

TỐI ƯU HÓA ĐIỀU KIỆN THU NHẬN SAPONIN TỪ LÁ *Ageratum conyzoides* L. BẰNG PHƯƠNG PHÁP HỖ TRỢ VI SÓNG

Nguyễn Thu Minh, Võ Thị Cẩm Quyên,

Hoàng Thị Ngọc Nhon, Lê Thị Hồng Ánh*

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: anhlt@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 11/8/2025; Ngày nhận bài sửa: 10/10/2025; Ngày chấp nhận đăng: 27/10/2025

TÓM TẮT

Ageratum conyzoides L. từ lâu đã được khai thác làm dược liệu trong y học dân gian. Trong đó, lá nổi bật nhờ chứa saponin, một nhóm chất tự nhiên có hoạt tính đa dạng và nhiều ứng dụng. Nghiên cứu này nhằm xác định các yếu tố chi phối hiệu quả thu hồi saponin từ lá *A. conyzoides* L. bằng phương pháp ngâm chiết, hỗ trợ siêu âm và hỗ trợ vi sóng. Kết quả cho thấy, giữa 3 phương pháp ngâm chiết ($28,04 \pm 1,15$ mgOAE/gck), hỗ trợ siêu âm ($36,46 \pm 0,36$ mgOAE/gck) và tách chiết có hỗ trợ vi sóng thu được hàm lượng là $43,50 \pm 1,31$ mgOAE/gck cho hiệu quả tách chiết cao nhất. Với các điều kiện trên, tối ưu phương pháp vi sóng theo mô hình thu được hàm lượng saponin dự đoán đạt cực đại là 45,45 mgOAE/gck khi tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu 21,35/1 (v/w) với công suất vi sóng đạt 270,96 W và thời gian xử lý vi sóng 65,34 giây. Ngoài ra, kết quả chụp SEM cho thấy hình thái cấu trúc bột sau khi tách chiết ở điều kiện tối ưu khác với nguyên liệu ban đầu. Đồng thời kết quả FT-IR chỉ ra các nhóm chức đặc trưng của hợp chất saponin hiện diện trong chiết xuất lá *A. conyzoides* L. Từ các dữ liệu đã ghi nhận, việc khai thác saponin từ lá *A. conyzoides* L. mở ra khả năng ứng dụng trong dược phẩm và thực phẩm từ việc tận dụng nguyên liệu tự nhiên ở Việt Nam. Do đó, việc nghiên cứu thu nhận saponin từ lá *A. conyzoides* L. là cần thiết, mang đến giá trị khoa học và ứng dụng gắn với mục tiêu phát triển bền vững.

Từ khóa: *Ageratum conyzoides* L., ngâm chiết, saponin, siêu âm, tối ưu, vi sóng.

1. MỞ ĐẦU

Cỏ ngũ sắc (*A. conyzoides* L.), thuộc họ Cúc (Asteraceae), là loài một loài thảo mộc thân mềm, phân bố phổ biến tại nhiều nước thuộc vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới [1]. Sự hiện diện của nhiều nhóm chất tự nhiên như tinh dầu, carotenoid, phytosterol, tanin, đường khử, saponin và các hợp chất uronic là cơ sở cho các hoạt tính sinh học ghi nhận ở loài cây này [2]. Các nghiên cứu đã chứng minh tiềm năng của *A. conyzoides* L. trong điều trị một số bệnh lý khác nhau như bạch cầu, viêm xoang, giãn mạch, nhiễm trùng đường hô hấp... [3]. Hiệu quả chống viêm màng phổi của dịch chiết *A. conyzoides* L. đã được quan sát trên mô hình động vật, tuy nhiên, các thành phần hoạt tính cụ thể vẫn chưa được xác định rõ [4]. Bên cạnh đó, họ Asteraceae nơi loài cây này thuộc về cũng được biết đến là nhóm thực vật giàu saponin, một hợp chất có tác dụng kháng viêm và chống nhiễm trùng đường hô hấp [5].

Saponin thuộc nhóm glycoside tự nhiên với cấu trúc đặc trưng gồm nhân steroid hoặc triterpenoid liên kết với một hay nhiều chuỗi đường. Nhờ cấu trúc này, saponin có tác dụng trong điều hòa đường huyết, cholesterol, kháng khuẩn, chống viêm, chống oxy hóa và hỗ trợ điều trị ung thư [6],[7]. Đã có một số nghiên cứu trong nước nhưng phần lớn chỉ tập trung vào những hướng tiếp cận cơ bản như khảo sát đặc điểm hình thái, các hợp chất có trong tinh dầu và đánh giá hiệu quả kháng khuẩn. Cụ thể, một số công trình đã thực hiện phân lập và định danh flavonoid từ cây [8], nghiên cứu của Phan Văn Trường và cộng sự đã mô tả hình thái học và các cấu tử tinh dầu của *A. conyzoides* L. [9], trong khi một khảo sát khác đánh giá khả năng ức chế vi sinh vật gây bệnh từ loài này [10]. Ở phạm vi quốc tế, các nghiên cứu tại Ấn Độ và Trung Quốc cũng đã báo cáo về thành phần tinh dầu [11, 12] và tiến hành định tính các chất sinh học ghi nhận sự có mặt saponin [13]. Trong tài liệu, ghi nhận hàm lượng saponin thô trong thân và lá chiếm khoảng 4,7% [14]. Tương đương gần hàm lượng saponin tổng số 5,23% được ghi nhận

ở rễ sâm Ngọc Linh hai năm tuổi [15]. Điều này cho thấy *A. conyzoides* L. là nguồn tài nguyên triển vọng để khai thác và ứng dụng trong thực tiễn. Những năm trở lại đây, các phương pháp tách chiết sử dụng công nghệ hiện đại của vi sóng và siêu âm ngày càng được quan tâm nhờ khả năng đẩy nhanh thời gian tách chiết, tiết kiệm và kiểm soát sự phân hủy các hợp chất, so với ngâm chiết truyền thống vốn tiêu tốn nhiều dung môi và kém hiệu quả. Nghiên cứu của Dahmoune và cộng sự trên *Echinaster sepositus* cho thấy hiệu suất dưới sự hỗ trợ vi sóng cao gấp 3,3 lần so với tách chiết dưới sự hỗ trợ của sóng siêu âm và 7,8 lần phương pháp ngâm chiết, qua đó khẳng định ưu điểm vượt trội của các kỹ thuật chiết xuất hiện đại [16]. Do đó, việc xác định các điều kiện chiết xuất saponin từ lá *A. conyzoides* L. sẽ đóng vai trò quan trọng, làm nền tảng cho việc ứng dụng vào các lĩnh vực thực phẩm. Nghiên cứu này khảo sát hiệu quả các phương pháp tách chiết saponin bằng ngâm chiết, tách chiết bằng sóng siêu âm và sóng vi ba. Hiệu quả được đánh giá qua hình chụp SEM và việc khẳng định sự hiện diện nhóm chức đặc trưng của saponin trong dịch chiết thông qua phổ FT- IR.

2. NGUYÊN VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Nguyên liệu: Mẫu khảo sát trong nghiên cứu này là lá *A. conyzoides* L. được thu hái tại xã Bến Lức, tỉnh Tây Ninh. Nguyên liệu cùng ngày được xử lý tạp chất và sấy khô bằng tủ sấy tại 60 °C cho đến khi độ ẩm nguyên liệu khô đạt mức 10%. Sau đó, được xay mịn và bảo quản trong túi PE để sử dụng cho toàn thực nghiệm.

Hóa chất: Methanol (99,5%, Xilong), Vanillin (99%, Merck), Ethyl acetate (99,5%, Xilong), Acid perchloric (99,9%, Merck), Acid oleanolic (97%, Merck).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Khảo sát điều kiện tách chiết saponin từ lá *A. conyzoides* L. bằng ngâm chiết

Bột nguyên liệu được nghiền mịn ở kích thước hạt 80 µm cho vào cốc 100 mL theo tỷ lệ 20/1 v/w. Tiến hành khảo sát các thông số tách chiết lần lượt với loại dung môi (methanol 70%, ethanol 70% và nước, cố định ở nhiệt độ 50 °C trong 60 phút), nồng độ dung môi (50, 60, 70, 80, 90%), nhiệt độ tách chiết (40, 50, 60, 70, 80 °C) và thời gian ngâm (30, 60, 90, 120, 150 phút). Sau khi tách chiết, mẫu được đem đi ly tâm với tốc độ 5000 rpm trong 10 phút để thu dịch trong. Xác định hàm lượng saponin ở độ hấp thụ λ 550nm [17, 18]. Các khảo sát được lặp lại 3 lần.

