# التركيب الكيميائي لزيت أوراق الصنوبر الثمري الطيار وفاعليته في تثبيط أنواع بكتيريا *Xanthomonas* وفطريات بعض أعفان التخزين

# Chemical Composition of Essential Oil Pine Needleoil and Its Effectiveness in Inhibiting Species of Bacterial *Xanthomonas* and Some Storage Mold Fungi

د. علي محمد يونس [1]

Dr. Ali Mohamad Younes [1]

ali.younes@damascusuniversity.edu.sy

Received 02 June 2024; Accepted 08 August 2024

(1) مركز بحوث ودراسات المكافحة الحيوية، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية.

(1) Biological Control Studies And Research Center, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria.

## الملخص

هدفت الدراسة إلى معرفة التركيب الكيميائي للزيت الطيار لأوراق الصنوبر الثمري (*Pinus pinea* L.) باستخدام GC-MS، ودرست فاعلية الزيت الطيار في تثبيط نمو ثلاث أنواع بكتيرية تابعة للجنس *Xanthomonas* وهي *X. campestris* pv. *campestris* (XCC)، X. *citri* sp. *malvacearum* (XCM)، و*X. campertis* pv. *phaseoli* (XCPh)، وثلاثة أنواع تتبع لثلاثة أجناس مختلفة من فطريات الأعفان النباتية وهي *Fusarium solani* و*Aspergillus flavus* و*Penicillium digitatum* في المخبر. أظهرت النتائج أنّ الزيت الطيار لأوراق الصنوبر الثمري غنية بالمركبات التالية Alpha.-Pinene (19.25%) و Beta.-Myrcene (12.26%) و Limonene (34.06%) و trans-Caryophyllene (12.96%). وبينت النتائج فاعلية الزيت الطيار لأوراق الصنوبر في تثبيط عزلات البكتيريا عند التركيز 30 ميكروليتر حيث بلغت نسبة قطر التثبيط للعزلة XCC (73 مم) وللعزلة XCPh (67 مم) وللعزلة XCM (55مم)، في حين لها فاعلية عالية في تثبيط مشيجة الفطرين *P.digitatum* و*A.flavus* حيث بلغت نسبة التثبيط 100% عند التركيز 150ppm في حين كانت متوسطة الفاعلية في تثبيط مشيجة الفطر *F.solani*.

**الكلمات المفتاحية:** الصنوبر الثمري، *Xanthomonas* sp.، *Fusarium solani*، *Aspergillus flavus*، *Penicillium digitatum*، GC-MS.

©2025 The Arab Center for the Studies of Arid Zones and Dry Lands. **ISSN: 2305-5243/ EISSN: 3005-6438. (p: 137-146)**

## Abstract

The study aimed to determine the chemical composition of the essential oil of pine (Pinus pinea L) leaves using GC-MS, and studied the effectiveness of the essential oil in inhibiting the growth of three bacterial species belonging to the genus *Xanthomonas*, namely X. *campestris* pv. *campestris* (XCC) X. *citri* sp. *malvacearum* (XCM) and X. *campertis* pv. *phaseoli* (XCPh), and three species belonging to three different genera of plant rot fungi, namely *Fusarium solani, Aspergillus flavus*, and *Penicillium digitatum*, in the laboratory. The results showed that the volatile oil of pine leaves is rich in the following compounds: Alpha.-Pinene (19.25%), Beta.-Myrcene (12.26%), Limonene (34.06%), and trans-Caryophyllene (12.96%). The results showed the effectiveness of the volatile oil of pine leaves in inhibiting bacterial isolates at a concentration of 30 microliters, as the percentage of inhibition diameter for the isolate XCC was (73 mm), for the isolate XCPh (67 mm), and for the isolate A. flavus, where the inhibition rate reached 100% at a concentration of 150ppm, while it was moderately effective in inhibiting the mycelium of F. solani.

**Key words:** *Pinus pinea* ,*Xanthomonas* ,*Fusariumsolani* ،*Aspergillusflavus* ،*Penicilliumdigitatum*, GC-MAS.

## المقدمة

وضع مصطلح الزيوت العطرية من قبل الباحث السويسري von Hohenheim (1945) وهي مزيج من مواد عضوية قابلة للذوبان بالماء أو غير ذوابة (Macwan *et al.*, 2016). وهي نواتج ثانوية لعملية الاستقلاب الغذائي في النبات، حيث تُنتج في الجذور والأوراق والأزهار والثمار والبراعم والقلف والخشب (Sumonrat *et al.*, 2008). وتتركب من aldehydes وphenols وalcohols وesters وterpenes (Bakkali *et al.*, 2008). والزيوت الطيارة لها أهمية كبيرة كمضادات ميكروبية والفطريات، حيث ترتبط مكونات الزيت الطيار بالجدر الخلوية بأماكن نقل الإلكترونات أو البروتينات والأنزيمات المختلفة، وبالتالي تعطل عمل الجدر الخلوية الإصطفائية (Akthar *et al.*, 2014; Raveau *et al.*, 2020).

