

NGHIÊN CỨU TRÍCH LY CÁC HỢP CHẤT CÓ HOẠT TÍNH SINH HỌC TỪ QUẢ ĐIỀU (*Anacardium occidentale* L.) VÀ SẢN XUẤT BỘT SẤY PHUN TỪ DỊCH CHIẾT THU ĐƯỢC

Châu Minh Thuận¹, Đặng Tổng Trọng Nghĩa¹,
Hoàng Văn Thanh², Phạm Văn Hùng^{1,3*}

¹Trường Đại học Quốc tế, ĐHQG TP.HCM

²Trung tâm Thí nghiệm Thực hành, Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

³Phòng thí nghiệm nghiên cứu và phân tích liên ngành Hóa, Thực phẩm và Môi trường

*Email: pvhung@hcmiu.edu.vn

Ngày nhận bài: 18/4/2023; Ngày chấp nhận đăng: 21/8/2023

TÓM TẮT

Quả điều, một phụ phẩm của ngành chế biến hạt điều, đã được chứng minh chứa nhiều hợp chất phenolic và chất chống oxy hoá. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định các điều kiện trích ly thích hợp để thu được dịch chiết từ bột quả điều có hàm lượng catechin tổng (TCC) và hàm lượng phenolic tổng (TPC) cao nhất bằng phương pháp trích ly có hỗ trợ của sóng siêu âm và enzyme Pectinex Ultra SP-L, từ đó sản xuất bột sấy phun từ dịch chiết bằng phương pháp sấy phun. Kết quả cho thấy các điều kiện thích hợp bao gồm tỉ lệ bột quả điều và nước là 1:30 (w/v), thời gian siêu âm là 60 phút, nồng độ enzyme là 3,0% (v/w) và thời gian ủ là 90 phút. Ở các điều kiện thích hợp trên, dịch chiết thu được có TPC là $1,06 \pm 0,05$ (mg CE/g mẫu khô) và TCC là $5,64 \pm 0,18$ (mg GAE/g mẫu khô). Bột sấy phun từ dịch chiết sau sấy phun có độ hoà tan là $41,1 \pm 1,8\%$, TPC là $1,55 \pm 0,05$ (mg GAE/g bột khô), catechin tổng là $0,76 \pm 0,03$ (mg CE/g bột khô), và khả năng khử gốc tự do 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) là $41,1 \pm 0,2\%$. Theo kết quả thu được, bột sấy phun từ dịch chiết quả điều có thể được sử dụng như một thực phẩm chức năng tốt cho sức khoẻ.

Từ khoá: Quả điều, sấy phun, hàm lượng catechin tổng, hàm lượng phenolic tổng, khả năng khử gốc DPPH.

1. MỞ ĐẦU

Cây điều (*Anacardium occidentale* L.) có nguồn gốc từ Brazil, và được trồng phổ biến ở Nam Mỹ [1]. Ở Việt Nam, cây điều được trồng nhiều ở khu vực Đông Nam Bộ và Tây Nguyên [2]. Theo FAO, Việt Nam đã trở thành nước dẫn đầu thế giới về chế biến và xuất khẩu hạt điều trong thập kỷ qua. Quả điều (cashew apple) là quả chín giả của cây điều, đây là phần cuống trên đỉnh quả điều có hình trái lê. Mặc dù chiếm 90% khối lượng, quả điều được xem là sản phẩm phụ và hầu hết bị bỏ đi trong quá trình chế biến hạt điều. Trong khi đó, quả điều có chứa các hợp chất có giá trị bao gồm đường khử (fructose và glucose), các vitamin nhóm B, khoáng chất, acid amin cũng như các hợp chất phenolic [3]. Sản phẩm làm từ quả điều chưa được nhiều người tiêu dùng biết đến trên thị trường do tính chất và dễ hư hỏng do các hợp chất phenolic trong dịch chiết quả điều dễ bị oxy hóa cũng như hàm lượng nước cao (85-90%). Flava-3-ols, hay catechin, là một hợp chất flavanol thuộc nhóm phenolic được tìm thấy phổ biến trong lá trà xanh, có khả năng chống oxy hóa cao và được dùng để phòng ngừa và điều

trị một số bệnh ung thư và làm chậm quá trình lão hoá. Có thể nhận thấy quả điều là nguồn nguyên liệu tiềm năng để thu nhận các hoạt chất sinh học ứng dụng vào trong thực phẩm và sản xuất các sản phẩm thực phẩm chức năng. Điều này góp phần làm giảm thiểu ô nhiễm môi trường, tận dụng được nguồn phụ phẩm để thu nhận và tạo ra các sản phẩm có giá trị. Bên cạnh đó cũng góp phần làm giảm thiểu ô nhiễm môi trường cũng như tăng giá trị kinh tế cho công nghiệp chế biến điều. Hiện nay, nhiều phương pháp trích ly các hợp chất tự nhiên có hoạt tính sinh học được sử dụng như phương pháp trích ly bằng dung môi, phương pháp trích ly có hỗ trợ vi sóng, sóng siêu âm hoặc sử dụng các loại enzyme khác nhau. Trong đó, phương pháp trích ly có hỗ trợ siêu âm và enzyme đã được ứng dụng rất rộng rãi do đây là phương pháp công nghệ chiết xuất xanh, an toàn và hiệu quả hơn so với các phương pháp khác.