2.2.2. Khảo sát điều kiện tách chiết saponin từ lá *A. conyzoides* L. có hỗ trợ của siêu âm

Bột nguyên liệu được nghiền mịn ở kích thước hạt 80 µm cho vào cốc 100 mL theo tỷ lệ 20/1 v/w rồi bổ sung loại dung môi và nồng độ đã chọn ở khảo sát 2.2.1. Ở bước kế tiếp, quá trình khảo sát thông số tách chiết siêu âm lần lượt với biên độ siêu âm (20, 25, 30, 35 và 40%, cố định ở thời gian 6 phút), và thời gian siêu âm (2, 4, 6, 8 và 10 phút). Thiết bị đồng hóa mẫu bằng siêu âm (Sonic – VC505) được sử dụng với công suất đầu ra 500 W cùng với tần suất khoảng 20 kHz và chế độ hoạt động xung (hoạt động 30 giây và nghỉ 10 giây), tiếp tục lặp lại chế độ vận hành cho đến mốc thời gian chọn khảo sát. Sau khi siêu âm, mẫu được cho vào bể ổn nhiệt với các thông số đã chọn ở khảo sát 2.2.1 để tiếp tục trích ly. Sau khi tách chiết, mẫu được đem đi ly tâm với tốc độ 5000 rpm trong 10 phút để thu dịch trong. Xác định hàm lượng saponin ở độ hấp thụ λ 550nm. Các khảo sát được lặp lại 3 lần.

2.2.3. Khảo sát điều kiện tách chiết saponin từ lá *A. conyzoides* L. có hỗ trợ của vi sóng

Bột nguyên liệu được nghiền mịn ở kích thước hạt 80 µm cho vào cốc 100 mL rồi bổ sung loại dung môi, nồng độ dung môi đã chọn ở khảo sát 2.2.1. Sau đó, tiến hành khảo sát các thông số tách chiết vi sóng lần lượt với tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu (10/1, 15/1, 20/1, 25/1 và 30/1 v/w, cố định ở công suất 360 W và thời gian 30 giây), công suất vi sóng (180, 270, 360, 450, 540 W) và thời gian xử lý (30, 60, 90, 120, 150 giây). Lò vi sóng (Sharp 23 lit R-370VN-S) được sử dụng với mức công suất tối đa 900 W với tần số khoảng 2,45 GHz và chế độ hoạt động xung (hoạt động 10 giây và nghỉ 5 giây), tiếp tục lặp lại chế độ hoạt động cho đến khi kết thúc khảo sát thời gian đã chọn. Sau đó, mẫu được cho vào bể điều nhiệt với các thông số đã chọn ở khảo sát 2.2.1 để tiếp tục trích ly. Sau khi tách chiết, mẫu

Tối ưu hóa điều kiện thu nhận saponin từ lá *Ageratum conyzoides* L. bằng phương pháp hỗ trợ vi sóng

được đem đi ly tâm với tốc độ 5000 rpm trong 10 phút để thu dịch trong. Xác định hàm lượng saponin ở độ hấp thụ λ 550nm. Các khảo sát được lặp lại 3 lần.

2.2.4. Tối ưu hoá điều kiện thu nhận saponin từ lá *A. conyzoides* L.

Để tối ưu hóa điều kiện tách chiết, mô hình Response Surface Method (RSM) được xây dựng dựa trên thiết kế thí nghiệm Box - Behnken Design (BBD). Với các yếu tố ảnh hưởng bao gồm: X_1 (tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu), X_2 (công suất) và X_3 (thời gian xử lý) trong đó các biến này là biến độc lập, có ảnh hưởng đến hàm mục tiêu. Trong mô hình tối ưu hóa, tại 3 mức giá trị (-1, 0, 1) tại Bảng 1 và 15 thí nghiệm với hàm mục tiêu là hàm lượng saponin (Y, mgOAE/gck) trong phương trình thực nghiệm. Phương trình hồi quy tuyến tính được xác định bằng phần mềm JMP 10 [19].

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1X_1 + b_{22}X_2X_2 + b_{33}X_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

Trong đó: $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{11}, b_{22}, b_{33}, b_{12}, b_{13}, b_{23}$ là hệ số hồi quy, $X_1, X_2, X_3, X_{11}, X_{22}, X_{33}, X_1X_2, X_1X_3, X_2X_3$ giá trị mã hóa của yếu tố.

Bảng 1. Mã hóa các yếu tố trích ly saponin

Thông số	Ký hiệu	Mức giá trị		
		-1	0	1
Tỷ lệ DM/NL (v/w)	X_1	15/1	20/1	25/1
Công suất vi sóng (W)	X_2	180	270	360
Thời gian xử lý vi sóng (s)	X_3	30	60	90

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Phương pháp xác định độ ẩm

Bột nguyên liệu sau xử lý được dàn đều trong chén sấy đã biết trước trọng lượng, nhằm để mẫu thoát hơi nhanh hơn. Sau đó, sấy ở tủ sấy với nhiệt độ 105 °C và bột nguyên liệu sẽ được sấy đến khối lượng không đổi, khi kết quả giữa 2 lần cân cuối cùng có sai số 0,5% [20].

$$\text{Độ ẩm (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100\%$$

Trong đó: m_1 : Trọng lượng chén sấy và mẫu ban đầu trước khi sấy (g), m_2 : Trọng lượng chén sấy và mẫu sau khi sấy (g), m : Trọng lượng mẫu trước khi sấy (g).

2.3.2. Phương pháp xác định hàm lượng saponin

Xác định hàm lượng saponin bằng phương pháp so màu tại bước sóng 550 nm của Cheok và cộng sự với một số điều chỉnh [21]. Cụ thể, hút 0,3 mL dịch chiết vào bình định mức nâu 10 mL, thêm 0,3 mL vanillin pha trong CH_3COOH 5% và 1 mL HClO_4 . Hỗn hợp được ủ ở 70 °C trong 15 phút. Cuối cùng, hỗn hợp được làm nguội nhanh đến nhiệt độ phòng, định mức lên tới vạch 10 mL bằng ethyl acetate và độ hấp thụ được đo ở 550 nm. Hàm lượng saponin tổng được biểu thị dựa trên đường chuẩn (chất chuẩn acid oleanolic) và được tính theo đơn vị mgOAE/gck theo công thức:

$$\text{Hàm lượng saponin (mgOAE/gck)} = \frac{C.n.V.100}{M.(100-h)}$$

Trong đó: C: tổng hàm lượng saponin theo acid oleanolic (mg/mL), V: thể tích dung môi dùng để trích ly (mL); M: khối lượng bột nguyên liệu tách chiết (g); n: hệ số pha loãng dịch chiết; h: độ ẩm (%).

2.3.3. Phương pháp đo kính hiển vi điện tử quét (Scanning electron microscope – SEM)

Hình thái của mẫu sau khi được xử lý sẽ được khảo sát dưới kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường tại trung tâm Việt Đức của Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh.

2.3.4. Phương pháp quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy – FT-IR)

Dịch chiết từ lá *A. conyzoides* L. sau tách chiết sẽ đưa đi cô quay chân không ở nhiệt độ 50 °C.

Sau đó, được đem đi phân tích kết quả ghi nhận trên máy Tensor 37 (Bruker, Đức) sử dụng viên nén, hoạt động ở chế độ hấp thụ trong khoảng bước sóng từ 400 - 4.000 cm^{-1} tại Trung tâm Việt Đức của Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh [22].

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Các khảo sát thực nghiệm tiến hành ở mức tối thiểu ba lần độc lập. Kết quả thực nghiệm giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn được phân tích phương sai Anova để đánh giá sự khác biệt giữa các giá trị được thực hiện bằng Minitab và các kết quả được trực quan hóa bằng Microsoft Excel 2019. Xử lý mô hình tối ưu hoá điều kiện tách chiết bằng phần mềm JMP 10.

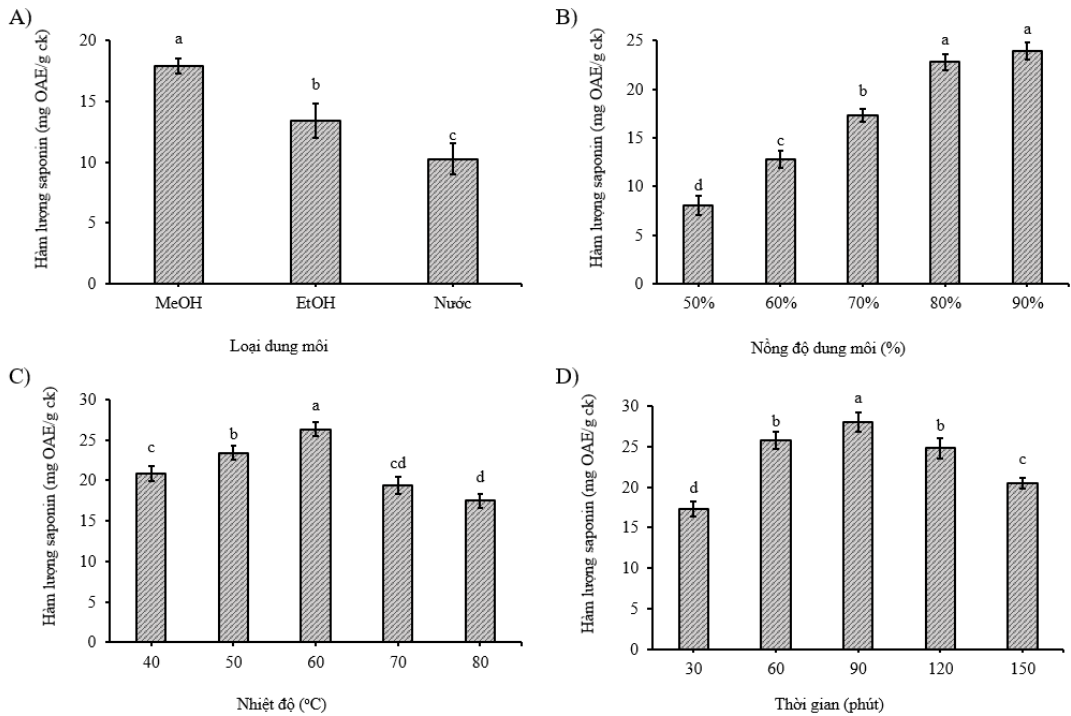
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát điều kiện tách chiết saponin từ lá *A. conyzoides* L. bằng ngâm chiết