تعد بكتيريا الجنس *Xanthomonas* من أهم الأجناس البكتيرية لما تسببه من أمراض مختلفة وأضراراً اقتصادية كماً ونوعًا على العديد من المحاصيل أحادية كالقمح والشعير وثنائية الفلقة كالحمضيات (Afzaal *et al.*, 2022). ذكر (Abdullahi *et al.*, 2020) أن الزيت العطري *Zingiber officinale* له فاعلية في تثبيط بكتيريا الجنس *Xanthomonas* والفطريات كالبياض الزغبي على الصليبيات وأنواع الجنس *Fusarium* و*Aspergilus*. كما وُجد أنَّ الزيت الطيار للصنوبر الحلبي له تضاد ميكروبي ضد العديد من الأنواع البكتيرية مثل *Staphylococcusaureu* و*Bacillus subtilis* و *Listeria monocytogenes* (Bouyahya *et al.*, 2019). كما أثبت (Fazeli-Nasab *et al.*, 2022) أن الزيوت العطرية الناتجة من النباتات Thyme لها فاعلية في تثبيط نمو بكتيريا الجنس *Xanthomonas*.

تعد الفطريات التابعة للأجناس *Aspergillus* و*Fusarium* و*Penicillium* من أهم الفطريات التي تسبب أعفان للمواد الغذائية كالحمضيات والتمور والفريز والمحاصيل الخضرية، كما أنها تنتج سموماً نباتية تؤثر على جودة المحصول

(Ashtekar *et al.*, 2021)، وجرت دراسة تأثير العديد من الزيوت الطيارة في تثبيط نمو هذه الفطريات ومنها زيت الطيار لنبات *Gallesiaintegrifolia* (Raimundo *et al.*, 2018) والزيت النبات الطيار *Cymbopogon citratus* ثبط مشيجة فطر *Aspergiluus* (Sonker *et al.*, 2014) والزيت الطيار لنبات *Anacyclusvalentine* ضد *Fusarium* و*Penicillium* (Houicher *et al.*, 2018).

تعد نباتات الفصيلة *Pinaceae* من أكبر فصائل النباتات الحراجية إذ يوجد تقريبًا 110 نوعًا معرفًا (Silor *et al.*, 2013) في العالم، بالإضافة إلى ميزات هذه أشجار هذه الفصيلة كأشجار حراجية وتزيينية فإنّ الزيوت الطيارة المستخلصة من نباتات هذه الفصيلة تُستخدم كمستحضرات صيدلانية لتحضير مضادات التهابية وميكروبية للجلد والعديد من المركبات الصيدلانية الأخرى (Kaushik *et al.*, 2012). يوجد العديد من الأنواع التابعة لجنس الصنوبر في سورية وبلغت المساحة المزروعة بالصنوبريات في سورية 64065 هكتار وعدد الأشجار التقريبي 98049 ألف شجرة (المجموعة الإحصائية السورية، 2018). ويعد الصنوبر الثمري *Pinus pinea* L. نوعًا متوسطيًّا وطبيعيًّا في حوض المتوسط، وهو نوع مدخل إلى سورية (نحال، 1982). وتبلغ المساحة المزروعة بالصنوبر الثمري في سورية 45036 هكتار وعدد الأشجار التقريبي 31444 ألف شجرة (المجموعة الإحصائية السورية، 2012). يستخدم للغذاء وفي صناعة الغذاء (FDA, 2003). أشار (Macchion *et al.*, 2003) إلى أنّ المركب الأكثر أهمية في الزيت الطيار للصنوبر الثمري Limonene (58.9%)، حيث يعد مسؤولاً عن تثبيط النمو الميكروبي أثناء التجارب المخبرية. وذكر (Nasri *et al.*, 2011) وجود 57 مركبًا في الزيت الطيار للصنوبر الثمري تشكل ما نسبته (94.4-99.9%) من كمية الزيت الكلية وكانت التربينات هي المكون الأساسي لهذه الزيوت (أحادية بنسبة 76% مع 34 مركبًا منها(35.9%) limonene و(6.4%) α-pinene)، والسيسكوتربينات بنسبة 19% ومنها β-caryophyllene (1.8%), β-cubebene (1.7%), α- humulene (1.7%) and β-farnesene (1.7%)، والعديدة التربين بنسبة 1.4%. وأثبت (Demirci *et al.*, 2015) أهم المركبات في الزيوت الطيارة للصنوبر هي الثمري Limonene (54.6%) وα-pinene (4.0%) وmyrcene (2.4%) وα-phellandrene (2.4%) وهذه المركبات أثبت فعاليتها في تثبيط النمو المبكروبي مخبريًّا.

