

NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH TRÍCH LY SAPONIN TỪ CẢI BỆ XANH *BRASSICA JUNCEA* BẰNG PHƯƠNG PHÁP HỖ TRỢ SIÊU ÂM

TRẦN KHÁNH LINH¹ - HOÀNG THỊ NGỌC NHƠN^{1*}

¹Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

Ho Chi Minh City University of Industry and Trade

*Email: nhonhtn@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 22/6/2026

Ngày sửa bài: 9/7/2026

Ngày duyệt đăng bài: 23/7/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu xác định ảnh hưởng đáng kể của các thông số vận hành đến quá trình trích ly saponin từ cải bẹ xanh (*Brassica juncea*) bằng phương pháp hỗ trợ siêu âm. Kết quả thực nghiệm đơn yếu tố cho thấy, hàm lượng saponin tổng số biến thiên rõ rệt và đều tồn tại ngưỡng giá trị tối ưu. Cụ thể, hàm lượng saponin đạt cực đại $27,10 \pm 0,01$ mg/g chất khô (CK) khi siêu âm 20 phút và đạt $25,78 \pm 0,01$ mg/g CK tại biên độ 50%; việc tiếp tục tăng các thông số này làm giảm hiệu suất do nguy cơ phân hủy hoạt chất. Về hệ dung môi, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi tối ưu 1/25 w/v cho hàm lượng $46,13 \pm 0,01$ mg/g CK. Với dung môi ethanol-nước, nồng độ 70% và 80% đạt hiệu quả cao nhất (tương đương $59,31 \pm 0,01$ và $59,12 \pm 0,01$ mg/g CK) trước khi giảm ở 90% ($51,68 \pm 0,01$ mg/g CK). Các kết quả này cung cấp cơ sở dữ liệu khoa học về khoảng biến thiên và các mốc tối ưu cho các bước tối ưu hóa tiếp theo.

Từ khóa: *Brassica juncea*, cải bẹ xanh, saponin, siêu âm

Ultrasound-assisted extraction of saponins from mustard greens (*Brassica juncea*)

Abstract:

This study investigates the effects of operating parameters on ultrasound-assisted extraction of saponins from mustard greens (*Brassica juncea*). Single-factor experiments revealed clear optimum ranges for extraction time, ultrasound amplitude, solid-to-solvent ratio, and ethanol concentration. Total saponin content reached 27.10 ± 0.01 mg/g DW after 20 minutes of ultrasonication and 25.78 ± 0.01 mg/g DW at 50% amplitude, while further increases reduced extraction efficiency, likely because of compound degradation. A solid-to-solvent ratio of 1:25 (w/v) yielded 46.13 ± 0.01 mg/g DW. In the ethanol–water system, 70% and 80% ethanol achieved the highest extraction efficiencies, at 59.31 ± 0.01 and 59.12 ± 0.01 mg/g DW, respectively. These findings provide a scientific basis for subsequent optimization of saponin recovery from mustard greens.

Keywords: *Brassica juncea*, mustard greens, saponin, ultrasound-assisted extraction

1. Đặt vấn đề

Cải bẹ xanh (*Brassica juncea*) là loại rau ăn lá giàu dinh dưỡng, sở hữu phong phú các hợp chất sinh học, trong đó nổi bật là saponin - nhóm hợp chất glycoside có đặc tính lưỡng tính cùng nhiều hoạt tính quý như kháng khuẩn, chống oxy hóa, kháng viêm và hạ cholesterol (Cartea và cộng sự, 2010; Vikas và cộng sự, 2011). Tuy nhiên, các nghiên cứu chuyên sâu về việc khảo sát và thu nhận saponin từ cải bẹ xanh hiện vẫn còn rất hạn chế (Tiên và cộng sự, 2021). Mặt khác, việc trích ly saponin trước đây chủ yếu dựa vào các phương pháp truyền thống như ngâm chiết hoặc đun hồi lưu, vốn tốn nhiều thời gian, tiêu tốn lượng lớn dung môi và dễ làm nhiệt phân các hoạt chất nhạy cảm (Azmir và cộng sự, 2013). Để giải quyết khoảng trống nghiên cứu này, việc ứng dụng trích ly hỗ trợ siêu âm (UAE) - một công nghệ xanh tiên tiến sử dụng hiện tượng xâm thực sóng để phá vỡ thành tế bào và tăng tốc độ hòa tan - được thực hiện nhằm tối ưu hóa hiệu suất thu hồi saponin từ cải bẹ xanh một cách nhanh chóng, an toàn và hiệu quả.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