Loại dung môi tác động đến hiệu quả của quá trình chiết xuất. Việc tách chiết bằng phương pháp ngâm tĩnh dưới sự trợ giúp của các dung môi là phương pháp được dùng phổ biến nhất. Nhờ cấu trúc phân tử chứa nhiều nhóm hydroxyl (-OH) mang tính phân cực, saponin thể hiện khả năng hòa tan cao trong các dung môi phân cực. Do đó, quá trình tách chiết thường sử dụng methanol, ethanol, nước hoặc dung môi kết hợp với nước làm dung môi chiết xuất [23]. Ngoài ra, quá trình thu nhận các hoạt chất sinh học từ nguồn tự nhiên cũng bị ảnh hưởng bởi nhiều đơn yếu tố như nồng độ dung môi, tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu, nhiệt độ và thời gian là cũng ảnh hưởng quá trình thu nhận (Hình 1). Dựa vào kết quả Hình 1 A. cho thấy sự chênh lệch hàm lượng của 3 loại dung môi khi tách chiết cùng điều kiện có ý nghĩa ($p < 0,05$). Hàm lượng saponin trong dịch chiết từ bộ phận lá *A. conyzoides* L. cao nhất ở methanol 70% thu hồi hiệu quả hàm lượng là $17,95 \pm 0,61$ mgOAE/gck, kế tiếp là ethanol 70% $13,39 \pm 1,42$ mgOAE/gck và cuối cùng là nước chiếm $10,28 \pm 1,31$ mgOAE/gck. Dung môi để tách chiết saponin có ảnh hưởng lớn đến hàm lượng và methanol được lựa chọn là dung môi ưa chuộng để tách chiết các hợp chất có độ phân cực cao [24]. Nghiên cứu của Hoàng Tấn Quảng đã chỉ ra rằng hiệu suất trích ly với methanol là cao vượt trội so với các loại dung môi khác $36,298$ mgOAE/gck [25]. Vì vậy, chọn dung môi methanol để tiếp tục sử dụng trong các khảo sát ảnh hưởng của từng thông số ở các thí nghiệm tiếp theo.

Hàm lượng saponin có sự thay đổi rõ rệt ở Hình 1B. khi nồng độ từ 50% ($8,03 \pm 0,96$ mgOAE/gck) và đạt cực đại ở 90% ($23,95 \pm 0,9$ mgOAE/gck). Nhưng khi tăng nồng độ từ 80% ($22,79 \pm 0,85$ mgOAE/gck) lên 90% ($23,95 \pm 0,9$ mgOAE/gck) việc kiểm định phân tích phương sai Anova giữa hai kết quả cho thấy hiệu quả thu được giữa hai nồng độ nhìn chung không khác biệt nhiều. Tương tự, kết quả khi tách chiết *Jatropha curcas* Linn. ở MeOH 80% cho giá trị hàm lượng lớn nhất [26]. Sự chênh lệch gradient giữa các nồng độ dung môi nhằm thúc đẩy sự vận chuyển các cấu tử từ nguyên liệu được giải phóng theo dung môi ra bên ngoài thông qua quá trình khuếch tán. Chính nhờ sự khuếch tán này sẽ giúp cho quá trình tách chiết giữa dung môi vào nguyên liệu diễn ra nhanh hơn và triệt để [27]. Do đó, nồng độ MeOH 80% được chọn cho khảo sát tiếp theo.

Kết quả đánh giá yếu tố nhiệt độ ở Hình 1C thể hiện sự tương quan giữa nhiệt độ và hiệu suất tách chiết có mức ý nghĩa khi $p < 0,05$. Saponin thu được ở mức nhiệt độ 40 °C đạt $20,83 \pm 0,96$ mgOAE/gck là cao nhất, tiếp đến hàm lượng tiếp tục tăng ở mức 60 °C $26,31 \pm 0,85$ mgOAE/gck. Tuy nhiên, hàm lượng có xu hướng giảm tại mức nhiệt 70 °C ($19,39 \pm 1,04$ mgOAE/gck) và 80 °C ($17,49 \pm 0,82$ mgOAE/gck). Việc thay đổi nhiệt độ khiến cấu trúc thay đổi và sự tương tác giữa hợp chất trong nguyên liệu. Tuy nhiên, nhiệt độ cao cũng có thể gây ra sự mất mát hoặc sự phân hủy của một số hợp chất trong mẫu, đặc biệt là những hợp chất nhạy nhiệt [28]. Ở điều kiện nhiệt độ cao hơn, các phần tử trong môi trường có xu hướng hoạt động linh động hơn, làm cho quá trình phân tán chất xảy ra hiệu quả hơn. Do đó, sự khuếch tán của nguyên liệu vào dung môi tách chiết sẽ tỷ lệ thuận với nhiệt độ. Ngoài ra, độ nhớt của dung môi sẽ tỷ lệ nghịch với nhiệt độ, dung môi dễ dàng thẩm thấu vào tế bào làm cho diện tích tiếp xúc càng lớn [29]. Chính vì vậy, lựa chọn nhiệt độ 60 °C để tách chiết nhằm tiết kiệm hơn cho triển khai các khảo sát thực nghiệm sau.

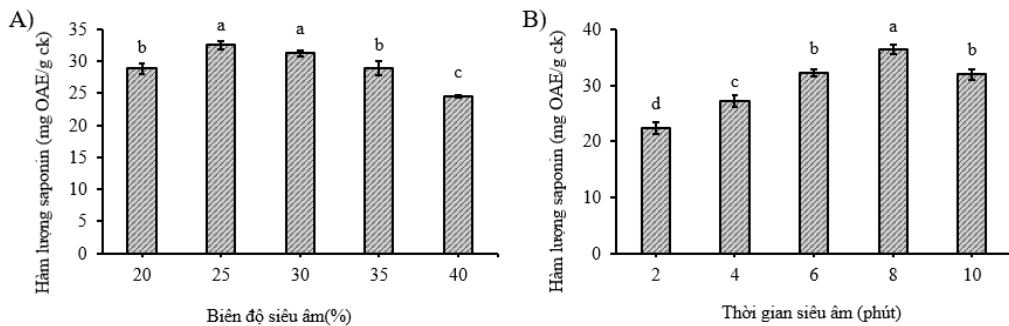


Hình 1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của loại dung môi (A), nồng độ dung môi (B), nhiệt độ (C) và thời gian (D) đến tách chiết saponin từ lá của *A. conyzoides* L. Các chữ cái a, b, c, d thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa phân tích Anova ($\alpha=0,05$)

Yếu tố thời gian cũng là thông số quan trọng trong quá trình thu nhận hàm lượng saponin liên quan hiệu quả về mặt kinh tế. Kết quả thí nghiệm của khảo sát thời gian tách chiết từ lá của *A. conyzoides* L. ở Hình 1D. Trong khoảng thời gian ngâm chiết từ 30 đến 90 phút cho thấy sự thay đổi đáng kể đối với hàm lượng saponin đạt từ $17,31 \pm 0,95$ mgOAE/gck đến $28,04 \pm 1,15$ mgOAE/gck. Bên cạnh đó, khi tiếp tục khảo sát ở mức thời gian ngâm chiết 120 – 150 phút hàm lượng lại có dấu hiệu giảm xuống. Hiện tượng này, xảy ra do các hợp chất khi tiếp xúc với dung môi quá lâu bị phân hủy [30]. Kết quả tương đồng với bài nghiên cứu hàm lượng saponin cao nhất ở thời gian 90 phút [31].

3.2. Khảo sát điều kiện tách chiết saponin từ lá *A. conyzoides* L. có hỗ trợ sóng siêu âm

Tách chiết được thực hiện dưới tác động hỗ trợ của sóng siêu âm được sử dụng làm tăng lượng hợp chất được chuyển từ nguyên liệu thực vật vào môi trường chiết. Trong đó, biên độ siêu âm có tác động đến việc thu hồi hàm lượng saponin từ dịch chiết của lá *A. conyzoides* L. được thể hiện Hình 2.



