

# ÁP DỤNG CÁC PHƯƠNG PHÁP RA QUYẾT ĐỊNH ĐA TIÊU CHÍ ĐỂ XÁC ĐỊNH NỒNG ĐỘ ETHANOL CHIẾT XUẤT LOÀI XOAN LEO

APPLYING OF MULTI - CRITERIA DECISION MAKING METHODS TO DETERMINE ETHANOL CONCENTRATION FOR EXTRACTING *CARDIOSPERMUM HALICACABUM* L.

Hoàng Lương Hải Yến<sup>1,\*</sup>, Hoàng Quang Minh<sup>1</sup>,  
Trần Thị Nhuận<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Hương Quỳnh<sup>1</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/huieh5804.2025.202>

## TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện với mục đích xác định nồng độ ethanol tốt nhất khi chiết xuất loài xoan leo. Xoan leo đã được chiết xuất bằng phương pháp chiết có hỗ trợ siêu âm (với sáu giá trị nồng độ ethanol gồm 20%, 30%, 40%, 50%, 70% và 96%). Các dịch chiết thu được đã được đánh giá hàm lượng polyphenol tổng, hàm lượng saponin tổng và hoạt tính kháng oxi hóa theo khả năng bắt giữ gốc tự do 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). Ba phương pháp xếp hạng khác nhau đã được sử dụng để xác định giá trị nồng độ dung môi cho quá trình chiết xuất là WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment), COPRAS (Complex Proportional Assessment) và TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). Khi sử dụng cả ba phương pháp này, nồng độ dung môi ethanol 70% cho kết quả chiết xuất tốt nhất trong số sáu phương án đã khảo sát. Ứng với nồng độ dung môi này, dịch chiết xoan leo thu được có giá trị hàm lượng polyphenol, saponin và hoạt tính kháng oxi hóa DPPH tương ứng là 12,142 (mg GAE/g CK), 164,2 (mgOAE/g CK) và 0,054 (mmol TE/g CK).

**Từ khóa:** Chiết tách loài xoan leo, chiết siêu âm, phương pháp WASPAS, phương pháp COPRAS, phương pháp TOPSIS.

## ABSTRACT

This research was carried out to determine the most suitable concentration of ethanol for extracting *Cardiospermum halicacabum* L.. *Cardiospermum halicacabum* L. was extracted by extraction supporting by sonicator, using six concentrations of ethanol including 20%, 30%, 40%, 50%, 70% and 96%. All the extracts were evaluated total polyphenol content, total saopin content and antioxidant activity by 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity. Three Multi-criteria decision making (MCDM) methods - including WASPAS (Weighted Aggregated Sum Product Assessment), COPRAS (Complex Proportional Assessment) and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) - were used for ranking experiments to choose the most suitable concentration of ethanol for extract process. By using these ranking methods, ethanol 70% showed the best extraction result with the values of total polyphenol content, total saponin content and antioxidant activity corresponding to 12.142 (mg GAE/g dried material), 164.2 (mgOAE/g dried material) and 0.054 (mmol TE/g dried material).

**Keywords:** *Cardiospermum halicacabum* L, sonicator extraction, WASPAS, COPRAS, TOPSIS.

<sup>1</sup>Khoa Công nghệ hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

\*Email: [yenhoanghai18@gmail.com](mailto:yenhoanghai18@gmail.com)

Ngày nhận bài: 23/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 17/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

## 1. GIỚI THIỆU

Xoan leo (tên khoa học *Cardiospermum halicacabum* L. (*C. halicacabum*)) ở Việt Nam còn có các tên gọi khác như tầm phồng, tam phồng, là một loại cây khá phổ biến để trị các bệnh ngoài da như viêm da, eczema,... Cây được

tìm thấy mọc hoang trên các nương rẫy, bờ bụi vùng núi, khe suối ở những nơi đất ẩm. Xoan leo thuộc chi *Cardiospermum*, họ Bồ hòn (Sapindaceae), là một loài cây thảo, dây leo sống lâu năm, có nhánh mảnh được phân bố chủ yếu ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, nó có nguồn