Sấy phun là một trong những kỹ thuật sấy được ứng dụng phổ biến trong ngành công nghệ thực phẩm hiện nay. Sấy phun là một quá trình tương tác của nhiều thông số công nghệ, các yếu tố này ảnh hưởng đến chất lượng cuối cùng của sản phẩm [4]. Quá trình sấy phun có thể tạo ra chất lượng sản phẩm cuối cùng có hoạt độ nước thấp, giảm trọng lượng, thuận tiện cho quá trình lưu trữ và vận chuyển. Các tính chất hóa lý chủ yếu của sản phẩm cuối cùng phụ thuộc vào các yếu tố đầu vào như nhiệt độ đầu vào, tốc độ dòng khí, tốc độ dòng nhập liệu, tốc độ phun, loại chất mang và nồng độ của chúng. Sấy phun thường được lựa chọn vì nó có thể xử lý vật liệu rất nhanh đồng thời kiểm soát tương đối sự phân bố kích thước hạt [5]. Nghiên cứu này nhằm xác định điều kiện chiết xuất với hỗ trợ siêu âm và enzyme Pectinex Ultra SP-L để thu được hàm lượng catechin và phenolic tổng cao nhất và sấy phun tạo bột từ quả điều.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu và hóa chất

Quả điều (cashew apple) được thu hái từ tỉnh Bình Phước, Việt Nam. Các hóa chất phân tích bao gồm acid sulfuric (H_2SO_4), vanillin, Folin Ciocalteu, natri cacbonat, ethanol, acid gallic, acid sunfuric, catechin và methanol là các sản phẩm thương mại được sản xuất từ hãng Sigma. Pectinex Ultra SP-L (số CAS: 9032-75-1) được sử dụng trong nghiên cứu này được mua từ Novozymes, Đan Mạch. Điều kiện hoạt động tối thích của enzyme được báo cáo trong khoảng 40 °C - 60 °C [5].



Hình 1. Quả điều sau khi rửa sạch.

2.2. Chuẩn bị nguyên liệu

Sau khi thu hoạch, quả điều được sàng lọc để đảm bảo độ chín cũng như không sâu bệnh hay dập nát. Sau đó, nguyên liệu được rửa để loại bỏ bụi bẩn trên bề mặt. Quả điều được cắt thành miếng có kích thước khoảng 3 cm và sấy khô trong tủ sấy ở nhiệt độ 50 °C cho đến khi đạt độ ẩm 10%. Cuối cùng, quả điều khô được xay thành bột mịn, lọc qua rây 500 μ m và được cho vào túi zip, bảo quản trong bình hút ẩm ở nhiệt độ môi trường



Hình 2. Quả điều sau khi sấy khô



Hình 3. Bột quả điều sử dụng trong nghiên cứu

2.3. Trích ly dịch chiết từ bột quả điều với sự hỗ trợ của siêu âm và enzyme

2.3.1. Xác định tỷ lệ thích hợp giữa mẫu và dung môi

Cân khoảng 1 g bột quả điều cho vào ống nghiệm và trộn với nước. Tỷ lệ trộn mẫu-nước được sử dụng với các tỷ lệ khác nhau (1:10, 1:20, 1:30, 1:40 g/mL). Sau khi trộn, hỗn hợp được đưa vào siêu âm ở 50 °C trong 60 phút. Enzyme Pectinex 2% được thêm vào và ủ trong bể ổn nhiệt ở 50 °C trong 60 phút. Sau khi ủ, enzyme bị vô hoạt bằng cách đun nóng dung dịch ở 90 °C trong 5 phút. Sau đó, mẫu được ly tâm ở tốc độ 4000 vòng/phút trong 15 phút, thu được pha lỏng. Hàm lượng catechin tổng và hàm lượng phenolic tổng được xác định là cơ sở để ghi nhận tỷ lệ trộn giữa mẫu và dung môi là phù hợp nhất.

2.3.2. Xác định thời gian siêu âm thích hợp

Cân khoảng 1 g bột quả điều cho vào ống nghiệm và trộn với nước theo kết quả thu được tốt nhất ở mục 2.3.1. Hỗn hợp được đưa vào siêu âm ở 50 °C trong thời gian khác nhau (40, 50, 60, 70 phút). Nồng độ enzyme Pectinex 2% được thêm vào và ủ trong nước ở nhiệt độ tối thích của enzyme là 50 °C trong 60 phút. Sau khi ủ, vô hoạt enzyme bằng cách đun nóng dung dịch ở 90 °C trong 5 phút. Sau đó, mẫu được ly tâm ở tốc độ 4000 vòng/phút trong 15 phút, thu được pha lỏng. Hàm lượng catechin tổng và hàm lượng phenolic tổng được xác định là cơ sở để ghi nhận thời gian siêu âm là phù hợp nhất.

2.3.3. Xác định nồng độ enzyme thích hợp

Cân khoảng 1 g bột quả điều cho vào ống nghiệm và trộn với nước theo tỷ lệ thu được tốt nhất ở mục 2.3.1. Hỗn hợp được đưa vào siêu âm ở 50 °C với thời gian tốt nhất theo mục 2.3.2. Nồng độ enzyme Pectinex với nồng độ khác nhau (1, 2, 3, 4%) được thêm vào và ủ trong nước ở 50 °C trong 60 phút. Sau khi ủ, enzyme bị vô hoạt bằng cách đun nóng dung dịch ở nhiệt độ 90 °C trong 5 phút. Cuối cùng, mẫu được ly tâm ở tốc độ 4000 vòng/phút trong 15 phút, thu được pha lỏng. Hàm lượng catechin tổng và hàm lượng phenolic tổng được xác định là cơ sở để ghi nhận nồng độ enzyme bổ sung là phù hợp nhất.

