

DOI: 10.58490/ctump.2024i73.2448

NGHIÊN CỨU HOẠT TÍNH KHÁNG KHUẨN CỦA CAO CHIẾT VỎ THÂN CÂY LIM XỆT (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne)

Nguyễn Thành Dũng^{1,2}, Nguyễn Ngọc Minh Thu², Nguyễn Thiên Phúc², Nguyễn Đức Độ¹*

1. Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ

2. Trường Trung học phổ thông Nguyễn Trung Trực

*Email: nguyenthanhdung.kg@gmail.com

Ngày nhận bài: 11/3/2024

Ngày phản biện: 17/4/2024

Ngày duyệt đăng: 25/4/2024

TÓM TẮT

Đặt vấn đề: Ngày nay, vi khuẩn gây bệnh đề kháng với kháng sinh ngày càng phổ biến. Nhiều nghiên cứu cho thấy các hợp chất có hoạt tính sinh học có nguồn gốc từ thực vật có khả năng kháng khuẩn tốt với cơ chế phân tử đa dạng. **Mục tiêu nghiên cứu:** Khảo sát hoạt tính kháng khuẩn và định danh các hợp chất có hoạt tính sinh học từ cao chiết vỏ thân cây Lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne). **Đối tượng và phương pháp nghiên cứu:** Khảo sát khả năng kháng khuẩn của cao chiết vỏ thân cây Lim xẹt bằng phương pháp khuếch tán đĩa thạch và định danh các hợp chất có hoạt tính sinh học trong cao chiết bằng phân tích GC-MS. **Kết quả:** Khả năng kháng khuẩn của cao chiết ethanol 70% ở tất cả nghiệm thức là tốt hơn so với cao chiết ethanol 90%. Cao chiết ethanol 70% thể hiện hoạt tính kháng đối với 6 dòng vi sinh vật gây bệnh: *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophila*, *Dickeya dadantii*, *Vibrio parahaemolyticus* và *Candida albicans* với đường kính kháng khuẩn tương ứng là 7,67 mm; 10,0 mm; 12,33 mm; 10,67 mm; 12,67 mm và 12,0 mm. Kết quả phân tích các hợp chất trong cao chiết P70 bằng kỹ thuật GC-MS xác định được sự có mặt của 5 hợp chất có hoạt tính sinh học gồm: 1-phenylpropane-1,2-diol; methyl 4,6-dimethyl-3-nitro salicylate; benzoic acid, methyl ester (CAS) methyl benzoate; phosphonoacetic acid, dẫn xuất của 3TMS; hexadecanoic acid, methyl ester. **Kết luận:** Các hợp chất từ cao chiết vỏ thân cây Lim xẹt có hoạt tính kháng khuẩn đầy tiềm năng.

Từ khóa: Cao chiết, GC-MS, kháng khuẩn, Lim xẹt.

ABSTRACT

ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF ETHANOL EXTRACT FROM BARK STEM OF *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer Ex K. Heyne)

Nguyen Thanh Dung^{1,2}, Nguyen Ngoc Minh Thu², Nguyen Thien Phuc², Nguyen Duc Do¹*

1. Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University

2. Nguyen Trung Truc high school

Background: Nowadays, pathogenic bacteria resistant to antibiotics are increasingly common. Many studies show that biologically active compounds derived from plants have good antibacterial properties with multi-mechanism. **Objectives:** To investigate of antibacterial activity and identification of biologically active compounds from extracts of bark stem of *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne. **Materials and Methods:** Investigating the antibacterial ability of *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne extract by agar diffusion method and identifying biologically active compounds in the extract by GC-MS analysis. **Results:** The antibacterial ability of ethanol 70% extract in all treatments was better than that of ethanol 90%. The ethanol 70% extract shows antibacterial activity against six species of pathogenic

*microorganisms such as Escherichia coli, Staphylococcus aureus, Aeromonas hydrophila, Dickeya dadantii, Vibrio parahaemolyticus and Candida albicans with an antibacterial diameter 7.67 mm, 10.0 mm, 12.33 mm, 10.67 mm, 12.67 mm, and 12.0 mm, respectively. The results of identifying compounds in ethanol 70% extract using the GC-MS technique determined the presence of 5 biologically active compounds including 1-phenylpropane-1,2-diol; methyl 4,6-dimethyl-3-nitro salicylate; benzoic acid, methyl ester (CAS) methyl benzoate; phosphonoacetic acid, 3TMS derivative; hexadecanoic acid, methyl ester. **Conclusion:** Compounds from the extract of the bark stem of *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne had potential antibacterial activity.*

Keywords: Antibacterial, extract, GC-MS, *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne.