gốc khắp các đồng bằng châu Mỹ, châu Phi và châu Á. Toàn bộ cây có tác dụng làm toát mồ hôi, lợi tiểu, nhuận tràng, làm mát, kích thích tiêu hóa trong nhiều bài thuốc dân gian. Nó cũng được sử dụng trong việc điều trị bệnh thấp khớp, viêm phế quản mãn tính [1]. Lá non của *C. halicacabum* được sử dụng như một loại rau, toàn thân - rễ - lá được sử dụng để làm thuốc lợi tiểu, kích thích tiêu hóa và dịu những vùng da mẩn đỏ [2]. Tại Ấn Độ, đây là một loài cây được sử dụng nhiều trong các bài thuốc dân gian và để đảm bảo chất lượng dược liệu, chúng đã được nghiên cứu các đặc điểm dược liệu để tránh tình trạng pha trộn hay dùng dược liệu giả. Nghiên cứu về thành phần hóa học của loài này cho thấy sự có mặt của một số các chất thuộc nhóm flavone, triterpenoid, carbohydrate, acid béo và ester dễ bay hơi trong các cao chiết khác nhau của cây [2]. Các hoạt tính sinh học đáng chú ý của cây có thể kể đến như chống oxy hóa [3], chống tiểu đường [4], chống virus [5], chống ung thư [1], kháng vi sinh vật và kháng nấm [6].

Ở Việt Nam, chưa có nhiều nghiên cứu về thành phần hóa học, hoạt tính sinh học của loài này. Năm 2016, nhóm tác giả Dương Thị Ly Hương và cộng sự đã tiến hành chiết xuất trong nước và cồn loài này và khảo sát hoạt tính kháng khuẩn trên hai chủng vi khuẩn *Escherichia coli* (*E. coli*) và *Samonella sp.* [7]. Kết quả cho thấy dịch chiết nước và dịch chiết cồn cây xoan leo với liều 10g/kg chưa thể hiện hoạt tính kháng khuẩn trên các chủng vi khuẩn *E. coli* và *Samonella sp.*. Nhằm góp phần làm phong phú thêm các nghiên cứu về thành phần hóa học, hoạt tính sinh học của xoan leo và làm cơ sở cho việc ứng dụng loài này trong các lĩnh vực hóa mỹ phẩm, dược phẩm, nghiên cứu này đã tiến hành khảo sát ảnh hưởng của nồng độ dung môi đến thành phần hóa học và hoạt tính kháng oxy hóa của loài xoan leo. Từ các thí nghiệm thực hiện, các phương pháp lựa chọn đa tiêu chí đã được áp dụng để lựa chọn nồng độ dung môi tốt nhất cho quá trình chiết xuất.

Kỹ thuật xếp hạng các giải pháp hay kỹ thuật ra quyết định đa tiêu chí (Multi-Criteria Decision Making Method - MCDM) được biết đến là một công cụ hữu hiệu và đã được áp dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau [8, 9]. Hiện nay có hơn 200 phương pháp MCDM khác nhau đã được phát triển và ứng dụng trong nhiều lĩnh vực như kinh tế, kỹ thuật, y học, quân sự,... [10, 11]. Tuy nhiên chính vì sự đa dạng của các phương pháp MCDM làm cho việc lựa chọn một phương pháp nào đó để sử dụng lại cũng trở thành một rào cản đối với người dùng vì kết quả giải cùng một bài toán bằng các phương pháp MCDM khác nhau có thể sẽ khác nhau [12, 13]. Vì lý do này mà nhiều nghiên cứu

đã báo cáo rằng để đảm bảo độ chính xác về kết quả của bài toán thì với mỗi một bài toán cần được giải bằng một vài phương pháp khác nhau [14].

Ba phương pháp WASPAS, COPRAS và TOPSIS đều là những phương pháp MCDM nổi tiếng đã được sử dụng phổ biến trong các lĩnh vực khác nhau như kinh tế [15], cơ khí [16] và nhiều ngành khác [17]. Tuy nhiên cả ba phương pháp này đều chưa từng được tìm thấy trong bất kỳ một tài liệu nào về quá trình chiết tách nói chung và chiết xuất loài xoan leo nói riêng. Khoảng trống này là lý do để nghiên cứu này áp dụng ba phương pháp này trong việc xác định nồng độ phù hợp của dung môi khi chiết xuất loài xoan leo.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Nguyên liệu

Mẫu thực vật xoan leo (toàn cây bao gồm thân, hoa, lá, quả chưa chín, hạt) được thu hái tại Hòa Bình. Mẫu tươi được rửa sạch, loại bỏ các phần úa và hỏng, sau đó được cắt nhỏ, sấy khô ở nhiệt độ 50°C và nghiền nhỏ. Bột xoan leo được bảo quản trong túi kín cho các thí nghiệm tiếp theo.

Các dung môi gồm methanol (Trung Quốc), ethanol 96% (Trung Quốc), acid sulfuric 98% được dùng trực tiếp không qua quá trình tinh chế thêm. Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid, sodium carbonate, DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl), trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), oleanonic acid là những hóa chất được cung cấp bởi Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, Mỹ.

