

Nâng cao hiệu suất chiết tinh dầu trà trà bằng kỹ thuật chiết xuất xanh

Vũ Đức Cảnh¹, Hoàng Thuỳ Nguyên², Nguyễn Thị Hoài³, Lê Trọng Nhân^{3*}, Trần Thị Thuỳ Linh^{3*}

(1) Cục Quản lý Dược, Bộ Y tế

(2) Trường Trung học Phổ thông Hai Bà Trưng, thành phố Huế

(3) Khoa Dược, Trường Đại học Y - Dược, Đại học Huế

Tóm tắt

Đặt vấn đề: Tinh dầu Trà trà có nhiều tác dụng tốt, mang lại hiệu quả kinh tế, tuy nhiên, hiệu suất chiết thấp là vấn đề cần được khắc phục. Mục đích của nghiên cứu này là sử dụng dung môi eutectic sâu (DESs) để cải thiện hiệu suất chiết tinh dầu Trà trà. **Đối tượng và phương pháp nghiên cứu:** Lá và cành tươi của cây Trà trà được tiền xử lý bởi các DESs. Tiến hành chưng cất tinh dầu bằng phương pháp cất kéo hơi nước. Xác định thành phần hoá học tinh dầu bằng phương pháp sắc ký khí ghép khối phổ (GC-MS). **Kết quả:** Sự kết hợp giữa cholin chlorid và acid oxalic tạo hệ dung môi xanh DESs giúp hiệu suất chiết tinh dầu Trà trà tăng 160%. Ngoài ra, tổng hàm lượng 1,8-cineol và isocineol trong tinh dầu chiết bằng dung môi xanh là 34,019%, cao hơn so với tinh dầu chiết bằng nước cất là 30,749%. **Kết luận:** Những kết quả khả quan cho thấy tiềm năng của việc sử dụng các dung môi xanh DESs nhằm nâng cao hiệu suất và chất lượng tinh dầu Trà trà.

Từ khoá: tinh dầu Trà trà, cholin chlorid, acid oxalic, dung môi eutectic sâu.

Enhancing efficiency of melaleuca essential oil using deep eutectic solvents

Vu Duc Canh¹, Hoang Thuy Nguyen², Nguyen Thi Hoai³, Le Trong Nhan^{3*}, Tran Thi Thuy Linh^{3*}

(1) Drug Administration Of Vietnam, Ministry of Health

(2) Hai Ba Trung High School, Hue City

(3) Faculty of Pharmacy, University of Medicine and Pharmacy, Hue University

Abstract

Background: Melaleuca essential oil has many good effects, bringing economic efficiency; however, low extraction efficiency is a problem that needs to be overcome. This study aims to enhance the efficiency of extracting Melaleuca essential oil by employing deep eutectic solvents (DESs). **Materials and methods:** Branches and leaves of *Melaleuca cajuputi* Powell were pretreated by DESs. Carry out the distillation of essential oils by steam distillation. Determination of the chemical composition of essential oils by chromatography-mass spectrometry (GC-MS). **Results:** The combination of choline chloride and oxalic acid to create DESs solvent system helps the extraction efficiency of Melaleuca essential oil increase by 160%. In addition, the total content of 1,8-cineol and isocineol in the essential oil extracted with DESs solvent was 34.019%, higher than that of the essential oil extracted with distilled water at 30.749%. **Conclusions:** The positive results show the potential of using DESs solvents to improve the yield and quality of Melaleuca essential oil.

Keywords: Melaleuca essential oil, choline chloride, oxalic acid, deep eutectic solvents.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tinh dầu Trà trà chiết xuất từ cây Trà trà gió (*Melaleuca cajuputi* Powell - Myrtaceae) với mùi thơm đặc trưng, vị cay, tính ấm, công năng phát tán phong hàn, giảm đau sát trùng, được sử dụng điều trị chứng cảm sốt, phong hàn, xoa bóp giảm đau và viêm da dị ứng [1]. Ngoài ra, các nghiên cứu Y học hiện đại cho thấy tinh dầu Trà trà có khả năng giảm đau dây thần kinh, thấp khớp, đau răng, chữa trị nhiễm trùng đường tiết niệu-sinh dục và sở hữu hoạt tính kháng khuẩn mạnh trên nhiều chủng vi khuẩn như