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sử dụng kháng sinh để điều trị bệnh ngày càng trở nên phổ biến dẫn đến ngày càng có nhiều vi khuẩn gây bệnh đề kháng với kháng sinh. Hướng nghiên cứu và ứng dụng các hợp chất có nguồn gốc tự nhiên trong y, dược học luôn thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học [1]. Vì lý do trên, việc nghiên cứu ra một biện pháp mang tính hiệu quả từ thiên nhiên thay thế các loại kháng sinh tổng hợp là cần thiết. Thực vật là nguồn dược liệu tiềm năng có giá trị chữa bệnh cao dưới dạng các chất chuyển hóa thứ cấp được sử dụng trong điều trị các bệnh khác nhau [2]. Lim xẹt (*Peltophorum pterocarpum* Baker ex K. Heyne) còn gọi là hoa phượng vàng [3] được sử dụng làm cây xanh công trình sẽ giúp cảnh quan thêm sinh động, điều hòa, cải thiện bầu không khí. Ngoài ra, cây Lim xẹt có công dụng trong y học mà ít ai biết được. Hoa của cây Lim xẹt được dùng làm chất làm se để chữa rối loạn đường ruột, dùng làm thuốc giảm đau, nó cũng được sử dụng làm kem dưỡng da để trị kích ứng mắt, đau cơ và vết loét. Các bộ phận khác nhau của cây này được sử dụng để điều trị nhiều bệnh như viêm miệng, mất ngủ, các vấn đề về da, táo bón, nấm ngoài da. Lá và hoa của cây này có chứa các hợp chất phenolic có tác dụng kháng khuẩn, chống oxy hóa và hạ đường huyết [3]. Tuy nhiên, hoạt tính kháng khuẩn của vỏ thân cây Lim xẹt vẫn chưa được nghiên cứu bài bản. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đánh giá hoạt tính kháng khuẩn và định danh các hợp chất có hoạt tính sinh học trong cao chiết từ vỏ thân cây Lim xẹt, từ đó góp phần tìm kiếm kháng sinh thay thế. Kết quả nghiên cứu cũng hướng đến hạn chế việc sử dụng thuốc và hóa chất trong nhiều lĩnh vực, bên cạnh đó bổ sung những thông tin sinh hóa của loài cây này, góp phần vào việc phát triển nông nghiệp bền vững.

II. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Vỏ thân cây Lim xẹt thu từ trường THPT Nguyễn Trung Trực, tỉnh Kiên Giang được định danh dựa vào hình thái cơ quan thực vật theo Bộ môn Sinh học - Khoa Sư phạm - Đại học Cần Thơ và tham chiếu trong quyển “Cây cỏ Việt Nam” của Phạm Hoàng Hộ (2003).

Các loài vi sinh vật gây bệnh *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Dickeya dadantii*, *Aeromonas hydrophila*, *Vibrio parahaemolyticus* và *Candida albicans* được cung cấp bởi Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Điều chế cao chiết vỏ thân cây Lim xẹt

Vỏ thân cây Lim xẹt được rửa sạch với nước và hong khô tự nhiên ở điều kiện phòng thí nghiệm trong 24 giờ trước khi sử dụng. Nghiền nhỏ 350 gram vỏ thân cây bằng máy xay. Cho thêm 1.050 mL dung môi ethanol 70% hoặc ethanol 90% với tỷ lệ 1:3 (w/v) và ngâm trong 24 giờ, lọc qua giấy lọc. Dịch chiết ở cả hai phương pháp được cô quay chân không

loại bỏ dung môi, sau đó loại bỏ nước bằng sấy khô liên tục ở 50°C đến khối lượng không đổi thu được 2 loại cao chiết có ký hiệu P70, P90. Cao chiết này được bảo quản ở 4°C và được sử dụng cho các nghiên cứu tiếp theo. Hiệu suất chiết cao được tính theo công thức: $H (\%) = (m/M) \times 100$. Trong đó: H: Hiệu suất cao chiết (%), m: khối lượng cao chiết (g), M: khối lượng bột dược liệu (g).