### 2.2. Chiết xuất

3 gam mẫu bột xoan leo được cho vào bình tam giác có chứa 60mL dung môi ethanol với các nồng độ khác nhau. Hỗn hợp được chiết dưới điều kiện có hỗ trợ siêu âm (40kHz, 120W), tại nhiệt độ phòng, thời gian 30 phút. Mỗi mẫu được chiết lặp lại 3 lần, sau đó được lọc để loại bã. Gộp các phần dịch chiết và xác định tổng thể tích. Dịch chiết được bảo quản và sử dụng cho các thí nghiệm tiếp theo.

### 2.3. Các phương pháp định lượng thành phần và hoạt tính kháng oxy hóa

#### 2.3.1. Phương pháp định lượng hàm lượng polyphenol tổng

Hàm lượng polyphenol tổng số (total polyphenol content - TPC) được xác định theo phương pháp so màu Folin - Ciocalteu như được mô tả bởi Chandra và cộng sự [18]. Các dịch chiết xoan leo được pha loãng về nồng độ

phù hợp. Lấy chính xác 0,5mL lần lượt dung dịch các dịch chiết đã pha loãng vào ống nghiệm tối màu có nắp, thêm vào mỗi ống 2,5mL dung dịch Folin - Ciocalteu 10%, lắc đều và để yên 5 phút trong bóng tối. Sau đó thêm vào mỗi ống 2mL dung dịch  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  7,5%, lắc đều và ủ trong tối 2 giờ tại nhiệt độ phòng trước khi đo độ hấp thụ của dung dịch ở bước sóng 760nm trên máy UV - Vis. Gallic acid được sử dụng làm dung dịch chuẩn. Hàm lượng polyphenol tổng được biểu diễn bằng số miligam gallic acid tương đương với khối lượng chất khô nguyên liệu. Các số liệu kết quả thử nghiệm được biểu thị trung bình của 3 lần đo khác nhau.

### 2.3.2. Phương pháp định lượng hàm lượng saponin tổng

Hàm lượng saponin tổng được xác định theo phương pháp của Hadidi và cộng sự với một số thay đổi [19]. Dịch chiết xoan leo được pha loãng về nồng độ phù hợp và lấy 0,5 mL cho vào ống nghiệm tối màu có nắp, thêm lần lượt 0,5mL vanillin 0,8% trong methanol, lắc đều, rồi thêm 4,5mL  $\text{H}_2\text{SO}_4$  72%, lắc đều và ủ ở 60°C trong bể điều nhiệt 30 phút và được làm lạnh nhanh trong 5 phút ngay sau đó. Cuối cùng, hỗn hợp được xác định độ hấp thụ ở bước sóng 520nm trên máy UV-Vis. Oleanolic acid được sử dụng xây dựng đường chuẩn của phép đo. Hàm lượng saponin tổng được biểu diễn bằng số miligam oleanolic acid tương đương với khối lượng chất khô nguyên liệu. Các số liệu kết quả thử nghiệm được biểu thị trung bình của 3 lần đo khác nhau.

### 2.3.3. Phương pháp xác định hoạt tính kháng oxy hóa bằng khả năng bắt giữ gốc tự do DPPH

Hoạt tính kháng oxy hóa được khảo sát bằng phương pháp khử gốc tự do DPPH [20] với một số hiệu chuẩn. Dung dịch DPPH nồng độ 0,1mM được pha trong methanol. Dung dịch chuẩn Trolox được pha trong methanol thành dãy các nồng độ 0, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100 $\mu\text{g/mL}$ . Dịch chiết xoan leo được pha loãng về nồng độ phù hợp. Lần lượt cho 0,5mL dung dịch mẫu vào ống nghiệm đã đánh dấu, tiếp theo là 0,5mL dung dịch DPPH 0,1mM. Đối với mẫu đối chứng, dung dịch được thử bằng MeOH và ống nghiệm của mẫu trắng chỉ chứa MeOH. Sau khi pha, các ống nghiệm được ủ trong tối ở nhiệt độ phòng 30 phút, sau đó đo độ hấp thụ quang phổ (OD) ở bước sóng 517nm. Phần trăm hoạt tính kháng oxy hóa được (% SA) xác định bởi công thức:

$$\%SA = \frac{OD_{\text{đối chứng}} - OD_{\text{mẫu thử}}}{OD_{\text{đối chứng}}} \times 100\%$$

Thông qua mối tương quan thuận giữa phần trăm kháng oxy hóa và dãy nồng độ của chất chuẩn trolox,

phương trình đường tuyến tính có dạng  $y = ax + b$ , tính toán các giá trị khả năng bắt giữ gốc tự do theo đơn vị mmol trolox tương đương với khối lượng chất khô nguyên liệu.

