LJEEST
ISSN 2710-5237
www.srcest.org.ly/jou

المجلة الليبية لعلوم وتكنولوجيا البيئة

Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology(LJEEST)

DOI: https://doi.org/10.63359/sse4e890

التحليل الكيميائي للزيوت المستخلصة من نباتي الريحان (*Ocimum basilicum*) والنعناع (*Mentha spicata*) وفعاليتها المضادة لبعض أنواع البكتيريا المختارة

الهام أحمد الباهي[1] فاطمة محمد انبيص[2]

ARTICLE INFO

Vol. 8 No. 2 August, 2026

Pages (A19-24)

Article history:
Revised form 10 June 2026
Accepted 04 July 2026

Authors affiliation
1. Department of General Education, Faculty of Science, University of Triploi
elham.albahi20@gmail.com
2. Department of Biology, Faculty of Science , Misurata University
dadasara139@gmail.com

Keywords: *Essential oils; Basil, Mint, Steam distillation, GC–MS, Antibacterial activity..*

© 2026
Content on this article is an open access licensed under creative commons CC BY-NC 4.0.

الملخص

هدفت هذه الدراسة إلى استخلاص وتحليل الزيوت العطرية من نباتي الريحان (*Ocimum basilicum*) والنعناع (*Mentha spicata*) باستخدام تقنية التقطير بالبخار، وتقييم نشاطها المضاد للبكتيريا. جرى تحليل التركيب الكيميائي للزيوت العطرية بواسطة تقنية كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطياف الكتلة (GC–MS)، كما تم اختبار فعاليتها الحيوية ضد بكتيريا (*Staphylococcus aureus*) موجبة الجرام و (*Salmonella enterica*) سالبة الجرام باستخدام طريقة الانتشار بالأقراص الورقية. أظهرت النتائج أن مردود الزيت العطري للنعناع كان أعلى (4.8 جم) مقارنة بالريحان (3.6 جم). وكشف تحليل (GC–MS) أن زيت الريحان غني بمركبات مثل اللينالول والأوجينول، في حين تميز زيت النعناع بارتفاع نسبة المنثول والمنتون. وأبدى كلا الزيتين فعالية مضادة للبكتيريا، حيث كان زيت الريحان أكثر تأثيرًا ضد (*Staphylococcus aureus*)، بينما أظهر زيت النعناع نشاطًا ملحوظًا ضد (*Salmonella enterica*). تشير هذه النتائج إلى إمكانية استخدام الزيوت العطرية كمصادر طبيعية واعدة لمضادات بكتيرية بديلة.

Chemical Characterization of Essential Oils from Basil (*Ocimum basilicum*) and Spearmint (*Mentha spicata*) and Evaluation of their Antibacterial Effects on Selected Bacteria Species

Elham Ahmed Albahi [1] Fatima Mohammed Anbis [2]

This study aimed to extract and analyze the essential oils of basil (*Ocimum basilicum*) and mint (*Mentha spicata*) using the steam distillation technique and to evaluate their antibacterial activity. The chemical composition of the essential oils was analyzed using Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS), and their biological efficacy was assessed against the G-positive bacterium *Staphylococcus aureus* and the G-negative bacterium *Salmonella enterica* using the disc diffusion method The results showed that the essential oil yield of mint was higher (4.8 g) than that of basil (3.6 g). GC–MS analysis revealed that basil essential oil was rich in compounds such as linalool and eugenol, whereas mint essential oil was characterized by high concentrations of menthol and menthone. Both essential oils exhibited antibacterial activity; however, basil oil demonstrated greater effectiveness against *Staphylococcus aureus*, while mint oil showed notable activity against *Salmonella enterica*. These results suggest that essential oils may be good natural sources of alternative and environmentally friendly antibiotics.

المقدمة

أحدث اكتشاف المضادات الحيوية ثورة في الطب، وأنقذ أرواحًا كثيرة. إلا أن الاستخدام العشوائي وغير المنضبط لهذه المضادات ساهم في تفاقم مشكلة صحية عالمية في السنوات الأخيرة، ألا وهي الزيادة الكبيرة في أعداد البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية. ويُعتبر الغذاء أحد مصادر هذه البكتيريا وطرق انتقالها. لذا، اتجهت الدراسات نحو البحث عن مركبات طبيعية بديلة ذات خصائص مضادة للميكروبات لاستخدامها في حفظ الأغذية وإطالة مدة صلاحيتها (Yakob, *et al.*, 2022).