**هدف البحث:** دراسة فاعلية الزيت الطيار لأوراق الصنوبر الثمري في تثبيط عزلات من بكتيريا *Xanthomonas* ومشيجة بعض فطريات أعفان التخزين.

## مواد وطرائق البحث

**مكان تنفيذ البحث**

مخابر قسم وقاية النبات في كلية الزراعة ومخابر كلية العلوم - جامعة دمشق - سورية.

**تحضير العزلات البكترية والفطريات**

جرى الحصول على ثلاثة أنواع بكتيرية تابعة للجنس *Xanthomonas* وهي: Xcc وXcm وXcph وثلاث فطريات *Fusarium solani* و*Aspergillus flavus* و*Penicillium digitatum* من مخابر قسم وقاية النبات بكلية الزراعة بجامعة دمشق نقية ومعرفة، وجرى تجديد البكتيريا على وسط المغذي Nutrient Agar (NA) والفطريات على الوسط المغذي بطاطا دكستروز أغار (PDA).

**استخلاص الزيت الطيار من أوراق الصنوبر**

جُمعت أوراق فتية حديثة النمو من الصنوبر الثمري في محافظة اللاذقية خلال شهر أيار لعام 2023. ونقلت إلى المخبر وجففت في ظروف المخبر بالظل. طُحنت الأوراق المجففة باستخدام مطحنة مخبرية، واستُخلص الزيت باستخدام الجرف بالبخار باستخدام جهاز التقطير Clevenger's apparatus. حيث وضع 500 غرام من العينة النباتية المطحونة في حوجلة سعة 2000 مل تحوي ماء مقطر وجرت عملية التقطير لمدة 6 ساعات. وفُصل الزيت المستخلص عن الماء، ومن ثم جُفف الزيت بتمريره على طبقة من كبريتات الصوديوم اللامائية. خُزن الزيت الناتج على درجة حرارة 4 درجة مئوية لحين الاستخدام.

**التحليل الكيميائي للزيوت الطيارة المستخلصة**

حُللت عينة من الزيت بواسطة جهاز الكروماتوغرافيا الغازية المزود بكاشف مطيافية الكتلة (GC-Agilent 7890A, indictor: inert-MS) في كلية العلوم بجامعة دمشق-سورية، وعُرفت المركبات بالاعتماد على وقت الانحباس ومقارنتها بالبيانات المرجعية والمكتبة المرتبطة بالجهاز.

**تقييم تأثير الزيت الطيار لأوراق الصنوبر الثمري في تثبيط عزلات من بكتيريا *Xanthomonas* sp. في المخبر**

استخدمت طريقة الحفرة وفقًا لـ (Raho, 2014)، حيث عُقم الوسط المغذي NA، وصُب بأطباق بتري بقطر 90 مم معقمة بمعدل 20 مل لكل طبق بتري، ترك الوسط المغذي حتى يتصلب عند درجة حرارة المخبر. للتأكد من عدم تلوثها، حُضنت الأطباق لمدة 24 ساعة عند درجة 25 م°. حُضرت معلقات للأنواع البكتيرية Xcc، Xcm، Xcph في أنابيب زجاجية معقمة حاوية على الوسط السائل المغذّي Nutrient Broth بتركيز $10^6$ خلية بكتيريا/مل ورقمت بـ X1، X2، X3 على التوالي، نشر 100 ميكروليتر لكل عزلة في كل طبق من الوسط المغذي الصلب NA باستخدام ناشر زجاجي معقم على شكل حرف-L. بعد جفاف الأطباق صُنع باستخدام ثاقب فلين معقم حُفرة بمركز كل طبق بقطر 5 مم وعمق 3 مم حيث وضع بكل حفرة بشكل منفصل كمية من الزيت الطيار (2.5 و5 و7.5 و10 و15 و20 25 و30 ميكروليتر/حفرة)، وبمعدل 3 أطباق (مكررات) لكل معاملة، وفي معاملة الشاهد استخدم الماء المقطر المعقم فقط. بعد ذلك أغلقت الأطباق باستخدام الورق الشمعي، وحضنت عند درجة حرارة 25 م° لمدة 24 ساعة. جرى قياس السمية بقياس قطر هالة التثبيط للعزلة المختبرة.

