%. In addition, the appropriate method of pre-treatment of raw materials is to dry the raw materials at a temperature of 60 °C in 4 h. Concentration of cellulase enzyme used 0.8% (v/w) and hydrolysis time is 60 minutes. The suitable extraction conditions were ethanol concentration of 50%, extraction time of 40 min at 50 °C gave polyphenol content of 10.20±0.28 mgGAE/g dry matter and flavonoid content of 4.05±0.24 mgQE/g dry matter. Research on extracting and collecting biologically active substances with antioxidant capacity from *Ruellia tuberosa* aims to consolidate and provide more valuable scientific information, thereby helping to exploit and use raw materials in practice more effectively.

Keywords: Flavonoids, bioactive substances, polyphenol, *Ruellia tuberosa*, antioxidant activity.