وتُعد المستخلصات النباتية من أهم المصادر الطبيعية والصديقة للبيئة التي تُتيح فرصًا هائلة لتطوير مواد حافظة تُثبط نمو الميكروبات، ويمكن استخدامها كبدائل للمضادات الحيوية، لا سيما تلك التي طورت بعض سلالات البكتيريا مقاومة لها (Grigoriadou, *et al.*, 2023).

يُعرَّف النبات الطبي بأنه أي نبات أو جزء منه يُساهم في الحفاظ على صحة الأصحاء والوقاية من الأمراض. وهناك أدلة كثيرة تُشير إلى استخدام الإنسان للمصادر النباتية لأغراض طبية منذ عصور ما قبل التاريخ، حيث استخدمها كمصادر غذائية مهمة، ثم لاحقًا لعلاج الأمراض من خلال الممارسة والتجربة والاستنتاج والحدس (Masondo, *et al.*, 2019).

نتيجةً لهذه المخاوف، اتجهت الدراسات نحو إيجاد تقنيات جديدة للحصول على مركبات طبيعية بديلة ذات خصائص مضادة للميكروبات لاستخدامها في حفظ الأغذية وإطالة مدة صلاحيتها. تُعدّ المستخلصات النباتية من أهم المصادر الطبيعية والصديقة للبيئة التي توفر فرصًا هائلة لتطوير مواد حافظة تثبط نمو الميكروبات، ويمكن استخدامها كبدائل للمضادات الحيوية، لا سيما تلك التي طورت بعض السلالات البكتيرية مقاومة لها (Grigoriadou, *et al.*, 2023).

الريحان أو الحبق (*Ocimum basilicum*)، المعروف أيضًا باسم الريحان في بريطانيا والريحان الحلو في أمريكا، هو عشب عطري يُستخدم على نطاق واسع لرائحته ونكهته المميزتين. يُزرع على نطاق واسع في الهند وجنوب شرق آسيا الاستوائية. ينمو النبات إلى ارتفاع يتراوح بين 30 و60 سم، بأوراق بسيطة ذات حواف كاملة أو مسننة، وأزهار أرجوانية صغيرة، وبذور صغيرة صفراء محمرة. يتميز الريحان بنموه العشبي شبه الشجيري السنوي، حيث يصل ارتفاعه إلى 50-150 سم. ساقه خشبي، مضلع، ويحتوي على شعيرات بيضاء أو خضراء صغيرة تتحول إلى اللون البني عند قاعدة الساق الخشبية. الأوراق بسيطة، معنقة، بيضاوية الشكل، خضراء فاتحة، عطرية، متقابلة، حادة عند القمة، كاملة الحواف، ناعمة على السطح العلوي ومغطاة بشعيرات دقيقة على السطح السفلي (Zahran, *et al.*, 2020). تتفتح الأزهار على نورة طرفية منتصبة عنقودية يصل طولها إلى 20 سم، بيضاء اللون وعطرية، وقد تتحول إلى اللون الوردي في درجات الحرارة المنخفضة. تحتوي الثمرة على 3 أو 4 كربلات تحمل البذور (Godlewska, *et al.*, 2021).

يُعدّ النعناع (*Mentha spicata*) من أهم النباتات العطرية والطبية، ويحظى بطلب كبير في الأسواق المحلية والعالمية لزيوته العطرية ومنتجاته. تُستخدم سيقانه وأزهاره وأوراقه غالبًا لإضفاء نكهة ورائحة مميزة على خلطات التوابل التجارية المستخدمة في العديد من الأطباق. كما تُستخدم أنواع النعناع في الطب الشعبي لعلاج العديد من الأمراض. يُعدّ زيت النعناع من أكثر الزيوت العطرية شيوعًا واستخدامًا، ويتكون أساسًا من مركبات المنثول (Mishra, *et al.*, 2021). يُزرع النعناع الأخضر، الغني بالكارفون، ويُستخدم في معظم البلدان. يُثبّط زيت النعناع العطري ومكوّنه الرئيسي، البارامنثان، نموّ أنواع من البكتيريا مثل السالمونيلا التيفية، والزائفة الزنجارية، والعصوية، والريزوبيوم، والإشريكية القولونية، والمكورات العنقودية الذهبية. أعشاب النعناع (*M. spicata* و *M. piperita*) غنية بمضادات الأكسدة والمركبات المضادة للبكتيريا، كما تحتوي على عناصر غذائية أخرى (Osmolovskaya, *et al.*, 2025). يُعتبر النعناع نوعًا مميزًا من النباتات التي تُهدئ وتُنشّط الجسم. تُستخدم أوراق النعناع في العديد من الأدوية لخصائصها المضادة للبكتيريا والالتهابات. يتميز النعناع بمذاقه اللطيف والمنعش، وغالبًا ما يُضاف إلى غسولات الفم لخصائصه المضادة للبكتيريا. بالإضافة إلى ذلك، يُستخدم في الأدوية والمستحضرات لعلاج التهاب الحلق، والتهاب اللثة، والتهاب الفم، وإصابات الغشاء المخاطي للفم. ونظرًا لخصائصه المقشعة، يُنصح أيضًا بإضافته إلى الشاي والمشروبات المُخصصة للسعال. ولأن شاي النعناع يحتوي على أحماض عضوية ذات تأثير مُهدئ، فإن شربه مساءً يُساعد على النوم بشكل أسرع (Papadimitropoulos, *et al.*, 2018).