**تقييم تأثير الزيت الطيار لأوراق الصنوبر الثمري في نمو الفطور المختبرة في المخبر**

أُختبرت فعالية الزيوت الطيارة لأوراق الصنوبر في تثبيط نمو المشيجة للفطور المختبرة بطريقة الغذاء المسمم (The Poison Food Technique)(Dhingra and Sinclair. 1995.). استُخدمت التراكيز التالية: 25، 30، 50، 75،100،125،150، 200 ppm. وضع 100 مل من الوسط المغذي بطاطا دكستروز أجار (PDA) في دوارق سعة 200 مل، ثم عُقمت في الأوتوكلاف لمدة 30 دقيقة. تُركت الدوارق لتبرد حتى درجة 50 م° تقريبًا، ثم أضيفت كمية من الزيت الطيار لأوراق الصنوبر للحصول على التركيز الملائم وقد أضيف للوسط مادة Tween 20 بنسبة 0.04% للمساعدة على الاستحلاب، جرى رج المستنبت جيدًا، ثم صُب في أطباق بتري بلاستيكية معقمة بقطر 9 مم. أُضيف إلى الشاهد فقط Tween 20. ثم لُقحت الأطباق بالفطور المختبرة، وذلك بوضع قرص 5 مم في وسط كل طبق بتري، وبمعدل ثلاثة مكررات لكل تركيز، ثم حُضنت الأطباق

عند درجة حرارة 24±2 م° لمدة 7 أيام. أخُذت النتائج بقياس متوسط قطرين متعامدين للمستعمرة كما جرى تقديرالنسبة المئوية لتثبيط النمو الفطري وفقًا للمعادلة (Vincent, 1947):

$$\% \text{ للتثبيط المشيجة} = \frac{\text{قطر المستعمرة بالشاهد} - \text{قطر المستعمرة بالمعاملة}}{\text{قطر المستعمرة بالشاهد}} \times 100$$

**التحليل الإحصائي**

حُللت نتائج الاختبارات وفق برنامج التحليل الإحصائي باستخدام برنامج SPSS 20، حيث استخدم تصميم التحليل التباين الثنائي.

## النتائج والمناقشة

**التحليل الكيميائي لزيت الطيار لأوراق الصنوبر الثمري**

وجدت نسبة الزيت الطيار من أوراق الصنوبر الثمري عند تقديره بطريقة الجرف بالبخار 0.93%، بكثافة نوعية للزيت 0.83 غرام/سم$^3$ عند درجة حرارة 20 م°. وأظهر التحليل الكيميائي للزيت وجود 21 مركبًا رئيسًا تمثل 81.845% من مكونات الزيت الكلية، إضافةً إلى وجود العديد من المركبات بتراكيز منخفضة أو على شكل آثار (الجدول 1). وكانت أهم المركبات وفقًا لظهور المركب كالتالي: Alpha-Pinene (19.25%) وBeta-Pinene (7.89%) وBeta-Myrcene (12.26%) وLimonene (34.06%) وtrans-Caryophyllene (14.25%) وSabinol (2.22%) وtrans-Caryophyllene (12.96) وalpha-Caryophyllene (1.89%) وCaryophyllene oxide (9.24%) وTerpinolene (4.11%). وهذا يتوافق النتائج مع ما ذكره (Ulukanli *et al.*,2014) أنّ أهم المركبات الموجودة بالزيت الطيار بالصنوبر الثمري: Alpha-Pinene وBeta-Pinene و trans-Caryophyllene. كما جرى التأكد من أنّ أهم المركبات بالزيت الطيار للصنوبر الثمري هي: limonene وα-pinene و β-phellandrene (Fekih *et al.*, 2019). كما وجد (Faria and Rodrigues, 2012) أن أهم المركبات بالزيت الطيار للصنوبر الثمري هيlimonene وβ-Pinene وAlpha-Pinene وTrans-β-Caryophyllene.

**الجدول 1. التركيب الكيميائي للزيوت الطيارة المستخلصة من أوراق الصنوبر الثمري بطريقة الجرف بالبخار**

| التسلسل | المركب | % للمركب | التسلسل | المركب | % للمركب |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Alpha.-Pinene | 19.25 | 12 | .alpha.-Caryophyllene | 1.89 |
| 2 | Camphene | 0.75 | 13 | Naphthalene | 0.22 |
| 3 | .Beta.-Pinene | 7.89 | 14 | β-Phellandrene | 1.25 |
| 4 | .Beta.-Myrcene | 12.26 | 15 | Caryophyllene oxide | 9.24 |
| 5 | .Delta. 3 Carene | 1.418 | 16 | 1 S-Cis-Calamenene | 0.18 |
| 6 | Benzene, 1-methyl-2-(1-methylethyl) | 0.154 | 17 | beta-Ocimene. | 0.35 |
| 7 | Limonene | 34.06 | 18 | p-Cymen-8-ol | 0.14 |
| 8 | 5-Bromo-3-Pentene | 0.18 | 19 | Terpinolene | 4.11 |
| 9 | (Perillene)Furan, 3-(4-methyl-3-pentenyl) | 0.39 | 20 | Camphanone | 0.58 |
| 10 | Sabinol | 2.22 | 21 | 2-Phenethyl-β-phenylpropionate | 2.35 |
| 11 | trans-Caryophyllene | 12.96 | | المجموع | **81.845** |