2.1.1. Vật liệu nghiên cứu

Nguyên liệu được lựa chọn nghiên cứu là toàn bộ cây *B. juncea* (trừ rễ) được trồng theo đạt chuẩn VietGAP thu mua tại quận 12, thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Sau đó, *B. juncea* được vận chuyển đến phòng thí nghiệm cùng ngày để xử lý bụi bẩn và làm sạch. Nguyên liệu được sấy khô bằng tủ sấy ở nhiệt độ 60°C cho đến khi độ ẩm của mẫu khô đạt dưới 10% (độ ẩm của mẫu khô được phân tích bằng cân sấy ẩm hồng ngoại ở 105°C). Nguyên liệu *B. juncea* được xay mịn bằng máy xay cơ học, tiếp tục sàng qua rây có kích thước 0,3 mm để tạo ra bột nguyên liệu đồng nhất. Bột được bảo quản trong túi PE dày và cấp đông ở -20°C, tránh ánh sáng và mẫu được sử dụng cho toàn bộ thí nghiệm.

2.1.2. Hóa chất

Các hóa chất và dung môi sử dụng trong nghiên cứu này đều thuộc loại tinh khiết phân tích (AR) và được mua từ hãng Xilong (Trung Quốc), bao gồm: ethanol (96%), acid acetic (99%), vanillin (99%), natri hydroxid (NaOH, 99,5%), ethyl acetat (99%), và acid perchloric HClO₄ (90%).

2.1.3. Thiết bị

Quá trình trích ly được hỗ trợ bởi thiết bị siêu âm dạng đầu dò Vibra-Cell™ (Hãng Sonics & Materials, Mỹ) hoạt động ở tần số cố định 20 kHz. Thiết bị được tích hợp hệ thống điều khiển kỹ thuật số cho phép thiết lập linh hoạt các thông số vận hành bao gồm: thời gian trích ly (Time), biên độ sóng (Amplitude) kiểm soát cường độ năng lượng truyền vào mẫu, và chế độ phát xung (Pulse) cho phép cài đặt độc lập thời gian phát sóng và thời gian nghỉ nhằm hạn chế hiện tượng quá nhiệt trong quá trình xử lý.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Cân 2g bột nguyên liệu và bổ sung dung môi với các điều kiện thích hợp như tỷ lệ nguyên liệu:dung môi (1/10, 1/15, 1/20, 1/25, 1/30 w/v), nồng độ dung môi ethanol (50, 60, 70, 80, 90%), tiến hành siêu âm trong thời gian (10, 15, 20, 25, 30 phút) với biên độ siêu âm (30, 40, 50, 60, 70%). Sau khi trích ly đem đi ly tâm bằng máy ly tâm ở tốc độ 5000 rpm trong 15 phút để thu dịch chiết và lọc qua giấy lọc thu dịch trong. Xác định hàm lượng saponin bằng phương pháp đo quang UV-Vis của Zhaobao X. và cộng sự ở bước sóng 550 nm (Zhaobao và cộng sự, 2001).

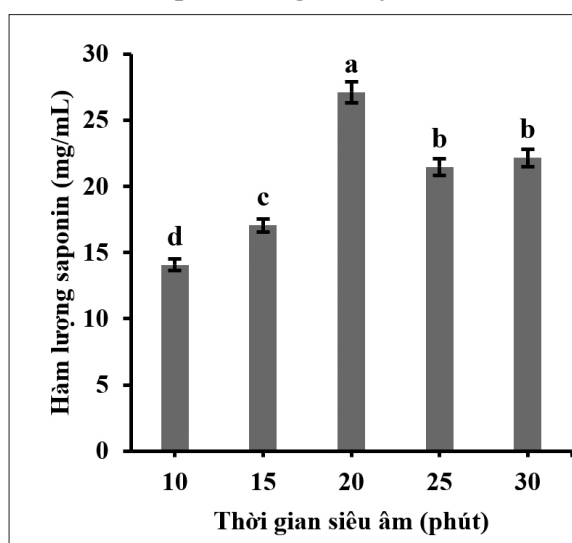
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến khả năng thu nhận saponin từ *B. juncea*

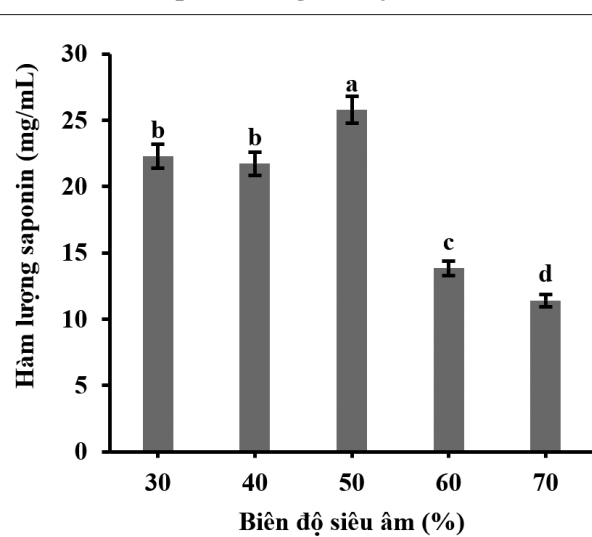
Để thu được hầu hết các hợp chất sinh học mong muốn thì việc xác định thời gian của quá trình trích ly là điều cần thiết. Kết quả khảo sát thời gian trích ly saponin bằng phương pháp sử dụng sóng siêu âm được thể hiện qua biểu đồ ở Hình 1. Có thể thấy, hàm lượng saponin thu được tăng dần khi kéo dài thời gian siêu âm từ 10 phút ($14,08 \pm 0,01$ mg/g CK) đến 20 phút ($27,1 \pm 0,01$ mg/g CK) thì hàm lượng saponin thu được đạt giá trị cực đại. Sau đó, giá trị này giảm dần từ 25 phút ($21,65 \pm 0,01$ mg/g CK) đến 30 phút ($22,15 \pm 0,01$ mg/g CK). Điều này cho thấy, thời gian siêu âm ảnh hưởng đáng kể đến khả năng thu hồi saponin trong quá trình trích ly. Ở giai đoạn đầu, sự gia tăng hàm lượng saponin có thể được cho là bởi hiệu ứng xâm thực của sóng siêu âm như đã giải thích; tuy nhiên, khi kéo dài thời gian siêu âm vượt quá 20 phút, hàm lượng saponin có xu hướng giảm. Hiện tượng này có thể liên quan đến sự phân hủy một phần hợp chất dưới tác động kéo dài của xâm thực, sự gia tăng nhiệt cục bộ hoặc quá trình tái hấp phụ các hợp chất đã hòa tan trở lại bề mặt nguyên liệu.

Ngoài ra, trong điều kiện siêu âm kéo dài, các điểm nóng vi mô hình thành từ sự sụp đổ của bọt khí có thể gây biến đổi cấu trúc của saponin, làm giảm hàm lượng xác định được. Xu hướng tồn tại một thời gian tối ưu, sau đó hiệu suất chiết giảm khi tiếp tục kéo dài quá trình siêu âm, cũng đã được ghi nhận trong nhiều nghiên cứu về chiết xuất hợp chất tự nhiên bằng siêu âm (Dai & Mumper, 2010). Do đó, thời gian trích ly 20 phút được xem là điều kiện phù hợp để áp dụng cho các thí nghiệm tiếp theo, đảm bảo hiệu suất thu hồi cao đồng thời hạn chế nguy cơ phân hủy hợp chất dưới tác động siêu âm kéo dài.

Hình 1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của thời gian siêu âm đến khả năng thu nhận saponin tổng từ *B. juncea*



Hình 2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của biên độ siêu âm đến khả năng thu nhận saponin tổng từ *B. juncea*



3.2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của biên độ siêu âm đến khả năng thu nhận saponin từ *B. juncea*

Từ kết quả khảo sát (Hình 2) có thể thấy, biên độ siêu âm có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng saponin thu được. Trong khoảng khảo sát từ 30-70%, hàm lượng saponin tăng từ $22,28 \pm 0,01$ mg/g CK mg/mL ở biên độ 30% lên giá trị cao nhất $25,78 \pm 0,01$ mg/g CK tại biên độ 50%, sau đó giảm đáng kể xuống $13,85 \pm 0,01$ mg/g CK và $11,41 \pm 0,01$ mg/g CK tương ứng ở các mức 60% và 70%. Xu hướng này cho thấy,

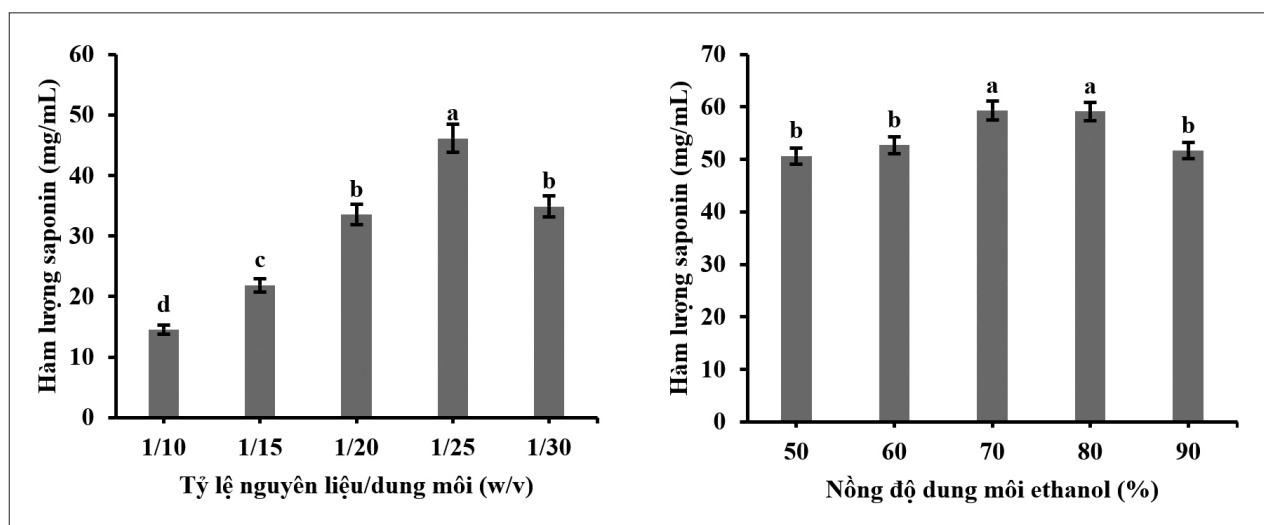
việc tăng biên độ siêu âm từ 30% đến 50% đã làm tăng cường hiện tượng xâm thực âm học, tạo ra lực cắt cơ học mạnh giúp phá vỡ cấu trúc thành tế bào, tăng khả năng tiếp xúc giữa dung môi và nguyên liệu, từ đó thúc đẩy quá

trình giải phóng và khuếch tán saponin vào môi trường chiết. Tuy nhiên, khi biên độ tiếp tục tăng lên 60-70%, hàm lượng saponin giảm mạnh, có thể do năng lượng siêu âm quá lớn làm gia tăng nhiệt độ cục bộ và cường độ va chạm của các bọt khí xâm thực, dẫn đến sự phân hủy hoặc biến đổi một phần cấu trúc của hợp chất saponin, đồng thời làm giảm hiệu quả truyền khối trong quá trình chiết. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Gavrilă và cộng sự (2022) khi trích ly saponin từ lá thường xuân (*Hedera helix* L.) bằng siêu âm, trong đó hiệu suất thu hồi saponin đạt giá trị cao nhất ở mức năng lượng siêu âm trung bình và giảm khi tăng cường độ xử lý quá mức (Gavrilă và cộng sự, 2022). Tương tự, Espinoza và cộng sự (2021) cũng ghi nhận biên độ siêu âm là một trong những thông số quan trọng ảnh hưởng đến hiệu quả trích ly, tuy nhiên chỉ tồn tại một khoảng giá trị tối ưu nhất định; khi vượt quá ngưỡng này, hiệu suất thu hồi hoạt chất có xu hướng giảm do tác động bất lợi của năng lượng siêu âm cao (Espinoza và cộng sự, 2021). Do đó, trong điều kiện nghiên cứu này, biên độ siêu âm 50% được xem là điều kiện phù hợp nhất để thu nhận hàm lượng saponin cao nhất và được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo.

3.3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu:dung môi đến khả năng thu nhận saponin từ *B. juncea*

Nhằm tiết kiệm dung môi và đảm bảo khả năng tiếp xúc tối ưu với nguyên liệu để thu được lượng hợp chất sinh học cao nhất, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi cần được khảo sát kỹ lưỡng. Sự thay đổi hàm lượng saponin trích ly bằng sóng siêu âm theo tỷ lệ nguyên liệu/dung môi được thể hiện qua biểu đồ ở Hình 3.

Hình 3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/dung môi đến khả năng thu nhận saponin tổng từ *B. juncea*



Kết quả khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nguyên liệu/dung môi (Hình 3) cho thấy, hàm lượng saponin thu được từ 1/10 w/v đến 1/20 w/v có xu hướng tăng dần (từ $14,54 \pm 0,01$ mg/g CK đến $33,55 \pm 0,01$ mg/g CK) và đạt cực đại ở tỷ lệ 1/25 w/v với hàm lượng thu được là $46,13 \pm 0,01$ mg/g CK. Tuy nhiên, ở tỷ lệ 1/30 (w/v), hàm lượng saponin có xu hướng giảm. Tỷ lệ nguyên liệu/dung môi ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình truyền khối giữa nguyên liệu và dung môi. Khi lượng dung môi thấp, sự chênh lệch nồng độ giữa

pha rắn và pha lỏng không đủ lớn, làm giảm tốc độ khuếch tán của saponin từ tế bào thực vật vào dung môi. Khi tăng tỷ lệ dung môi, khả năng thấm ướt nguyên liệu và hòa tan saponin được cải thiện, đồng thời gradient nồng độ được duy trì, thúc đẩy quá trình khuếch tán và nâng cao hiệu suất trích ly. Tuy nhiên, nếu tiếp tục tăng lượng dung môi vượt quá mức tối ưu, hiệu suất thu hồi saponin

chỉ tăng không đáng kể do quá trình truyền khối dần đạt trạng thái cân bằng, trong khi chi phí thu hồi dung môi và năng lượng cho quá trình cô đặc tăng lên (Dai & Mumper, 2010). Do đó, tỷ lệ 1/25 (w/v) có thể được xem là điều kiện phù hợp hơn cho quá trình chiết saponin trong nghiên cứu này.

3.4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ ethanol đến khả năng thu nhận saponin từ *B. juncea*

Ethanol là dung môi phổ biến trong trích ly các hợp chất tự nhiên nhờ tính an toàn, thân thiện với môi trường và khả năng hòa tan tốt các chất phân cực lẫn kém phân cực. Kết quả ảnh hưởng của nồng độ ethanol đến hiệu suất trích ly bằng sóng siêu âm được thể hiện qua biểu đồ ở Hình 4. Trong khoảng khảo sát từ 50-90% được thể hiện qua Hình 4, hàm lượng saponin tăng từ $50,63 \pm 0,02$ mg/g CK ở nồng độ ethanol 50% lên $52,70 \pm 0,02$ mg/g CK ở 60% và đạt giá trị cao nhất lần lượt là $59,12 \pm 0,01$ mg/g CK và $59,31 \pm 0,01$ mg/g CK tại các nồng độ 80% và 70%, sau đó giảm xuống còn $51,68 \pm 0,01$ mg/g CK khi nồng độ ethanol tăng lên 90%. Xu hướng này có thể được giải thích bởi sự thay đổi độ phân cực của hệ dung môi ethanol-nước. Khi tăng nồng độ ethanol từ 50% lên 70-80%, độ phân cực của dung môi trở nên phù hợp hơn với đặc tính hòa tan của saponin, đồng thời nước trong hỗn hợp dung môi góp phần làm trương nở cấu trúc tế bào thực vật, tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình khuếch tán hoạt chất vào môi trường chiết.

Tuy nhiên, khi nồng độ ethanol tăng đến 90%, hàm lượng nước trong hệ giảm đáng kể, làm hạn chế khả năng trương nở của nguyên liệu và giảm hiệu quả truyền khối, dẫn đến sự suy giảm hàm lượng saponin thu hồi. Kết quả này phù hợp với nhiều nghiên cứu gần đây về trích ly saponin bằng dung môi ethanol, trong đó nồng độ ethanol tối ưu thường nằm trong khoảng 60-80%. Cụ thể, Gavrilă và cộng sự (2022) ghi nhận hiệu suất thu hồi saponin từ lá thường xuân (*Hedera helix* L.) đạt cao nhất khi sử dụng hệ dung môi ethanol-nước có độ phân cực trung bình, trong khi nồng độ ethanol quá cao làm giảm hiệu quả chiết (Gavrilă và cộng sự, 2022). Do đó, trong điều kiện nghiên cứu này, nồng độ ethanol 70% được xem là điều kiện phù hợp cho quá trình trích ly saponin và được lựa chọn cho các thí nghiệm tiếp theo

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã xác định thành công ảnh hưởng của các thông số kỹ thuật cốt lõi đến hiệu suất thu hồi hàm lượng saponin tổng số từ cải bẹ xanh (*Brassica juncea*) bằng phương pháp trích ly hỗ trợ siêu âm (UAE). Qua quá trình khảo sát đơn yếu tố, các mức điều kiện phù hợp nhất đã được xác định cụ thể, bao gồm: thời gian siêu âm 20 phút (đạt $27,1 \pm 0,01$ mg/g CK), biên độ siêu âm 50% (đạt nhất $25,78 \pm 0,01$ mg/g CK), tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/25 w/v (đạt $46,13 \pm 0,01$ mg/g CK), và nồng độ dung môi ethanol 70% (đạt $59,31 \pm 0,01$ mg/g CK). Việc vượt quá các ngưỡng tối ưu này đều dẫn đến sự suy giảm hàm lượng hoạt chất thu nhận, do tác động tiêu cực của năng lượng siêu âm cao và sự thay đổi độ phân cực của hệ dung môi. Những kết quả thực nghiệm trên không chỉ khẳng định UAE là một giải pháp công nghệ xanh, hiệu quả vượt trội so với phương pháp truyền thống trong việc phá vỡ cấu trúc tế bào để giải phóng hoạt chất, mà còn cung cấp cơ sở dữ liệu nền tảng quan trọng cho các nghiên cứu chuyên sâu ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Phạm Thị Mỹ Tiên, Đinh Thị Hồng Thùy, Nguyễn Đăng Trường, Trần Ngọc Danh, Trần Quốc Trung, Hồ Hiệp Thành, Nguyễn Thị Thảo Minh, Trần Chí Hải (2021). Nghiên cứu quá trình trích ly saponin tổng với sự hỗ trợ của sóng siêu âm và đánh giá hoạt tính sinh hoạt của cao chiết từ sâm bô chính (*Abelmoschus sagittifolius*). Tạp chí Khoa học Công nghệ và Thực phẩm, 22.
- Azmir, J., Zaidul, I. S. M., Rahman, M. M., Sharif, K. M., Mohamed, A., Sahena, F., Jahurul, M. H. A., Ghafoor, K., Norulaini, N. A., & Omar, A. K. (2013). Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. *Journal of Food Engineering*, 117(4), 426-436. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.01.014>.
- Cartea, M. E., Francisco, M., Soengas, P., & Velasco, P. (2010). Phenolic compounds in Brassica vegetables. *Molecules*, 16(1), 251-280. <https://doi.org/10.3390/molecules16010251>.
- Dai, J., & Mumper, R. J. (2010). Plant phenolics: extraction, analysis and their antioxidant and anticancer properties. *Molecules*, 15(10), 7313-7352. <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>.
- Espinoza, C. R., Ruiz, C. A. J., Ramos, O. P. F., Solano, M. A. Q., Quiñonez, G. H., & Mallma, N. E. S. (2021). Optimization of the ultrasound-assisted extraction of saponins from quinoa (*Chenopodium quinoa* wild) using response surface methodology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 20(1), 17-23. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2021.0859>.
- Gavrila, A. I., Tatia, R., Seciu-Grama, A.-M., Tarcomnicu, I., Negrea, C., Calinescu, I., Zalaru, C., Moldovan, L., Raiciu, A. D., & Popa, I. (2022). Ultrasound assisted extraction of saponins from *Hedera helix* L. and an in vitro biocompatibility evaluation of the extracts. *Pharmaceuticals*, 15(10), 1197. https://doi.org/10.3390/ph15101197?urlappend=%3Futm_source%3Dresearchgate.net%26utm_medium%3Darticle.
- Vikas, K., Ajit, K. T., Narottam, D. B., & Shyam, S. C. (2011). Therapeutic potentials of *Brassica juncea*: an overview. *CellMed*, 1(1), 2-2. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.5677/tang.2011.0005>.
- Zhaobao, X., Chunhong, T., Gang, C., & Zhisong, S. (2001). Studied on colorimetric determination of oleanolic acid in Chinese quince. *Natural Product Research and Development*, 13(4), 23-26. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.117853>.