من بين المنصات التحليلية المتاحة، والمستخدمة حاليًا في أحدث عمليات تحليل الأيض، لا تزال تقنية كروماتوغرافيا الغاز المقترنة مباشرةً بقياس الطيف الكتلي (GC-MS) من أكثر التقنيات استخداما (Wase, et al., 2022).

في الواقع، عند دمجها مع استراتيجيات الاشتقاق المناسبة، تُعدّ GC-MS مثالية لتحليل مجموعة متنوعة من نواتج الأيض النباتية ذات الوزن الجزيئي المنخفض والخصائص المختلفة جوهريًا، أي أنه لا يمكن تحليل المركبات المتطايرة فحسب، بل يمكن أيضًا تحليل المركبات غير المتطايرة ذات الطبيعة غير القطبية وحتى القطبية باستخدام هذه التقنية (Asteggiano, *et al.*, 2021). من المهم أن نذكر أن معالجة بيانات GC-MS المكتسبة تعتمد على الجمع بين مؤشرات الاحتفاظ الفريدة (المحسوبة بناءً على معايرة زمن الاحتفاظ (tR)) وأطياف التأين الإلكتروني (EI)-MS الخاصة بالمركب، والتي يتم الحصول عليها عند طاقة موحدة قدرها 70 إلكترون فولت. هذا الجمع يجعل جهاز GC-MS بأكمله قويًا وموثوقًا للغاية (Maciel, *et al.*, 2022).

في ضوء هذه الاعتبارات، فإن بعض فئات المستقبلات الأولية (مثل النيوكليوتيدات، وفوسفات الكربوهيدرات، والعوامل المساعدة)، بالإضافة إلى المستقبلات الثانوية (مثل القلويدات، ومقترنات البوليفينول، والتربينات متعددة الحلقات)، لا تتوافق مع تحليل GC-MS الفعال والموثوق (Wang, et al., 2023).

لذا، وللوصول إلى أكثر مجموعات المستقبلات الأولية والثانوية تمثيلاً، والتي تشارك في مسارات الطاقة المركزية ومسارات التخليق الحيوي المختلفة، من الضروري استكمال منهجية GC-MS بمنصة تحليلية واحدة أو أكثر، تغطي فئات المستقبلات التي يصعب الوصول إليها باستخدام GC-MS (Yan, *et al.*, 2022). كما أن دمج مخرجات منصات علم الأيض المختلفة في مرحلة تفسير البيانات من شأنه أن يُتيح توصيفًا شاملاً للاستجابات الفسيولوجية للنبات المستهدف على المستوى الجزيئي (Frolova, *et al.*, 2022) و (Shumilina, *et al.*, 2023).

وبناءً على ذلك، تهدف هذه الدراسة إلى استخلاص الزيوت العطرية من الريحان والنعناع باستخدام التقطير بالبخار، وتحليل تركيبها الكيميائي بواسطة GC–MS، وتقييم نشاطها المضاد للبكتيريا ضد بكتيريا موجبة وسالبة لصبغة جرام، بهدف تقييم إمكاناتها كمضادات بكتيرية طبيعية بديلة.

المواد والطرق

تحضير المواد النباتية

جُمعت عينات طازجة من نباتي الريحان (*Ocimum basilicum*) والنعناع (*Mentha spicata*) من مزرعة خاصة تقع في منطقة السكت بمدينة مصراتة، ليبيا، خلال موسم الربيع (مارس 2025)، وذلك في مرحلة النمو الخضري. وقد تم اختيار نباتات سليمة وخالية من الإصابات المرضية بهدف توحيد الظروف التجريبية وضمان جودة العينات. بعد ذلك، استُخدمت أوراق النباتين بعد تجفيفها، حيث نُظفت من الشوائب وجُففت في درجة حرارة الغرفة بعيدًا عن أشعة الشمس المباشرة. ثم جرى طحن الأوراق المجففة إلى مسحوق ناعم باستخدام مطحنة كهربائية، وحُفظ المسحوق في أوعية محكمة الإغلاق إلى حين إجراء عملية الاستخلاص.

استخلاص الزيوت العطرية

أُستخلصت الزيوت العطرية من أوراق الريحان والنعناع باستخدام جهاز التقطير بالبخار، حيث استُخدم نحو 300–500 غ من المسحوق النباتي الجاف في كل عملية تقطير، وبوزن كلي يقارب 2 كغ لكل نبات. استمر تمرير البخار لمدة تراوحت بين ساعتين وأربع ساعات إلى حين توقف انبعاث الزيت. تم عزل الزيت العطري عن طبقة الماء، ثم حُفظ في قوارير زجاجية داكنة ومحكمة الإغلاق عند درجة حرارة منخفضة إلى حين الاستخدام والتحليل. تم حساب مردود الزيت العطري باستخدام ميزان حساس اعتماداً على الوزن الجاف للمادة النباتية كنسبة مئوية وفق المعادلة الآتية:

مردود الزيت العطري (%) = (وزن الزيت المستخلص / وزن المادة النباتية الجافة) × 100

أُجريت ثلاث مكررات مستقلة لكل نبات لضمان دقة النتائج

تحليل التركيب الكيميائي للزيوت العطرية

تم تحليل التركيب الكيميائي للزيوت العطرية باستخدام تقنية كروماتوغرافيا الغاز المقترنة بمطياف الكتلة (GC–MS) في المختبر المركزي للتحليلات الدقيقة، جامعة القاهرة، جمهورية مصر العربية. جرى فصل المركبات باستخدام عمود شعري مناسب، وتم التعرف على المركبات الكيميائية من خلال مقارنة أطياف الكتلة مع مكتبة NIST، إضافة إلى مقارنة قيم مؤشرات الاحتجاز مع القيم المرجعية المنشورة. وعُبّر عن نتائج التحليل كنِسَب مئوية للمركبات المحددة.

اختبار النشاط المضاد للبكتيريا

تم تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت العطرية المستخلصة من الريحان والنعناع باستخدام طريقة الانتشار بالأقراص الورقية (Disc Diffusion Method). وهي من أكثر الطرق شيوعًا لدراسة النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت العطرية هي طريقة انتشار القرص (Matei, *et al.*, 2020).

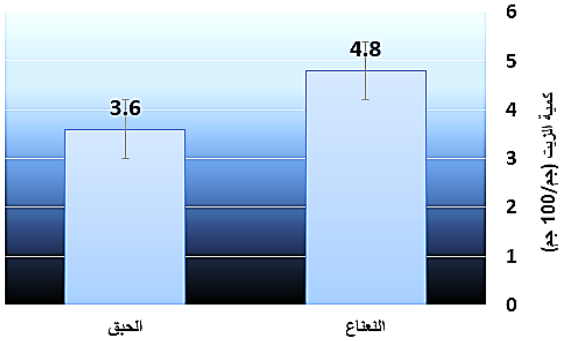
أُجري الاختبار على بكتيريا *Staphylococcus aureus* موجبة الجرام و*Salmonella enterica* سالبة الجرام، باستخدام سلالات معتمدة من مختبر الأحياء الدقيقة بكلية العلوم، جامعة مصراته. استُخدمت زيوت عطرية نقية (100%)، مع قرص جنتاميسين (10 µg) كشاهد إيجابي للتحقق من صحة الاختبار بدون مقارنة مباشرة بينه وبين الزيوت، وإيثانول معقم كشاهد سلبي. بعد التحضين عند 37°C لمدة 24 ساعة، قيس قطر مناطق تثبيط النمو البكتيري، وأُجريت التجارب بثلاث مكررات مستقلة، مع حساب المتوسط والانحراف المعياري.

أُجريت جميع التجارب بثلاث مكررات مستقلة، وعُبّر عن جميع النتائج على هيئة المتوسط ± الانحراف المعياري. تم تحليل البيانات إحصائيًا باستخدام تحليل التباين الأحادي (One-way ANOVA) لتحديد الفروق المعنوية بين المعاملات، وذلك باستخدام برنامج SPSS، مع اعتبار الفروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($p < 0.05$).

النتائج والمناقشة

مردود الزيوت العطرية:

أظهرت نتائج استخلاص الزيوت العطرية من الأوراق الجافة لنباتي الريحان (*Ocimum basilicum*) ونبات النعناع (*Mentha spicata*) باستخدام طريقة التقطير بالبخار أن هناك اختلافًا في كمية الزيت الناتجة بين النباتين، حيث بلغ مردود الزيت العطري المستخلص من النعناع 4.8 جم/100 جم مادة نباتية جافة، في حين بلغ مردود زيت الريحان 3.6 جم/100 جم (الشكل 1). وتشير هذه النتائج إلى تفوق نبات النعناع في إنتاج الزيت العطري مقارنة بالريحان تحت نفس ظروف الاستخلاص.



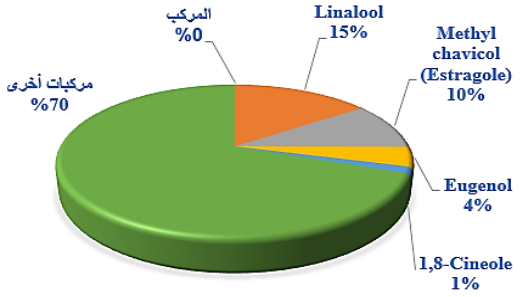
شكل رقم (1): مقارنة مردود الزيت بين النعناع والريحان (الحبق)

وهذا ما يتفق مع ما ورد في دراسات سابقة والتي أشارت إلى أن نباتات جنس (Mentha) تتميز بقدرتها المرتفعة على إنتاج الزيوت العطرية الغنية بالمونوتربينات الأكسجينية (Gebauer, *et al.*, 2024).

حيث سجّل زيت النعناع مردودًا أعلى مقارنة بزيت الريحان، ويُعزى هذا الاختلاف إلى عوامل وراثية وفسيولوجية مرتبطة بالغدد الزيتية وطبيعة الأنسجة النباتية، حيث يتميز زيت النعناع (*Mentha spicata*) بتركيبة كيميائية فريدة، حيث يُعد الكارفون المكون الرئيسي فيه، وغالبًا ما يتجاوز 60% من الزيت، مصحوبًا بالليمونين (Landeo, *et al.*, 2023).

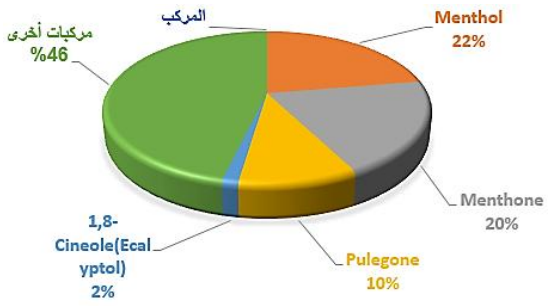
تحليل (GC–MS) للزيوت العطرية

أفادت نتائج تحليل GC–MS لزيوت النعناع والحبق فصلًا واضحًا لمكونات الزيوت العطرية، حيث سُجلت عدة قمم تمثل مركبات طيّارة مختلفة، مع التركيز على المركبات الرئيسة الأعلى وفرة. فمن خلال الشكل 2 أشارت النتائج أن زيت الحبق يتميز بغناه بالمركبات التربينية والكحولية والفينولية، وكان Linalool المركب السائد بنسبة تقارب 15%، يليه Methyl chavicol (~10%) وEugenol (~4%)، وهي مركبات مسؤولة عن الخصائص العطرية والنشاط الحيوي للزيت.



شكل رقم (2): النسبة المئوية للمركبات الكيميائية الرئيسية في زيت الريحان (الحبق)

في شكل 3، أظهر زيت النعناع سيادة مركبات Menthol (~22%) وMenthone (~20%) وPulegone (~10%)، والتي تُعد من أهم المركبات ذات النشاط الحيوي في زيوت النعناع. وتعكس هذه النتائج الاختلاف الواضح في التركيب الكيميائي بين الزيتين، مما يفسر تباين خصائصهما العطرية والبيولوجية، كما هو موضح في مخططات التوزيع النسبي للمركبات الكيميائية.



شكل رقم (3): النسبة المئوية للمركبات الكيميائية الرئيسية في زيت النعناع

وهذا ما تؤكده أبحاث سابقة قام بها (Kalemba, et al., 2003) والتي أظهر فيها تحليل GC–MS اختلافًا واضحًا في التركيب الكيميائي بين الزيتين، حيث تميز زيت الريحان بوجود مركبات مثل اللينالول والأوجينول، في حين تميز زيت النعناع بارتفاع نسبة المنثول والمنتون (Biltekin, *et al.*, 2023). وتُعد هذه المركبات من أهم المكونات الفعالة المسؤولة عن النشاط المضاد للبكتيريا، إذ أُشير إلى قدرتها على إحداث خلل في نفاذية الغشاء الخلوي البكتيري وتعطيل الوظائف الحيوية الأساسية (OliveiraFilho, *et al.*, 2023).

النشاط المضاد للبكتيريا للزيوت العطرية

كشفت النتائج أن الزيوت العطرية المستخلصة من الريحان والنعناع تمتلك نشاطًا مضادًا ملحوظًا ضد البكتيريا المختبرة، مع اختلاف في مستوى الفعالية تبعًا لنوع الزيت ونوع البكتيريا. وكما هو موضح في الجدول 1 سجل زيت الريحان أعلى متوسط لقطر منطقة التثبيط ضد بكتيريا *Staphylococcus aureus*، يتبعه زيت النعناع، في حين أظهر المضاد الحيوي القياسي جنتاميسين فعالية أقل نسبيًا، ولم يُظهر المذيب الإيثانولي أي نشاط تثبيطي.

وبالمثل، أظهرت الزيوت العطرية نشاطًا مضادًا ضد بكتيريا *Salmonella enterica*، إلا أن قيم مناطق التثبيط كانت أقل مقارنة ببكتيريا *Staphylococcus aureus* من خلال الدراسات المسجلة سابقا اشتهر زيت الريحان بتفوقه من حيث الفعالية في تثبيط نشاطات البكتيريا وتموها، يليه زيت النعناع ثم الجنتاميسين، بينما لم يُسجل المذيب الإيثانولي أي تأثير مثبط (Kamatou, *et al.*, 2008).

جدول رقم (1): متوسط قطر منطقة التثبيط (ملم) الناتجة عن تأثير الزيوت العطرية والمضاد الحيوي الجنتاميسين ضد بكتيريا Staphylococcus aureus موجبة الجرام و Salmonella enterica سالبة الجرام

المادة المختبرة	*S. aureus* (ملم)	*S. enterica* (ملم)
زيت الحبق	**23.0 ± 1.0**[a]	**20.0± 1.0**[a]
زيت النعناع	**20.7± 0.6**[b]	**17.3± 0.6**[b]
جنتاميسين (شاهد +)	**16.3± 0.6**[b]	**15.3± 0.6**[c]
إيثانول (شاهد –)	**0.0± 0.0**[d]	**0.0± 0.0**[d]

ملاحظة: القيم المعبّر عنها تمثل المتوسط ± الانحراف المعياري (n = 3) القيم التي تحمل حروفًا مختلفة ضمن العمود نفسه تشير إلى فروق ذات دلالة إحصائية عند ($p < 0.05$) باستخدام اختبار Tukey.

أظهرت المقارنة بين نتائج النشاط المضاد للبكتيريا أن الزيوت العطرية المختبرة كانت أكثر فاعلية ضد البكتيريا موجبة الجرام (*Staphylococcus aureus*) مقارنة بالبكتيريا سالبة الجرام (*Salmonella enterica*)وقد بين التحليل الإحصائي وجود فروق ذات دلالة إحصائية في متوسطات أقطار مناطق التثبيط بين نوعي البكتيريا لكل من زيت الريحان وزيت النعناع ($p < 0.05$)، مما يشير إلى اختلاف استجابة البكتيريا للزيوت العطرية تبعًا لطبيعة جدارها الخلوي (Gebauer, *et al.*, 2024).

ومن الجدير بالذكر أن الزيوت العطرية المختبرة عند استخدامها بتركيز 100% أظهرت نشاطًا مضادًا للبكتيريا مما يدعم ما ذهبت إليه دراسات سابقة حول إمكانية استخدام الزيوت العطرية كمصادر طبيعية واعدة لمضادات بكتيرية بديلة أو مكملة (Bakkali, *et al.*, 2008).

بوجه عام، تؤكد هذه النتائج أن التركيب الكيميائي للزيوت العطرية يلعب دورًا محوريًا في تحديد فعاليتها المضادة للبكتيريا، وأن الريحان والنعناع يمثلان مصادر طبيعية مهمة لمركبات ذات نشاط حيوي يمكن الاستفادة منها في التطبيقات الصيدلانية والغذائية.

الخلاصة

أوضحت نتائج هذه الدراسة أن الزيوت العطرية المستخلصة من الريحان *Ocimum basilicum* والنعناع *Mentha spicata* تتمتع بخصائص مضادة للبكتيريا، مع وجود اختلافات واضحة في الفعالية تبعًا للتركيب الكيميائي لكل زيت. أظهر النعناع مردودًا أعلى من الزيت العطري مقارنة بالريحان، في حين أبدى زيت الريحان فعالية مضادة للبكتيريا أكبر ضد كل من ب بكتيريا *Staphylococcus aureus* وبكتيريا *Salmonella enterica*.

بينت نتائج تحليل GC–MS أن الفعالية الحيوية للزيوت العطرية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالمركبات السائدة فيها، حيث لعبت المركبات الأكسجينية مثل اللينالول والأوجينول في زيت الريحان، والمنثول والمنتون في زيت النعناع، دورًا رئيسيًا في تثبيط نمو البكتيريا. كما أظهرت البكتيريا موجبة الجرام حساسية أعلى للزيوت العطرية مقارنة بالبكتيريا سالبة الجرام.

تشير هذه النتائج إلى أن الزيوت العطرية للريحان والنعناع يمكن أن تمثل مصادر طبيعية واعدة لمضادات بكتيرية بديلة أو مكملة للمضادات الحيوية التقليدية، مما يفتح المجال لاستخدامها في التطبيقات الصيدلانية والغذائية. ومع ذلك، توصي الدراسة بإجراء أبحاث مستقبلية لتقييم السمية والفعالية الحيوية وتحديد آليات التأثير بشكل أكثر دقة قبل التطبيق العملي.

المراجع

Asteggiano, A., Occhipinti, A., Capuzzo, A., Mecarelli, E., Aigotti, R., & Medana, C. (2021). Quali-quantitative characterization of volatile and non-volatile compounds in *Protium heptaphyllum* (Aubl.) Marchand resin by GC-MS validated method, GC-FID and HPLC-HRMS2. *Molecules*, *26*(5), 1447. https://doi.org/10.3390/molecules26051447

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, *46*(2), 446–475. https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106

Biltekin, S. N., Karadağ, A. E., Demirci, F., & Demirci, B. (2023). In vitro anti-inflammatory and anticancer evaluation of *Mentha spicata* L. and *Matricaria chamomilla* L. essential oils. *ACS Omega*, *8*(19), 17143–17150.

https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.09.011

Matei, B., Diguță, C. F., Matei, F., & Popa, O. (2020). Antimicrobial potential of kombucha bacterial biopolymer. *Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, *24*(1), 133–137. https://www.biotechnologyjournal.usamv.ro/pdf/2020/issue_1/Art18.pdf

Mishra, A., Gupta, P., Lal, R., & Dhawan, S. S. (2021). Assessing and integrating the transcriptome analysis with plant development, trichomes, and secondary metabolites yield potential in *Mentha arvensis* L. *Plant Physiology and Biochemistry*, *162*, 517–530. https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.03.009

Oliveira Filho, J. G., Duarte, L. G. R., Silva, Y. B. B., Milan, E. P., Santos, H. V., Moura, T. C., Bandini, V. P., Vitolano, L. E. S., Nobre, J. J. C., Moreira, C. T., et al. (2023). Novel approach for improving papaya fruit storage with carnauba wax nanoemulsion in combination with *Syzygium aromaticum* and *Mentha spicata* essential oils. *Coatings*, *13*(5), 847. https://doi.org/10.3390/coatings13050847

Osmolovskaya, N., Bilova, T., Gurina, A., Orlova, A., Vu, V. D., Sukhikh, S., Zhilkina, T., Frolova, N., Tarakhovskaya, E., Kamionskaya, A., et al. (2025). Metabolic responses of *Amaranthus caudatus* roots and leaves to zinc stress. *Plants*, *14*(15), 2119. https://doi.org/10.3390/plants14142119

Papadimitropoulos, M. E. P., Vasilopoulou, C. G., Maga-Nteve, C., & Klapa, M. I. (2018). Untargeted GC-MS metabolomics. In A. D'Alessandro (Ed.), *High-Throughput Metabolomics: Methods and Protocols* (Methods in Molecular Biology, Vol. 1738, pp. 133–147). Humana. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7643-0_9

Shumilina, J., Kiryushkin, A. S., Frolova, N., Mashkina, V., Ilina, E. L., Puchkova, V. A., Danko, K., Silinskaya, S., Serebryakov, E. B., Soboleva, A., et al. (2023). Integrative proteomics and metabolomics analysis reveals the role of small signaling peptide Rapid Alkalinization Factor 34 (RALF34) in cucumber roots. *International Journal of Molecular Sciences*, *24*(8), 7654. https://doi.org/10.3390/ijms24087654

Wang, Y. T., Yang, Y., Sun, X. L., & Ji, J. (2023). Development of a widely targeted metabolomics method based on gas chromatography-mass spectrometry. *Chinese Journal of Chromatography*, *41*(6), 520–526. https://doi.org/10.3724/SP.J.1123.2022.10003

Wase, N., Abshire, N., & Obata, T. (2022). High-throughput profiling of metabolic phenotypes using high-resolution GC-MS. In T. Obata (Ed.), *Metabolomics: Methods and Protocols* (Methods in Molecular Biology, Vol. 2537, pp. 235–260). Humana. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-2537-8_19

https://doi.org/10.1021/acsomega.3c01501

Frolova, N., Gorbach, D., Ihling, C., Bilova, T., Orlova, A., Lukasheva, E., Fedoseeva, K., Dodueva, I., Lutova, L. A., & Frolov, A. (2025). Proteome and metabolome alterations in radish (*Raphanus sativus* L.) seedlings induced by inoculation with *Agrobacterium tumefaciens*. *Biomolecules*, *15*(2), 290. https://doi.org/10.3390/biom15020290

Gebauer, S., Pompermayer, K., Oliveira, D. G. P., Silva Pinto, F. G., Rosset, J., Bandeira, D. M., Silva, G. T., Oliveira, M. S., Silva, G. H., Alves, L. F. A., et al. (2024). *Mentha* spp. essential oils: Toxicity to *Alphitobius diaperinus*, activity against poultry pathogenic bacteria, and *Beauveria bassiana* compatibility. *Environmental Science and Pollution Research*, *31*, 34010–34027. https://doi.org/10.1007/s11356-024-33484-7

Godlewska, K., Ronga, D., & Michalak, I. (2021). Plant extracts—Importance in sustainable agriculture. *Italian Journal of Agronomy*, *16*(2), 1851. https://doi.org/10.4081/ija.2021.1851

Grigoriadou, K., Cheilari, A., Dina, E., Alexandri, S., & Aligiannis, N. (2023). Medicinal and aromatic plants as a source of potential feed and food additives. In G. Arsenos & I. Giannenas (Eds.), *Sustainable Use of Feed Additives in Livestock* (pp. 117–135). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42855-5_6

Kalemba, D., & Kunicka, A. (2003). Antibacterial and antifungal properties of essential oils. *Current Medicinal Chemistry*, *10*(10), 813–829. https://doi.org/10.2174/0929867033457719

Kamatou, G. P. P., Vermaak, I., Viljoen, A. M., & Lawrence, B. M. (2013). Menthol: A simple monoterpene with remarkable biological properties. *Phytochemistry*, *96*, 15–25. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2013.08.005

Landeo-Villanueva, G. E., Salazar-Salvatierra, M. E., Ruiz-Quiroz, J. R., Zuta-Arriola, N., Jarama-Soto, B., Herrera-Calderon, O., & Pari-Olarte, J. B. (2023). Inhibitory activity of essential oils of *Mentha spicata* and *Eucalyptus globulus* on biofilms of *Streptococcus mutans* in an in vitro model. *Antibiotics*, *12*(2), 369. https://doi.org/10.3390/antibiotics12020369

Maciel, E. V. S., Dos Santos, N. G. P., Medina, D. A. V., & Lanças, F. M. (2022). Electron ionization mass spectrometry: Quo vadis? *Electrophoresis*, *43*(15), 1587–1600. doi.org/10.1002/elps.202100392

Masondo, N. A., Stafford, G. I., Aremu, A. O., & Makunga, N. P. (2019). Acetylcholinesterase inhibitors from southern African plants: An overview of ethnobotanical, pharmacological potential and phytochemical research including and beyond Alzheimer's disease treatment. *South African Journal of Botany*, *120*, 39–64.

metabolomics in plants. *Molecular Horticulture, 2*, 17. https://doi.org/10.1186/s43897-022-00038-9

Zahran, E. M., Abdelmohsen, U. R., Khalil, H. E., Desoukey, S. Y., Fouad, M. A., & Kamel, M. S. (2020). Diversity, phytochemical and medicinal potential of the genus *Ocimum* L. (Lamiaceae). *Phytochemistry Reviews, 19*(4), 907–953. https://doi.org/10.1007/s11101-020-09690-9

Yakob, H. K., Hamad, L. R., & Farhan, B. M. (2022). Isolation and diagnosis of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* in meat and butcher tool surfaces in Baghdad. *Microbiological Journal, 84*(2), 40–46. https://doi.org/10.15407/microbiolj84.02.040

Yan, S., Bhawal, R., Yin, Z., Thannhauser, T. W., & Zhang, S. (2022). Recent advances in proteomics and