## 2.4. Áp dụng phương pháp đánh giá đa tiêu chí

### 2.4.1. Phương pháp WASPAS

Trình tự xếp hạng các phương án bằng phương pháp WASPAS như sau [21].

Bước 1: Xây dựng ma trận ra quyết định với m hàng và n cột như trong công thức (1). Trong đó m là số phương án cần xếp hạng, n là số tiêu chí,  $x_{ij}$  là giá trị của tiêu chí j tại phương án i, với  $j = 1 \div n$ ,  $i = 1 \div m$ .

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & x_{ij} & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bước 2: Xác định các giá trị chuẩn hóa.

+ Đối với tiêu chí càng lớn càng tốt.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max x_{ij}} \quad (2)$$

+ Đối với tiêu chí càng nhỏ càng tốt.

$$n_{ij} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \quad (3)$$

Bước 3: Xác định các giá trị chuẩn hóa có xét đến trọng số của các tiêu chí. Trong đó  $w_j$  là trọng số của tiêu chí j.

$$v_{ij} = w_j \times n_{ij} \quad (4)$$

Bước 4: Tính tổng theo từng hàng các giá trị  $v_{ij}$  của mỗi phương án.

$$q_{ij} = \sum_{j=1}^n v_{ij} \quad (5)$$

Bước 5: Tính tích theo từng hàng các giá trị  $(v_{ij})^{w_j}$  của mỗi phương án.

$$p_{ij} = \prod_{j=1}^n (v_{ij})^{w_j} \quad (6)$$

Bước 6: Xác định giá trị tương đối  $A_i$  của các phương án. Trong đó hệ số  $\lambda$  thường được chọn bằng 0.5.

$$A_i = \lambda \times q_i + (1 - \lambda) \times p_i \quad (7)$$

Bước 7: Xếp hạng các phương án theo nguyên tắc, phương án tốt nhất là phương án có  $A_i$  lớn nhất.

### 2.4.2. Phương pháp COPRAS

Trình tự xếp hạng các phương án bằng phương pháp COPRAS như sau [22].

Bước 1: Tương tự bước 1 của phương pháp WASPAS.

Bước 2: Tính các giá trị chuẩn hóa theo công thức.

$$n_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (8)$$

Bước 3: Tính các giá trị chuẩn hóa có xét đến trọng số của các tiêu chí theo công thức.

$$V_{ij} = w_j \times n_{ij} \quad (9)$$

Bước 4: Tính các giá trị  $P_i$  và  $R_i$  theo hai công thức sau.

$$P_i = \frac{1}{|B|} \sum_{j \in B} w_{ij} \quad (10)$$

$$R_i = \frac{1}{|NB|} \sum_{j \in NB} w_{ij} \quad (11)$$

Trong đó, B và NB tương ứng là số các tiêu chí tích cực (càng lớn càng tốt) và tiêu chí tiêu cực (càng nhỏ càng tốt).

Bước 5: Tính các giá trị  $Q_i$  theo công thức.

$$Q_i = P_i + \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{R_i \times \sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}} \quad (12)$$

Bước 6: Xếp hạng các phương án theo nguyên tắc phương án tốt nhất là phương án có  $Q_i$  lớn nhất.

#### 2.4.3. Phương pháp TOPSIS

Trình tự xếp hạng các phương án bằng phương pháp TOPSIS như sau [23].

Bước 1: Tương tự bước 1 của phương pháp WASPAS.

Bước 2: Tương tự bước 2 của phương pháp COPRAS

Bước 3: Tính các giá trị chuẩn hóa có xét đến trọng số theo công thức:

$$Y = w_j \cdot n_{ij} \quad (13)$$

Bước 4: Xác định giải pháp tốt nhất  $A^+$  và giải pháp tồi nhất  $A^-$  cho các chỉ tiêu theo hai công thức sau:

$$A^+ = \{y_1^+, y_2^+, \dots, y_j^+, \dots, y_n^+\} \quad (14)$$

$$A^- = \{y_1^-, y_2^-, \dots, y_j^-, \dots, y_n^-\} \quad (15)$$

Trong đó:  $y_j^+$  và  $y_j^-$  tương ứng là giá trị tốt nhất và giá trị tồi nhất của giá trị chuẩn hóa  $y$  của tiêu chí  $j$ .