Enterococcus faecalis, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus* và *Streptococcus pyogenes* [2, 3]. Chiết xuất tinh dầu Trà trà là ngành nghề truyền thống của một số tỉnh như Thừa Thiên Huế, Quảng Trị, Quảng Bình... Tính đến năm 2019, chỉ riêng tỉnh Thừa Thiên Huế có hơn 200 cơ sở sản xuất và kinh doanh tinh dầu Trà trà, đóng góp hàng chục tỷ đồng cho ngân sách nhà nước [4, 5].

Có nhiều phương pháp để chiết xuất tinh dầu như chưng cất hơi nước, ép, chiết xuất siêu tới hạn,

Tác giả liên hệ: Lê Trọng Nhân; email: ltnhan@huemed-univ.edu.vn

Trần Thị Thuỳ Linh; email: ttlinh@huemed-univ.edu.vn

Ngày nhận bài: 23/6/2023; Ngày đồng ý đăng: 25/11/2023; Ngày xuất bản: 25/12/2023

DOI: 10.34071/jmp.2023.7.5

hỗ trợ vi sóng v.v. Trong đó, phương pháp chưng cất hơi nước được sử dụng rộng rãi bởi vì đơn giản và dễ áp dụng [2, 6]. Tuy nhiên, cấu trúc bền vững của thành tế bào ở cây thân gỗ như Tràm đã hạn chế sự giải phóng tinh dầu khi thực hiện cất kéo hơi nước. Do đó, một lượng tinh dầu vẫn còn bị giữ lại trong tế bào sau quá trình chưng cất. Chính vì vậy, việc sử dụng một kỹ thuật mới nhằm phá vỡ màng tế bào để tăng hiệu suất chiết tinh dầu là cần thiết và sẽ mang lại những ý nghĩa nhất định.

Dung môi eutectic sâu (DESS) là các dung môi xanh, gồm chất cho liên kết hydro (HBA) và chất nhận liên kết hydro (HBD) với tỉ lệ phù hợp [7]. Hệ DESS được công nhận là giải pháp bền vững trong chiết xuất bởi tính an toàn, không độc hại, chi phí thấp và đặc biệt, các thành phần cấu tạo nên DESS có khả năng phân hủy sinh học tốt [8]. Do đó, DESS được coi là dung môi của thế kỷ 21 và sớm có thể thay thế các dung môi hữu cơ truyền thống [9]. Trong những năm qua, đã có nhiều công bố về ứng dụng của DESS trong nhiều lĩnh vực như tổng hợp hữu cơ, điện hóa, chiết xuất, công nghệ sinh học, y sinh học [10]. Trong nghiên cứu hoá thực vật, đã có một số nghiên cứu đánh giá hiệu suất sử dụng DESS để chiết các hợp chất như tinh dầu, phenolic, flavonoid, terpenoid, alkaloid [9]. Bài báo công bố kết quả sử dụng dung môi eutectic sâu (DESS) nhằm cải thiện hiệu suất chiết tinh dầu từ cây Tràm gió *Melaleuca cajuputi* Powell, hướng đến mục tiêu nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu quả khai thác nguồn tài nguyên dược liệu này.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu, hóa chất và thiết bị

Cành và lá tươi của cây Tràm gió (*Melaleuca cajuputi* Powell - Myrtaceae) 2 năm tuổi được thu hái tại huyện Phong Điền, tỉnh Thừa Thiên Huế. Mẫu được rửa sạch cẩn thận, sau đó được làm khô và bảo quản tại 4°C.

Hóa chất sử dụng bao gồm: Cholin chlorid $\geq 99\%$ (Acros organics, Mỹ), ethylen glycol, glycerol, propylen glycol, acid citric, acid lactic, sucrose, acid oxalic, acid tartaric $\geq 99\%$ (Xylong, Trung Quốc). Thiết bị được sử dụng bao gồm: máy khuấy từ gia nhiệt (Labnet, Mỹ), bộ chưng cất tinh dầu Clevenger.

