

Tối ưu hóa các thông số kỹ thuật trích ly saponin từ củ đẳng sâm (*Codonopsis javanica* (Blume) Hook. F) trồng tại huyện Tây Giang, tỉnh Quảng Nam bằng phương pháp sử dụng sóng siêu âm

Trần Hà^{1*}, Mã Thị Bích Thảo¹, Nguyễn Phương¹, Nguyễn Thị Hồng¹, Bùi Bích Thùy¹,
Phùng Phương Anh¹, Trịnh Phan Mạnh¹, Hoàng Văn Tuấn², Nguyễn Thanh Hảo³

¹Trung tâm Ươm tạo công nghệ và Doanh nghiệp Khoa học Công nghệ, Viện Ứng dụng Công nghệ, 25 Lê Thánh Tông, phường Cửa Nam, Hà Nội, Việt Nam

²Trường Đại học Phenikaa, Nguyễn Trác, phường Dương Nội, Hà Nội, Việt Nam

³Học viện Nông nghiệp Việt Nam, đường Ngô Xuân Quảng, xã Gia Lâm, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 15/7/2024; ngày chuyển phản biện 17/7/2024; ngày nhận phản biện 3/8/2024; ngày chấp nhận đăng 8/8/2024

Tóm tắt:

Đẳng sâm *Codonopsis javanica* (Blume) Hook. F. thuộc họ Hoa chuông *Campanulaceae*, được trồng nhiều ở huyện Tây Giang, tỉnh Quảng Nam (trước khi sáp nhập địa giới hành chính). Trong nghiên cứu này, các tác giả sử dụng sóng siêu âm để tiến hành quá trình trích ly saponin tổng từ củ đẳng sâm Tây Giang - Quảng Nam. Bằng phương pháp thực nghiệm đơn yếu tố đã xác định các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình trích ly: Công suất siêu âm thích hợp là 250-350 W, thời gian siêu âm thích hợp là 10-20 phút, thời gian trích ly sau siêu âm thích hợp là 10-20 phút. Từ đó, xây dựng được ma trận thực nghiệm tối ưu hoá theo phương án cấu trúc có tâm (CCD) và tối ưu hóa các thông số kỹ thuật thích hợp cho trích ly saponin tổng từ củ đẳng sâm Tây Giang bằng phương pháp sử dụng sóng siêu âm. Kết quả cho thấy, tại điều kiện tối ưu (công suất siêu âm 281±1 W, thời gian siêu âm 16±0,5 phút, thời gian trích ly sau siêu âm 17±0,5 phút), hàm lượng saponin tổng đạt được 2,5806 g/100 g. Quá trình trích ly saponin tổng từ củ đẳng sâm sử dụng sóng siêu âm giúp giảm thời gian và tăng hiệu suất trích ly. Kết quả này rất hữu ích để xác định công nghệ sản xuất cao chiết đẳng sâm Tây Giang quy mô công nghiệp, phục vụ cho phát triển sản phẩm dược liệu có giá trị cao tại địa phương.

Từ khóa: đẳng sâm Tây Giang, kỹ thuật trích ly, saponin tổng số, sóng siêu âm, tối ưu hóa.

Chỉ số phân loại: 2.8, 3.5

Optimising the technical parameters of saponin extraction from *Codonopsis javanica* (Blume) Hook. F, grown in Tay Giang district, Quang Nam province using the ultrasound-assisted extraction

Ha Tran^{1*}, Thi Bich Thao Ma¹, Phuong Nguyen¹, Thi Hong Nguyen¹, Bich Thuy Bui¹,
Phuong Anh Phung¹, Phan Manh Trinh¹, Van Tuan Hoang², Thanh Hao Nguyen³

¹Nacentech Technology and Business Incubator Center, National Center for Technological Progress, 25 Le Thanh Tong Street, Cua Nam Ward, Hanoi, Vietnam

²Phenikaa University, Nguyen Trac Street, Duong Noi Ward, Hanoi, Vietnam

³Vietnam National University of Agriculture, Ngo Xuan Quang Street, Gia Lam Commune, Hanoi, Vietnam

Received 15 July 2024; revised 3 August 2024; accepted 8 August 2024

Abstract:

Codonopsis javanica (Blume) Hook. F. belongs to the *Campanulaceae* family, widely grown in Tay Giang district, Quang Nam province, Vietnam. In this study, we used ultrasound-assisted extraction to conduct the process of extracting total saponin from *Codonopsis javanica* in Tay Giang - Quang Nam. Using the single-factor experimental method, the factors affecting the extraction process were determined: ultrasound power of 250 to 350 W, ultrasound time of 10 minutes to 20 minutes, and extraction time after ultrasound of 10 minutes to 20 minutes. From there, we built an optimised experimental matrix according to Central composite design (CCD) and optimised the appropriate technical parameters for extracting total saponin using ultrasound-assisted extraction from *Codonopsis javanica* in Tay Giang. The results show that at optimal conditions (ultrasonic power 281±1 W; ultrasound time 16±0.5 minutes; extraction time after ultrasound 17±0.5 minutes), total saponin content achieved at 2.5806 g/100g. The process of extracting total saponins from *Codonopsis javanica* using ultrasound-assisted extraction helps reduce time and increase extraction efficiency. The results are very useful to determine the technology for producing *Codonopsis javanica* extract in Tay Giang, on an industrial scale, serving the development of high-value medicinal products locally.

Keywords: extraction technique, optimisation, Tay Giang *Codonopsis javanica*, total saponin, ultrasound.

Classification numbers: 2.8, 3.5

*Tác giả liên hệ: Email: tranha.khcn@gmail.com

1. Đặt vấn đề

Đẳng sâm, với danh pháp khoa học *Codonopsis javanica* (Blume) Hook. F., là một thành viên của họ hoa chuông *Campanulaceae*, có vùng phân bố tự nhiên trải rộng tại nhiều quốc gia châu Á như Trung Quốc, Nhật Bản, Lào, Thái Lan, Indonesia, Myanmar, Ấn Độ và Việt Nam [1, 2]. Các phân tích hóa học cho thấy, phần rễ củ của loài này chứa đa dạng hợp chất hoạt tính sinh học, bao gồm polyacetylen, terpenoid, alkaloid, glycoside, flavonoid, saponin và polysaccharide, trong đó nhiều thành phần thể hiện tiềm năng dược lý quan trọng [3]. Nhờ đặc tính đó, đẳng sâm đã được ứng dụng phổ biến trong y học cổ truyền với tên gọi quen thuộc là “nhân sâm của người nghèo”. Dược liệu này được ghi nhận có tác dụng nâng cao thể trạng, giảm tình trạng mệt mỏi, hỗ trợ chống oxy hóa, làm chậm quá trình lão hóa, tăng cường hệ miễn dịch và góp phần dự phòng một số bệnh lý mạn tính, bao gồm cả ung thư [4, 5].

Trong những năm gần đây, nhu cầu sử dụng thực phẩm chức năng và các hợp chất tự nhiên ngày càng gia tăng. Trong bối cảnh đó, saponin từ rễ củ đẳng sâm được xem là nguồn dược chất tiềm năng, có ý nghĩa trong phát triển chế phẩm cao chiết phục vụ ngành dược phẩm và thực phẩm chức năng. Hiệu quả chiết tách saponin phụ thuộc đáng kể vào công nghệ và kỹ thuật áp dụng, trong đó các phương pháp hiện đại như chiết xuất siêu tới hạn, chiết xuất bằng vi sóng và chiết xuất hỗ trợ sóng siêu âm đã cho thấy nhiều ưu điểm vượt trội về hiệu suất và chất lượng so với kỹ thuật truyền thống [6, 7].

Mục đích của nghiên cứu này là tối ưu hóa các thông số cho trích ly saponin tổng từ củ đẳng sâm Tây Giang, Quảng Nam bằng phương pháp sử dụng sóng siêu âm, nhằm rút ngắn thời gian trích ly, nâng cao hiệu suất thu hồi dịch chiết và đặc biệt giảm biến đổi của các hợp chất chức năng trong dịch chiết. Do vậy, hàm mục tiêu đề ra là hàm lượng saponin tổng thu được lớn nhất.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng

Đối tượng nghiên cứu là củ đẳng sâm (*Codonopsis javanica* (Blume) Hook. F) được lấy tại xã Gari, huyện Tây Giang, tỉnh Quảng Nam, thu hoạch tháng 11-12/2023 (hình 1). Củ đẳng sâm được lấy ngẫu nhiên, sau đó rửa sạch loại bỏ các củ dập, bị hỏng. Củ được thái lát 1,5-2 mm sử dụng cho trích ly. Nghiên cứu này nhằm mục tiêu xác định thông số tối ưu trong quá trình thu nhận saponin từ củ đẳng sâm trên hệ thống chiết xuất cô đặc chân không CS-ĐCK200 (hình 2). Hệ thống chiết xuất cô đặc chân không CS-ĐCK200 dạng pilot dung tích 200 lít do Việt Nam chế tạo (50 kg đẳng sâm/lần thí nghiệm). Hệ thống gồm 1 cụm cơ



Hình 1. Cây và củ đẳng sâm trồng ở xã Gari, huyện Tây Giang, Quảng Nam (trước sập nhập). Nguồn: Nhóm tác giả.



Hình 2. Hệ thống chiết xuất cô đặc chân không CS-ĐCK200. (1) Tủ điều khiển; (2) Bồn chứa; (3) Đồng hồ áp suất âm; (4) Bình ngưng tụ; (5) Cánh khuấy; (6) Hồi lưu; (7) Nồi trích ly; (8) Kính thăm dầu; (9) Bơm chân không; (10) Siêu âm; (11) Nồi cô đặc. Nguồn: Nhóm tác giả.

đặc chân không và 1 cụm chiết xuất sử dụng siêu âm. Công suất siêu âm lớn nhất 400 W (khoảng điều chỉnh 200, 250, 300, 350 và 400 W), tần số 20 KHz. Dung môi trích ly: ethanol 60% (v/v).

Nguyên lý hoạt động của bộ phận chiết xuất sử dụng siêu âm: Trong quá trình vận hành, nguyên liệu (lát đẳng sâm) được trộn với dung môi ethanol 60% (v/v) theo tỷ lệ nguyên liệu/dung môi là 1/2 và đưa vào thiết bị chiết. Hệ thống được cài đặt nhiệt độ chiết xuất ở 60°C, đồng thời điều chỉnh công suất và thời gian siêu âm theo điều kiện thí nghiệm. Quá trình chiết được thực hiện trong môi trường chân không nhằm tăng cường khả năng thẩm thấu của dung môi và hạn chế thất thoát hợp chất. Sóng siêu âm kết hợp với dòng tuần hoàn dung môi giúp phá vỡ cấu trúc tế bào, gia tăng diện tích tiếp xúc, từ đó nâng cao hiệu quả thu hồi các hoạt chất trong đẳng sâm. Dịch chiết thu được chứa saponin cùng nhiều thành phần hòa tan khác.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Xác định hàm lượng saponin tổng: Hàm lượng saponin tổng được định lượng theo phương pháp của M. Hadidi và cs (2020) [8] với một số điều chỉnh phù hợp. Cụ thể, 0,5 ml dịch chiết được cho vào bình định mức, thêm vào lần lượt 0,2 ml dung dịch vanillin-axit acetic (5%) và 1,2 ml HClO₄, hỗn hợp được xử lý trong bể điều nhiệt ở 70°C trong 30 phút. Sau khi làm lạnh nhanh trong 2 phút, bổ sung ethyl acetate đến vạch 5 ml, dung dịch được đo mật độ quang tại bước sóng 550 nm. Kết quả được biểu thị dưới dạng gam acid oleanolic trên 100 gam chất khô nguyên liệu.

Phương pháp thực nghiệm đơn yếu tố: Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình chiết tách được khảo sát trong bảng 1. Qua đó, nhận diện được điểm tối ưu (trung tâm) và phạm vi dao động (giới hạn trên và dưới) của các thông số ảnh hưởng đến quá trình trích ly.

Bảng 1. Các thông số được khảo sát theo phương pháp luân phiên từng biến.

Yếu tố ảnh hưởng	Miền biến thiên
A: Công suất siêu âm (W)	200, 250, 300, 350, 400
B: Thời gian siêu âm (phút)	5, 10, 15, 20, 25
C: Thời gian trích ly sau siêu âm (phút)	5, 10, 15, 20, 25

Phương pháp quy hoạch thực nghiệm: Xây dựng ma trận thực nghiệm theo Central Composite Design (CCD).

Phương pháp xử lý số liệu: Quá trình tối ưu hóa bằng phương pháp bề mặt đáp ứng và được xử lý bằng phần mềm Modde 5.0 (Sartorius Stedim Biotech).

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của công suất siêu âm tới quá trình trích ly saponin

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hàm lượng saponin tổng thu được (cố định: thời gian siêu âm là 15 phút và thời gian trích ly sau siêu âm 15 phút) được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của công suất siêu âm đến hàm lượng saponin tổng.

Mẫu A	Công suất siêu âm (W)	Hàm lượng saponin tổng (g/100 g)			A	δ
		Lần 1	Lần 2	Lần 3		
A1	200	2,267	2,23	2,061	2,186	0,109822584
A2	250	2,089	2,286	2,798	2,391	0,365976775
A3	300	2,595	2,409	2,772	2,592	0,181518594
A4	350	2,036	2,09	2,675	2,267	0,354368452
A5	400	2,322	2,407	1,943	2,224	0,247036435

Kết quả bảng 2 cho thấy, công suất siêu âm ảnh hưởng đến hiệu quả trích ly saponin tổng từ củ đẳng sâm.

Khi tăng công suất siêu âm từ 200 lên 300 W, hàm lượng saponin tổng tăng từ 2,186 lên 2,592 g/100 g (tăng 0,406 g/100 g). Sự gia tăng này được lý giải bởi tác động cơ học của sóng siêu âm, giúp mở rộng diện tích tiếp xúc giữa dung môi và nguyên liệu, tạo điều kiện cho các hợp chất dễ hòa tan, trong đó có saponin, khuếch tán vào dung môi [11]. Song, khi nâng công suất lên 350 và 400 W, hàm lượng saponin lại giảm còn 2,267 và 2,224 g/100 g, có thể do sự gia tăng nhiệt độ dung môi gây biến đổi hoặc phân hủy saponin. Miền tuyến tính công suất siêu âm cho trích ly saponin là 250 đến 350 W, điểm trung tâm 300 W.

3.2. Ảnh hưởng của thời gian siêu âm tới quá trình trích ly saponin

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến hàm lượng saponin tổng thu được (cố định: công suất siêu âm 300 W và thời gian trích ly sau siêu âm 15 phút) được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến hàm lượng saponin tổng.

Mẫu B	Thời gian siêu âm (phút)	Hàm lượng saponin tổng (g/100 g)			B	δ
		Lần 1	Lần 2	Lần 3		
B1	5	1,765	2,223	1,967	1,985	0,229529954
B2	10	1,702	2,243	2,904	2,283	0,601997508
B3	15	2,392	2,586	2,708	2,562	0,159361225
B4	20	2,561	2,151	2,776	2,496	0,317529526
B5	25	2,897	2,331	2,008	2,412	0,450001111

Kết quả bảng 3 cho thấy, thời gian siêu âm ảnh hưởng đến hiệu quả chiết xuất saponin tổng từ củ đẳng sâm.

Dữ liệu nghiên cứu trên chỉ ra rằng, hàm lượng saponin tổng tăng theo thời gian siêu âm và đạt giá trị cực đại 2,562 g/100 g tại 15 phút xử lý. Trong khoảng từ 5 đến 15 phút, hàm lượng saponin tăng nhanh (tăng 0,577 g/100 g), chủ yếu do quá trình phá vỡ cấu trúc tế bào, tạo thuận lợi cho các hợp chất, trong đó có saponin, khuếch tán ra ngoài. Tuy nhiên, khi kéo dài thời gian siêu âm lên 20 và 25 phút, hàm lượng saponin có xu hướng giảm, lần lượt giảm 0,066 g/100 g và 0,150 g/100 g so với giá trị tại 15 phút. Mặc dù sự suy giảm này không lớn, nhưng cho thấy tác động kéo dài của sóng siêu âm có thể gây biến đổi hoặc phân hủy một phần saponin, dẫn đến giảm hiệu suất chiết tách [11].

Miền tuyến tính thời gian siêu âm cho trích ly saponin là 10 đến 20 phút, điểm trung tâm 15 phút.

3.3. Ảnh hưởng của thời gian trích ly sau siêu âm tới quá trình trích ly saponin

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian trích ly sau siêu âm đến hàm lượng saponin tổng thu được (cố định công suất siêu âm 300 W và thời gian siêu âm 15 phút) được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian trích ly đến hàm lượng saponin tổng.

Mẫu C	Thời gian trích ly sau siêu âm (phút)	Hàm lượng saponin tổng (g/100 g)			\bar{C}	δ
		Lần 1	Lần 2	Lần 3		
C1	5	2,451	2,223	2,049	2,241	0,201603571
C2	10	2,369	2,069	2,429	2,289	0,192873015
C3	15	2,599	2,294	2,871	2,588	0,288657236
C4	20	2,499	2,288	2,701	2,496	0,206516343
C5	25	2,895	2,366	2,068	2,443	0,418842452

Kết quả bảng 4 cho thấy, thời gian trích ly ảnh hưởng đến hiệu quả trích ly saponin tổng từ củ đấng sấm.

Khi thời gian trích ly tăng từ 5 đến 15 phút, hàm lượng saponin tổng tăng từ 2,241 lên 2,588 g/100 g (tăng 0,347 g/100 g). Tuy nhiên, khi kéo dài thời gian trích ly lên 20 và 25 phút, hàm lượng saponin thu được giảm nhẹ, lần lượt 0,092 và 0,145 g/100 g so với giá trị cực đại tại 15 phút. Sự suy giảm này có thể do quá trình chiết đạt trạng thái cân bằng, đồng thời thời gian xử lý kéo dài dẫn đến biến đổi cấu trúc của saponin, làm giảm hiệu suất thu hồi [11].

Miền tuyến tính thời gian sau siêu âm cho trích ly saponin là 10 đến 20 phút, điểm trung tâm 15 phút.

3.4. Xây dựng mô hình toán học theo Central Composite Design

Từ kết quả thực nghiệm xác định nhân tố và các mức độ bố trí theo mô hình CCD được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5. Nhân tố và các mức độ bố trí theo mô hình Central Composite Design.

Nhân tố (biến)	Mức độ các biến được mã hóa			
	Ký hiệu	-1	0	+1
Công suất siêu âm (W)	A	250	300	350
Thời gian siêu âm (min)	B	10	15	20
Thời gian trích ly sau siêu âm (min)	C	10	15	20

Kết quả thực nghiệm quá trình trích ly saponin theo quy hoạch thực nghiệm theo CCD với 3 yếu tố. Tiến hành xây dựng hàm hồi quy bậc 2 cho hàm mục tiêu như sau:

$$Y = b_0 + b_1A + b_2B + b_3C + b_{12}AB + b_{13}AC + b_{23}BC + b_{11}A^2 + b_{22}B^2 + b_{33}C^2$$

trong đó: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{11}, b_{22}, b_{33}$ là các hệ số hồi quy; A, B, C: là yếu tố thí nghiệm cần tối ưu; Y là hàm mục tiêu đạt max.

3.5. Tối ưu hóa điều kiện xử lý bằng sóng siêu âm bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm

Kết quả thiết kế ma trận thử nghiệm để tối ưu các tham số theo CCD được thể hiện trong bảng 6.

Bảng 6. Ma trận thực nghiệm tối ưu hoá theo Central Composite Design.

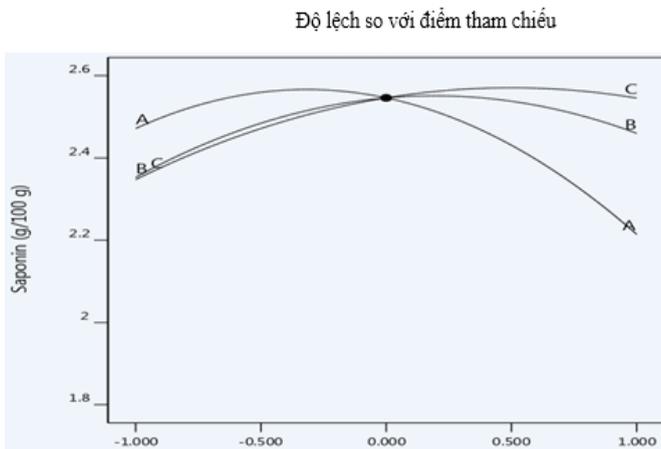
Số thí nghiệm	Biến mã hóa			Biến thực			Y: (g/100 g)
	A	B	C	A: (W)	B: (phút)	C: (phút)	
1	-1	-1	-1	250	10	10	1,939±0,026
2	1	-1	-1	350	10	10	1,869±0,059
3	-1	1	-1	250	20	10	2,372±0,046
4	1	1	-1	350	20	10	1,897±0,051
5	-1	-1	1	250	10	20	2,271±0,058
6	1	-1	1	350	10	20	2,186±0,056
7	-1	1	1	250	20	20	2,428±0,068
8	1	1	1	350	20	20	1,896±0,052
9	-1	0	0	250	15	15	2,391±0,050
10	1	0	0	350	15	15	2,267±0,049
11	0	-1	0	300	10	15	2,289±0,031
12	0	1	0	300	20	15	2,496±0,037
13	0	0	-1	300	15	10	2,289±0,051
14	0	0	1	300	15	20	2,576±0,051
15	0	0	0	300	15	15	2,562±0,049
16	0	0	0	300	15	15	2,495±0,051
17	0	0	0	300	15	15	2,592±0,051
18	0	0	0	300	15	15	2,588±0,049
19	0	0	0	300	15	15	2,498±0,052
20	0	0	0	300	15	15	2,597±0,049

3.6. Mô hình hàm lượng saponin

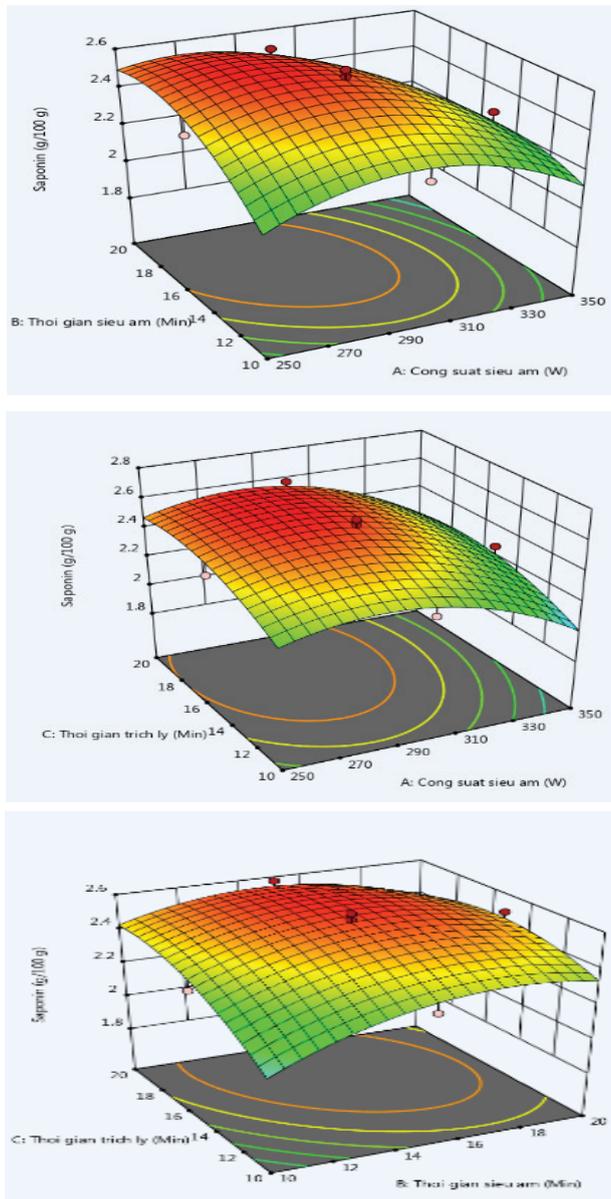
Ý nghĩa thống kê của mô hình và các hệ số được đánh giá thông qua phân tích hồi quy (bảng 7). Giá trị F=44,07 với p<0,0001 chứng tỏ mô hình có ý nghĩa thống kê cao ở mức tin cậy 99,99%. Các hệ số hồi quy có giá trị p<0,05

Bảng 7. Kết quả phân tích hồi quy hàm lượng saponin.

Nguồn phương sai	Tổng bình phương	Bậc tự do	Phương sai	F-value	p-value	
Model	1,1551	8	0,1443	44,0746	2,82E-07	Có nghĩa
A	0,1653	1	0,1653	50,4796	1,98E-05	
B	0,0286	1	0,0286	8,7365	0,0130	
C	0,0982	1	0,0982	29,9765	0,0001	
AB	0,0907	1	0,0907	27,6964	0,0002	
BC	0,0441	1	0,0441	13,4622	0,0036	
A ²	0,1134	1	0,1134	34,6216	0,0001	
B ²	0,0535	1	0,0535	16,3561	0,0019	
C ²	0,0272	1	0,0272	8,3254	0,0148	
Phần dư	0,0360	11	0,0032			
Sự không tương thích	0,0249	6	0,0041	1,8675	0,2549	Không có nghĩa
Pure Error	0,0111	5	0,0022			
Cor Total	1,1912	19				



Hình 3. Ảnh hưởng của các yếu tố đến hàm lượng saponin.



Hình 4. Bề mặt đáp ứng của hàm lượng saponin.

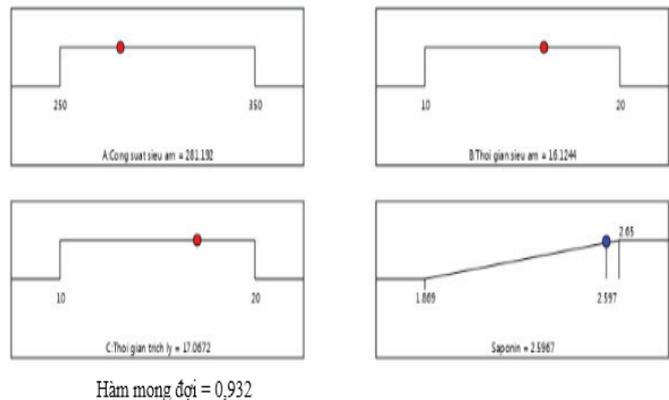
đều có ý nghĩa và được giữ lại để phục vụ tối ưu hóa. Giá trị F của phép kiểm định “sự không tương thích” đạt 1,868 ($p=0,255$), cho thấy mô hình phù hợp với dữ liệu thực nghiệm. Hệ số xác định $R^2=0,9697$ cho thấy, mô hình giải thích được 96,97% biến thiên của hàm mục tiêu dưới tác động của các yếu tố khảo sát. Như vậy, hàm lượng saponin được mô tả bằng phương trình bậc 2 như sau:

$$Y = 2,546 - 0,128A + 0,053B + 0,099C - 0,106AB - 0,074BC - 0,203A^2 - 0,139B^2 - 0,099C^2$$

Lần lượt xét ảnh hưởng của từng yếu tố (khi các yếu tố khác giữ ở mức trung tâm) đến hàm lượng saponin ta thấy: hàm lượng saponin chịu ảnh hưởng mạnh nhất bởi công suất siêu âm (A), tiếp theo là thời gian siêu âm (B) và thời gian trích ly sau siêu âm (C), khi chỉ số này tăng, hàm lượng saponin tăng mạnh đến giới hạn. Kết quả được chỉ ra ở hình 3 và 4.

3.7. Tối ưu hóa các thông số kỹ thuật

Quá trình thu hồi hàm lượng saponin sao cho thu được hàm lượng saponin cao nhất. Tiến hành giải bài toán tối ưu theo thuật toán “Hàm mong đợi” của G. Derringer và CS (1980) [10]. Giá trị tối ưu thu được từ phần mềm Design-Expert 12 được thể hiện trên hình 5.



Hình 5. Kết quả tối ưu hóa của mô hình.

Kết quả bài toán tối ưu cho thấy, quá trình trích ly được tiến hành ở công suất siêu âm 281,192 W, thời gian siêu âm 16,1244 phút, thời gian trích ly 17,0672 phút, hàm lượng saponin đạt được là 2,5967, với mức độ đáp ứng sự mong đợi là 93,2%.

3.8. Thực nghiệm kiểm tra lại kết quả tối ưu hóa

Các thí nghiệm được tiến hành lặp lại ba lần ở điều kiện tối ưu, đồng thời điều chỉnh các thông số phù hợp với thực tế. Kết quả thu được cho thấy, giá trị thực nghiệm (bảng 8) tương đồng cao với kết quả dự đoán từ mô hình tối ưu hóa.

Bảng 8. Kết quả thực nghiệm trích ly hàm lượng saponin ở điều kiện tối ưu.

Số thí nghiệm	Công suất siêu âm (W)	Thời gian siêu âm (phút)	Thời gian trích ly (phút)	Hàm lượng saponin (g/100 g)
1	281±1	16±0,5	17±0,5	2,592
2	281±1	16±0,5	17±0,5	2,562
3	281±1	16±0,5	17±0,5	2,588
Giá trị thực nghiệm trung bình				2,580±0,016
Giá trị dự báo theo bài toán tối ưu				2,5967

Kết quả thu được từ thực nghiệm: Hàm lượng saponin 2,580 g/100 g. Giá trị dự báo theo bài toán tối ưu: Hàm lượng saponin 2,596 g/100 g tương đương nhau (p-value>0,05), như vậy mô hình thực nghiệm phù hợp với thực tế.

Thông số kỹ thuật tối ưu cho trích ly saponin tổng từ củ đẳng sâm Tây Giang, Quảng Nam bằng phương pháp sử dụng sóng siêu âm: công suất siêu âm 281±1 W; thời gian siêu âm 16±0,5 phút; thời gian trích ly sau siêu âm 17±0,5 phút.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định phạm vi biến thiên của ba yếu tố ảnh hưởng chính đến quá trình chiết tách saponin từ củ đẳng sâm (Tây Giang, Quảng Nam), bao gồm: công suất siêu âm (250-350 W), thời gian siêu âm (10-20 phút) và thời gian trích ly sau siêu âm (10-20 phút). Trên cơ sở đó, một mô hình toán học cho bài toán tối ưu hóa đã được xây dựng với mục tiêu tối đa hóa hàm lượng saponin tổng thu được. Kết quả nghiên cứu đồng thời cho phép thiết lập ma trận thực nghiệm tối ưu hóa dựa trên thiết kế cấu trúc có tâm (CCD).

Nghiên cứu đã xác định được các điều kiện kỹ thuật tối ưu cho quá trình chiết tách saponin tổng từ củ đẳng sâm (Tây Giang, Quảng Nam) bằng phương pháp hỗ trợ sóng siêu âm. Kết quả thực nghiệm phù hợp với mô hình dự đoán, cho thấy tính khả thi của bài toán tối ưu hóa. Các thông số tối ưu được xác định gồm: công suất siêu âm 281±1 W, thời gian siêu âm 16±0,5 phút và thời gian trích ly sau siêu âm 17±0,5 phút, đạt hàm lượng saponin tổng 2,5806 g/100 g nguyên liệu.

Trong quá trình nghiên cứu vẫn tồn tại một số hạn chế, chủ yếu do thiết bị chiết xuất hỗ trợ sóng siêu âm sản xuất trong nước có công suất còn hạn chế và chưa được tự động hóa hoàn toàn các thông số vận hành, dẫn đến sai lệch nhất định giữa các lần thí nghiệm. Mặc dù vậy, kết quả thu

được đã cung cấp cơ sở khoa học quan trọng về hàm lượng saponin tổng cũng như các thông số kỹ thuật cho quá trình chiết tách bằng sóng siêu âm, góp phần bổ sung dữ liệu thực tiễn cho việc ứng dụng trong khai thác và sản xuất cao chiết đẳng sâm tại vùng Tây Giang, Quảng Nam.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được thực hiện thông qua đề tài cấp bộ “Hoàn thiện quy trình công nghệ và xây dựng dây chuyền sản xuất cao chiết từ củ đẳng sâm (*Codonopsis javanica* (Blume) Hook. F). Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] D.T. Hoa, D.T.T. Linh (2013), "Distribution characteristics of *Codonopsis javanica* (Blume) Hook. F. et Thoms, 1855) in Copia nature reserve, Thuan Chau district, Son La province", *Tay Bac University, 5th National Scientific Conference on Ecology and Biological Resources*, pp.1036-1043 (in Vietnamese).
- [2] V.V. Chi (2003), *Common Botanical Dictionary*, Science and Technics Publishing House, 733pp (in Vietnamese).
- [3] N.T. Dong, T.C. Luan, N.T.T. Huong (2007), *Vietnamese Ginseng and Some Medicinal Plants of The Ginseng Family*, Hanoi Science and Technology Publishing House, pp.120-135 (in Vietnamese).
- [4] H.D. Nghia, V.T. Thoa, L.D. Quang, et al. (2020), "Research on the chemical composition and antifungal activity of *Codonopsis pilosula* root", *Journal of Chemical, Physical and Biological Analysis*, **2(25)**, pp.65-70 (in Vietnamese).
- [5] Ministry of Health (2018), *Vietnam Pharmacopoeia V*, Medical Publishing House, 2220pp (in Vietnamese).
- [6] J.D. Park, D.K. Rhee, Y.H. Lee (2005), "Biological activities and chemistry of saponins from *Panax ginseng* C.A. Meyer", *Phytochemistry Reviews*, **4(2-3)**, pp.159-175.
- [7] N.M. Duc (2021), "Research on the production process of liquid extract and instant tea products from the Vietnamese Dang Sam plant [*Codonopsis javanica* (Blume) Hook.f.,Campanulaceae] grown in Lam Dong province", Ton Duc Thang University (in Vietnamese).
- [8] M. Hadidi, A. Ibarz, J. Pagan (2020), "Optimisation and kinetic study of the ultrasonic-assisted extraction of total saponins from alfalfa (*Medicago sativa*) and its bioaccessibility using the response surface methodology", *Food Chemistry*, **309**, pp.85-97, DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125786.
- [9] N.M. Tuyen (2005), *Experimental Planning*, Science and Technics Publishing House, 227pp (in Vietnamese).
- [10] G. Derringer, R. Suich (1980), "Simultaneous optimization of several responses variables", *Journal of Quality Technology*, **12(4)**, pp.214-219, DOI: 10.1080/00224065.1980.11980968.
- [11] P.T.M. Tien, D.T.H. Thuy, N.D. Truong, et al. (2021), "Ultrasound-assisted total saponins extraction and assessment of biological activity of extracts from *Abelmoschus sagittifolius*", *Journal of Science Technology and Food*, **21(3)**, pp.212-223 (in Vietnamese).