**تأثير تراكيز مختلفة من الزيت الطيار للصنوبر الثمري في تثبيط نمو عزلات بكتيريا *Xanthomonas* sp.**

تظهر النتائج في الجدول (2) تباين تأثير زيت الصنوبر الثمري في نمو بكتيريا *Xanthomonas*sp. وفقا للتركيز والنوع البكتيري. حيث ازداد التأثير المثبط للزيت الطيار بزيادة التركيز بفروق معنوية بين التراكيز. فقد بلغ قطر التثبيط عند التركيز الأدنى (2.5 ميكروليتر) المستخدم 8 و7 و3 مم وعند التركيز الأعلى المستخدم 30 ميكروليتر 73، 67، 55 مم لكل من الأنواع البكتيرية Xcc، Xcph، Xcm على التوالي.

في حين وجد تباين في تأثير الزيت الطيار وفقًا للنوع البكتري حيث كان النوع Xcc أكثر حساسية للزيت الطيار للصنوبر الثمري وبفروق معنوية، حيث بلغ قطر التثبيط 66 و70 و73مم عند التركيز 20 و25 و30 ميكروليتر على الترتيب. في حين كان النوع Xcm الأكثر مقاومة للزيت الطيار حيث بلغ قطر التثبيط 47 و 51 و55مم عند التركيز 20 و25 و30 ميكروليتر على الترتيب. تعود فاعلية الزيوت الطيارة في تثبيط البكتيريا إلى تداخل مكونات الزيت الطيار وأهمها المركبات الفينولية والتربينات مثل Alpha-Pinene وLimonene مع تركيب الغشاء الخلوي مما يؤثر على عملية دخول وخروج المواد إلى الخلية (Taheri, *et al* 2023). وجد (Hong *et al.,* 2004) أنَ *Pinus densiflora* و*Pinus koraiensis* لها تضاد لبكتيريا *Staphylococcus aureus* والفطر *Candida albicans*. ذكر (Oluwadayo *et al.*, 2008) أن زيت أوراق الصنوبر له فاعلية ضد بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* ويحوي أهم المواد β-caryophyllene (10.2%)، β-phellandrene (67.9%)، α-pinene (5.4%). وجد (Karapandzova *et al.*, 2011) أن زيت أوراق الصنوبر *Pinus peuce* له تضاد ضد أنواع مختلفة من البكتيريا وتباين التأثير وفقًا للتركيز ونوع البكتيريا وكانت أكثر أنواع البكتريا حساسة *Streptococcus pneumonia* و *Staphylococcus aureus* و*Streptococcus pyogenes*. وكانت أهم المركبات الفعالة limonene وβ-pinene وα-pinene. أثبت (Raho, 2014) أن الزيت الطيار للصنوبر الحلبي له تضاد بكتيري ضد *Staphylococcusaureus* و*Escherichiacoli*. وجد (Adams *et al.*, 2014) أن *Pinus taeda* لها قدرة في تثبيط عزلات بكتيريا *S. aureus*، وأشار (Fekih *et al.*, 2014) إلى أن زيت الصنوبر الحلبي *يثبط نمو* بكتيريا *Klebsiella pneumonia* و*Acinetobacter baumanii*. كما أثبت (Richard, 2016) أن زيت أوراق الصنوبر *Pinus taeda* أعطى فاعلية متباينة على الأجناس البكترية وتباين التأثير وفقًا للنوع والعزلة ضمن النوع لكل من *Escherichia coli* و*Staphylococcus aureus* و*Salmonella enteric*.

**الجدول 2. تأثير تراكيز مختلفة من زيت الصنوبر الثمري الطيار في تثبيط نمو الأنواع البكتيرية للجنس *Xanthomonas***

| تركيز الزيت /ميكروليتر | Xcc | Xcph | Xcm | $L.S.D_{0.01}$ |
|---|---|---|---|---|
| | قطر التثبيط / مم | | | |
| **0** | $0^{i}$ | $0^{h}$ | $0^{i}$ | - |
| **2.5** | $8^{hA}$ | $7^{gB}$ | $3^{hC}$ | 1.20 |
| **5** | $15^{gA}$ | $12^{fB}$ | $7^{gc}$ | 1.21 |
| **7.5** | $23^{fA}$ | $16^{eB}$ | $10^{fC}$ | 1.25 |
| **10** | $44^{eA}$ | $32^{db}$ | $20^{eC}$ | 1.33 |
| **15** | $62^{dA}$ | $53^{cB}$ | $41^{dC}$ | 1.42 |
| **20** | $66^{cA}$ | $58^{bB}$ | $47^{cC}$ | 1.49 |
| **25** | $70^{bA}$ | $65^{aB}$ | $51^{bC}$ | 1.52 |
| **30** | $73^{aA}$ | $67^{aB}$ | $55^{aC}$ | 1.54 |
| **$L.S.D_{0.01}$** | 1.85 | 2.14 | 1.89 | - |