2.2.2. Định tính các hợp chất tự nhiên có trong cao chiết

Cao chiết P70 nồng độ 10 mg/mL được định tính với các hóa chất và thuốc thử được trình bày trong Bảng 1 [4].

Bảng 1. Phương pháp định tính các hợp chất tự nhiên

Hợp chất được định tính	Thực hiện phản ứng định tính	Kết quả phản ứng
Phenolic và tannin	50 μ L dd cao chiết + 500 μ L H ₂ O + 2-3 giọt FeCl ₃ (5%)	Tủa màu xanh đen
Flavonoid	50 μ L dd cao chiết + 500 μ L Pb (CH ₃ COO) ₂ (10%)	Tủa màu vàng
Quinone	50 μ L dd cao chiết + 3-4 giọt HCl	Màu xanh lá
Coumarin	50 μ L dd cao chiết + 750 μ L NaOH (10%)	Màu vàng
Alkaloid	50 μ L dd cao chiết + vài giọt thuốc thử Wagner	Tủa màu nâu đỏ
Terpenoid	50 μ L dd cao chiết + 500 μ L CHCl ₃ + 2-3 giọt H ₂ SO ₄ dd	Màu đỏ gạch hoặc xanh lá
Saponin	50 μ L dd cao chiết + 2 mL nước cất + vài giọt dầu oliu + đun nóng 90°C	Nhũ tương màu sữa

* Ghi chú: dd: dung dịch; đđ: đậm đặc

2.2.3. Đánh giá khả năng kháng khuẩn của cao chiết

Hoạt tính kháng khuẩn của cao chiết được xác định bằng phương pháp khuếch tán trên đĩa thạch [4]. Chuẩn bị thí nghiệm: 2 loại cao chiết (P70, P90) được pha với nước cất vô trùng để đạt nồng độ 10 mg/mL. Tương tự, đối chứng dương là ampicillin nồng độ 10 μ g/mL. Các dòng vi sinh vật *E. coli*, *S. aureus*, *D. dadantii*, *A. hydrophila*, *V. parahaemolyticus* và *C. albicans* được nuôi cấy trong môi trường YEM, ủ ở 30°C sau 24 giờ có mật số tương đương 10⁷ CFU/mL. Hút 50 μ L huyền phù chứa vi sinh vật thử nghiệm trải trên môi trường đĩa thạch YEMA. Tạo 5 giếng trên đĩa thạch, đường kính mỗi giếng là 5 mm sao cho mỗi giếng cách đều nhau. Cho 30 μ L dung dịch cao chiết vào mỗi giếng (3 lần lặp lại), 1 giếng chứa đối chứng âm (30 μ L nước cất vô trùng) và 1 giếng đối chứng dương (30 μ L dung dịch ampicillin 10 μ g/mL). Ủ 30°C trong 24 giờ. Đường kính vòng vô khuẩn = “Đường kính vòng Halo” – “Đường kính giếng”, (mm) được khảo sát ở các mốc thời gian 24 giờ [4].

2.2.4. Định danh các hợp chất trong cao chiết bằng kỹ thuật GC-MS

Chương trình phân tích sắc ký khí kết hợp khối phổ (GC-MS) của cao chiết P70 được thực hiện bằng máy sắc ký khí (Model QP2020NX, Shimadzu, Nhật Bản) được trang bị kim phun không chia dòng, bộ lấy mẫu tự động Shimadzu AOC 20i Plus và cột silica nung chảy Shimadzu Rxi 5MS (5% phenyl -methylpolysiloxane, dài 30 m, đường kính trong 0,25 mm, độ dày màng 0,25 mm). Thể tích bơm là 1 mL và các điều kiện GC bao gồm gia nhiệt theo chương trình từ 50 đến 300°C ở 10 °C/phút, sau đó là 10 phút ở 300°C. Vòi phun được duy trì ở 280°C. Helium là khí mang, ở mức 1,0 mL/phút. Các điều kiện MS như sau: năng lượng ion hóa là 70 eV; nhiệt độ nguồn ion tác động điện tử là 230°C; nhiệt độ tứ cực là 150°C; tốc độ quét là 3,2 lần quét/s; phạm vi khối lượng từ 50–1000 m/z. Các hợp chất

được xác định dựa trên sự phù hợp với phổ khối và chỉ số lưu giữ của chúng với thư viện NIST/Wiley 275 (Wiley, New York, Hoa Kỳ). Mức độ phong phú tương đối của từng tính năng được tính toán qua biểu đồ Sắc ký ion tổng (TIC) [5].