2.2. Chuẩn bị các dung môi sâu eutectic (DESS)

Các DESS được chuẩn bị bằng cách trộn choline chloride (HBA) và các chất cho liên kết hydro (HBD) theo tỉ lệ mol 1:1, đun nóng ở nhiệt độ 60°C trong thời gian 2 giờ, kết hợp khuấy từ liên tục để thu được chất lỏng đồng nhất ổn định. Sau đó, các DESS được để nguội ở nhiệt độ phòng trong vòng 24 giờ.

Tiếp tục thêm nước vào các DESS để thu được các dung dịch DESS với nồng độ 25%.

2.3. Tiền xử lý dược liệu bằng các DESS

Cành và lá tươi của Tràm gió được cắt nhỏ, kích thước dài khoảng 2 - 4 cm. Cân chính xác 200 gam dược liệu tươi, thêm tiếp 500 gam dung dịch DESS 25% (g/g) được chuẩn bị ở trên. Xay nhỏ bằng máy xay sinh tố trong vòng 1 phút. Sau đó để hỗn hợp trong 30 phút để DESS ngấm sâu vào thành tế bào của dược liệu. Tiến hành song song với mẫu đối chứng là Tràm không xử lí bằng DESS để so sánh hiệu quả của phương pháp.

2.4. Chưng cất tinh dầu

Các mẫu sau khi xử lý bằng DESS được thêm 500 gam nước để đảm bảo tỉ lệ dược liệu/dung môi là 1/5 (g/g) và nồng độ DESS trong dung môi là 12,5% (g/g). Mẫu được tiền xử lý với DESS và mẫu đối chứng được chưng cất và thu lấy tinh dầu bằng phương pháp cất kéo hơi nước với bộ chưng cất tinh dầu Clevenger theo quy định của Dược điển Việt Nam [11].

Hiệu suất chiết được tính bằng phần trăm lượng tinh dầu thu được so với lượng dược liệu ban đầu:

$$\text{Hiệu suất} = \frac{V_{TD}}{m_{DL}} \cdot 100\%$$

Trong đó V_{TD} là thể tích tinh dầu (mL) thu được khi sử dụng các loại dung môi và phương pháp khác nhau, m_{DL} là khối lượng dược liệu tươi. Kết quả thu được là giá trị trung bình của 3 lần thí nghiệm.

2.5. Xác định thành phần hóa học của tinh dầu

Phân tích các thành phần hóa học của tinh dầu bằng phương pháp sắc ký khí - khối phổ liên hợp (GC/MS) trên hệ thống thiết bị GCMS-QP2010 Plus của hãng Shimadzu, Nhật Bản tại trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế. Điều kiện phân tích: cột Equity-5 (dài 30 m, đường kính 0,25 mm, phim dày 0,25), khí mang heli (1,78 mL/phút), nhiệt độ injector: 250°C, nhiệt độ detector: 250°C, chương trình nhiệt độ: 40°C (giữ 1 phút) đến 285°C (giữ 5 phút), tăng 3°C/phút. Việc xác định các thành phần trong tinh dầu được thực hiện bằng cách so sánh thời gian lưu, mô hình phân mảnh khối lượng với những dữ liệu của mẫu tham khảo có sẵn và cơ sở dữ liệu phổ khối của chúng với phổ chuẩn đã được công bố ở thư viện NIST (National Institute of Standards and Technology, phiên bản 11) và thư viện WILEY (tích hợp trên thiết bị GC/MS, phiên bản 7) [12]. Hàm lượng phần trăm của các thành phần trong tinh dầu được tính bằng phần trăm diện tích peak của một chất trên tổng diện tích peak của tất cả các chất trong sắc ký đồ.