الأحرف الكبيرة المتشابهة تدل على عدم وجود فروق معنوية بالسطر.
الأحرف الصغيرة المتشابهة تدل على عدم وجود فروق معنوية بالعامود.

**تأثير تراكيز مختلفة من زيت الصنوبر الثمري الطيار في تثبيط نمو فطريات *F.solani* و*A.flavus* و*P.digitatum***

تظهر النتائج في الجدول (3) تباين تأثير زيت الصنوبر الثمري في تثبيط نمو لثلاثة من فطريات التي تسبب أعفان تخزين *F.solani* و*A.flavus* و*P.digitatum*وفقًا للتركيز والنوع الفطري حيث ازداد التأثير المثبط للزيت الطيار بزيادة التركيز بفروق معنوية بين التراكيز. فقد بلغ قطر التثبيط عند التركيز الأدنى المستخدم (25 ppm) 12.5 و20.36 و30.29% وعند التركيز الأعلى المستخدم 200 ppm 87.12 و91.58 و100% لكل من فطريات *F.solani* و*A.flavus* و*P.digitatum*.على الترتيب في حين وجد تباين في تأثير الزيت الطيار وفقا لنوع الفطر حيث كان الفطر *A.flavus* الأكثر حساسية للزيت الطيار للصنوبر الثمري وبفروق معنوية. حيث بلغت نسب التثبيط 79.25 و96.21 و100 % عند التراكيز 75 و100 و125 ppm على الترتيب. في حين كان *F.solani* الأكثر مقاومة للزيت الطيار حيث بلغ قطر التثبيط 72.32 و 80.23 و87.12% عند التراكيز 100 و125 و150 ppm ميكروليتر على الترتيب. تعزى فاعلية الزيوت الطيارة في تثبيط نمو الفطريات إلى الارتباط بمكونات الجدر الخلوية وبالتالي يفقد الصفة الانتخابية، كما أن بعض مكونات الزيوت الطيارة قد تمنع الانقسام المغزلي أو تثبط عملية التنفس بالخلية أو تمنع تصنيع كل من DNA وRNA (Taheri *et al.*, 2023). أشار (Chang *et al.*, 2008)إلى أنّ مركبات ألفا وبيتا Pinene وlimonene لها فعالية ضد فطري *Fusriumsolani* و*Colletotrichum gloeosporioides*، وجد (Pasqualini *et al.*, 2003) تأثير الزيت الطيار للصنوبر *P. halepensis* على الفطور المسببة الأمراض النبات. وجد الناصر وحميد (2011) أنّ مستخلص الإيثانول/سيكلوهكسان للخشب القلبي للصنوبر الثمري *P.pinea* أعطى تثبيطاً معنوياً للفطرين *A.alternate* و*F.solani* في الوسط المغذي وازداد تأثيرها بزيادة تركيز الزيت في الوسط المغذي. وجد (Felšöciová *et al.*, 2015) أن زيت الصنوبر *Pinus sylvestris* و *Pinus mungo* var. *pulmilio* له فاعلية توسطة ضد فطريات جنس *Penicillium*.

**الجدول 3. تأثير تراكيز مختلفة من زيت الصنوبر الثمري الطيار في تثبيط نمو فطريات *F. solani* و*A. flavus* و*P. digitatum***

| ppm/ تركيز الزيت | *F.solani* | *P.digitatum* | *A.flavus* | $L.S.D_{0.01}$ |
|---|---|---|---|---|
| | % للتثبيط | | | |
| **0** | $0^{h}$ | $0^{h}$ | $0^{g}$ | - |
| **25** | $12.50^{gC}$ | $20.36^{gH}$ | $30.29^{fF}$ | 2.13 |
| **30** | $22.36^{fC}$ | $28.36^{fB}$ | $44.52^{eA}$ | 2.29 |
| **50** | $36.14^{eC}$ | $43.21^{eB}$ | $61.29^{dA}$ | 3.56 |
| **75** | $55.26^{dC}$ | $69.17^{db}$ | $79.25^{cA}$ | 3.24 |
| **100** | $72.32^{cC}$ | $80.21^{cB}$ | $96.21^{bA}$ | 2.97 |
| **125** | $80.23^{bC}$ | $93.28^{bB}$ | $100^{aA}$ | 2.14 |
| **150** | $87.12^{aC}$ | $91.58^{aB}$ | $100^{aA}$ | 2.56 |
| $L.S.D_{0.01}$ | 4.26 | 1.29 | 2.56 | - |

الأحرف الكبيرة المتشابهة تدل على عدم وجود فروق معنوية بالسطر.
الأحرف الصغيرة المتشابهة تدل على عدم وجود فروق معنوية بالعامود.