2.3.4. Xác định thời gian ủ thích hợp

Cân khoảng 1 g bột điều cho vào ống ly tâm và trộn với nước theo tỷ lệ thu được tốt nhất ở mục 2.3.1. Hỗn hợp được đưa vào siêu âm ở 50 °C với thời gian tốt nhất theo mục 2.3.2. Nồng độ enzyme Pectinex được bổ sung theo kết quả thu được ở mục 2.3.3 và ủ trong nước ở 50 °C cho thời gian khác nhau (30, 60, 90, 120 phút). Sau khi ủ, enzyme bị vô hoạt bằng cách đun nóng dung dịch ở 90 °C trong 5 phút. Mẫu được ly tâm ở tốc độ 4000 vòng/phút trong 15 phút để thu thập pha lỏng. Hàm lượng catechin tổng và hàm lượng phenolic tổng được xác định là cơ sở để ghi nhận thời gian ủ là phù hợp nhất.

2.4. Sấy phun dịch chiết quả điều

Điều kiện sấy phun (SD06-Labplant, UK) bao gồm tốc độ dòng khí sấy: (56 ± 2) m³/giờ; áp suất khí nén: 0,06 MPa; tốc độ nạp liệu: 12-14 mL/phút và nhiệt độ đầu vào ở 130 °C. Maltodextrin và gelatin với tỷ lệ 5: 5 (w/w) được chọn làm chất mang và được thêm vào dịch chiết quả điều với nồng độ 5% (w/v). Hỗn hợp được đun nóng cho đến khi hòa tan và đồng hóa bằng máy đồng hóa tốc độ cao (IKA T25). Ngoài ra, quá trình lọc cũng được thực hiện để loại bỏ hoàn toàn cặn không hòa tan. Dung dịch sau đó được sấy khô, và tất cả các mẫu được lưu trữ và bảo quản trong túi zip chân không ở nhiệt độ -18 °C cho đến khi phân tích.

2.5. Phân tích hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học và độ hoà tan của bột

Hàm lượng catechin tổng (TCC) được xác định bằng phương pháp dựa vào phản ứng với vanillin [6]. Hàm lượng phenolic tổng (TPC) được xác định bằng phương pháp phản ứng với Folin-Ciocalteu [7]. Khả năng oxy hóa của dịch trích ly được đo bằng phương pháp thu dọn gốc tự do DPPH [8]. Độ hoà tan của bột được xác định bằng phương pháp của Eastman và Moore [9].

2.6. Phân tích thống kê

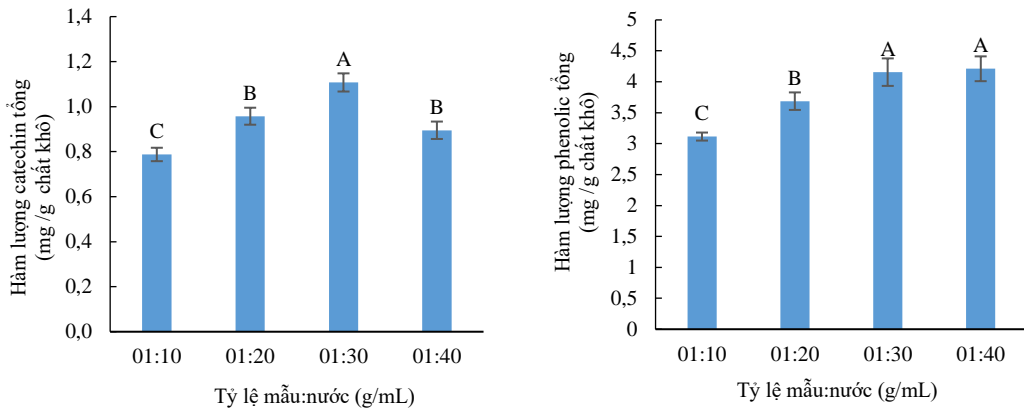
Việc phân tích các mẫu được thực hiện ba lần. Phân tích phương sai (ANOVA) và phép thử kiểm định Turkey với sự hỗ trợ của phần mềm SPSS đã được thực hiện để xác định bất kỳ sự khác biệt đáng kể nào ($p < 0,05$).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tỷ lệ thích hợp giữa mẫu bột quả điều và nước (tỷ lệ mẫu-nước) dùng để trích ly

Hình 4 cho biết hàm lượng catechin tổng (TCC) theo tỷ lệ mẫu-nước khác nhau từ 1:10 đến 1:40 (w/v). TCC tăng dần khi tỷ lệ mẫu: nước tăng từ tỷ lệ 1:10 ($0,79 \pm 0,03$ mg CE/g chất khô) và đạt giá trị cao nhất ở tỷ lệ 1:30 ($1,11 \pm 0,04$ mg CE/g chất khô), sau đó giảm nhẹ ở tỷ lệ 1:40 ($0,90 \pm 0,04$ mg CE/g chất khô). Kết quả này cho thấy TCC thu được ảnh hưởng đáng kể bằng cách tăng tỷ lệ mẫu-nước. Việc gia tăng dung môi sử dụng trong quá trình trích ly cũng đã được chứng minh là có tác dụng đáng kể đối với việc trích ly phenolic khi sự khác biệt về nồng độ giữa dung môi các chất hoà tan lớn sẽ tăng cường áp suất thẩm thấu, dẫn đến việc hoà tan của các hợp chất phenolic dễ dàng hơn [11]. Nghiên cứu trích ly catechin trước đây cũng cho thấy kết quả tích cực khi tăng dần tỷ lệ dung môi trên mẫu theo tỷ lệ thích hợp và ghi nhận kết quả tối ưu ở tỷ lệ 1:15 (w/v) đối với mẫu hạt *Syzygium cumini* [12]. Bên cạnh TCC, các chỉ số khác bao gồm TPC, acid gallic và khả năng chống oxy hóa cũng có những kết quả tích cực.