2.2.5. Xử lý và phân tích số liệu: Xử lý số liệu bằng phần mềm Microsoft Excel 2016 và phương pháp thống kê trên phần mềm Minitab 16.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

3.1. Kết quả điều chế cao chiết

Bảng 2. Kết quả hiệu suất ly trích vỏ thân cây Lim xẹt

Các loại cao chiết	Độ ẩm (%)	Khối lượng cao (g)	Hiệu suất (%)
P90	18,75	3,15	0,9
P70	18,75	2,21	0,63

Nhận xét: Sau khi cô quay chân không loại dung môi, cao chiết P90 đặc hơn cao chiết P70. Hiệu suất ly trích vỏ thân cây Lim xẹt ở tất cả các nghiệm thức nhỏ hơn 1%. Nghiệm thức P90 mang lại khối lượng cao chiết cao nhất với 3,15 gram sau khi được trích từ 350 gram khối lượng mẫu ban đầu.

3.2. Kết quả định tính các hợp chất tự nhiên trong cao chiết

Phân tích định tính cho thấy cả 2 loại cao chiết đều có thành phần các hợp chất giống nhau bao gồm phenolic và tanin, flavonoid, coumarin, alkaloid, terpenoid.

3.3. Kết quả kháng với vi sinh vật gây bệnh của cao chiết

Bảng 3. Khả năng kháng vi sinh vật thử nghiệm ở cao chiết nồng độ 10 mg/mL

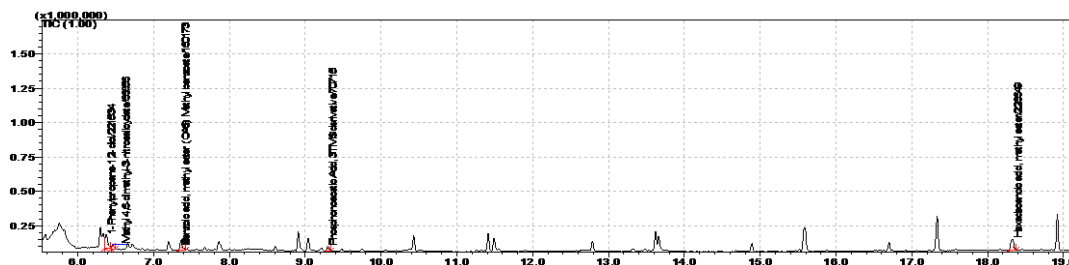
Cao chiết	Đường kính vòng vô khuẩn (mm)					
	<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>D. dadantii</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>V. parahaemolyticus</i>	<i>C. albicans</i>
P70	7,67±0,57 ^d	10,0±0,0 ^c	10,67±0,57 ^{bc}	12,33±0,57 ^a	12,67±0,57 ^a	12,0±0,0 ^{ab}
P90	4,33±0,57 ^f	8,0±0,0 ^d	6,0±1,0 ^e	7,67±0,57 ^d	5,33±0,57 ^{ef}	10,0±0,0 ^c
Nước cất vô trùng	0	0	0	0	0	0

Ghi chú: chữ cái khác nhau đi kèm các kết quả trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt ở độ tin cậy 95% qua kiểm định Tukey

Nhận xét: Sau 24 giờ, tất cả nghiệm thức cao chiết từ cây Lim xẹt đều có khả năng kháng các dòng vi sinh vật thử nghiệm là *E. coli*, *S. aureus*, *D. dadantii*, *A. hydrophila*, *V. parahaemolyticus* và *C. albicans*. Ở cao chiết P70, hiệu quả ức chế *V. parahaemolyticus*, *A. hydrophila* và *C. albicans* tốt hơn so với *E. coli*, *S. aureus* và *D. dadantii*. Ở cao chiết P90, hiệu quả ức chế *C. albicans* là tốt nhất so với các vi sinh vật thử nghiệm khác. Các nghiệm thức có nồng độ dung môi 70% đều cho thấy khả năng kháng khuẩn tốt hơn so với dung môi có nồng độ 90%. Như vậy, ly trích dung môi bằng ethanol 70% mang lại khả năng ức chế vi sinh vật tốt hơn gấp 1,5 lần so với dung môi ethanol 90%.