Bước 5: Xác định các giá trị  $S_i^+$  và  $S_i^-$  theo hai công thức sau:

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^+)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (y_{ij} - y_j^-)^2} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (17)$$

Bước 6: Xác định các giá trị  $C_i^*$  theo công thức.

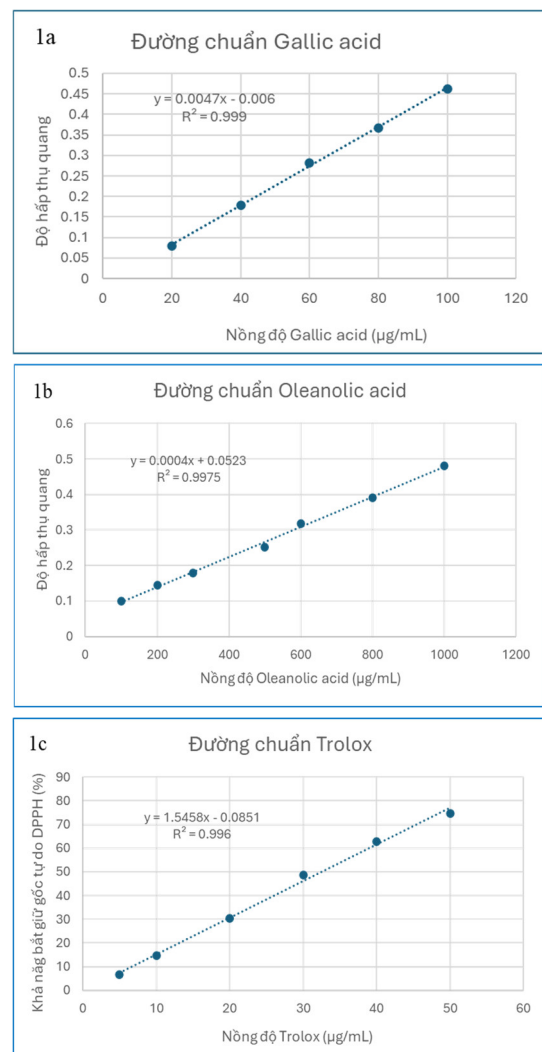
$$C_i = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad i = 1, 2, \dots, m; 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (18)$$

Bước 7: Xếp hạng các phương án theo nguyên tắc phương án có  $C_i$  lớn nhất là phương án tốt nhất.

### 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 3.1. Kết quả chiết xuất loài xoan leo

Kết quả định lượng hàm lượng polyphenol tổng, saponin tổng và hoạt tính kháng oxi hóa của các dịch chiết xoan leo được xác định dựa vào phương trình tuyến tính của chất chuẩn tương ứng là gallic acid ( $y = 0,0047x - 0,006$ ,  $R^2 = 0,9990$ ), oleanolic acid ( $y = 0,004x + 0,0523$ ,  $R^2 = 0,9975$ ) và trolox ( $y = 1,5458x - 0,0851$ ,  $R^2 = 0,9960$ ). Các đồ thị đường chuẩn được thể hiện lần lượt trong hình 1.



Hình 1. Kết quả xây dựng đường chuẩn gallic acid (1a), oleanolic acid (1b) và trolox (1c) cho các phép đo

Độ hấp thụ quang được thay vào giá trị của  $y$  trong phương trình đường chuẩn xác định hàm lượng polyphenol tổng và saponin, trong khi đối với đường

chuẩn xác định hoạt tính kháng oxi hóa thì giá trị  $y$  là phần trăm ức chế gốc tự do được tính từ độ hấp thụ quang theo công thức ở phần 2.3.3. Các kết quả tính toán được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Hàm lượng polyphenol tổng, saponin tổng và hoạt tính kháng oxi hóa các dịch chiết xoan leo theo phương pháp chiết có hỗ trợ siêu âm

| Nồng độ ethanol | Hàm lượng polyphenol tổng (mg GAE/g CK) | Hàm lượng saponin tổng (mg OAE/g CK) | Hoạt tính kháng oxi hóa (mmol TE/g CK) |
|-----------------|-----------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------------|
| 20%             | 7,688                                   | 106,200                              | 0,014                                  |
| 30%             | 9,418                                   | 111,200                              | 0,029                                  |
| 40%             | 11,035                                  | 140,200                              | 0,054                                  |
| 50%             | 13,957                                  | 187,200                              | 0,022                                  |
| 70%             | 12,142                                  | 164,200                              | 0,054                                  |
| 96%             | 19,716                                  | 96,200                               | 0,039                                  |