3. Kết quả

3.1. Hiệu suất chiết xuất tinh dầu

Các dung môi xanh DESs được sử dụng trong nghiên cứu bao gồm choline chloride kết hợp với các chất cho liên kết hydro, bao gồm ethylen glycol, glycerol, propylene glycol, citric acid, lactic acid, sucrose, acid oxalic, acid tartaric. Kết quả hiệu suất tinh dầu Trà thu được khi có xử lý với dung môi DESs được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Hiệu suất chiết tinh dầu Trà khi sử dụng các dung môi khác nhau

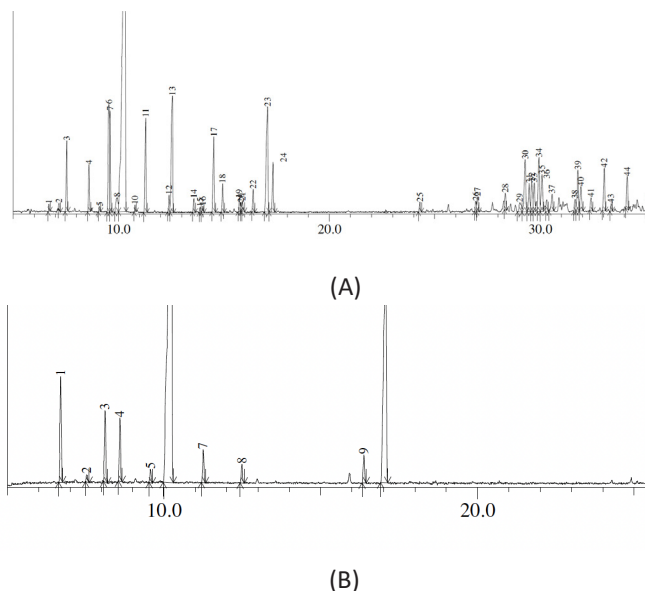
STT	Kí hiệu	Các dung môi DESs đã sử dụng	Hiệu suất (% mL/g)
1	Đối chứng	Nước	$0,50 \pm 0,05^f$
2	ChCl-Eti	Cholin chlorid - ethylen glycol	$0,55 \pm 0,03^e$
3	ChCl-Gly	Cholin chlorid - glycerol	$0,60 \pm 0,04^d$
4	ChCl-Pro	Cholin chlorid - propylen glycol	$0,65 \pm 0,01^c$
5	ChCl-Cit	Cholin chlorid - acid citric	$0,70 \pm 0,01^b$
6	ChCl-Lac	Cholin chlorid - acid lactic	$0,65 \pm 0,02^c$
7	ChCl-Ace	Cholin chlorid - acid acetic	$0,60 \pm 0,05^d$
8	ChCl-Suc	Cholin chlorid - sucrose	$0,40 \pm 0,01^g$
9	ChCl-Oxa	Cholin chlorid - acid oxalic	$0,80 \pm 0,01^a$
10	ChCl-Tar	Cholin chlorid - acid tartaric	$0,70 \pm 0,02^b$

Các giá trị trung bình theo sau các chữ cái khác nhau cho thấy sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Phân tích phương sai (ANOVA) được thực hiện bằng phần mềm SPSS sử dụng test LSD với mức ý nghĩa $p < 0,05$.

Như vậy, hiệu suất được cải thiện tốt nhất đạt 0,8% mL/g dược liệu tươi khi sử dụng cholin chlorid kết hợp acid oxalic và tăng được 160% so với chỉ sử dụng nước để chưng cất theo phương pháp truyền thống.

3.2. So sánh thành phần hóa học của tinh dầu

Sau khi lựa chọn được hệ dung môi DESs (cholin chlorid - acid oxalic) với hiệu suất chiết xuất tốt nhất. Thành phần hóa học và chất lượng của tinh dầu khi chiết bằng dung môi xanh và chiết bằng nước cất được phân tích bằng phương pháp sắc ký khí ghép khối phổ (GC-MS) và kết quả thể hiện tại Hình 1, Bảng 2.