3.4. Kết quả phân tích GC-MS

Cao chiết thô của vỏ thân cây Lim xẹt được pha loãng trong methanol và phân tích GC-MS với nồng độ 0,1 ppm và methanol làm mẫu đối chứng (mẫu blank), kết quả sắc ký đồ được trình bày ở hình 1.

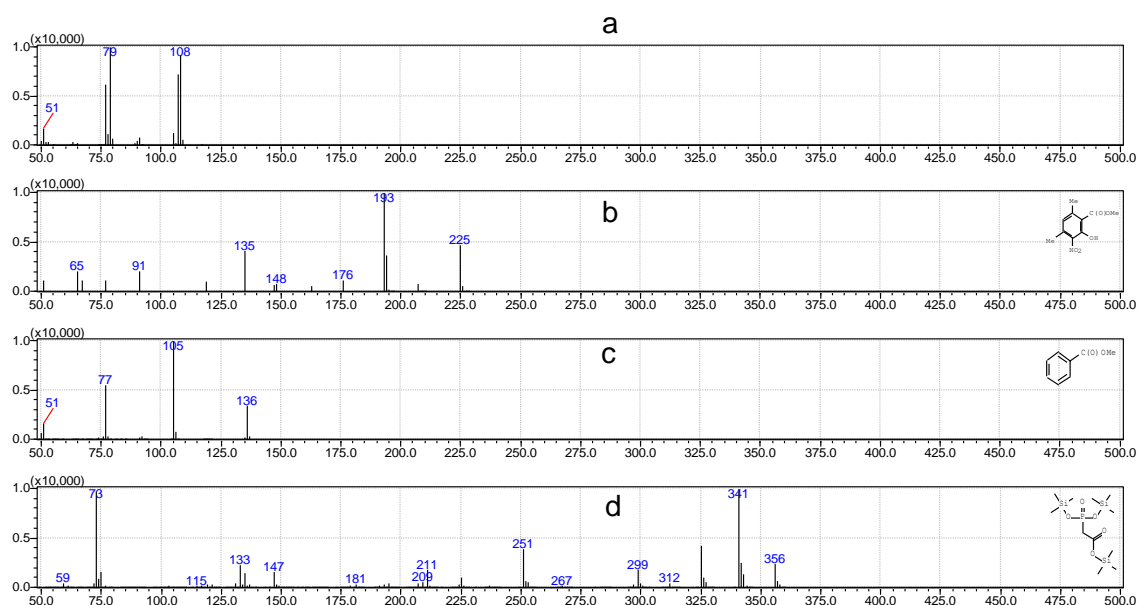


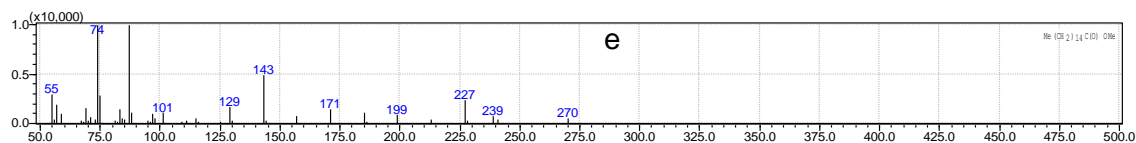
Hình 1. Sắc ký đồ GC-MS của cao chiết vỏ thân cây Lim xet

Từ kết quả phân tích GC-MS (Hình 1), so sánh với thư viện phổ, loại trừ các chất có trong dung môi, tham khảo hoạt tính sinh học của các chất đã được của các tác giả trước đây tìm ra và công bố. Việc xác định các hợp chất hóa học thực vật dựa vào diện tích đỉnh (peak), thời gian lưu và trọng lượng phân tử kèm công thức phân tử. Phân tích GC-MS về cao chiết ethanol của vỏ thân cây Lim xet đã cho thấy sự tồn tại của 5 hợp chất có hoạt tính sinh học được trình bày ở Bảng 4.