Kết quả cho thấy các dịch chiết thu được từ phương pháp chiết siêu âm có kết quả hàm lượng polyphenol tổng trong khoảng 7,688 đến 19,716mg GAE/g CK. Nồng độ dung môi chiết ảnh hưởng lớn đến lượng polyphenol tổng chiết xuất được, khi tăng nồng độ ethanol trong dung môi chiết, nhìn chung hàm lượng polyphenol tăng nên có thể nhận định ethanol là dung môi phù hợp để chiết xuất polyphenol trong thực vật. Hàm lượng saponin tổng đạt cực đại với nồng độ dung môi 50% (với giá trị 187,200mg OAE/g CK) và sau đó giảm dần khi tăng nồng độ dung môi ethanol. Hoạt tính kháng oxi hóa của các dịch chiết có giá trị tương đương số mmol của trolox trong khoảng 0,014 đến 0,054mmol TE/g CK. Có thể thấy rằng, việc hàm lượng polyphenol tổng cao nhất bằng 19,716mg GAE/g CK - ứng với chiết xuất bằng ethanol 96%, khả năng kháng oxi hóa tốt nhất tương ứng với hai nồng độ ethanol 40% và 70% (với giá trị hoạt tính tương đương với 0,054mmol TE/g CK), trong khi đó hàm lượng saponin tổng lớn nhất bằng 187,200mgOAE/g CK ứng với ethanol 50% gây lúng túng khi cần lựa chọn nồng độ dung môi phù hợp để chiết xuất sao cho các giá trị thành phần hóa học và hoạt tính thu được là cùng tốt. Do đó, để lựa chọn được nồng độ dung môi phù hợp nhất trong số các giá trị đã khảo sát thì cần phải xếp hạng các phương án.

### 3.2. Lựa chọn nồng độ ethanol chiết xuất xoan leo

Trong nghiên cứu này, ba phương pháp WASPAS, COPRAS và TOPSIS sẽ được sử dụng để thực hiện nhiệm vụ lựa chọn nồng độ dung môi ethanol chiết xuất xoan leo, đảm bảo thu được hàm lượng polyphenol tổng và saponin tổng cao nhất, đồng thời hoạt tính oxi hóa tốt nhất.

Giả sử trọng số của ba thông số gồm hàm lượng polyphenol tổng, hoạt tính kháng oxi hóa và hàm lượng saponin tổng bằng nhau, tức là mỗi thông số có trọng số bằng 1/3. Lần lượt áp dụng từng phương pháp WASPAS, COPRAS và TOPSIS đã tính điểm điểm số của từng phương án (bằng mỗi phương pháp) như kết quả trong bảng 2. Từ điểm số của mỗi phương án cũng đã xếp hạng được các phương án (các nồng độ khác nhau của dung môi) và cũng đã được tổng hợp trong bảng 2.

Bảng 2. Xếp hạng các phương án bằng các phương pháp khác nhau

| Phương án | Nồng độ dung môi (%) | Phương pháp WASPAS |          | Phương pháp COPRAS |          | Phương pháp TOPSIS |          |
|-----------|----------------------|--------------------|----------|--------------------|----------|--------------------|----------|
|           |                      | Ai                 | Xếp hạng | Qi                 | Xếp hạng | Ci                 | Xếp hạng |
| 1         | 20                   | 0,2657             | 6        | 0,0781             | 6        | 0,0454             | 6        |
| 2         | 30                   | 0,3578             | 5        | 0,1041             | 5        | 0,2732             | 5        |
| 3         | 40                   | 0,5069             | 2        | 0,1478             | 2        | 0,5959             | 3        |
| 4         | 50                   | 0,4640             | 4        | 0,1368             | 4        | 0,4744             | 4        |
| 5         | 70                   | 0,5512             | 1        | 0,1604             | 1        | 0,6649             | 1        |
| 6         | 96                   | 0,4934             | 3        | 0,1472             | 3        | 0,6000             | 2        |