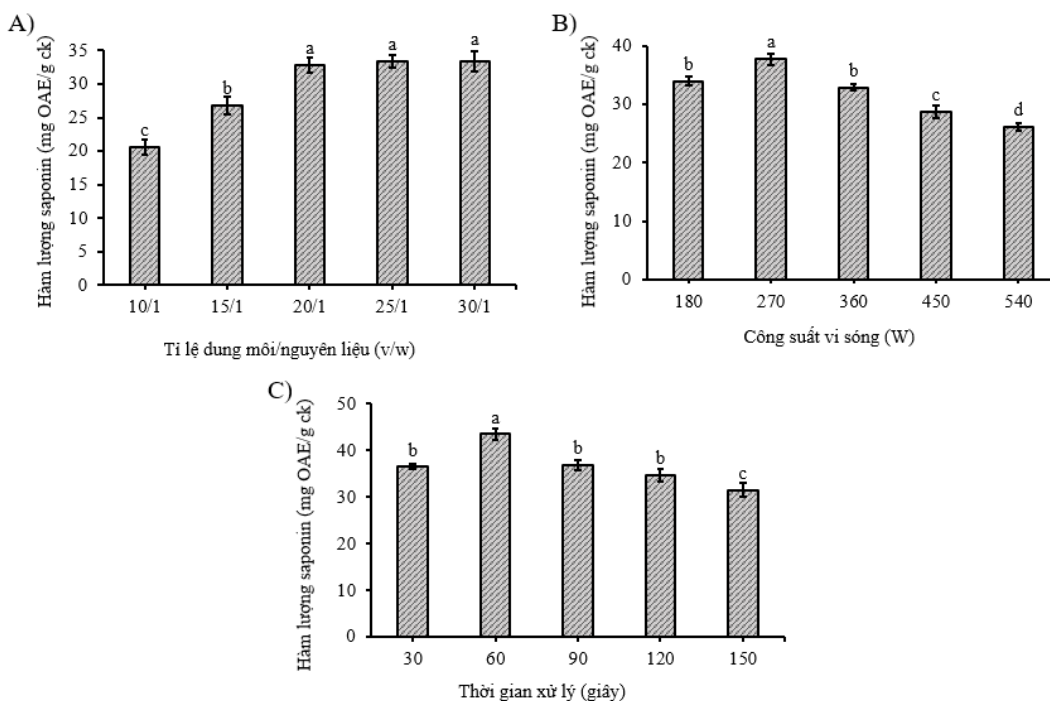
Hình 2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của biên độ (A) và thời gian (B) siêu âm đến tách chiết saponin từ lá của *A. conyzoides* L. Các chữ cái a, b, c, d thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa phân tích Anova ($\alpha=0,05$)

Kết quả thực nghiệm ở Hình 2A cho thấy ở biên độ 20-25% hàm lượng saponin xu hướng tăng dần từ $28,85 \pm 0,87$ mgOAE/gck đến $32,54 \pm 0,36$ mgOAE/gck. Nhưng khi quan sát thấy ở biên độ từ 30 - 40% hàm lượng lại có dấu hiệu giảm xuống từ $31,54 \pm 0,36$ mgOAE/gck còn $24,46 \pm 0,46$ mgOAE/gck. Điều này do sóng siêu âm làm tốc độ chuyển động tạo bọt khí xung quanh bề mặt nguyên liệu tăng. Đồng thời, thúc đẩy các biến đổi hoá học dẫn đến sự khuếch tán diễn ra liên tục, đồng thời gia tăng ma sát giữa các tế bào thực vật, làm hàm lượng của hợp chất mục tiêu giảm xuống [32]. Tương tự, nghiên cứu về trích ly betacyanin từ vỏ thanh long cũng nhận thấy biên độ 25% cho ra kết quả cao nhất [33]. Dựa vào khảo sát trên, ở biên độ 25% phù hợp nhất để tiến hành quá trình tách chiết.

Tương tự, Hình 2B thể hiện thời gian siêu âm. Khi tăng từ 2 – 8 phút đối với thời gian siêu âm, hàm lượng thu được có dấu hiệu tăng dần từ $22,38 \pm 0,96$ mgOAE/gck đến $36,46 \pm 0,36$ mgOAE/gck. Bên cạnh đó, ở thời gian 10 phút hàm lượng có dấu hiệu giảm xuống còn $31,96 \pm 0,95$ mgOAE/gck. Để lý giải cho nguyên nhân này, khi tăng thời gian tách chiết, sóng siêu âm khuấy trộn dung môi và bột nguyên liệu tạo ra hiện tượng cắt xén và tốc độ chuyển động nhanh trong một thời gian dài giúp các tế bào được phá vỡ cấu trúc. Đồng thời, chất tan từ các cao phân tử khác cũng được giải phóng ra ngoài từ đó dẫn đến hàm lượng saponin bị giảm [34]. Năm 2024, Nguyễn Thị Thảo Nguyên và cộng sự đã tiến hành tối ưu hoá điều kiện việc thu nhận hai hợp chất saponin và phenolic từ *Paramignya trimera* (Oliv.) Guilla, kết quả cho thấy điều kiện thu nhận hàm lượng với mức công suất 220 W ở 52 °C trong 8 phút [35].

3.3. Khảo sát điều kiện tách chiết saponin từ lá *A. conyzoides* L. có hỗ trợ vi sóng

Cùng với các phương pháp tách chiết hiện đại, tách chiết hỗ trợ vi sóng cũng được xác nhận không chỉ giúp gia nhiệt nhanh, giảm thời gian tách chiết, mà còn có hiệu quả phá vỡ hàng rào cấu trúc tế bào thực vật, tăng cường sự tiếp xúc và trao đổi chất giữa dung môi và nguyên liệu [36]. Trong nghiên cứu này, khảo sát các thông số đến hiệu suất chiết xuất saponin.



Hình 3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu (A), công suất (B) và thời gian (C) xử lý vi sóng đến tách chiết saponin từ lá của *A. conyzoides* L.
 Các chữ cái a, b, c, d thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa phân tích Anova ($\alpha=0,05$)

Kết quả thực nghiệm được trình bày ở Hình 3A thể hiện khi tiến hành tăng tỷ lệ hàm lượng có sự biến đổi rõ. Tách chiết ở tỷ lệ 10/1 (v/w) cho ra $20,57 \pm 1,08$ mgOAE/gck là hàm lượng thu được thấp nhất, nhưng ở mức tỷ lệ 15/1 - 20/1 (v/w) có dấu hiệu tăng từ $26,87 \pm 1,33$ đến $32,88 \pm 1,33$ mgOAE/gck. Bên cạnh đó, khi bổ sung thêm dung môi thì hàm lượng vẫn tăng ở mức 25/1 - 30/1 (v/w)

Tối ưu hóa điều kiện thu nhận saponin từ lá *Ageratum conyzoides* L. bằng phương pháp hỗ trợ vi sóng

từ $33,88 \pm 1,13$ - $33,41 \pm 1,48$ mgOAE/gck. Khi lượng dung môi thay đổi so với khối lượng nguyên liệu mức độ hòa tan trong dung môi cũng thay đổi nên khi tỷ lệ này quá nhỏ thì lượng dung môi không đủ để hòa tan mẫu làm cho việc phá vỡ tế bào diễn ra khó khăn hơn. Thêm vào đó, khi tách chiết hàm lượng saponin đạt đến ngưỡng cân bằng thì hàm lượng sẽ ngừng tăng [37]. Vì vậy, lựa chọn tỷ lệ là 20/1 (v/w) cho các khảo sát tiếp theo để đảm bảo hiệu suất thu hồi của saponin.

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của công suất vi sóng được thể hiện ở Hình 3B Ở mức công suất 180 – 270 W ($37,79 \pm 0,96$ mgOAE/gck) nhưng lại giảm ở mức công suất cao hơn từ 360 – 540 W. Điều này là do nhiệt tăng lên nhanh chóng do bức xạ vi sóng thúc đẩy bay hơi nước trong nguyên liệu, làm lỏng cấu trúc mô và phá vỡ liên kết thành tế bào, làm tăng tiếp xúc của dung môi [38]. Tuy nhiên, khi công suất vượt quá 270 W hàm lượng bắt đầu giảm do sự biến đổi cấu trúc của một số hợp chất kém bền với nhiệt [39].

Bên cạnh đó, ở Hình 3C trong khoảng thời gian xử lý từ 30 - 60 giây hàm lượng đạt giá trị cực đại $43,50 \pm 1,31$ mgOAE/gck cho thấy ảnh hưởng quan trọng của thời gian. Tuy nhiên sau 60 giây hàm lượng saponin có chiều hướng đi xuống còn $36,75 \pm 1,08$ mgOAE/gck. Nguyên nhân, do thời gian xử lý càng lâu thì hợp chất phân tán vào dung môi càng nhiều nhưng hiệu quả này chỉ xảy ra trong thời gian nhất định, nếu vượt qua thì hàm lượng hợp chất mục tiêu sẽ giảm dần [40]. Do các phân tử dung môi chịu sự ảnh hưởng của bức xạ điện từ đủ lâu sẽ sự tăng ma sát làm dung môi bay hơi và các hợp chất sinh học nhạy nhiệt độ bị phân hủy dưới nhiệt độ cao [41].

3.4. Tối ưu hoá điều kiện thu nhận saponin từ lá *A. conyzoides* L.

Việc khảo sát các sự tương tác giữa đơn yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tách chiết bằng các phương pháp nhằm xác định điều kiện thu nhận. Tiến hành tối ưu hoá từ kết quả thu được hàm lượng cao nhất từ chiết tách bằng vi sóng. Mô hình được bố trí các đơn yếu tố như tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu (X_1), công suất (X_2) và thời gian xử lý (X_3) ở Bảng 2.

Bảng 2. Mô hình bố trí và kết quả thực nghiệm

STT	Tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu (X_1 , v/w)	Công suất (X_2 , W)	Thời gian xử lý (X_3 , giây)	Hàm lượng saponin (mgOAE/gck)
1	15/1	180	60	$31,068 \pm 0,57$
2	15/1	360	60	$34,079 \pm 0,79$
3	25/1	180	60	$36,763 \pm 0,91$
4	25/1	360	60	$38,854 \pm 0,63$
5	20/1	180	30	$34,572 \pm 0,50$
6	20/1	180	90	$36,794 \pm 1,01$
7	20/1	360	30	$31,065 \pm 1,17$
8	20/1	360	90	$36,564 \pm 0,43$
9	15/1	270	30	$33,490 \pm 0,62$
10	25/1	270	30	$36,469 \pm 1,48$
11	15/1	270	90	$35,143 \pm 0,91$
12	25/1	270	90	$39,465 \pm 0,60$
13	20/1	270	60	$43,959 \pm 0,75$
14	20/1	270	60	$46,597 \pm 0,55$
15	20/1	270	60	$44,484 \pm 0,59$

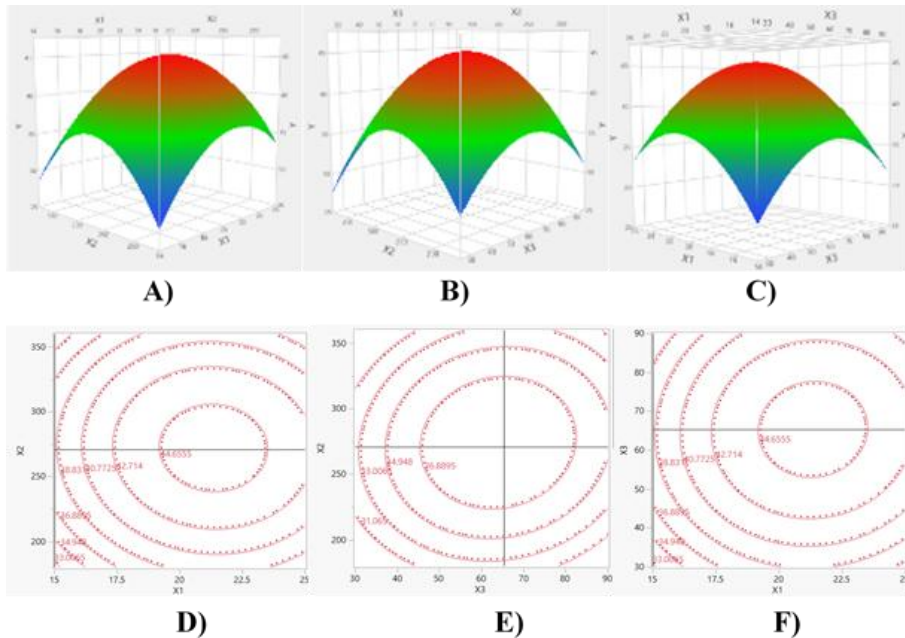
Mô hình tương quan tốt cần sự phù hợp giữa kết quả thực nghiệm và dự kiến để biểu thị độ phù hợp của mô hình, việc kiểm định Lack of fit không có ý nghĩa thống kê là điều mong muốn. Ngược lại, các biến số Analysis of variance này cần phải đạt mức có ý nghĩa để mô hình có tính thực nghiệm. Trong mô hình bề mặt đáp ứng RSM được thiết kế BBD là phù hợp với giá trị $p < 0,05$ và p của Lack of fit cao hơn 0,05. Giá trị p được sử dụng để kiểm tra tầm quan trọng của hệ số tuyến tính và bậc hai trong phân tích dữ liệu Bảng 4. Giá trị R^2 hiệu chỉnh cũng được dùng để phản ánh sự phù hợp của mô

hình tối ưu hoá và phải đạt lớn hơn 0,8 [42]. Ngoài ra, ở Bảng 4 cho thấy giá trị R^2 và R^2_{adj} trong mô hình lần lượt là 0,95 và 0,85. Phương trình hồi quy được phân tích dữ liệu bằng phần mềm JMP cho thấy ảnh hưởng của ba yếu tố X_1 (tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu), X_2 (công suất) và X_3 (thời gian xử lý) đến hàm lượng.

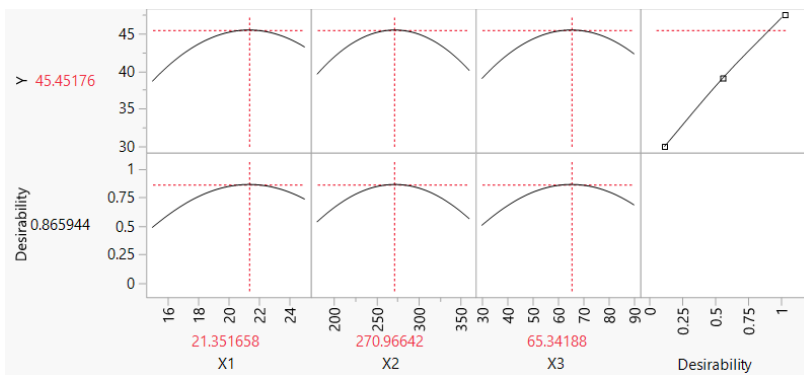
Sự thay đổi của hàm lượng saponin được biểu diễn thông qua phương trình sau:

$$Y = 45,013 + 2,221X_1 - 4,215X_1^2 - 5,608X_2^2 - 4,657X_3^2$$

Kết quả khi tiến hành tối ưu hoá thu được hàm lượng saponin đạt cao nhất là 45,45 mgOAE/gck khi trích ly tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu 21,35/1 v/v với công suất vi sóng đạt 270,96 W và thời gian xử lý 65,34 giây. Mô hình bề mặt đáp ứng và mô hình dự đoán kết quả được thể hiện ở Hình 4 và Hình 5.



Hình 4. Mô hình bề mặt đáp ứng (A, B, C) và đường đồng mức (D, E, F) thể hiện ảnh hưởng của các yếu tố (tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu, X_1 ; công suất vi sóng, X_2 ; thời gian xử lý vi sóng, X_3), ảnh hưởng của tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu và công suất (A, D), công suất vi sóng và thời gian xử lý (B, E), tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu và thời gian xử lý (C, F).



Hình 5. Mô hình dự kiến hàm lượng saponin

Dựa vào kết quả phân tích Anova trong ba giá trị b_1 , b_2 và b_3 . Yếu tố cho thấy có ảnh hưởng cao nhất đến quá trình tách chiết là b_1 được thể hiện rất rõ ở hàm mục tiêu. Giá trị P – value luôn có tác động ảnh hưởng rất lớn đến mức ý nghĩa thống kê của mô hình hồi quy. Hai hệ số b_{13} và b_{23} lại có sự tương tác xu hướng chiều dương nhưng $p > 0,05$ lại không tạo ra ảnh hưởng rõ rệt đối với giá trị của

Tối ưu hóa điều kiện thu nhận saponin từ lá *Ageratum conyzoides* L. bằng phương pháp hỗ trợ vi sóng

hàm mục tiêu. Bên cạnh đó, các giá trị có chiều hướng tiêu cực lần lượt là b_{11} , b_{22} và b_{33} điều này có thể thấy hàm mục tiêu sẽ giảm xuống. Tuy nhiên, ở b_2 , b_3 và b_{12} không có độ tin cậy và ý nghĩa cao $p > 0,05$. Hệ số hồi quy ở Bảng 3 đã chỉ ra các đơn yếu tố tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu (X_1) và đơn yếu tố bậc hai của tỷ lệ dung môi/ nguyên liệu (X_1^2), công suất (X_2^2) và thời gian (X_3^2) có ảnh hưởng đáng kể nhất đến hiệu suất thu nhận ($p < 0,05$).