Bảng 4. Thành phần các hợp chất có hoạt tính sinh học từ cao chiết P70

Số TT	Thời gian lưu	Tên hợp chất	Công thức phân tử	Khối lượng phân tử (g/mol)	Hoạt tính sinh học
1	6,376	1-Phenylpropane-1,2-diol	C ₉ H ₁₂ O ₂	152,19	Kháng khuẩn, kháng oxy hoá [6]
2	6,461	Methyl 4,6-dimethyl-3-nitro salicylate	C ₁₀ H ₁₁ NO ₅	225,198	Kháng khuẩn, kháng virus [7]
3	7,361	Benzoic acid, methyl ester (CAS) methyl benzoate	C ₈ H ₈ O ₂	136,15	Kháng oxy hoá, kháng khuẩn [8]
4	9,301	Phosphonoacetic acid, dẫn xuất của 3TMS	C ₂ H ₅ O ₅ P	140,03	Kháng khuẩn, kháng virus [9]
5	18,33	Hexadecanoic acid, methyl ester	C ₁₇ H ₃₄ O ₂	270,5	Kháng vi sinh vật, kháng oxy hoá, kháng viêm [10]





Hình 2. Phổ đồ mass của các hợp chất có hoạt tính sinh học từ cao chiết P70

a) Hợp chất 1-phenylpropane-1,2-diol; b) Hợp chất methyl 4,6-dimethyl-3-nitro salicylate; c) Hợp chất benzoic acid, methyl ester (CAS) methyl benzoate; d) Hợp chất phosphonoacetic acid, dẫn xuất của 3TMS; e) Hợp chất hexadecanoic acid, methyl ester

Nhận xét: Năm hợp chất trong cao chiết P70 có mặt ở thời gian lưu là 6,376; 6,461; 7,361; 9,301; 18,33 cho thấy sự hiện diện lần lượt của 1-phenylpropane-1,2-diol; methyl 4,6-dimethyl-3-nitro salicylate; benzoic acid, methyl ester (CAS) methyl benzoate; phosphonoacetic acid, dẫn xuất của 3TMS; hexadecanoic acid, methyl ester. Dựa trên các nghiên cứu đã được công bố, các hợp chất này đều thể hiện hoạt tính sinh học như: kháng khuẩn, kháng nấm, chống oxy hoá, kháng viêm và những hoạt tính tiềm năng khác.

IV. BÀN LUẬN

Cao chiết từ vỏ thân cây Lim xẹt có phổ kháng khuẩn rộng, đối kháng với cả vi khuẩn Gram dương, vi khuẩn Gram âm và nấm Candida. Điều này mở ra một tiềm năng tìm kiếm nguồn kháng sinh thay thế. Kết quả kháng khuẩn của cao chiết P70 tốt hơn so với cao chiết P90 là do môi dung môi và nồng độ dung môi khác nhau cũng sẽ mang lại các hợp chất tự nhiên cũng khác nhau, từ đó khả năng kháng khuẩn cũng khác nhau. Cùng với đó, các hợp chất tự nhiên khác nhau sẽ có sự tương tác với nhau khi ở trong cùng loại cao chiết, đó được gọi là sự tương tác cộng hợp, mang lại khả năng kháng khuẩn tốt hơn [4].

Ở các phân đoạn dung môi khác nhau có thể có mặt của những hợp chất khác nhau. Theo hiểu biết của tác giả thì đây là nghiên cứu đầu tiên về cao chiết ethanol từ vỏ thân của cây Lim xẹt. Phân tích GC-MS cũng góp phần củng cố sự hiểu biết về các chất có khả năng kháng khuẩn trong cây Lim xẹt. Nhiều nghiên cứu đã xác nhận rằng methyl benzoate có độc tính đáng kể khi khử trùng đối với nhiều loại côn trùng gây hại và bảo quản sau thu hoạch. Ngoài ra, methyl benzoate còn có hiệu quả kiểm soát muỗi cao, có khả năng phân hủy sinh học và thân thiện với môi trường [11].

Hexadecanoic acid, methyl ester (methyl palmitate) là một ester methyl của acid béo. Nó có vai trò như một chất chuyển hóa thứ cấp. Cơ chế hoạt động kháng khuẩn của methyl palmitate là làm hỏng thành và màng tế bào vi khuẩn. Methyl palmitate hiện diện trong cây *Cirsium arvense* cũng được báo cáo là có tiềm năng làm thuốc chống vi trùng, thuốc trừ sâu và thuốc diệt tuyến trùng. Bạc hà (*Mentha spicata*) chứa methyl palmitate 31,51% và được báo cáo là có tiềm năng chống oxy hóa [12].