Hình 1. Sắc ký đồ GC-MS của mẫu tinh dầu Trà

- A. Tinh dầu Trà chiết xuất bằng hệ dung môi xanh cholin chlorid - acid oxalic;
B. Tinh dầu Trà chiết bằng nước

Bảng 2. Thành phần hóa học của tinh dầu Tràm chiết xuất bằng hệ dung môi xanh chlolin chlorid - acid oxalic và bằng nước cất

STT	Hợp chất	Hàm lượng (%)	
		ChCl-Oxa ^a	Nước cất ^b
1	α -Pinen	0,249	2,701
2	Camphen	0,268	-
3	Benzaldehyd	2,081	0,250
4	β -Pinen	-	1,911
5	β -Myrcen	1,481	1,683
6	Isocineol	5,305	-
7	α -Terpinen	2,602	0,429
8	1,8-Cineol	28,714	30,749
9	2,2-Dimethyl-5-[(1E)-1-methyl-1-propenyl]tetrahydrofuran	0,257	-
10	γ -Terpinen	3,456	0,971
11	2-Caren	0,640	-
12	α -Terpinolen	5,768	0,498
13	Fenchol	0,434	-
14	Myrcenol	0,184	-
15	Terpinene-1-ol	2,968	-
16	β -Terpineol	1,029	-
17	cis- β -Terpineol	0,288	-
18	endo-Borneol	0,429	-
19	Terpinene-4-ol	0,853	0,858
20	α -Terpineol	6,092	12,860
21	γ -Terpineol	1,806	-
22	Eugenol	0,390	-
23	β -Caryophyllen	0,450	2,499
24	(6Z)-3,7-Dimethyl-6,11-dodecadienyl acetat	0,549	-
25	α -Humulen	0,769	2,123
26	1,4-Dimethyl-3-(2-methyl-1-propenyl)-4-vinyl-1-cyclohepten	0,584	-
27	2-Isopropenyl-4a,8-dimethyl-1,2,3,4,4a,5,6,7-octahydronaphthalen	2,527	-
28	α -Amorphen	1,017	0,456
29	Dihydro- β -agarofuran	1,197	-
30	β -Selinen	1,049	1,578
31	(-)- β -Cadinen	2,433	0,761
32	α -Selinen	1,578	1,822
33	(-)-Isoloden	0,447	-
34	δ -Cadinen	0,792	0,771
35	(+)-Aromadendren	-	0,307
36	Valencen	0,501	0,476
37	α -Gurjunen	1,844	-

38	Selina-3,7(11)-dien	1,326	-
39	8-epi- γ -Eudesmol	0,576	-
40	Caryophyllenyl alcohol	1,910	-
41	Caryophyllene oxid	0,305	-
42	δ -Cadinol	-	0,431
43	Guaiol	1,556	6,757
44	Selina-6-en-4-ol	-	0,470
45	Epiglobulol	-	1,361
46	Isolongifolan-8-ol	0,314	-
47	γ -Eudesmol	7,559	5,242
48	Hinesol	-	0,699
49	7-Epi- γ -eudesmol	1,112	-
50	Bulnesol	1,010	3,395
51	β -Eudesmol	-	8,488
52	α -Eudesmol	1,419	9,067
53	γ -Gurjunen	-	0,386

^a Dung môi chiết xuất là *cholin chlorid - acid oxalic* 12,5%.

^b Dung môi chiết xuất là nước cất.

Kết quả sắc ký đồ GC-MS cho thấy, thành phần tinh dầu Tràm chiết bằng dung môi xanh DESs có khoảng 47 hợp chất, trong khi chiết bằng nước cất có 29 hợp chất. Quan sát các thành phần quan trọng trong tinh dầu, hàm lượng 1,8-cineol được chiết xuất bằng dung môi xanh và theo phương pháp truyền thống lần lượt là 28,714% và 30,749%. Giá trị này khi quan sát trên α -terpineol lần lượt là 6,092% và 12,860%. Đặc biệt, isocineol với hàm lượng 5,305% đã xuất hiện trong thành phần của tinh dầu khi chiết bằng dung môi xanh, trong khi thành phần này không có trong tinh dầu được chiết bằng phương pháp truyền thống. Như vậy, tổng hàm lượng 1,8-cineol và isocineol đối với tinh dầu chiết bằng dung môi xanh là 34,019%, trong khi tinh dầu chiết bằng nước cất giá trị này bằng 30,749%.

4. BÀN LUẬN

Sự ra đời của kỹ thuật chiết xuất xanh với các hệ dung môi eutectic sâu (DESs) được xem là giải pháp triển vọng, không chỉ trong chiết xuất dược liệu mà còn trong nhiều lĩnh vực khác như Y học, công nghệ vật liệu hay kỹ thuật hóa học [13-15]. Các DESs thường bao gồm hai thành phần không độc hại, một chất cho liên kết hydro (HBD) và một chất nhận liên kết hydro (HBA) kết hợp với nhau tạo nên một hỗn hợp đồng nhất có nhiệt độ nóng chảy thấp hơn. Với sự hình thành các liên kết hydro, các hệ DESs có khả năng hòa tan một lượng lớn các hợp chất [13, 15]. Đáng chú ý, trong công bố vào năm 2023, các

hệ DESs có thể loại bỏ khoảng 40,7% lignin [16], một thành phần trong thành tế bào thực vật, giúp tăng hiệu suất và rút ngắn thời gian chiết xuất. Đặc biệt, điểm nổi trội của các hệ DESs là chúng được chuẩn bị khá đơn giản, chi phí thấp với các thành phần thân thiện với môi trường, cùng một thư viện các hợp chất đa dạng, chứa đến 10^6 - 10^8 hỗn hợp có thể khai thác. Ngoài ra, các DESs có thể được tái sử dụng nhiều lần và không cần các quy trình tinh chế phức tạp [13, 14].

Đã có nhiều công bố về ứng dụng hệ DESs trong chiết xuất tinh dầu. Gần đây, năm 2021, nghiên cứu chiết xuất tinh dầu từ lá Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) sử dụng hệ dung môi xanh DESs với thành phần betain và L-acid lactic giúp tăng hàm lượng limonen và hibaen lên 1,3 và 1,5 lần so với phương pháp truyền thống [17]. Cho đến nay, quy trình chiết xuất tinh dầu Tràm ở Thừa Thiên Huế hay ở các địa phương khác vẫn là cất kéo hơi nước truyền thống với dung môi nước. Tinh dầu Tràm có tác dụng tốt, mang lại hiệu quả kinh tế, tuy nhiên, hiệu suất chiết thấp là vấn đề đang cần được khắc phục. Nghiên cứu đã khảo sát một số dung môi tác động vào quá xử lý nguyên liệu Tràm trước khi chiết nhằm làm tăng hiệu suất chiết. Trong đó, sự kết hợp giữa cholin chlorid và acid oxalic đã làm hiệu suất tăng 160%. DESs được tạo thành giữa cholin chlorid và acid oxalic cũng đã được sử dụng để nâng cao hiệu quả chiết xuất tinh dầu từ quả *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. [18] và nghệ [19].

Thành phần trong tinh dầu khi chiết xuất bằng DESs có sự khác biệt đáng kể so với phương pháp truyền thống, 47 hợp chất được quan sát trong tinh dầu khi chiết bằng DESs, trong khi chiết bằng nước cất thu được tinh dầu chứa 29 hợp chất. 1,8-cineol và đồng phân của nó là các thành phần hóa học chính cũng như chịu trách nhiệm tạo nên tác dụng sinh học của tinh dầu Tràm [2, 20]. Hàm lượng của 1,8-cineol trong tinh dầu khi chiết xuất bằng DESs là 28,714%, giá trị này khi được thực hiện phương pháp truyền thống là 30,749%. Đáng chú ý, tổng hàm lượng 1,8-cineol và isocineol (một đồng phân của 1,8-cineol) trong tinh dầu chiết bằng dung môi xanh là 34,019%, cao hơn so với tinh dầu chiết bằng nước cất là 30,749%. Các chất như isocineol (5,305%), terpinene 1-ol (2,968%), β -terpineol (1,029%), γ -terpineol (1,806%) cùng với nhiều chất khác là những thành phần mới quan sát được trong tinh dầu chiết xuất bằng DESs so với nước cất. Trong khi hàm lượng α -terpineol trong tinh dầu được chiết xuất bằng dung môi xanh giảm từ 12,860% xuống 6,092%. Sự thay đổi đáng kể thành phần hóa học của tinh dầu khi được chiết xuất bằng dung môi xanh cũng được quan sát trên nhiều nghiên cứu. Yu và cộng sự đã sử dụng DESs để chiết xuất tinh dầu từ quả *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. và kết quả cho thấy một lượng lớn *m*-cymene và *trans*-linalool oxide có trong tinh dầu, khác biệt so với các báo cáo thông thường trước đó [18]. Điều này cũng xảy ra tương tự đối với tinh dầu nghệ khi được tiền xử lý với DESs [19]. Thành phần hóa học của tinh dầu thay đổi cho thấy tác động rõ rệt của DESs đến quá trình chiết xuất, cũng như sự tác động của DESs đến các

hợp chất hữu cơ trong tinh dầu. Sự phá vỡ nhanh chóng của DESs đối với thành tế bào thực vật làm thúc đẩy giải phóng các hoạt chất, do đó cải thiện đáng kể hiệu suất chiết xuất cũng như cải thiện số lượng hoạt chất thu được [9]. Tóm lại, nghiên cứu hiện tại cung cấp một phương pháp dựa trên các dung môi xanh để cải thiện hiệu suất chiết xuất tinh dầu Tràm. Các nghiên cứu tiếp theo như tối ưu hóa các điều kiện chiết xuất để nâng cao hiệu quả chiết xuất, đánh giá hoạt tính của tinh dầu, nghiên cứu độc tính trên tế bào thường cần được thực hiện để xác nhận lại kết quả đáng khích lệ trong nghiên cứu này.

5. KẾT LUẬN

Nghiên cứu sử dụng dung môi xanh DESs với thành phần cholin chlorid và acid oxalic nhằm nâng cao hiệu suất chiết tinh dầu Tràm. Cụ thể, hiệu suất tăng 160% so với chỉ sử dụng nước trong cùng phương pháp cất kéo hơi nước. Ngoài ra, tinh dầu Tràm khi chiết bằng dung môi xanh đã có những thay đổi với xu hướng tạo ra các thành phần với chất lượng hơn khi chiết bằng nước cất. Những kết quả khả quan đã cho thấy tiềm năng của việc sử dụng các dung môi xanh DESs nhằm nâng cao hiệu suất chiết tinh dầu Tràm cũng như áp dụng vào thực tế sản xuất.

Lời cảm ơn

Công trình được thực hiện với sự hỗ trợ kinh phí của Đại học Huế (Mã số: DHH2022-04-169) và Nhóm nghiên cứu mạnh Đại học Huế (Mã số NCM. DHH.2023.01).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Y tế. Dược điển Việt Nam – Lần xuất bản thứ năm. Hà Nội: NXB Y học; 2017.
2. Toan TQ, Thao LPP, Chien NQ, Van NTH, Phuong ĐL, Huong TT, et al. Determination of chemical composition and antimicrobial activity of *Melaleuca cajuputi* essential oil from Quang Tri province, Vietnam. *Asian Journal of Chemistry*. 2020;32:2203-2207.
3. Isah M, Rosdi R M, Wahab WNAWA, Ishak WRW, Abdullah H, Sul'ain M.S, Ishak WRW. Phytoconstituents and biological activities of *Melaleuca cajuputi* Powell: A scoping review. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2023; 13(01):010-023.
4. Sở Khoa học & Công nghệ Thừa Thiên Huế. Về vùng Tràm, xem quy trình ương cây đến chưng cất sản phẩm. [Online] 2020 [05/11/2020]; Available from: URL: [https://skhcn.thuatienhue.gov.](https://skhcn.thuatienhue.gov.vn/?gd=39&cn=1&id=1208&tc=32556)

[vn/?gd=39&cn=1&id=1208&tc=32556](https://skhcn.thuatienhue.gov.vn/?gd=39&cn=1&id=1208&tc=32556).

5. Bảo điện tử của Bộ Tài nguyên và Môi trường. Thừa Thiên Huế: Kinh tế khởi sắc từ nghề nấu tinh dầu Tràm. [Online] 2019 [24/07/2019]; Available from: URL: <https://baotainguyenmoitruong.vn/thua-thien-hue-kinh-te-khoi-sac-tu-nghe-nau-tinh-dau-tram-252527.html>.
6. Kant R, Kumar A. Review on essential oil extraction from aromatic and medicinal plants: Techniques, performance and economic analysis. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*. 2022;30:100829.
7. Zhang Q, De Oliveira Vigier K, Royer S, Jérôme F. Deep eutectic solvents: syntheses, properties and applications. *Chemical Society reviews*. 2012;41(21):7108-7146.
8. Nam MW, Zhao J, Lee MS, Jeong JH, Lee J. Enhanced extraction of bioactive natural products using tailor-made deep eutectic solvents: application to flavonoid extraction

from *Flos sophorae*. Green Chemistry. 2015;17(3):1718-1727.

9. Le NT, Hoang NT, Van VTT, Nguyen TPD, Chau NHT, Le NTN, et al. Extraction of curcumin from turmeric residue (*Curcuma longa* L.) using deep eutectic solvents and surfactant solvents. Analytical Methods. 2022;14(8):850-858.

10. Lomba L, Ribate MP, Sangüesa E, Concha J, Garralaga MP, Errazquin D, et al. Deep Eutectic Solvents: Are They Safe? Applied Sciences. 2021;11(21):10061.

11. Trong LN, Viet HD, Quoc DT, Tuan LA, Raal A, Usai D, et al. *In vitro* antimicrobial activity of essential oil extracted from leaves of *Leoheo domatiophorus* Chaowasku, D.T. Ngo and H.T. Le in Vietnam. Plants (Basel, Switzerland). 2020;9(4):453.

12. Sparkman OD. Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy Robert P. Adams. Journal of the American Society for Mass Spectrometry. 2005;16(11):1902-1903.

13. Cunha SC, Fernandes JO. Extraction techniques with deep eutectic solvents. Trends in Analytical Chemistry. 2018;105:225-239.

14. Hansen BB, Spittle S, Chen B, Poe D, Zhang Y, Klein JM, et al. Deep eutectic solvents: A review of fundamentals and applications. Chemical Reviews. 2021;121(3):1232-1285.

15. Paiva A, Craveiro R, Aroso I, Martins M, Reis RL,

Duarte ARC. Natural deep eutectic solvents - Solvents for the 21st Century. ACS Sustainable Chemistry & Engineering. 2014;2(5):1063-1071.

16. Amesho KTT, Lin Y-C, Mohan SV, Halder S, Ponnusamy VK, Jhang S-R. Deep eutectic solvents in the transformation of biomass into biofuels and fine chemicals: A review. Environmental Chemistry Letters. 2023;21(1):183-230.

17. Yasutomi R, Anzawa R, Urakawa M, Usuki T. effective extraction of limonene and hibaene from Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*) Using ionic liquid and deep eutectic solvent. Molecules. 2021;26(14):4271.

18. Guo Y, Li Y, Li Z, Jiang L, Cao X, Gao W, et al. Deep eutectic solvent-homogenate based microwave-assisted hydrodistillation of essential oil from *Litsea cubeba* (Lour.) Pers. fruits and its chemical composition and biological activity. Journal of Chromatography A. 2021;1646:462089.

19. Xu FX, Zhang JY, Jin J, Li ZG, She YB, Lee MR. Microwave-assisted natural deep eutectic solvents pretreatment followed by hydrodistillation coupled with GC-MS for analysis of essential oil from Turmeric (*Curcuma longa* L.). Journal of Oleo Science. 2021;70(10):1481-1494.

20. Sharifi-Rad J, Salehi B, Varoni EM, Sharopov F, Yousaf Z, Ayatollahi SA, et al. Plants of the *Melaleuca* Genus as antimicrobial agents: From farm to pharmacy. Phytotherapy Research. 2017;31(10):1475-1494.