Bảng 3. Hệ số hồi quy của mô hình

Coefficients	Conff. SC	Std. Err	P- value	Coefficients	Conff. SC	Std. Err	P- value
b_0	45,013	1,036	<,0001*	b_{13}	0,336	0,897	0,7236
b_1	2,221	0,634	0,0173*	b_{23}	0,819	0,897	0,4031
b_2	0,171	0,634	0,7897	b_{11}	-4,215	0,934	0,0063*
b_3	1,546	0,634	0,0589	b_{22}	-5,608	0,934	0,0018*
b_{12}	-0,23	0,897	0,8079	b_{33}	-4,657	0,934	0,0042*

Điều này, thể hiện b_2 , b_3 cùng với b_{12} không có tác động đáng kể đến hàm mục tiêu thu được. Công suất cao, thời gian dài và nồng độ dung môi cao dẫn đến giảm độ nhớt của hệ do nhiệt độ tăng lên, đồng thời thúc đẩy quá trình truyền khối, giúp saponin được hòa tan và thu hồi hiệu quả hơn từ nguyên liệu.

Bảng 4. Phân tích hồi quy của mô hình

Source	DF	Sum of squares	Mean sum of squares	F value	Prob >F
Model	9	289,861	32,206	10,001	
Error	5	16,100	3,220		
C. Total	14	305,962			0,0104*
Lack of fit	3	12,200	4,066		2,0857
Pure error	2	3,899	1,949		
Total error	5	16,100			0,3403
					Max RSq
					0,987

Coefficient of determination, $R^2 = 0,9473$, Adjusted $R^2 = 0,8526$

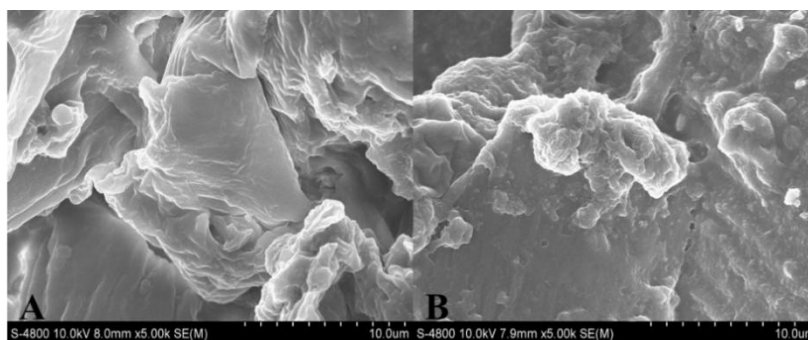
Kết quả thực nghiệm thực tế tại tâm thu được hàm lượng $45,013 \pm 1,40$ mgOAE/gck không có sự chênh lệch quá lớn $< 5\%$ so với dự kiến được trình bày ở Bảng 5. Điều này chỉ ra mô tả dự đoán của phương trình hồi quy tương thích với kết quả thực tế và có ý nghĩa thực tiễn. Tương tự, theo nghiên cứu một loài dược liệu khác cùng họ Asteraceae của Lê Thị Thêm và cộng sự đã ghi nhận hàm lượng saponin chiếm 10,8% trong lá *Launaea sarmentosa* gấp 2,37 lần so với hàm lượng trong lá *A. conyzoides* L. [43].

Bảng 5. Dự đoán hàm lượng saponin của *A. conyzoides* L. bằng mô hình và thực nghiệm ở mức tối ưu

Hàm lượng dự kiến (mgOAE/gck)	Hàm lượng thực nghiệm (mgOAE/gck)
45,45	$45,01 \pm 1,40$

3.5. Xác định hình thái của bột lá *A. conyzoides* L. thu được sau xử lý tối ưu hoá

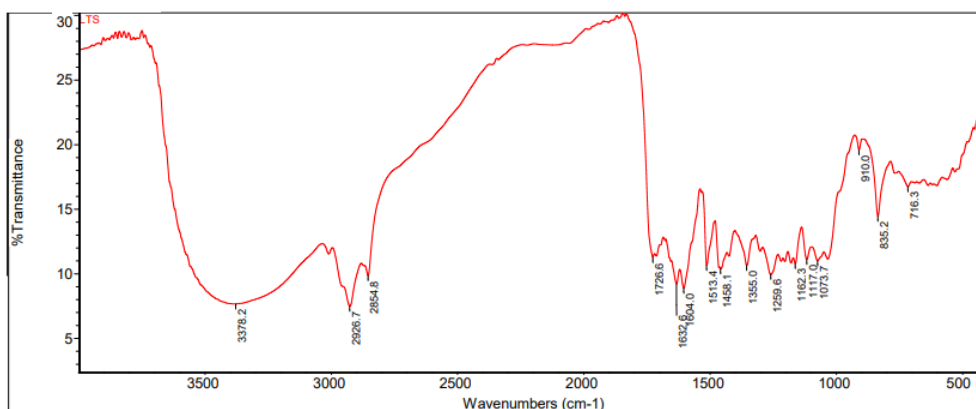
Hình thái bột lá *A. conyzoides* L. quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (SEM) ở độ phóng đại 500 lần cho thấy sự khác biệt giữa việc trước và sau khi xử lý bột. Bề mặt bột mẫu ở Hình 6A tương đối nhẵn mịn, các phiến mỏng đan xen xếp lớp, chưa có dấu hiệu bị phá vỡ cấu trúc. Hiệu quả tách chiết vượt trội dưới sự hỗ trợ vi sóng ($43,50 \pm 1,31$ mgOAE/gck) so với ngâm chiết ($28,04 \pm 1,15$ mgOAE/gck) có thể thấy rõ ở Hình 6B cho thấy sau khi xử lý vi sóng, cấu trúc tế bào của dược liệu bị phá vỡ, tạo ra các lỗ rỗng và bề mặt xốp. Điều này cho thấy sự gia nhiệt nhanh và cục bộ của dung môi phân cực dưới tác động của bức xạ điện từ, tạo ra áp suất hơi nước lớn bên trong tế bào, dẫn đến cấu trúc bị phá vỡ thúc đẩy quá trình khuếch tán và giải phóng chiết xuất ra ngoài [44].



Hình 6. Hình thái của bột lá *A. conyzoides* L. trước (A) và sau tối ưu hoá (B) với độ phóng đại $\times 500$ lần

3.6. Xác định cấu trúc saponin bằng phổ hồng ngoại FT-IR

Dữ liệu FT-IR thể hiện tín hiệu hấp thụ đặc trưng của những liên kết hóa học trong cấu trúc phân tử mẫu. Khi được khảo sát bằng bức xạ hồng ngoại, các dao động đặc trưng trong mẫu hình thành những vùng tín hiệu. Liên kết nhóm chức khi được chiếu xạ nếu có cùng tần số sẽ tạo ra tín hiệu hấp thụ xuất hiện tại những vùng số sóng nhất định cm^{-1} . Tương tự, phân tích quang phổ FT-IR của hợp chất saponin được thể hiện ở Hình 7.



Hình 7. Phổ FT-IR của chiết xuất *A. conyzoides* L.

Đài phổ FT-IR của Hình 7 cho thấy các tín hiệu đặc trưng của nhóm chức saponin. Vùng hấp thụ từ $3500 - 3000 \text{ cm}^{-1}$ cho thấy sự hiện diện của nhóm hydroxyl ($- \text{OH}$) với đỉnh $3378,2 \text{ cm}^{-1}$. Bên cạnh đó, sự kéo giãn mạch hydrocarbon ($\text{C} - \text{H}$) được khẳng định ở vùng $2926,7$ và $2854,8 \text{ cm}^{-1}$. Tiếp đến, các liên kết carbonyl ($\text{C} = \text{O}$) được ghi nhận qua đỉnh hấp thụ tại $1726,6 \text{ cm}^{-1}$. Trong đó, bước sóng hấp thụ $1632,6 \text{ cm}^{-1}$ thể hiện dao động uốn cong của liên kết đôi $\text{C} = \text{C}$ [45]. Cuối cùng, vùng hấp thụ $1200 - 900 \text{ cm}^{-1}$ ghi nhận sự kéo liên kết góc đường ($\text{C} - \text{O} - \text{C}$) [46]. Tương ứng, ở hai vùng hấp thụ 1620 cm^{-1} và 3410 cm^{-1} đều ghi nhận tín hiệu sự kéo giãn liên kết $\text{C} = \text{C}$ và hydroxyl [47]. Sự kéo giãn các đỉnh liên kết $\text{C} = \text{O}$ và $\text{C} - \text{H}$ được ghi nhận tín hiệu trong vùng $1708,19 \text{ cm}^{-1}$ và $2947,38 \text{ cm}^{-1}$ khi tiến hành xác định nhóm chức từ phổ FT-IR của saponin thô từ quả *Phoenix dactylifera* L. [48]. Tương tự, tín hiệu ghi nhận sự nhận diện liên kết glycoside cho thấy sự tồn tại của saponin từ vùng $1034,29$ đến $839,81 \text{ cm}^{-1}$ [49].

4. KẾT LUẬN

Từ kết quả thực nghiệm đã khảo sát khi tách chiết saponin từ lá *A. conyzoides* L. có hỗ trợ vi sóng thu được hàm lượng saponin cao nhất là $43,50 \pm 1,31 \text{ mgOAE/gck}$. Việc tối ưu hóa theo mô hình BBD, đã góp phần nâng cao hiệu quả thu được hàm lượng saponin dự kiến là $45,45 \text{ mgOAE/gck}$ tại điều kiện tối ưu: khi tỷ lệ DM/NL $21,35/1$ (v/w) với mức công suất $270,96 \text{ W}$ trong thời gian xử lý vi sóng $65,34$ giây. Sau khi tối ưu hóa, đã tiến hành xác định nhóm chức saponin và hình thái cấu trúc bột lá *A. conyzoides* L. bằng cách kết hợp phổ FT-IR và SEM. Kết quả từ FT-IR cho thấy các đỉnh trong vùng

vân tay của các liên kết gồm liên kết nhóm – OH, liên kết gốc đường (C – O – C), liên kết đôi carbon – carbon (C = C) và liên kết carbonyl (C = O), đặc trưng cho nhóm chức của saponin. Saponin là hợp chất tiềm năng với các hoạt tính như chống viêm, kháng khuẩn và chống oxy hóa. Do đó, việc hoàn thiện quy trình tách chiết và nâng cao độ tinh sạch saponin bằng phương pháp hiện đại sẽ là bước quan trọng hướng đến ứng dụng thực tiễn trong lĩnh vực y học và thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Kato-Noguchi and M. Kato, "Defense molecules of the invasive plant species *Ageratum conyzoides*", *Molecules*, vol. 29, no. 19, 2024, doi: <https://doi.org/10.3390/molecules29194673>.
- [2] Nguyễn Xuân Hương, "Y học cổ truyền Tuệ Tĩnh", *Hà Nội: Y học*, pp. 203, 2016.
- [3] Đỗ Tất Lợi, "Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam", pp. 65-66, 2013.
- [4] S. V. Vigil de Mello *et al.*, "Beneficial effect of *Ageratum conyzoides* Linn (Asteraceae) upon inflammatory response induced by carrageenan into the mice pleural cavity", *Journal of Ethnopharmacology*, vol. 194, pp. 337-347, 2016, doi:<https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.09.003>.
- [5] C. Tatli, II and E.I. Somuncuoglu, "Potential and prophylactic use of plants containing saponin-type compounds as antibiofilm agents against respiratory tract infections", *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2021, no. 1, 2021, doi: <https://doi.org/10.1155/2021/6814215>.
- [6] E. Moghimipour and S. Handali, "Saponin: Properties, Methods of Evaluation and Applications", *Annual Research & Review in Biology*, vol. 5, no. 3, pp. 207-220, 2015, doi: <https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/11674>.
- [7] J. Shi *et al.*, "Saponins from *Edible legumes*: chemistry, processing, and health benefits", *Journal of Medicinal Food*, vol. 7, no. 1, pp. 67-78, 2004, doi: <https://doi.org/10.1089/109662004322984734>.
- [8] Nguyễn Thị Kim Liên, "Khảo sát thành phần flavonoid trong cây Cỏ cứt lợn (*Ageratum conyzoides* L. Asteraceae)", *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Trường Đại học Nguyễn Tất Thành*, vol. 1, no. 2, 2018, doi: <https://doi.org/10.55401/80kwqh03>.
- [9] Phan Văn Trường *et al.*, "Nghiên cứu đặc điểm hình thái và phân tích thành phần tinh dầu của loài ngũ sắc (*Ageratum conyzoides* L.)", *Tạp chí Y Dược cổ truyền Việt Nam*, vol. 57, no. 04, pp. 57-62, 2024, doi: <https://doi.org/10.60117/vjmap.v57i04.316>.
- [10] Mai Như Phương, Trần Thị Thu Thủy, "Đánh giá khả năng kháng khuẩn của *Ageratum conyzoides* L. ức chế vi khuẩn *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* gây bệnh cháy bìa lá lúa", *TNU Journal of Science Technology*, vol. 228, no. 09, pp. 95-101, 2023, doi: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.7540>.
- [11] D. Bora *et al.*, "Synergistic action of essential oil of *Ageratum conyzoides*, *Cymbopogon citratus*, *Eucalyptus globulus*, and synthetic insecticides against the mosquito vector, *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae)", *The Journal of Basic and Applied Zoology*, vol. 86, no. 24, 2025, doi: <https://doi.org/10.1186/s41936-025-00443-8>.
- [12] P.M. Karthigai *et al.*, "Seasonal variation in chemical compositions and biological activities of essential oils extracted from *Ageratum conyzoides* L. - grown in Western Ghats Region-South India", *Plant Science Today*, vol. 11, no. 3, 2024, doi: <https://doi.org/10.14719/pst.4332>.
- [13] A.W. Chibuzo *et al.*, "Ecological Study and Phytochemical Analysis of *Ageratum conyzoides* in Three Selected States of South-East Nigeria", *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, vol. 10, no. 4, pp. 400-417, 2024, doi: <https://doi.org/10.9734/ajraf/2024/v10i4345>.
- [14] Đỗ Huy Bích, Đặng Quang Chung, Bùi Xuân Chương, "Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam tập 1", pp. 376 -377, 2003.
- [15] Trần Bảo Trâm *et al.*, "Đánh giá sinh trưởng và thành phần hoạt tính sinh học của nhân sâm Việt Nam (*Panax vietnamensis*) trồng tại Quảng Nam", *Tạp chí Khoa học ĐHQGHN: Khoa học*

- Tự nhiên và Công nghệ*, vol. 33, no. 2S, pp. 227-232, 2017, doi: <https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.4594>.
- [16] B. Dahmoune *et al.*, "Microwave assisted extraction of bioactive saponins from the starfish *Echinaster sepositus*: Optimization by response surface methodology and comparison with ultrasound and conventional solvent extraction", *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, vol. 163, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108359>.
- [17] Nguyễn Văn Bình, Phạm Thị Phương, "Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tách chiết saponin từ hạt chôm chôm", *Tạp chí Khoa học Đại học Tân Trào*, vol. 6, no. 17, pp. 42-46, 2020, doi: <https://doi.org/10.51453/2354-1431/2020/386>.
- [18] S. An, D. Niu *et al.*, "Total saponins isolated from *Corni fructus* via ultrasonic microwave-assisted extraction attenuate diabetes in mice", *Foods*, vol. 10, no. 3, 2021, doi: <https://doi.org/10.3390/foods10030670>.
- [19] Nguyễn Thị Ly *et al.*, "Tối ưu hóa quá trình chiết tách chất màu từ bắp cải tím bằng dung môi ethanol có sự hỗ trợ của sóng siêu âm", *Tạp chí Cơ khí Việt Nam*, số đặc biệt tháng 10 năm 2016, pp. 103-107, 2016.
- [20] Nguyễn Minh Hạ, Hà Anh Tùng, "Nghiên cứu thực nghiệm sấy chanh bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kết hợp hồng ngoại", *Tạp chí Khoa học Giáo dục Kỹ thuật*, vol. 66, pp.1-10, 2021, doi: <https://doi.org/10.54644/jte.66.2021.1056>.
- [21] C.Y. Cheok *et al.*, "Extraction and quantification of saponins: A review", *Food Research International*, vol. 59, pp. 16-40, 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.057>.
- [22] Hoàng Thị Ngọc Nhon *et al.*, "Nghiên cứu tinh sạch fucoidan thu nhận từ rong *Ceratophyllum submersum*", *Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm*, vol. 19, no. 1, pp. 104-113, 2019.
- [23] E. Madland, "Extraction, isolation and structure elucidation of saponins from *Herniaria incana*", *Norwegian University of Science and Technology*, 2013.
- [24] Anh V. Le *et al.*, "Improving the vanillin-sulphuric acid method for quantifying total saponins", *Technologies*, vol. 6, no. 3, 2018, doi: <https://doi.org/10.3390/technologies6030084>.
- [25] Hoàng Tấn Quảng *et al.*, "Ảnh hưởng của môi trường nuôi cấy lên sinh trưởng của callus cây giao cô lam (*Gynostemma pentaphyllum* (Thunb.) Makino) - Một cây dược liệu có giá trị", *Tạp chí Khoa học Đại học Huế: Khoa học Tự nhiên*, vol. 130, no. 1C, pp. 127-137, 2021, doi: <https://doi.org/10.26459/hueunijns.v130i1C.6364>.
- [26] E. Oskoucian *et al.*, "Antioxidant, anti-inflammatory and anticancer activities of methanolic extracts from *Jatropha curcas* Linn", *Journal of Medicinal Plants Research*, vol. 5, no. 1, pp. 49-57, 2011.
- [27] Phạm Thị Kim Ngọc, "Tối ưu hóa quá trình thu nhận flavonoid từ củ cải trắng *Raphanus sativus* với sự hỗ trợ của vi sóng", *Đề tài nghiên cứu khoa học, Trường Đại học Bà Rịa - Vũng Tàu*, 2017.
- [28] Võ Tấn Thanh *et al.*, "Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng trích ly hợp chất polyphenol và flavonoid từ lá dâu tằm (*Moruss alba* L.)", *Tạp chí Khoa học Đại học Đồng Tháp*, vol. 12, no. 8, pp. 88-94, 2023, doi: <https://doi.org/10.52714/dthu.12.8.2023.1156>.
- [29] Hoang Thanh Duong *et al.*, "Optimization of subcritical fluid extraction for total saponins from *Hedera nepalensis* leaves using response surface methodology and evaluation of its potential antimicrobial activity", *Processes*, vol. 10, no. 7, 2022, doi: <https://doi.org/10.3390/pr10071268>.
- [30] Nguyễn Nhật Minh Phương, Nguyễn Hữu Nhân, "Khảo sát các điều kiện thích hợp cho quá trình trích ly chlorophyll bằng ethanol từ cây lá dứa (*Pandanus amaryllifolius* Roxb.) và ổn định các hợp chất chống oxy hóa trong sản phẩm khô", *Can Tho University Journal of Science*, vol. 58, no. 6, pp. 117-125, 2022, doi: <https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2022.250>.
- [31] Hoang Van Chuyen, "Extraction of saponins, total soluble solids and antioxidant activity from *Polyscias fruticosa* roots," *Food Research*, vol. 7, no. 3, pp. 42-47, 2023, doi: [10.26656/fr.2017.7\(3\).019](https://doi.org/10.26656/fr.2017.7(3).019).