V. KẾT LUẬN

Cao chiết P70 có khả năng kháng khuẩn tốt hơn so với cao chiết P90. Khả năng kháng khuẩn của cao chiết P70 đối với *V. parahaemolyticus*, *A. hydrophila* và *C. albicans* hiệu quả cao hơn so với *E. coli*, *S. aureus* và *D. dadantii*. Xác định các hợp chất bằng phân tích GC-MS cao chiết P70 xác định được sự có mặt của 5 hợp chất nổi bật có hoạt tính sinh học gồm: 1-phenylpropane-1,2-diol; methyl 4,6-dimethyl-3-nitro salicylate; benzoic acid, methyl ester (CAS) methyl benzoate; phosphonoacetic acid, dẫn xuất của 3TMS; hexadecanoic acid, methyl ester.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Gao and Zhou. Cancer prevention and treatment by Ganoderma, a mushroom with medicinal properties. *Food Reviews International*. 2003. 19, 275-325, doi: <https://doi.org/10.1081/FRI-120023480>.
2. Haruna and Yahaya. Recent advances in the chemistry of bioactive compounds from plants and soil microbes: A review. *Chemistry Africa*. 2021. 4, 231-248, doi: <https://doi.org/10.1007/s42250-020-00213-9>.
3. Muthukumaran P., Saraswathy N., Aswitha V., Balan and Gokhul V. B. Assessment of total phenolic, flavonoid, tannin content and phytochemical screening of leaf and flower extracts from *Peltophorum pterocarpum* (DC.) Backer ex K. Heyne: a comparative study. *Pharmacognosy Journal*. 2016. 8, 140-143, doi: 10.5530/pj.2016.2.7.
4. Nguyễn Nhật Thanh Phương, Trần Hồng Đức, Phạm Tấn Phương, Nguyễn Hoàng Trí Tài và Nguyễn Đức Độ. Khảo sát hàm lượng flavonoid, alkaloid và khả năng kháng khuẩn của cao chiết cỏ mần trầu (*Eleusine indica*). *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*. 2017. 54-60, doi: 10.22144/ctu.jvn.2017.157.
5. Mohamad O. A., Li L., Ma J. B., Hatab S. and Xu L. Evaluation of the antimicrobial activity of endophytic bacterial populations from Chinese traditional medicinal plant licorice and characterization of the bioactive secondary metabolites produced by *Bacillus atrophaeus* against *Verticillium dahliae*. *Frontiers in Microbiology*. 2018. 9, 924, doi: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00924>.
6. Abdelwahab S. I., Zaman F. Q., Mariod A. A., Yaacob M., Ahmed Abdelmageed et al. Chemical composition, antioxidant and antibacterial properties of the essential oils of *Etilingera elatior* and *Cinnamomum pubescens* Kochummen. *Journal of the Science of Food Agriculture*. 2010. 90, 2682-2688, doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.4140>.
7. Wu M. and Brown A. C. Applications of catechins in the treatment of bacterial infections. *Pathogens*. 2021. 10, 546, doi: <https://doi.org/10.3390/pathogens10050546>.
8. Alemdar A., Tan B., Toksöz O., Kurtuluş G., Sesal C. et al. Systematically investigation on the spectral, antioxidant and antibacterial properties of fragrant methyl benzoate esters containing electron withdrawing and electron releasing groups. *Journal of Molecular Structure*. 2023. 1291, 136100, doi: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2023.136100>.
9. Freestone T. S., Ju K. S., Wang B. and Zhao H. Discovery of a phosphonoacetic acid derived natural product by pathway refactoring. *ACS Synthetic Biology*. 2017. 6, 217-223, doi: <https://doi.org/10.1021/acssynbio.6b00299>.
10. Onyegeme-Okerenta B. and Essien E. Analysis of bioactive compounds present in the leaf extracts of *Senna alata*, *Dennettia tripetalla* and *Delonix regia*. *Asian J. Emerging Res*. 2021. 3, 59-64, doi: <https://doi.org/10.3923/ajerpk.2021.59.64>.
11. Mostafiz M. M., Hassan E. and Lee K. Y. Methyl benzoate as a promising, environmentally safe insecticide: current status and future perspectives. *Agriculture*. 2022. 12, 378, doi: <https://doi.org/10.3390/agriculture12030378>.
12. Fajrih N., Wiryawan K. G., Sumiati S., Syahpura S. K. and Winarsih W. Identification of bioactive compounds of banana corm (*Musa paradisiaca*) using GC-MS and its inhibitory effect against pathogenic bacteria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 2022. 23, 195-204, doi: <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230125>.