Theo số liệu trong bảng 2 cho thấy, thứ hạng của các phương án là nhất quán khi sử dụng hai phương pháp WASPAS và COPRAS, nhưng có sự khác biệt so với khi sử dụng phương pháp TOPSIS. Cụ thể là nếu sử dụng hai phương pháp WASPAS và COPRAS thì xác định phương án 3 xếp hạng 2 và phương án 6 xếp hạng 3, trong khi đó nếu sử dụng phương pháp TOPSIS thì lại chỉ ra phương án 3 xếp hạng 3 còn phương án 6 xếp hạng 2. Điều này cũng hoàn toàn dễ hiểu vì thuật toán được sử dụng trong mỗi phương pháp là khác nhau và đã được báo cáo trong nhiều tài liệu được xuất bản gần đây [24, 25]. Tuy nhiên, cả ba phương pháp WASPAS, COPRAS và TOPSIS khi được sử dụng đều chỉ ra phương án 5 ứng với nồng độ dung môi là 70% là phương án xếp hạng 1 (phương án tốt nhất). Kết quả này cho ta được kết luận chính xác rằng khi chiết siêu âm loài xoan leo, 70% là giá trị tốt nhất trong số sáu phương án đã khảo sát. Ứng với trường hợp này ta nhận được giá trị của TPC bằng 12,142 (mg GAE/g CK), hoạt tính kháng oxi hóa DPPH bằng 0,054 (mmol TE/g CK) và hàm lượng saponin tổng tương ứng bằng 164,200 (mg OAE/g CK).

### 4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã khảo sát điều kiện chiết xuất xoan leo theo phương pháp chiết có hỗ trợ siêu âm với các nồng độ ethanol 20%, 30%, 40%, 50%, 70% và 96%. Các dịch chiết thu được đã được đánh giá hàm lượng

polyphenol tổng, saponin tổng và khả năng bắt giữ gốc tự do DPPH. Áp dụng đồng thời ba phương pháp toán học để xếp hạng các phương án về nồng độ dung môi khi chiết siêu âm loài xoan leo - phương pháp WASPAS, phương pháp COPRAS và phương pháp TOPSIS. Kết quả cho thấy ethanol 70% được xác định là giá trị phù hợp nhất trong số 6 giá trị 20%, 30%, 40%, 50%, 70% và 96%. Khi sử dụng dung môi với 70% thì thu giá trị của hàm lượng polyphenol tổng bằng 12,142 (mg GAE/g CK), hàm lượng saponin tổng là 164,200 (mgOAE/g CK) và giá trị hoạt tính kháng oxi hóa tính theo trolox là 0,054 (mmol TE/g CK).