## الاستنتاجات والتوصيات

- وجد أنّ الزيت الطيار المستخلص من أوراق الصنوبر الثمري غني بمركبي Limonene (34.06%) و Alpha-Pinene (19.25%).
- للزيت الطيار تضاد كبير لبعض أنواع الجنس *Xanthomonas*.

- للزيت الطيار تضاد فطري لفطريات أعفان التخزين (نمو فطريات *F. solani* و*A. flavus* و*P. digitatum*).
- يوصى بإمكانية عزل المركبين Limonene وAlpha-Pinene, تصنيعها على شكل تجاري والتأكد من فاعلية الزيت الطيار في تثبيط الميكروبات والفطريات في ظروف المخزن أو الحقل.

## المراجع


- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2012. الجمهورية العربية السورية وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي مديرية الإحصاء والتخطيط، قسم الإحصاء.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2018. الجمهورية العربية السورية وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي مديرية الإحصاء والتخطيط، قسم الإحصاء. سورية.
- نحال، إبراهيم. 1982. الصنوبر البروتي وغاباته في سوريا. كلية الزراعة، منشورات جامعة حلب. ص 180.
- Abdullahi, A., A. Khairulmazmi, S. Yasmeen, I. S. Ismail, A. Norhayu and M. R. Ismail. 2020. Phytochemical profiling and antimicrobial activity of ginger (*Zingiber officinale*) essential oils against important phytopathogens. Arab. J. Chem. 13 (11), 8012-8025.
- Adams, J., Gibson, K. E., Martin, E. M., Almeida, G., Ricke, S. C., Frederick, N. and Carrier, D. J. 2014. Characterization and variation of essential oil from *Pinus taeda* and antimicrobial effects against antibiotic-resistant and -susceptible *Staphylococcus aureus*. Forest Products Journal, 64(5), 161-165.
- Afzaal, M., F. Saeed, A. Ahmed, M. Saeed and H. Ateeq. 2022. Hydrogels as carrier for the delivery of probiotics. Advances in Dairy Microbial Products. Woodhead Publishing, pp. 303-315.
- Akthar, M.S., B. Degaga and T. Azam. 2014. Antimicrobial activity of essential oils extracted from medicinal plants against the pathogenic microorganisms: a review. J. Issues 2, 2350, 1588.
- Ashtekar, N., G. Anand, H. V. Thulasiram and K. C. Rajeshkumar. 2021. Genus Penicillium: advances and application in the modern era. N. Future Dev. Microb. Biotechnol. Bioeng. 201-213.
- Bakkali, F., S. Averbeck, D. Averbeck and M. Idaomar, M. 2008. Biological e_ects of essential oils-A review. Food Chem. Toxicol. 46, 446-475.
- Bouyahya, A., Belmehdi, O., Abrini, J., Dakka, N. and Y Bakri. 2019. Chemical composition of *Mentha suaveolens* and *Pinus halepensis* essential oils and their antibacterial and antioxidant activities. Asian Pac. J. Trop. Med. 12 (3), 117.
- Dambolena, J.S, M. N. Gallucci, A. Luna, S. B. Gonzalez, P. E. Guerra and M. P. Zunino. 2016. Composition, antifungal and antifumonisin activity of *Pinus wallichiana*, Pinus monticola and *Pinus strobes* essential oils from Patagonia Argentina. J Essent Oil-Bearing Plants 19:1769-1775.