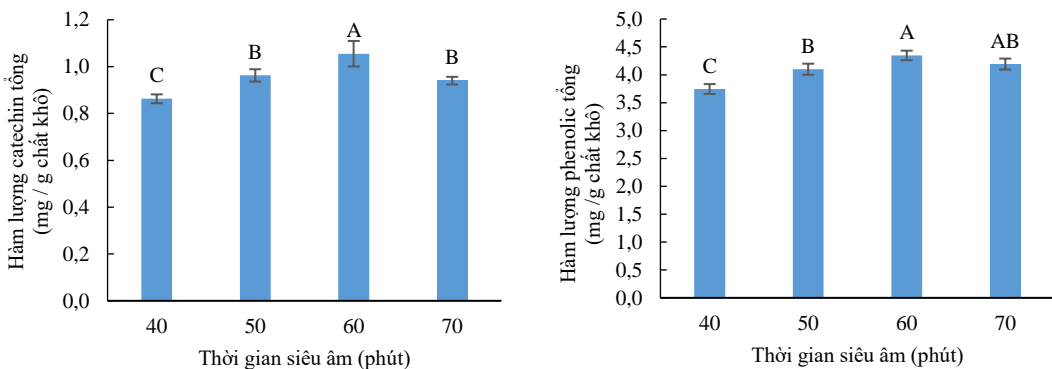
Hàm lượng phenolic tổng (TPC) của dịch chiết theo tỷ lệ mẫu-nước khác nhau từ 1:10 đến 1:40 (w/v) được thể hiện trong Hình 4. TPC tăng từ $3,11 \pm 0,06$ (mg GAE/g chất khô) tương ứng với tỷ lệ từ 1:10 (w/v) đến kết quả cao nhất ở tỷ lệ 1:40 ($4,21 \pm 0,20$ mg GAE/g chất khô). Kết quả TPC không có sự khác biệt đáng kể ($p > 0,05$) giữa tỷ lệ 1:40 và 1:30 ($4,16 \pm 0,22$ mg GAE/g chất khô). Tỷ lệ mẫu/dung môi tối ưu cũng được ghi nhận ở mức 1:30 (w/v) trong nghiên cứu trích ly hợp chất phenolic từ chokeberry [13], trong khi nghiên cứu trên lá ghi nhận đỉnh ở mức cao hơn 1:58 (w/v) trên *Lonicera japonica* [11]. Các nghiên cứu trên cũng đánh dấu rằng lượng dung môi được sử dụng quá mức gây ra hiệu suất giảm nhẹ do không đủ lực ngăn ngừa sự phá vỡ thành tế bào [11]. So với TCC giảm đáng kể ở tỷ lệ 1:40, TPC ở tỷ lệ 1:30 và 1:40 đều cho hiệu suất chiết không khác biệt có nghĩa. Tóm lại, tỷ lệ 1:30 được chọn làm tỷ lệ tối ưu cho trích ly phenolic cũng như catechin và được áp dụng cho bước tiếp theo của thí nghiệm.



* Các ký tự A, B, C trong cùng một hình thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức độ tin cậy $p \leq 0,05$
 Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ mẫu/nước đến hàm lượng TCC và TPC.

3.2. Thời gian siêu âm thích hợp dùng để trích ly

Hàm lượng catechin tổng (TCC) trích ly từ bột quả điều ở thời gian siêu âm khác nhau được thể hiện trong Hình 5. Giá trị TCC đo được tăng từ thời gian 40 phút ($0,86 \pm 0,02$ mg CE/g chất khô) và đạt đỉnh ở thời gian 60 phút ($1,06 \pm 0,05$ mg CE/g chất khô), sau đó giá trị TCC giảm xuống ở thời gian 70 phút ($0,98 \pm 0,04$ mg CE/g chất khô). Bằng cách tăng thời gian tiếp xúc của các chất hoà tan trong dung môi, sóng siêu âm đã giúp cải thiện khả năng khuếch tán của các hợp chất tự nhiên có trong bột quả điều ra môi trường bên ngoài, dẫn đến hàm lượng thu được của catechin, epicatechin và các hợp chất phenolic khác cao hơn [14]. Tuy nhiên, theo Zhu và các cộng sự [15], catechin và các hợp chất phenolic bị ảnh hưởng bởi thời gian siêu âm kéo dài do nhiệt độ của dịch chiết tăng cao. Khi kéo dài thời gian siêu âm, nhiệt độ dịch chiết tăng lên và không được kiểm soát sẽ ảnh hưởng đáng kể đến kết quả trích ly các hợp chất có trong dịch chiết.