Quá trình chiết tách loài xoan leo ở nghiên cứu này mới chỉ đo lường ba thông số gồm hàm lượng polyphenol tổng, hàm lượng saponin tổng và giá trị hoạt tính kháng oxi hóa. Việc khảo sát thêm các hoạt tính khác khi chiết tách cần được thực hiện trong tương lai để hoàn thiện hơn nghiên cứu này. Ngoài ra, nghiên cứu này đã giả sử trọng số của các thông số là bằng nhau, trong những ứng dụng cụ thể khác, khi cần khảo sát ý kiến chuyên gia về tầm quan trọng của các thông số, các phương pháp tính trọng số theo phương pháp chủ quan cũng cần được sử dụng.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. A. S. Zalke, B. Duraiswamy, U. B. Gandagule, N. Singh, "Pharmacognostical evaluation of *Cardiospermum halicacabum* Linn. leaf and stem," *Anc Sci Life*, 33 (1), 15-21, 2013.
- [2]. K. Mruthunjaya, A. P. Suresh, N. Paramakrishnan, M. Basavaraju, "A Comprehensive Review on *Cardiospermum halicacabum*," *Journal of Natural Remedies*, 23 (2), 283-293, 2023.
- [3]. S. R. Harita Ravikumar, D Ezhilarasan and Lakshmi T., "In-vitro Anticancer Activity of *Cardiospermum Halicacabum* against Human A549 Lung Cancer Cell," *Journal of Research in Medical and Dental Science*, 10 (1), 335 - 338, 2022.
- [4]. Daniel Dhayabaran, Jeyaseeli Florance, Nandakumar Krsihnadas, Indumathi Muralidhar, "Anticonvulsant activity of alcoholic root extract of *Cardiospermum halicacabum*," *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 22 (3), 623-629, 2012.
- [5]. K. Murugan, P. R. Venkatesh, S. Shanmugasamy, S. Al-Sohaibani, "Antiviral Activity of *Cardiospermum Halicacabum* L. Extract against Coinfecting Agents HIV and HBV," *Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants*, 17 (4), 403-418, 2011.
- [6]. R. Jeyadevi, T. Sivasudha, A. Ilavarasi, N. Thajuddin, "Chemical Constituents and Antimicrobial Activity of Indian Green Leafy Vegetable *Cardiospermum halicacabum*," *Indian J Microbiol*, 53 (2), 208-213, 2013.
- [7]. Dương Thị Ly Hương, Nguyễn Thanh Thảo, Trần Văn Ôn, "Tác dụng kháng khuẩn, chống viêm của cây tầm phồng (*Cardiospermum halicacabum* L.)," *Tạp chí Dược học*, 56 (5), 30-34, 2016.
- [8]. Ibrahim Badi, Mouhamed Bayane Bouraima, Clement Kiprotich Kiptum, "Integrating Cultural Norms and Behavioral Risk Factors into Traffic Accident Mitigation: A Hybrid MCDM Approach for Libya," *Mechatronics and Intelligent Transportation Systems*, 4 (1), 41-48, 2025.
- [9]. B. Yildirim, E. Ayyildiz, "Selecting the most suitable 3D printing technology for custom manufacturing using fuzzy decision-making methodology," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 2025,
- [10]. T. E. Mahmut Baydaş, Željko Stević, Vitomir Starčević, Raif Parlakkaya, "Proposal for an objective binary benchmarking framework that validates each other for comparing MCDM methods through data analytics," *PeerJ Computer Science*, 4, 2023.
- [11]. Do Duc Trung, Branislav Dudic, Nhu-Tung Nguyen, Aleksandar Aşonja, "Data Normalization for Root Assessment Methodology, International Journal of Industrial Engineering and Management," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 15 (2), 156 - 168, 2024.
- [12]. S. H. Mian, E. Abouel Nasr, K. Moiduddin, M. Saleh, M. H. Abidi, H. Alkhalefah, "Assessment of consolidative multi-criteria decision making (C-MCDM) algorithms for optimal mapping of polymer materials in additive manufacturing: A case study of orthotic application," *Heliyon*, 10 (10), 2024.
- [13]. K. Ogrodnik, "Application of MCDM/MCDA methods in city rankings - review and comparative analysis," *Economics and Environment*, 86 (3), 132-151, 2023.
- [14]. J. J. Wang, Y. Y. Jing, C. F. Zhang, J. H. Zhao, "Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13 (9), 2263-2278, 2009.
- [15]. J. A. Edmundas Kazimieras Zavadskas, Prasenjit Chatterjee, *Multiple-Criteria Decision-Making (MCDM) Techniques for Business Processes Information Management*. Information, MPDI, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/books978-3-03897-643-1>.
- [16]. D. Duc Trung, "A combination method for multi-criteria decision making problem in turning process," *Manufacturing Rev.*, 8, 26, 2021.
- [17]. M. D. Constantin Zopounidis, *Multiple Criteria Decision Making: Applications in Management and Engineering*. Springer, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-39292-9>.
- [18]. S. Chandra, S. Khan, B. Avula, H. Lata, M. H. Yang, M. A. ElSohly, I. A. Khan, "Assessment of Total Phenolic and Flavonoid Content, Antioxidant Properties, and Yield of Aeroponically and Conventionally Grown Leafy Vegetables and Fruit Crops: A Comparative Study," *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1, 253875, 2014.
- [19]. M. Hadidi, A. Ibarz, J. Pagan, "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 Chem*, 309, 125786, 2020.

[20]. S. V. Chanda, R. Dave, "In vitro models for antioxidant activity evaluation and some medicinal plants possessing antioxidant properties: An overview," *African Journal of Microbiology Research*, 3, 981-996, 2009.

[21]. E. K. Zavadskas, Z. Turskis, J. Antucheviciene, A. Zakarevicius, "Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment," *Elektronika ir Elektrotechnika*, 122 (6), 3-6, 2012.

[22]. H. Taherdoost, A. Mohebi, "A Comprehensive Guide to the COPRAS method for Multi-Criteria Decision Making," *Journal of Management Science & Engineering Research*, 7 (2), 1-14, 2024.

[23]. C. L. Hwang, Y. J. Lai, T. Y. Liu, "A new approach for multiple objective decision making," *Computers & Operations Research* 1993, 20 (8), 889-899.

[24]. D. D. Trung, "Application of EDAS, MARCOS, TOPSIS, MOORA and PIV Methods for Multi-Criteria Decision Making in Milling Process," *Strojnícky časopis - Journal of Mechanical Engineering*, 71 (2), 69-84, 2021.

[25]. D. D. Trung, "The Combination of Taguchi - Entropy - WASPAS - PIV Methods for Multi-Criteria Decision Making when External Cylindrical Grinding of 65G Steel," *Journal of Machine Engineering*, 21 (4), 90-105, 2021.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Hoang Luong Hai Yen, Hoang Quang Minh, Tran Thi Nhuan,  
Nguyen Thi Huong Quynh**

Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam