Study of the Chemical Composition and Biological Efficacy of Essential Oil Extracted from Syrian Thyme Using Steam Distillation and Ultrasound Techniques

* Thanaa Shriteh

Abstract

This study compared the efficiency of two extraction techniques—steam distillation and ultrasound-assisted extraction for extracting essential oil from green thyme (Thymus vulgaris), focusing on quantitative yield, chemical composition, and antimicrobial and antioxidant activities. The results demonstrated a significant superiority of ultrasound-assisted extraction, which achieved a higher yield of 3.5% compared to 0.78% for steam distillation. The oil extracted using ultrasound also exhibited higher purity, with the proportion of the main phenolic compound, carvacrol, which increased to 90.88% compared to 66.43% in the traditionally extracted oil. Additionally, the ultrasound-extracted oil showed greater chemical diversity, with 14 compounds identified compared to only 8 compounds in the conventional oil.

Keywords: Green thyme, ultrasound-assisted extraction, steam distillation, carvacrol, antimicrobial activity, antioxidant activity.

*) Dr. for organic chemistry: Department of chemistry–Faculty of science–Homs university, SYRIA

دراسة التركيب الكيميائي والفعالية الحيوية للزيت المستخلص من الزعتر السوري باستخدام تقنيتي الجرف بالبخار و الأمواج فوق الصوتية

د. ثناء شريتح *

ملخص البحث

تم في هذا البحث مقارنة بين كفاءة تقنيتي التقطير بالبخار (التقليدية) والاستخلاص بمساعدة الأمواج فوق الصوتية (الحديثة) في استخلاص الزيت العطري من نبات الزعتر الأخضر (Thymus vulgaris)، من حيث المردود، والتركيب الكيميائي، والفعالية المضادة للميكروبات والأكسدة.

أظهرت النتائج تفوقاً ملحوظاً لتقنية الاستخلاص بالأمواج فوق الصوتية، حيث حققت مردوداً أعلى بلغ 3.5% مقارنة بـ 0. 78% للجرف بالبخار. كما تميز الزيت المستخلص بهذه التقنية بنقاوة أعلى، حيث ارتفعت نسبة الكارفاكرول (المكون الرئيسي) إلى 90.88% مقابل 66.43% وبتنوع كيميائي أكبر، حيث تم تحديد 14 مركباً مقابل 8 مركبات فقط في الزيت التقليدي.

انعكس هذا التفوق الكيميائي على الفعالية الحيوية، إذ أظهر الزيت المستخلص بالموجات فوق الصوتية فعالية مضادة للميكروبات أقوى ضد أنواع بكتيريا مختلفة، تفوق على المضاد الحيوي (الجنتاميسين) في تثبيط نمو بكتيريا E. coli. كما سجل نشاطاً مضاداً للأكسدة أعلى بشكل كبير، حيث بلغت نسبة التثبيط 85.42% مقابل 41.24% للزيت المستخلص بالجرف بالبخار.

كلمات مفتاحية : الزعتر الأخضر، الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية، التقطير بالبخار، الكارفاكرول، النشاط المضاد للميكروبات، النشاط المضاد للأكسدة.

*) أستاذ مساعد في قسم الكيمياء– كلية العلوم – جامعة حمص – سورية

1- مقدمة:

تكتسب النباتات الطبية مكانة استراتيجية في الصناعة الدوائية كمصدر طبيعي وآمن للمركبات الفعالة، مما يستدعي تطوير طرائق استخلاص فعالة لضمان الجودة والعائد المرتفع. أثبتت التقنيات الحديثة مثل الاستخلاص بالموجات فوق الصوتية كفاءة أعلى مقارنة بالطرائق التقليدية (مثل بالحرف بالبخار) من حيث كمية ونقاء المستخلصات وفعاليتها الحيوية [1]. لذلك تم في هذه الدراسة مقارنة هاتين الطريقتين لاستخلاص الزيوت من نبات الزعتر وتقييم كفاءتهما

نبات الزعتر الأخضر:

الزعتر نبات عشبي معمر، يتراوح ارتفاعه بين 30Cm , 50Cm. يتميز بأوراقه الصغيرة الرفيعة، وسيقانه المضلعة التي تتحول إلى خشبية مع تقدم العمر. أزهاره صغيرة ذات لون أزرق أو أرجواني، وثماره كبسولية تحتوي على بذور صغيرة عديدة. للنبات رائحة عطرية قوية الشكل (1-1) [2] .

الشكل (1-1): الشكل المورفولوجي لنبات الزعتر الأخضر

الموطن الأصلي للزعتر هو منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط، حيث ينمو طبيعياً في المناطق الجافة والمشمسة في جنوب أوروبا وشمال أفريقيا، وخاصة في المنطقة الممتدة من غرب البحر المتوسط إلى جنوب إيطاليا [3] .

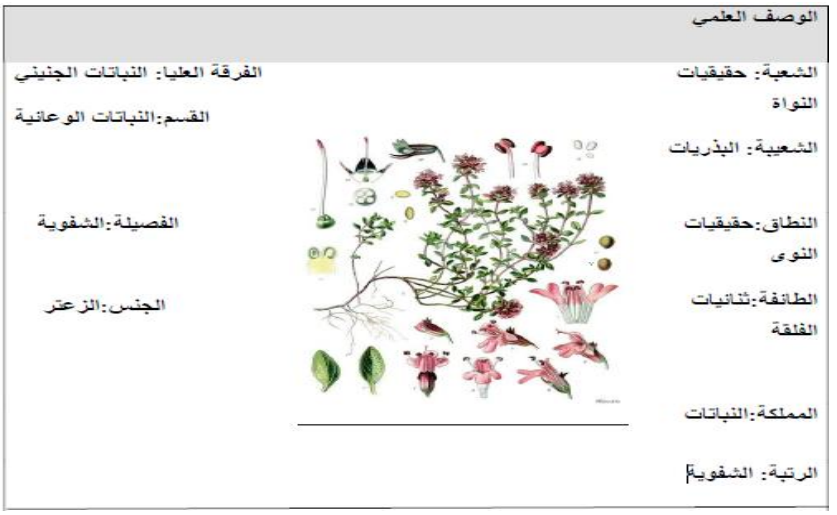
الاسم العلمي (Thymus vulgaris) :هو نبات معروف بعدة أسماء شائعة موضحة في الجدول (1) .

الجدول(1) : الأسماء الشائعة للزعتر [4]

بالإنجليزية	بالفرنسية	بالعربية
Thyme	Thym	الزعتر
Common Thyme	Farigoule	الصعتر
Culinary Thyme	Thym commun	الزعيترة
French Thyme	Thym cultivé	-
Garden Thyme	Thym vulgaire	-
Winter Thyme	Farigoule et barigoule	-

تصنيف نبات الزعتر :

يصنف نبات الزعتر وفق الشكل (1-2) التالي:



الشكل (1-2): التصنيف العلمي لنبات الزعتر الأخضر[2]

يتميز نبات الزعتر (Thymus vulgaris) باستعمالات متعددة في المجالين الصناعي والطبي. في الصناعة، يُستخدم زيت الزعتر كمضاف غذائي وفي مستحضرات التجميل والعطور،

بالإضافة إلى كونه مبيداً طبيعياً آمناً للآفات. في المجال الطبي، يمتلك الزعتر خصائص مضادة للميكروبات والالتهابات، مما يجعله مفيداً في علاج حب الشباب، واضطرابات الجهاز التنفسي، وفقدان الشعر، كما يدعم صحة العظام والقلب والأوعية الدموية [5] .

يُعد زيت الزعتر من الزيوت العطرية العالمية، حيث يُستخدم كمضاف غذائي وفي صناعة العطور ومستحضرات التجميل نظراً لخصائصه العطرية المتميزة. تتراوح نسبة الزيوت العطرية في الزعتر بين 0.32% إلى 4.9%، وتتميز باحتوائها على مركبات فينولية أساسية مثل الثيمول (Thymol) والكارفاكرول(Carvacrol) ، بالإضافة إلى مركبات غير فينولية سائدة مثل الينالول (Linalool) والبارا-سيمين.(p-Cymene)

في دراسة أجريت عام 2019، تم استخلاص الزيت العطري للزعتر باستخدام جهاز كليفنجر، حيث بلغت نسبة الاستخلاص 2.4%. كشفت تحاليل جهاز GC-MS عن وجود 29 مركباً فعالاً في الزيت، وأهم هذ المركبات Thymol الذي تواجد بأعلى تركيز حيث بلغت نسبته 54.87 %، بينما بلغت نسبة Carvacrol 2.32 % [6].

في دراسة حديثة أجريت عام 2022، تم تطوير تقنية متقدمة لاستخلاص زيت الزعتر باستخدام بالجرف بالبخار المعزز بالميكروويف. حيث توصل الباحثون إلى أن الظروف الأمثل للاستخلاص تشمل استخدام أوراق الزعتر المطحونة، وتطبيق طاقة ميكروويف بقدرة 700 واط، ونسبة مادة إلى مذيب 1:30 غ/مل، ومدة استخلاص 60 دقيقة. هذه الطريقة المبتكرة حققت أعلى كفاءة استخلاص لزيت الزعتر العطري، مما يثبت تفوق تقنية الميكروويف في استخراج الزيوت الأساسية مقارنة بالطرق التقليدية، مع الحفاظ على الجودة العالية للمركبات الفعالة[7] .

في دراسة أجريت عام 2023، تم تطوير منهجية متقدمة تجمع بين المعالجة المسبقة بالموجات فوق الصوتية وبالجرف بالبخار بالميكروويف لاستخلاص زيت الزعتر العطري. حيث بينت النتائج انخفاض زمن الاستخلاص بنسبة 72%، وزيادة مردود الزيت العطري بنسبة 23%، وارتفاع تركيز الثيمول – المركب الفعال الرئيسي – إلى 65.94%. أثبتت هذه التقنية كفاءتها العالية في تحسين جودة الزيت المستخلص مع تقليل الوقت والطاقة المستهلكة [8].

في دراسة حديثة أجريت عام 2025، استخلاص زيت الزعتر العطري بطريقة خضراء مستدامة باستخدام الموجات فوق الصوتية، حيث أظهرت الظروف المثلى (كفاءة تغليف 80% لمدة 20 دقيقة) تفوقها في تحقيق أعلى عائد للزيت والمواد النشطة بيولوجياً، مع تعزيز النشاط المضاد للأكسدة والمضاد للميكروبات. كما برهن التغليف النانوي باستخدام الصمغ العربي على كفاءته العالية في الحفاظ على استقرار هذه الزيوت النشطة وتحسين خصائصها [9] .

2- هدف البحث:

يهدف هذا البحث إلى:

1) استخلاص الزيت العطري من نبات الزعتر الأخضر بطريقتين:
   a) الاستخلاص باستخدام بالحرف بالبخار.
   b) الاستخلاص باستخدام جهاز الأمواج فوق الصوتية.
2) تحديد التركيب الكيميائي للزيت المستخلص من نبات الزعتر بكلا الطريقتين باستخدام جهاز الكروماتوغرافيا الغازية وكاشف مطيافية الكتلة GC/MS، لتحديد تأثير طريقة الاستخلاص على التركيب الكيميائي للزيت.
3) دراسة الفعالية البيولوجية و الفعل المضاد للأكسدة للزيت المستخلص من النبات بكلا الطريقتين.

3- القسم التجريبي:

3-1- الأجهزة المستخدمة:

- ميزان حساس نوع artorius BL-210S
- سخان مزود بمحرك مغناطيسي Agimatic P-Selecta 243
- جهاز بالحرف بالبخار مكون من حوجلة سعة ليتر، وسخانة ومبرد عادي وميزان حرارة وحوجلة لاستقبال الزيت .
- جهاز الأمواج فوق الصوتية: يقوم مبدأه على توليد أمواج فوق صوتية يبلغ ترددها حوالي(40 KHZ) ،إذ تقوم هذه الأمواج ببعثرة تجمعات دقائق المواد الصلبة ضمن السوائل وذلك للحصول على التبعثر الجيد في المزاج الغروية أو لزيادة سرعة الانحلال .

- جهاز الكروماتوغرافيا الغازية– مطياف الكتلة GC/MS من شركة Agilent، والمزود بكاشف نوع Quadrapole مع عمود فصل من نوع HP-5MS.
- فرن تعقيم بالحرارة الجافة .
- حاضنة
- براد 4^oC.
- أطباق بيتري معقمة قطر 9mm مع وسط الآغار المغذي.
- ماسحة زجاجية معقمة .
- موقد تعقيم باللهب .
- ماسحة زجاجية معقمة .
- ماصات الكترونية معقمة .
- أطباق ماكونكي مع عزلات من جراثيم إيجابية الغرام (**Staphylococcus Aureeus**)، وسلبية الغرام الإيشريشيا القولونية (*E.Col*).

3-2- المواد الكيميائية المستخدمة :

- عينات من نبات الزعتر.
- مذيبات: نظامي الهكسان، كلورفورم، ماء مقطر.
- كبريتات الصوديوم اللا مائية.

3-3– استخلاص الزيت العطري من نبات الزعتر الأخضر:

جُمعت عينات من نبات الزعتر الأخضر من مدينة حماة في نهاية شهر تشرين الأول عام 2024. بعد تنظيف العينات وغسلها، جُففت أوراق الزعتر طبيعياً في الظل لمدة 15 يوماً، مع الحفاظ على درجة حرارة الغرفة عند (25^oC). وُزعت العينات على صفائح ورقية في مكان مظلل وجيد التهوية، مع تقليبها بين الحين والآخر لضمان تجانس عملية التجفيف. بعد اكتمال الجفاف، طُحنت العينات لتصبح مسحوقاً ناعماً ومتجانساً تمهيداً لاستخلاص الزيت العطري.

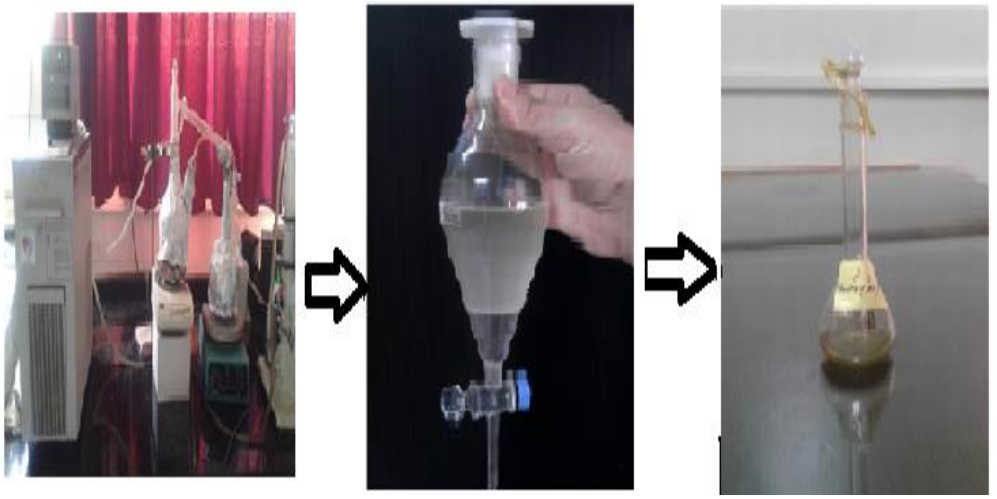
لضمان الحصول على أفضل النتائج، تم استخلاص الزيت العطري من نبات الزعتر بطريقتين مختلفتين.

3-3-1- استخلاص الزيت العطري بطريقة بالحرف بالبخار:

تم إجراء استخلاص الزيت العطري من عينة زعتر أخضر مطحون وزنها 14g بوضعها في حوجلة تقطير وإضافة الماء المقطر حتى تغمر العينة لمنع الفوران. بعد ذلك، تم تسخين الخليط حتى الغليان، حيث حمل بخار الماء قطرات الزيت العطري، ثم تكثف هذا البخار في مكثف تبريد لمدة ثلاث ساعات.

جُمع الناتج في حوجلة فصل، ثم أُضيف إليه 20mLمن الكلوروفورم لاستخلاص الزيت العطري، مع رج الخليط برفق عدة مرات وتركه حتى انفصل إلى طبقتين: عضوية تحتوي على الزيت والكلوروفورم ومائية. كُررت عملية الاستخلاص ثلاث مرات لضمان الحصول على أكبر كمية ممكنة من الزيت العطري.

بعد ذلك، جُففت الخلاصة العضوية بإضافة كبريتات الصوديوم اللامائية، ثم رُشح المحلول للتخلص من المادة المجففة، تم تبخير الكلوروفورم باستخدام المبخر الدوار عند درجة حرارة 30ºC، فتم الحصول على زيت عطري أصفر اللون بوزن 0.11g، وبمردود 0.78% الشكل (3-3-1)، أخيراً حُفظ الزيت في الثلاجة حتى موعد تحليله.



الشكل (3-3-1): استخلاص الزيت العطري باستخدام جهاز الجرف بالبخار

3-3-2- استخلاص الزيت العطري باستخدام جهاز الامواج فوق الصوتية:

أُخذ 14gمن نبات الزعتر المطحون في أرلينة سعة 100mL وأضيف لها 50mL نظامي هكسان، ثم وضعت الأرلينة بعد إغلاقها بشكل محكم في جهاز الأمواج فوق الصوتية لمدة 30min عند الدرجة30°C بتردد 20-40 KHZ، ، ثم رشح المزيج باستخدام ورق ترشيح لفصل الزيت المنحل في نظامي الهكسان، وفُصل نظامي الهكسان عن الزيت باستخدام المبخر الدوار، فنتج زيت لونه أصفر بوزن 0.49g، وبمردود 3.5% وحفظ الزيت في البراد لحين تحليله.

حيث قدرت النسبة المئوية للزيت العطري المستخلص بعد إن أُخذ وزن العينة قبل الاستخلاص و وزن الزيت المستخلص وحسبت النسبة كالآتي:

النسبة المئوية للزيت العطري المستخلص = وزن الزيت/وزن العينة × 100

3-4 - تحليل الزيوت المستخلصة باستخدام تقنية الكروماتوغرافيا الغازية وكاشف طيف الكتلة GC/MS:

حللت عينات الزيت المستخلصة وفق طريقة الجرف بالبخار وطريقة الأمواج فوق الصوتية من نبات الزعتر الأخضر بكلية العلوم في جامعة دمشق استخدام جهاز GC/MS **من نوع** Agilent، حيث ضُبِطت إعدادات جهاز **GC/MS** للعينة كالتالي: مدخل العينة كروماتوغرافيا الغازية **(GC)** مع حقن يدوي، ومطياف الكتلة مفعل. برنامج تسخين الفرن:بدءاً من40°C (دقيقتين)، ثم رفع درجة الحرارة إلى60°C بمعدل 2.5-10°C/min مع فترات تثبيت محددة، ومدة تشغيل69min. استُخدِم مدخل غاز الهيليوم (He) بنمط التقسيم (Split 8:1) وضغط 7.07psi، مع تدفق1mL/min في العمود (HP-5MS).

وسجلت أطياف الكتلة من m/z 40-650، وبنمط EI بطاقة جهد **70V**، وزمن تأخير المذيب 3.5 دقيقة، ودرجات حرارة مصدر/رباعي الأقطاب 230°C /150°C.

وجرى تحديد المكونات بواسطة مقارنة أطياف الكتلة الناتجة لكل قمة مع أطياف الكتل في المكتبات المتوافرة ضمن الجهاز مثل (NIST 69 و Wiley).

3-5- تحديد الفعل المضاد للجراثيم للزيوت المستخلصة من نبات الزعتر:

تمت دراسة النشاط البيولوجي لعينتي الزيت العطري المستخلصة من نبات الزعتر الأخضر، بطريقة الجرف بالبخار(1) و باستخدام الأمواج فوق الصوتية(2) ، في مخبر الجراثيم في مديرية الصحة في حمص على نوعين من البكتريا الممرضة سريرياً: جرثومة إيجابية الغرام

(*Staphylococcus Aureus S.T*)، وجرثومتين سلبية الغرام (*E.Col*) و (Pseudomonas aeruginosa) ، حيث اتبعت طريقة إحداث الحفر في الآغار وفق مايلي :

– أُخذ 100µL من المعلق الجرثومي نشرت على سطح وسط آغار مولر هنتون وضعت في البراد لمدة ربع ساعة حتى تمام تشرب الوسط .

– تم إحداث حفر ضمن الوسط بواسطة ثاقب زجاجي عقيم قطر 6mm وبمعدل 3 حفر في كل طبق .

– حُضرت عينات من الزيت العطري بتركيز (100µgr/L) باستخدام مذيب ثنائي ميثيل سلفوكسيد (DMSO)، وعينة من الصاد الحيوي جنتامايسين أيضاً بتركيز (100µgr/l) باستخدام المذيب نفسه كشاهد إيجابي .

– عبئت الحفر بـ 100µL من كل من العينتين (1) و(2) المعدتين للاختبار بالإضافة للجنتاميسين.

– وضعت الأطباق في البراد مدة ساعتين حتى تمام التشرب.

– حضنت الأطباق على درجـة حرارة ^{o}C(37-36.5) لمدة 24 ساعة.

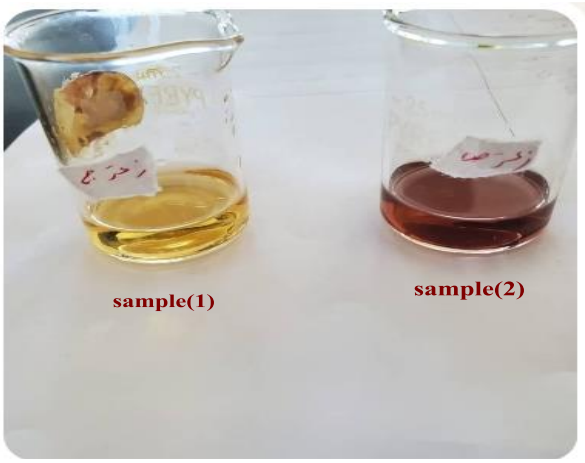
إن ظهور منطقة خالية من النمو البكتيري حول الحفر المحتوية على الزيت المستخلص المختبر أُعتبر دليلاً على تأثير الزيت على البكتيريا المختبرة، أما عدم ظهور مثل هذه المنطقة سجلت نتيجة الفعالية سلبية (البكتيرية مقاومة للمستخلص المختبر)، وتم أخذ متوسط قطر منطقة التثبيط باستخدام مسطرة مدرجة.

3-6- تحديد الفعل المضاد للأكسدة باستخدام DPPH:

تم تحديد الفعل لمضاد للأكسدة للزيت العطري المستخلص من نبات الزعتر بطريقة الحرف بالبخار(1) و باستخدام الأمواج فوق الصوتية(2) ، حيث حضر محلول2،2 -ثنائي فينيل-1-بيكريل هيدرازيل (DPPH) بإضافة0.01g من DPPH إلى 100mL ميتانول، ومدد المحلول بأخذ 50mL منه إضافتها إلى 100mL ميتانول.

بعد ذلك أُخذ 5mL من محلول DPPH ومزج مع 0.5mL من الزيت العطري (لكل طريقة استخلاص على حدة)، ومزج جيداً وترك المزيج في الظلام لمدة نصف ساعة حتى يتحول لون

المحلول من الأصفر إلى البنفسجي الشكل **(3-6)**. قيست امتصاصية المحلول عند طول الموجة 517nmباستخدام جهاز الطيف الضوئي.



الشكل **(3-6):** حضن محلول عينة الزيت مع الـ DPPH

حُسبت نسبة النشاط المضاد للأكسدة باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{النشاط المضاد للأكسدة } (\%) = \left(\frac{A_s - A_c}{A_s}\right) \times 100$$

حيث:

As: امتصاصية محلول **DPPH**.

Ac: امتصاصية المزيج (**DPPH** مع الزيت المستخلص) **[10]**.

4- النتائج والمناقشة:

4-1- تحديد كمية الزيت المستخلص من نبات الزعتر:

كمية الزيت المستخلصة من نبات الزعتر الأخضر بطريقة الجرف بالبخار كانت 0.11g، بينما كانت كمية الزيت المستخلصة باستخدام الأمواج فوق الصوتية 0.49g.

يُظهر الجدول(4-1) المقارنة بين الطريقتين المستخدمتين في استخلاص الزيت العطري من نبات الزعتر الأخضر.

الجدول(4-1) : المقارنة بين الطريقتين المستخدمتين في استخلاص الزيت العطري من نبات الزعتر الأخضر

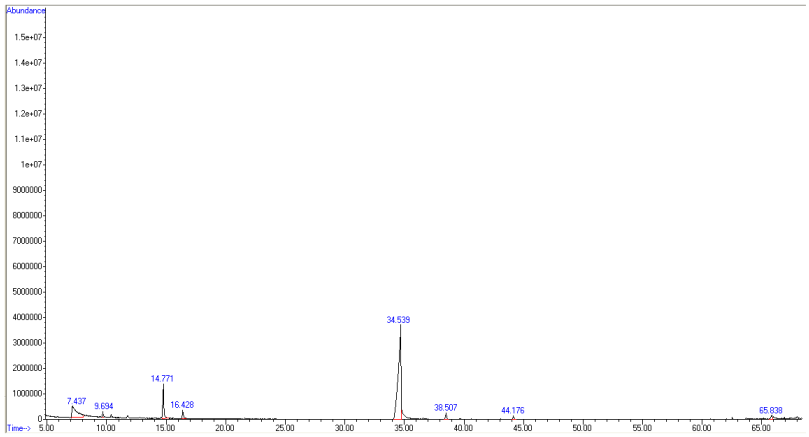
طريقة الاستخلاص	درجة الحرارة °C	زمن الاستخلاص	المردود %	نوع المذيب
الجرف بالبخار	100	3h	0.78	الماء
الأمواج فوق الصوتية	30	30min	3.5	نظامي هكسان

يعود الفرق الكبير في كمية الزيت المستخلص بين طريقة الجرف بالبخار وطريقة الاستخلاص باستخدام جهاز الأمواج فوق الصوتية إلى قدرة الأمواج فوق الصوتية على توفير طاقة ميكانيكية مكثفة تمزق جدران الخلايا النباتية بشكل فعال، مما يسهل إطلاق الزيوت. كما ساهمت ظروف الاستخلاص المعتدلة (درجة حرارة منخفضة (30°C) ولمدة قصيرة (30min) في الحفاظ على المركبات الحساسة للحرارة ومنع تحللها، على عكس التقطير بالبخار الذي يعمل عند (100°C)لمدة 3 ساعات .بالإضافة إلى ذلك، فإن استخدام المذيب العضوي غير القطبي (الهكسان) في طريقة الأمواج فوق الصوتية كان أكثر كفاءة وكيميائياً ملائماً لاستخلاص الزيوت من استخدام الجرف بالبخار [11,12].

4-2- تحديد التركيب الكيميائي للزيت المستخلص من نبات الزعتر:

4-2-1- التركيب الكيميائي للزيت المستخلص بطريقة الجرف بالبخار:

يبين الشكل (4-2-1) والجدول(4-2-1) المركبات الكيميائية في الزيت العطري المستخلص من نبات الزعتر بطريقة الحرف بالبخار بعد تحليله بجهاز GC/MS ، حيث أظهرت النتائج احتواء الزيت على 8 مركبات، وكانت أكثرها تواجداً (5-Isopropyl-2-methylphenol(Carvacrol) بنسبة 66.43%، و **-5-Isopropyl-2-methylpheno(thymol))** بنسبة 16.05% ، **(**1,8-Cineole**)** بنسبة 9.24% .



الشكل **(4-2-1)**: كروموتوغرام GC/MS للزيت العطري المستخلص من الزعتر بالحرف بالبخار

الجدول (4-2-1):التركيب الكيميائي للزيت العطري المستخلص من نبات الزعتر بالجرف بالبخار

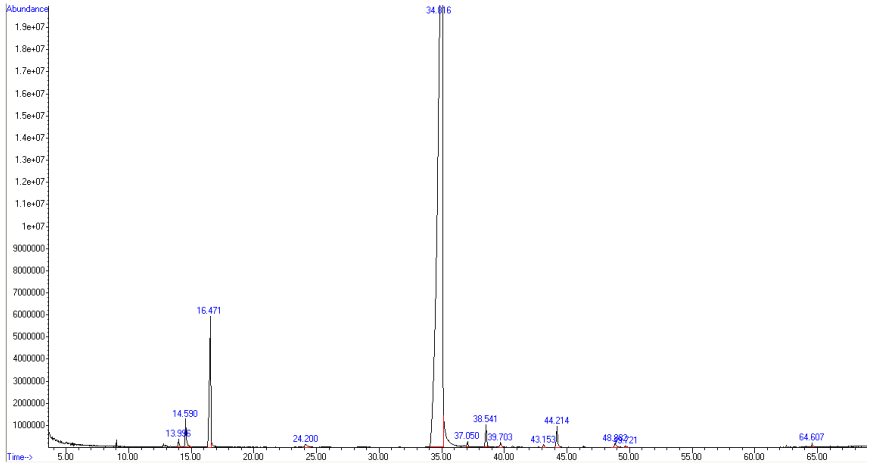
Number peak	Compound	Retention Time (min)	Percentage Area%
1	Isopropyl-3-methylphenol thymol	7.4344	**16.0479**
2	alpha.-Pinene,	9.696	**1.1577**
3	1,8-Cineole	14.771	**9.2386**
4	2,6-Dimethyl-1,3,5,7-octatetraene	16.4258	**2.5494**
5	**2-Methyl-5-(1-methylethyl)phenol, Carvacrol)**	34.5398	**66.4279**
6	1,3-Bis-(2-cyclopropyl,2-methylcyclopropyl)-but-2-en-1-one	38.5046	**1.9948**
7	trans-Caryophyllene	44.1725	**1.0642**
8	trans-1-(1Z-hexenyl)-2-vinylcyclopropane	65.8376	**1.5194**

4-2-2-التركيب الكيميائي للزيت المستخلص باستخدام الأمواج فوق الصوتية:

يبين الشكل (4-2-2) والجدول(4-2-2) التركيب الكيميائي للزيت العطري المستخلص من نبات الزعتر باستخدام تقنية الموجات فوق الصوتية، مع مقارنةٍ بالزيت المستخلص بطريقة بالحرف بالبخار بعد تحليل العيّنات بجهاز **GC/MS.** وقد كشفت النتائج عن اختلافٍ واضح في التركيب الكيميائي بين الطريقتين، حيث احتوى الزيت المستخلص بالموجات فوق الصوتية على 14 مركباً، بينما اقتصر الزيت المُستخلَص بالجرف بالبخار على 8 مركبات فقط.

أكثر المركبات تواجداً في الزيت المستخلص بالموجات فوق الصوتية:

1. 5-Isopropyl-2-methylphenol(Carvacrol) بنسبة عالية جداً بلغت 90.88%.
2. thymol (Isopropyl-5-methylphenol) بنسبة 5.05%.
3. p-Cymene بنسبة 0.94%.



الشكل **(4-2-2,)**: كرموتوغرام GC/MS للزيت العطري المستخلص من الزعتر بالأمواج فوق الصوتية

الجدول (4-2-2):التركيب الكيميائي للزيت العطري المستخلص من نبات الزعتر بطريقة الأمواج فوق الصوتية

Number peak	Compound	Retention Time (min)	Percentage Area%
1	2-.BETA.-PINENE	12.7784	**0.0824**
2	1,3,8-p-Menthatriene	13.9782	**0.2395**
3	p-Cymene	14.5436	**0.939**
4	Isopropyl-3-methylphenol thymol	16.5225	**5.0478**
5	**2-Methyl-5-(1-methylethyl)phenol, Carvacrol)**	35.0502	**90.8772**
6	3-ETHYLIDENE-2,2-DIMETHYL-NORBORNANE	36.0224	**0.1012**
7	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)	37.0498	**0.1878**
8	trans-Caryophyllene	38.5461	**0.8923**
9	(-)-Alloaromadendrene	39.6908	**0.1841**
10	(-)-Alloaromadendrene	43.1453	**0.1122**
11	beta.-Bisabolene	44.221	**0.8978**
12	3-Propenylpenta-3,4-dienal	48.8408	**0.2461**
13	.alpha.-Selinene	49.6958	**0.0814**
14	N-(2-FURFURYL)-N"-(3,4-DIOXYMETHYLENE.	64.5897	**0.1113**

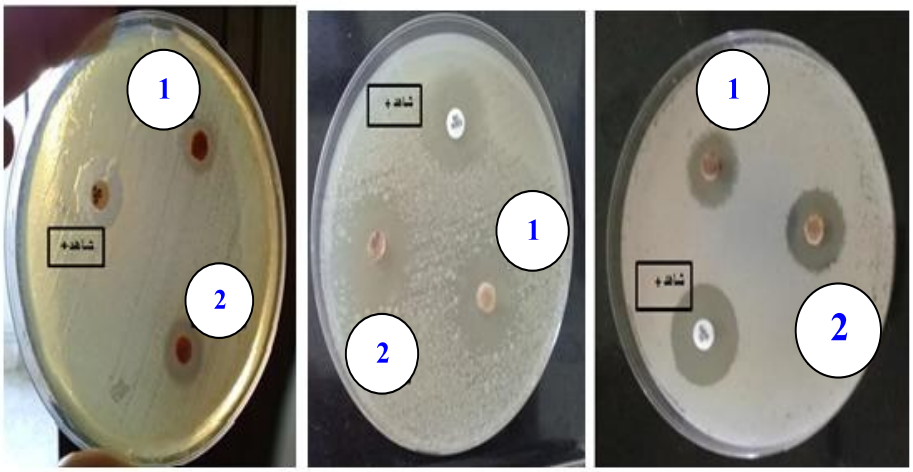
يعود الاختلاف في التركيب الكيميائي للزيت العطري المستخلص من الزعتر بين طريقتَي التقطير بالبخار والاستخلاص بالموجات فوق الصوتية بشكل أساسي إلى اختلاف آلية العمل ودرجة الحرارة.

فالجرف بالبخار، والذي يعمل عند درجة حرارة عالية (100°C) لمدة طويلة 3 ساعات ، يعرّض المركبات الحساسة للحرارة للتبخر أو التحلل، مما يقلل من تنوعها ويؤدي إلى تكوّن نواتج تحلل ثانوية.

في المقابل، تعمل تقنية الموجات فوق الصوتية في ظروف لطيفة (30°C) لمدة قصيرة (30 دقيقة) توفر الطاقة الميكانيكية للأمواج تمزيقاً فعالاً للخلايا دون الحاجة لحرارة عالية، مما يحافظ على المركبات الحساسة ويمكن من استخلاص عدد أكبر من المكونات، بما في ذلك التربينات الخفيفة والمركبات غير القطبية التي قد تتلف بالحرارة [13] .

3-4- دراسة النشاط البيولوجي للزيت المستخلص من نبات الزعتر:

تم دراسة النشاط البيولوجي لعينتي الزيت العطري المستخلصة من نبات الزعتر الأخضر، بطريقة الجرف بالبخار (1) و باستخدام الأمواج فوق الصوتية (2) في مخبر الجراثيم في مديرية الصحة في حمص على جرثومة إيجابية الغرام (*Staphylococcus Aureus S.T*)، وجرثومتين سلبية الغرام (*E.Col*) و (Pseudomonas aeruginosa). وبوجود شاهد إيجابي من الجينتاميسين كمضاد حيوي ، حيث تم تحضير محاليل العينات بمحل DMSO وبتركيز مشترك 100 µgr/ml، و تم تقدير الفعالية بعد إجراء هذه الدراسة بقياس قطر هالة تثبيط نمو الجراثيم في الأطباق ، ودونت النتائج وفق الجدول (4-3) من خلال الشكل (4-3).



Pseudomonas aeruginosa *Escherichia coli* *Staphylococcus aureus*

الشكل(4-3): مناطق التثبيط للزيت (1) والزيت (2)المستخلصين بالحرف بالبخار والأمواج فوق الصوتية اتجاه الجراثيم

الجدول (4-3): أقطار مناطق التثبيط لزيت الزعتر المستخلص بطريقتي التقطيرالمائي والأمواج فوق الصوتية اتجاه الجراثيم

نوع الجرثومة	العينة بتركيز 100µgr/L	قطر منطقة الثبيط (mm)
Staphylococcus aureus ايجابية الغرام	**(1)**	15
	(2)	17
	جنتاميسين	20
Escherichia coli سلبية الغرام	**(1)**	17
	(2)	21
	جنتاميسين	16
Pseudomonas aeruginosa سلبية الغرام	**(1)**	11
	(2)	12
	جنتاميسين	13

أظهر زيت الزعتر العطري المستخلص (بكلا الطريقتين) فعالية مضادة للميكروبات ضد البكتيريا موجبة وسالبة الغرام، حيث تفوق الزيت العينة (2) (المستخلصة بالأمواج فوق الصوتية) بشكل ملحوظ على الزيت العينة (1) (المستخلص ببالحرف بالبخار) في جميع الاختبارات، وذلك بحسب قياس قطر منطقة التثبيط. كانت الفعالية ضد البكتيريا سالبة الغرام (E. coli) مذهلة، حيث تفوقت العينة (2) حتى على المضاد الحيوي (الجنتاميسين). تدعم هذه النتائج تفوق طريقة الاستخلاص الحديثة [14].

4-4- دراسة النشاط المضاد للأكسدة للزيت المستخلص من نبات الزعتر:

يوضح الجدول(4-4) نتائج دراسة الفعالية المضادة للأكسدة والنسب المئوية للقدرة على تثبيط الجذور الحرة .

الجدول(4-4): نتائج دراسة الفعالية المضادة للأكسدة والنسب المئوية للقدرة على تثبيط DPPH

العينة	النسب المئوية للنشاط المثبط لـ DPPH (%)
(1)	41.24
(2)	85.42

يبين الجدول السابق تفوق ملحوظ في الفعالية المضادة للأكسدة للعينة (2) الزيت المستخلص بطريقة الامواج فوق الصوتية مقارنة بالعينة (1) الزيت المستخلص بطريقة الجرف بالبخار ، يعزى هذا التفاوت في الأداء إلى اختلاف طريقة الاستخلاص، حيث أن الطريقة المستخدمة للعينة (2) كانت أكثر كفاءة في استخلاص المركبات الفينولية النشطة (مثل الكارفاكرول والثيمول) المسؤولة عن هذه الخاصية [15] .

5- الاستنتاجات والتوصيات:

1. أثبتت طريقة الاستخلاص باستخدام طريقة الأمواج فوق الصوتية تفوقاً واضحاً على طريقة الجرف بالبخار، حيث حققت مردوداً أعلى ، وزيتاً أكثر نقاءً، من خلال ارتفاع نسبة المركب الفعال (الكارفاكرول) إلى 90.88% مقارنة بـ 66.43% .
2. أعطت طريقة الأمواج فوق الصوتية زيتاً أكثر تنوعاً، حيث تم تحديد 14مركباً مقارنة بـ 8 مركبات فقط في الزيت المستخلص بالبخار.
3. أظهر الزيت المستخلص بالموجات فوق الصوتية نشاطاً مضاداً للميكروبات ومضاداً للأكسدة أقوى بشكل ملحوظ من الزيت المستخلص بالجرف بالبخار، وتفوق على المضاد الحيوي القياسي (الجنتاميسين) في مكافحة بكتيريا E. coli .
4. يعزى تفوق طريقة االستخلاص الزيت من نبات الزعتر باستخدام الأمواج فوق الصوتية إلى كفاءة الاستخلاص العالية وظروف العمل عند درجة حرارة منخفضة (30^oC)، وزمن قصير (30min) التي تحافظ على المركبات النشطة بيولوجياً، على عكس الحرارة العالية والزمن الطويل في الجرف بالبخار التي قد تتسبب في تحللها أو فقدانها.

التوصيات:

1. يُوصى باعتماد تقنية الاستخلاص بمساعدة الأمواج فوق الصوتية كطريقة مثلى لاستخلاص الزيوت العطرية من الزعتر والنباتات الطبية العطرية الأخرى، نظراً لكفاءتها العالية وجودة المنتج النهائي.
2. نظراً للفعالية البيولوجية المتميزة للزيت المستخلص بالموجات فوق الصوتية، يُوصى بإجراء مزيد من الدراسات لتقييم فعاليته اتجاه أنواع أخرى من البكتريا.

6- المراجع: References

[1]. Azwanida NN. A review on the extraction methods use in medicinal plants, principle, strength and limitation. Med aromat plants. 2015 Jul 6;4(196):2167-0412.

[2]. ن.ا.عبد الله. أ.تغريد نواف، ق.زينة يحيى .الزراعة النسيجية لنبات الزعتر،2013. مجلة أبحاث كلية التربية الأساسية ، جامعة الموصل.

[3]. ب.معاذ.و ح.فايزة و أ.إيمان .أثر إضافة زيت الزعتر على الأداء الإنتاجي وصفات الذبيح للدجاج . اللاحم.مذكرة بكالوريوس.قسم الإنتاج الزراعي.كلية الدراسات الزراعية.جامعة السودان2016 .

[4]. B.fadhila. Activité antibactérienne de l'huile essentielle de deux épices Syzygium Aromaticum et Illicium Verum. mémoire master.Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem .Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Departement de biologie.2017.

[5]. Salehi B, Abu-Darwish MS, Tarawneh AH, Cabral C, Gadetskaya AV, Salgueiro L, Hosseinabadi T, Rajabi S, Chanda W, Sharifi-Rad M, Mulaudzi RB. Thymus spp. plants-Food applications and phytopharmacy properties. Trends in Food Science & Technology. 2019 Mar 1;85:287-306.

[6]. م. د. زينة كاظم عيسى اليونس كلية الزراعة/جامعة البصرة. تشخيص المركبات الفعالة بأستخدام جهاز GC-MS في الزيوت العطرية المستخلصة من نباتي الزعتر Thymus vulgaris والينسون النجمي Illicum verum و دراسة فعاليتها التثبيطية على بعض البكتريا المرضية. (applied sciences) Misan Journal Humanities, social and of Academic Studies. 2019 Aug 24؛18(35):39-55.

[7]. Kurji BM, Hamid KJ, Salih SM, Abed KM, Mirghani ME. Extraction essential oil from Thymus vulgaris L. leaves using microwave reactor: Optimization and kinetic study. Int. J. Mech. Eng. 2022;7(1):6700-9.

[8]. Gavrila AI, Chisega-Negrila CG, Maholea L, Gavrila ML, Parvulescu OC, Popa I. Enhancing the extraction process efficiency of thyme essential oil by combined ultrasound and microwave techniques. Agronomy. 2023 Sep 6;13(9):2331.

[9]. Rasool K, Wani SM, Ashaq B, Habib S, Wani TA, Hussain SZ, Malik AR, Mir SA, Khan JN. Sustainable ultrasound-assisted thyme oil extraction: Harnessing thyme residue for enhanced recovery of bioactive compounds. Food Chemistry. 2025 Jul 15;480:143942.

[10]. Kulisic T, Radonic A, Katalinic V, Milos M. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. Food chemistry. 2004 May 1;85(4):633-40.

[11]. Zhang QW, Lin LG, Ye WC. Techniques for extraction and isolation of natural products: A comprehensive review. Chinese medicine. 2018 Apr 17;13(1):20.

[12]. Azmir J, Zaidul IS, Rahman MM, Sharif KM, Mohamed A, Sahena F, Jahurul MH, Ghafoor K, Norulaini NA, Omar AK. Techniques for extraction of bioactive compounds from plant materials: A review. Journal of food engineering. 2013 Aug 1;117(4):426-36.

[13]. Toma M, Vinatoru M, Paniwnyk L, Mason TJ. Investigation of the effects of ultrasound on vegetal tissues during solvent extraction. Ultrasonics sonochemistry. 2001 Apr 1;8(2):137-42.

[14]. Burt S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. International journal of food microbiology. 2004 Aug 1;94(3):223-53.

[15]. Alara OR, Abdurahman NH, Ukaegbu CI. Extraction of phenolic compounds: A review. Current research in food science. 2021 Jan 1;4:200-14.