- [32] Trần Chí Nhân *et al.*, "Ảnh hưởng của vi sóng và sóng siêu âm đến hiệu quả trích ly chất xơ từ vỏ xoài cát chu (*Mangifera indica* L.) bằng công nghệ enzyme", *Tạp chí khoa học Đại học Cần Thơ*, vol. 60, no. SDMD, pp. 98-105, 2024, doi: <https://doi.org/10.22144/ctu.jos.2024.441>.
- [33] Mạc Xuân Hòa *et al.*, "So sánh hiệu quả trích ly chất màu betacyanin từ vỏ quả thanh long bằng vi sóng và siêu âm" *Tạp chí Khoa học công nghệ và Thực phẩm*, vol. 12, no. 1, pp. 59-66, 2017.
- [34] J.B. Ji *et al.*, "Improvement of leaching process of *Geniposide* with ultrasound", *Ultrasonics Sonochemistry*, vol. 13, no. 5, pp. 455-462, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2005.08.003>.
- [35] Nguyen Thao Thi Nguyen *et al.*, "Aqueous ultrasound-assisted extraction of phenolics and saponins from Xao Tam Phan plant parts: Optimization and comparison of extraction efficiency", *Journal of Technical Education Science*, vol. 19, no. 03, pp. 77-88, 2024.
- [36] A. Altemimi *et al.*, "Phytochemicals: Extraction, isolation, and identification of bioactive compounds from plant extracts", *Plants*, vol. 6, no. 4, 2017, doi: <https://doi.org/10.3390/plants6040042>.
- [37] Nguyễn Văn Huệ, "Các điều kiện ảnh hưởng đến quá trình trích ly saponin từ sâm bố chính (*Abelmoschus sagittifolius*) được trồng tại huyện A Lưới, tỉnh Thừa Thiên Huế", *Tạp chí điện tử Khoa học và Công nghệ Nông nghiệp*, vol. 8, no. 1, pp. 4111-4121, 2024, doi: <https://doi.org/10.46826/luaf-jasat.v8n1y2024.1093>.
- [38] Trần Chí Nhân *et al.*, "Ảnh hưởng của vi sóng và sóng siêu âm đến hiệu quả trích ly chất xơ từ vỏ xoài cát chu (*Mangifera indica* L.) bằng công nghệ enzyme", *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, vol. 60, no. SDMD, pp. 98-105, 2024.
- [39] J.J. Park and W.Y.J. Lee, "Prediction of optimal microwave extraction conditions for functional compounds from *Agrimonia pilosa* Ledeb using response surface methodology", *Korean Journal of Medicinal Crop Science*, vol. 24, no. 4, pp. 263-270, 2016, doi: <https://doi.org/10.7783/KJMCS.2016.24.4.26>.
- [40] Nguyễn Thị Diễm Trinh *et al.*, "Ảnh hưởng của vi sóng đến trích ly flavonoid từ lá trứng cá", *Tạp chí Công Thương*, vol. 18, pp. 72-77, 2020.
- [41] Y. Chen *et al.*, "Application of response surface methodology to optimize microwave-assisted extraction of polysaccharide from *Tremella*" *Physics Procedia*, vol. 24, part A, pp. 429-433, 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2012.02.063>.
- [42] Nguyễn Thị Ái Lan, Trần Chí Linh, "Tối ưu hóa quy trình chiết xuất polyphenol và flavonoid từ lá cây sa kê (*Artocarpus altilis*)", *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 227, no. 10, pp. 47-55, 2022, doi: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.5924>.
- [43] L.T. Them *et al.*, "Saponin, polyphenol, flavonoid content and α -glucosidase Inhibitory activity, antioxidant potential of *Launaea sarmentosa* leaves grown in Ben Tre province, Vietnam", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 542, no. 1, 2019, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/542/1/012036>.
- [44] Trần Ngọc Quang, "Nghiên cứu tách chiết caffeine từ hạt cà phê bằng phương pháp trích ly dung môi có hỗ trợ vi sóng", *Tạp chí khoa học - Công nghệ thủy sản*, vol. 02, pp. 013-021, 2024, doi: <https://doi.org/10.53818/jfst.02.2024.178>.
- [45] N. Abidi, "FT-IR Microspectroscopy", *Springer*, 2021.
- [46] S. Rai *et al.*, "Characterization of saponins from the leaves and stem bark of *Jatropha curcas* L. for surface-active properties", *Heliyon*, vol. 9, no. 5, 2023, doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e15807>.
- [47] Z.-W. Ma *et al.*, "Porous biochar derived from tea saponin for supercapacitor electrode: Effect of preparation technique". *Journal of Energy Storage*, vol. 40, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.102773>.
- [48] M. Adnan *et al.*, "Saponin-derived silver nanoparticles from *Phoenix dactylifera* (Ajwa Dates) exhibit broad-spectrum bioactivities combating bacterial infections", *Antibiotics (Basel)*, vol. 12, no. 9, 2023, doi: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12091415>.

- [49] S. Akbari *et al.*, "Determination of phenolics and saponins in *fenugreek* seed extracted via microwave-assisted extraction method at the optimal condition", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 736, no. 2, 2020, doi: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/736/2/022024>.

ABSTRACT

OPTIMIZATION OF SAPONIN EXTRACTION FROM *Ageratum conyzoides* L. LEAVES USING MICROWAVE-ASSISTED EXTRACTION

Nguyen Thu Minh, Vo Thi Cam Quyen,

Hoang Thi Ngoc Nhon, Le Thi Hong Anh*

Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

*Email: anhlth@huit.edu.vn

Ageratum conyzoides L. is a valuable medicinal plant widely used in traditional medicine. Among its parts, leaves are particularly rich in saponins, a class of bioactive natural compounds known for their diverse pharmacological properties and potential industrial applications. This study aimed to determine the parameters affecting saponin extraction from *A. conyzoides* L. leaves using solvent-assisted extraction, ultrasound-assisted extraction and microwave-assisted extraction. The results showed that among the three extraction methods, solvent-assisted extraction (28.04 ± 1.15 mgOAE/gck), ultrasound-assisted (36.46 ± 0.36 mgOAE/gck), and microwave-assisted extraction yielded saponin contents of (43.50 ± 1.31 mgOAE/gck), indicating that the microwave-assisted method was the most efficient. With the above conditions, the optimal microwave method obtained the maximum saponin content of 45.45 mgOAE/gck when the raw solvent /material ratio was 21.35/1 v/w with a microwave power of 270.96 W and a microwave time of 65.34 seconds. In addition, SEM micrographs showed changes in the powder's cellular structure after extraction under optimized conditions, compared with the raw material. Furthermore, FT-IR analysis confirmed functional groups characteristic of saponin compounds in the *A. conyzoides* L. leaves extract. These results provide a scientific basis for exploiting saponins from *A. conyzoides* L. leaves, contribute to the effective utilization of locally abundant natural resources in Vietnam, and demonstrate potential applications in pharmaceutical and functional food product development. Therefore, the extraction of saponins from *A. conyzoides* L. leaves is considered essential, as it provides scientific and practical value while supporting the pursuit of sustainable development objectives.

Keywords: *Ageratum conyzoides* L., solvent-assisted extraction, saponin, optimization, ultrasound-assisted extraction, microwave-assisted extraction.