* Các ký tự A, B, C trong cùng một hình thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức độ tin cậy $p \leq 0,05$
 Hình 5. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến TCC và TPC

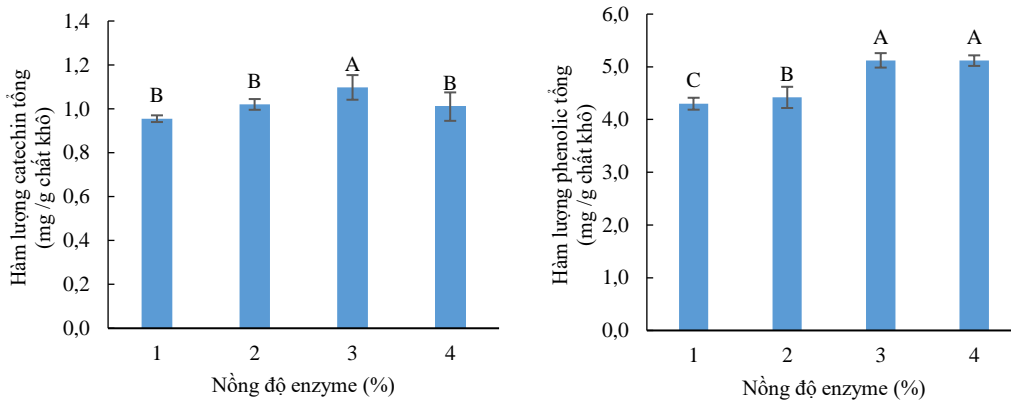
Hình 5 cho thấy sự thay đổi hàm lượng phenolic tổng (TPC) của dịch trích ly bột quả điều trong thời gian siêu âm khác nhau. Dưới ảnh hưởng của sóng siêu âm, TPC thu được tăng dần theo thời gian siêu âm với giá trị thấp nhất được ghi nhận ở thời gian 40 phút ($3,74 \pm 0,11$ mg GAE/g chất khô), và số liệu cao nhất được ghi nhận ở thời gian 60 phút ($4,34 \pm 0,05$ mg GAE/g chất khô). Tương tự như TCC, ảnh hưởng của thời gian siêu âm lên giá trị TPC là đáng kể trong nghiên cứu này. Kết quả tương tự cũng được phát hiện bởi Teh và cộng sự [16] khi công bố việc tăng thời gian sử dụng sóng siêu âm trong trích ly ở một mức độ nhất định sẽ làm tăng

hiệu quả trích ly của các hợp chất polyphenolic. Thời gian siêu âm tối ưu trong nghiên cứu này được ghi nhận ở mức 60 phút ($4,34 \pm 0,05$ mg GAE/g chất khô). Như vậy, thời gian siêu âm tối ưu để trích ly catechin và các phenolic trong bột quả điều là 60 phút.

3.3. Nồng độ enzyme thích hợp dùng để trích ly

Hàm lượng catechin tổng (TCC) của dịch trích ly từ bột quả điều với nồng độ enzyme sử dụng khác nhau, từ 1 đến 4 (% v/w) được thể hiện trong Hình 6. Giá trị TCC thấp nhất được ghi nhận khi sử dụng enzyme ở nồng độ 1% ($0,96 \pm 0,02$ mg CE/g chất khô) và tăng nhẹ cho đến khi đạt giá trị cao nhất ở nồng độ enzyme 3% ($1,10 \pm 0,06$ mg CE/g chất khô), sau đó bắt đầu giảm nhẹ ở nồng độ 4% ($1,01 \pm 0,06$ mg CE/g chất khô). Kết quả cho thấy việc tăng nồng độ enzyme được sử dụng trong trích ly sẽ giúp giải phóng TCC ở một mức độ nhất định. Dưới tác động của pectinase, cấu trúc thành tế bào thực vật sẽ bị phá vỡ, cho phép các chất nội bào đi ra ngoài. Với nồng độ enzyme cao hơn, nhiều trung tâm hoạt động hơn sẽ xúc tác cho quá trình thủy phân nhanh hơn. Tuy nhiên, Rajbhar và cộng sự [17] đã tìm thấy rằng catechin có tính chất kìm hãm làm giảm hoạt tính của enzyme. Do đó có thể thấy rằng khi tăng nồng độ enzyme lên 4% nhưng hàm lượng catechin tổng thu được không có sự khác biệt so với khi sử dụng nồng độ enzyme 2%.

Hình 6 biểu diễn kết quả hàm lượng phenolic tổng (TPC) trong dịch chiết bột quả điều ở các nồng độ enzyme khác nhau, từ 1% đến 4% (v/w). TPC tăng nhẹ tương ứng với sự gia tăng nồng độ enzyme của thí nghiệm. Giá trị TPC thấp nhất được ghi nhận là ở nồng độ enzyme 1% ($4,30 \pm 0,09$ mg GAE/g chất khô), trong khi giá trị cao nhất được ghi nhận ở nồng độ enzyme 3% ($5,12 \pm 0,09$ mg GAE/g chất khô). Khi tăng nồng độ enzyme lên 4% thì hàm lượng TPC thu được không có sự khác biệt có nghĩa so với khi sử dụng nồng độ enzyme 3%. Rõ ràng, tác động tích cực của nồng độ enzyme đối với hiệu quả trích ly TPC là đáng kể trong nghiên cứu này. Các nghiên cứu trước đây [18, 19] đều chứng minh xu hướng tương tự với sự gia tăng nồng độ enzyme đã nâng cao hiệu quả trích ly lên điểm cao nhất ở mức bão hòa enzyme, sau đó sự thay đổi là không đáng kể khi tiếp tục tăng nồng độ enzyme cao hơn. Như vậy, nồng độ enzyme tối ưu dùng để trích ly trong nghiên cứu này được ghi nhận ở mức 3%.



* Các ký tự A, B, C trong cùng một hình thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức độ tin cậy $p \leq 0,05$

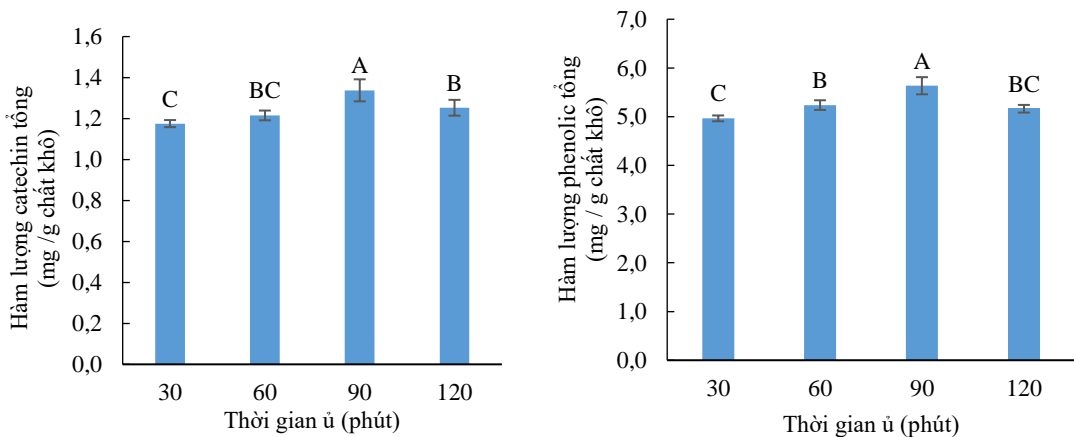
Hình 6. Ảnh hưởng của nồng độ enzyme đến hàm lượng TCC và TPC.

3.4. Thời gian ủ enzyme thích hợp dùng để trích ly

Hình 7 biểu diễn kết quả hàm lượng catechin tổng (TCC) theo thời gian ủ enzyme khác nhau, từ 30 phút đến 120 phút. TCC tăng dần khi thời gian ủ tăng từ 30 phút ($1,17 \pm 0,02$ mg CE/g chất khô) và đạt giá trị cao nhất ở thời gian ủ là 90 phút ($1,34 \pm 0,05$ mg CE/g chất khô), sau đó giảm nhẹ ở 120 phút ($1,25 \pm 0,02$ mg CE/g chất khô). Kết quả này cho thấy ảnh hưởng đáng kể của việc tăng thời gian ủ lên TCC thu được. Stambuk và cộng sự [20] cũng cho thấy thời gian ủ

ở mức 2,5 - 3,0 giờ có ảnh hưởng tích cực lên hàm lượng flavan-3-ols thu được từ dịch trích ly hạt nho. Tuy nhiên, thời gian ủ kéo dài ở nhiệt độ cao (50 °C) cũng được chứng minh là gây ra ảnh hưởng không tốt cho việc trích ly khi các hợp chất sinh học dễ bị phá huỷ [21].

Hình 7 biểu diễn sự thay đổi hàm lượng phenolic tổng (TPC) trong dịch trích ly bột quả điều ở thời gian ủ enzyme khác nhau. Dưới ảnh hưởng của hoạt động của enzyme, TPC tăng dần theo thời gian ủ. Giá trị TPC thấp nhất được ghi nhận ở thời gian ủ là 30 phút ($4,97 \pm 0,06$ mg GAE/g chất khô) và đạt giá trị cực đại ở thời gian ủ 90 phút ($5,64 \pm 0,18$ mg GAE/g chất khô), sau đó giảm nhẹ ở thời gian ủ 120 phút ($5,16 \pm 0,08$ mg GAE/g chất khô). Việc tăng thời gian ủ rõ ràng làm tăng hiệu quả trích ly các hợp chất phenolic trong thí nghiệm này. Sự gia tăng quá mức thời gian ủ là không cần thiết vì sẽ gây ra những tác động tiêu cực đến độ tinh khiết của các hợp chất phenolic bằng cách tạo ra hàm lượng gốc hydroxyl cao cũng như giải phóng protein không hòa tan [22]. So với TCC, TPC thu được từ dịch chiết bột quả điều có xu hướng tương đương. Như vậy, kết quả thí nghiệm cho thấy thời gian ủ enzyme thích hợp để trích ly dịch chiết bột quả điều là 90 phút.



* Các ký tự A, B, C trong cùng một hình thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê ở mức độ tin cậy $p \leq 0,05$
 Hình 7. Ảnh hưởng của thời gian ủ enzyme đến hàm lượng TCC và TPC.

3.5. Chất lượng và đặc tính chức năng của bột sấy phun

Sau khi các điều kiện thích hợp để trích ly các hợp chất có hoạt tính sinh học từ bột quả điều được xác định, dịch chiết được dùng để sản xuất bột bằng kỹ thuật sấy phun sử dụng chất mang maltodextrin và gelatin. Bảng 1 cho thấy các tính chất vật lý và hóa lý của bột sấy phun. Các thuộc tính vật lý của bột thu được tương tự như các nghiên cứu trước đây sử dụng chất mang là maltodextrin hoặc gelatin [23], độ ẩm thấp ($4,07 \pm 0,06$)% của bột sấy phun có thể đảm bảo chất lượng của sản phẩm trong quá trình bảo quản. Hàm lượng phenolic của sản phẩm bột sấy phun này nằm trong phạm vi có thể so sánh với các loại bột sấy phun khác như từ chiết xuất búp giấm ($0,79$ mg GAE/g chất khô) [24]. Bột thành phẩm có chứa hàm lượng catechin tổng là ($0,76 \pm 0,03$) mg CE/g chất khô và có khả năng khử gốc DPPH tốt ($41,1 \pm 0,2$)%.

Bảng 1. Tính chất vật lý và hoá lý của bột sấy phun

Độ ẩm (%)	Độ hoà tan (%)	Hàm lượng phenolic tổng (mg GAE/g chất khô)	Hàm lượng catechin tổng (mg CE/g chất khô)	Khả năng khử gốc DPPH (%)
$4,07 \pm 0,06$	$41,1 \pm 1,8$	$1,55 \pm 0,05$	$0,76 \pm 0,03$	$41,1 \pm 0,2$

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, sự kết hợp siêu âm và enzyme đã được thực hiện để trích ly dịch chiết từ bột quả điều có chứa hàm lượng catechin tổng và hàm lượng phenolic tổng cao. Điều kiện thích hợp của quá trình trích ly được xác định là (1) quá trình siêu âm: tỷ lệ mẫu-nước là 1:30 (w/v), ở nhiệt độ 50 °C trong 60 phút. Quá trình trích ly bằng enzyme (2): nồng độ enzyme 3% (v/w), thời gian ủ enzyme là 90 phút ở 50 °C. Hơn nữa, bột thành phẩm chứa dịch chiết bột quả điều đã được sản xuất thành công bằng cách sử dụng kỹ thuật sấy phun. Bột sấy phun thành phẩm có chứa một lượng đáng kể các hợp chất hoạt tính sinh học với TPC là $(1,55 \pm 0,05)$ mg GAE/g bột khô, TCC là $(0,76 \pm 0,03)$ mg CE/g bột khô và khả năng khử gốc DPPH là $(41,1 \pm 0,2)\%$. Trong tương lai, các nghiên cứu về tối ưu hoá các thông số trong quá trình sấy phun cũng như đóng gói và bảo quản cần được thực hiện để đánh giá đầy đủ hiệu suất của quá trình sản xuất bột sấy phun từ chiết xuất quả điều.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Quỹ Phát triển Khoa học và Công nghệ Quốc gia Việt Nam (NAFOSTED) cho đề tài mã số 10/2020/TN.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Assunção, R. B., & Mercadante, A. Z. - Carotenoids and ascorbic acid from cashew apple (*Anacardium occidentale* L.): variety and geographic effects. *Food Chemistry* **81** (4) (2003) 495-502. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00477-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00477-6)
2. Nair, K. P. - Tree crops: Harvesting cash from the world's important cash crops: Springer Nature, 2021. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-030-62140-7>
3. Marc, A., Ange, K. D., Achille, T. F., & Georges, A. - Phenolic profile of cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.) from Yamoussoukro and Korhogo (Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences* **49** (2012) 3331-3338.
4. Murugesan, Ramesh, and Valérie Orsat - Spray drying for the production of nutraceutical ingredients - A Review. *Food and Bioprocess Technology* **5** (1) (2012) 3-14. <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0638-z>.
5. Obón, J. M., M. R. Castellar, M. Alacid, and J. A. Fernández-López. - Production of a red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems. *Journal of Food Engineering* **90** (4) (2009) 471-79. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.07.013>.
6. Sharma, N., Rathore, M., & Sharma, M. - Microbial pectinase: Sources, characterization and applications. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* **12** (1) (2013) 45-60. <http://dx.doi.org/10.1007/s11157-012-9276-9>
7. Price, M. L., & Butler, L. G. - Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **25** (6) (1977) 1268-1273. <https://doi.org/10.1021/jf60214a034>
8. Swain, T., & Hillis, W. E. - The phenolic constituents of *Prunus domestica*. I. - The quantitative analysis of phenolic constituents. *Journal of the Science of Food and Agriculture* **10** (1) (1959) 63-68. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740100110>
9. Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. - The Chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53** (6) (2005) 1841-1856. <https://doi.org/10.1021/jf030723c>
10. Eastman, J. E., Moore, C. O. - Cold water-soluble granular starch for gelled food composition. U.S. Patent 4465702, 1984.

11. Fan Z., Li L., Bai X., Zhang H., Liu Q., Zhang H., Fu Y., Moyo, R. - Extraction optimization, antioxidant activity, and tyrosinase inhibitory capacity of polyphenols from *Lonicera japonica*. *Food Science and Nutrition* **7** (5) 1786-1794. <https://doi.org/10.1002%2Ffsn3.1021>
12. Mahindrakar, K. V., & Rathod, V. K. - Ultrasonic assisted aqueous extraction of catechin and gallic acid from *Syzygium cumini* seed kernel and evaluation of total phenolic, flavonoid contents and antioxidant activity. *Chemical Engineering Processing-Process Intensification* **149** (2020) 107841. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.107841>
13. Ćujić, N., Šavikin, K., Janković, T., Pljevljakušić, D., Zdunić, G., & Ibrić, S. - Optimization of polyphenols extraction from dried chokeberry using maceration as traditional technique. *Food Chemistry* **194** (2016) 135-142. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.08.008>
14. Jabbar S., Abid M., Wu T., Hashim M. M., Saeeduddin M., Hu B., Lei S., Zeng X. - Ultrasound-assisted extraction of bioactive compounds and antioxidants from carrot pomace: A response surface approach. *Journal of Food Processing Preservation* **39** (6) (2015) 1878-1888. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12425>
15. Zhu, Y., Sun, J., Xu, D., Wang, S., Yuan, Y., & Cao, Y. - Investigation of (+)-catechin stability under ultrasonic treatment and its degradation kinetic modeling. *Journal of Food Process Engineering* **41** (8) (2018) e12904. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12904>
16. Teh, S.-S., & Birch, E. J. - Effect of ultrasonic treatment on the polyphenol content and antioxidant capacity of extract from defatted hemp, flax and canola seed cakes. *Ultrasonics Sonochemistry* **21** (1) (2014) 346-353. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.08.002>
17. Rajbhar, K., Dawda, H., & Mukundan, U. - A comprehensive evaluation of pectinase, pectinmethylesterase and pectolyase activity. *Current Botany* **12** (2021) 161-165. <https://doi.org/10.25081/cb.2021.v12.6579>
18. Park, M.-K., & Kim, C.-H. - Extraction of polyphenols from apple peel using cellulase and pectinase and estimation of antioxidant activity. *Journal of the Korean Society of Food Science Nutrition* **38** (5) (2009) 535-540. <https://doi.org/10.3746/jkfn.2009.38.5.535>
19. Van Hung, P., Yen Nhi, N. H., Ting, L. Y., & Lan Phi, N. T. - Chemical composition and biological activities of extracts from pomelo peel by-products under enzyme and ultrasound-assisted extractions. *Journal of Chemistry* **2020**, 1043251. <https://doi.org/10.1155/2020/1043251>
20. Štambuk P., Tomašković D., Tomaz I., Maslov L., Stupić D., & Kontić J. K. - Application of pectinases for recovery of grape seeds phenolics. *3 Biotech* **6** (2) (2016) 1-12. <https://doi.org/10.1007/s13205-016-0537-0>
21. Ferri M., Bin S., Vallini V., Fava F., Michelini E., Roda A., Minnucci G., Bucchi G., Tassoni A. - Recovery of polyphenols from red grape pomace and assessment of their antioxidant and anti-cholesterol activities. *New biotechnology* **33** (3) (2016) 338-344. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2015.12.004>
22. Pasrija D., & Anandharamakrishnan C. - Techniques for extraction of green tea polyphenols: A review. *Food Bioprocess Technology* **8** (5) (2015) 935-950. <https://doi.org/10.1007/s11947-015-1479-y>
23. Akhavan Mahdavi, S., Jafari, S. M., Assadpoor, E., & Dehnad, D. - Microencapsulation optimization of natural anthocyanins with maltodextrin, gum Arabic and gelatin. *International Journal of Biological Macromolecules* **85** (2016) 379-385. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.01.011>
24. Díaz-Bandera, D., Villanueva-Carvajal, A., Dublán-García, O., Quintero-Salazar, B., & Dominguez-Lopez, A. - Assessing release kinetics and dissolution of spray-dried Roselle

(*Hibiscus sabdariffa* L.) extract encapsulated with different carrier agents. LWT - Food Science and Technology **64** (2) (2015) 693-698.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.06.047>

ABSTRACT

EXTRACTION OF BIOACTIVE COMPOUNDS FROM CASHEW (*Anacardium occidentale* L.) APPLES AND PRODUCTION OF INSTANT POWDERS USING SPRAY DRYING TECHNIQUE

Chau Minh Thuan¹, Dang Tong Trong Nghia¹, Hoang Van Thanh², Pham Van Hung^{1,3*}

¹*International University, Vietnam National University in Ho Chi Minh City*

²*Center for Experimental Practice, Ho Chi Minh City University of Industry and Trade*

³*Laboratory for Interdisciplinary Research and Analysis in Chemistry, Food and Environment*

*E-mail: pvhung@hcmiu.edu.vn

Cashew apples contain many underutilized phenolic compounds and antioxidants, which are by-products of the cashew nut processing industry. The objective of this study was to determine the appropriate extraction condition to obtain the highest total catechin content (TCC) and total phenolic content (TPC) of the extracts using ultrasound- and enzyme-assisted extraction methods, and to produce instant powder from the extract operating spray drying technique. The results showed that the appropriate extraction conditions were a sample-water ratio of 1:30 (w/v), ultrasonic extraction time of 60 min, enzyme concentration of 3% (v/w), and incubation time of 90 min. Under appropriate conditions, the TCC, and TPC of the extract were 1.06 ± 0.05 mg CE/g sample (db) and 5.64 ± 0.18 mg GAE/g sample (db). The cashew apple instant powder had a solubility of $41.1 \pm 1.8\%$, TPC of (1.55 ± 0.05) mg GAE/g powder (db), total catechin content of 0.76 ± 0.03 mg CE/g powder (db), and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) scavenging capacity of $41.1 \pm 0.2\%$. As a result, instant powder could be used as a functional food because of its high health benefits.

Keywords: Cashew apple, Spray drying method, Total catechin content, Total phenolic content, DPPH scavenging capacity.