- Demirci, F., PınarBayramiç, Gamze Göger, BetülDemirci and Kemal H. 2015. Characterization and Antimicrobial Evaluation of the Essential Oil of *Pinus pinea*L. from Turkey. Nat. Volatiles & Essent. Oils, 2015; 2(2): 39-44.
- Dhingra, O. D and J. B. Sinclair. 1995. Soil Microorganisms: In Basic Plant Pathology Methods, Chapter 6. Second Edition. Boca Raton, Florida, 217-266.
- Faria, J. M. S. and A. M. Rodrigues. 2021. Metabolomic Variability in the Volatile Composition of Essential Oils from Pinus pinea and P. pinaster. Proceedings, 68,2-6.
- Fazeli-Nasab, B., L. Shahraki-Mojahed and N. Dahmardeh. 2022. Evaluation of antimicrobial activity of essential oil and ethanolic extract of 10 medicinal plants on *Rathayibacter tritici* and *Xanthomonas translucens*. Plant Biotechnol. Persa 4 (1), 10-17.
- Fekih, N., H. Allali, S. Merghache, F. Chaïb, D. Merghache, M. El Amine, N. Djabou, N., A., A. B. Muselli, B. Tabti and J. Costa. 2014. Chemical composition and antibacterial activity of *Pinus halepensis* Miller growing in west northern of Algeria. Asian Pacific Journal of Tropical Disease, 4(2), 97-103.
- Fekih, N., H. Allali, S. Merghache, S. Bouchentouf and J. Costa. 2019. *In vitro* Assessment of Two Species of the Genus *Pinus* Growing in Algeria for their Antimicrobial and Antioxidant Activity. Agric. conspec. sci. Vol. 84 (2019) No. 1 (103-114)
- Felšöciová S, M. Kačániová, E. Horská, N. Vukovič, L. Hleba, J. Petrová,K. Rovná, M. Stričík and Z. Hajduová.(2015). Antifungal activity of essential oils against selected terverticillate penicillia. Ann Agric Environ Med.; 22(1): 38-42.
- Food and Drug Administration. 2003. *Qualified health claims: Letter of enforcement discretion - Nuts and coronary heart disease*. Rockville, MD: US Food and Drug Administration.
- Hong, E. J., N. A. Ki-Jeung, G. Choi, Kyung-Chul Choi and Eui-Bae Jeung. 2004. Antibacterial and Antifungal Effects of Essential Oils from Coniferous Trees. Biol. Pharm. Bull. 27(6) 863-866
- Houicher, A., M. Hamdi, H echachna and F. Ozogul. 2018. Chemical composition and antifungal activity of *Anacyclus valentinus* essential oil from Algeria. Food Biosci. 25, 28-31.
- Kaushik D, A. Kumar, P. Kaushik, A. C. Rana. 2012. Analgesic and anti-inflammatory activity of pinus roxburghii sarg. Adv Pharmacol Sci.
- Macchioni, F., Cioni, P.L., Flamini, G., Morelli, I., Maccioni, S., Ansaldi, M. 2003. Chemical composition of essential oils from needles, branches and cones of *Pinus pinea, P. halepensis, P. pinaster and P. nigra* from central ltaly. Flavour and Fragrance Journal, 18,139-143.
- Macwan, S.R., B. K. Dabhi, K.D. Aparnathi and J.B. Prajapati. 2016. Essential oils of herbs and spices: their antimicrobial activity and application in preservation of foods. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci., 885-901.

- Marija K., G. Stefkov, E. Trajkovska-Dokic, A. Kaftandzieva, S. Kulevanova. 2011. Antimicrobial activity of needle essential oil of *Pinus peuce* Griseb. (Pinaceae) from Macedonian flora. Macedonian pharmaceutical bulletin, 57 (1, 2) 25 - 36.
- NasriN,Tlili N, TrikiS,Elfalleh W, Chéraif I and bdelhamidKhaldi .2011. Volatile Constituents of Pinus pineaL. Needles". Journal of Essential Oil Research Vol. 23.
- Oluwadayo S, and K. Olakunle. 2008. Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of *Pinus caribaea* from Nigeria. African Journal of Biotechnology 7(14), 2462-2464.
- Raho, G.B. 2014. Antibacterial potential of essential oils of the needles of *Pinushalepensis*against Staphylococcus aureus and Escherichia coli. Journal of Coastal Life Medicine 2014; 2(8): 651-655
- Raveau, R., Fontaine, J., and A. L. -Hadj Sahraoui. 2020. Essential oils as potential alternative biocontrol products against plant pathogens and weeds: A review. Foods 9 (3), 365.
- Sakul, R. 2016. The Cytotoxic and Antimicrobial Properties of Pine Essential Oils: A Characterization and Comparison. Graduate Theses and Dissertations Retrieved from https://scholarworks.uark.edu/etd/1714.
- Silori, G. K., G. Pant, J. K. Singh and P. Kumar. 2013. Hay and Tendril classifiable deforestation of pine and its impacts – a survey of Himalayan Region in India. IOSR J Environ Sci Toxicol Food Technol 6:06-14
- Sonker, N., A.K. Pandey, P. Singh and N. N. Tripathi. 2014. Assessment of *Cymbopogon citratus* (DC.) stapf essential oil as herbal preservatives based on antifungal, antiaflatoxin, and antiochratoxin activities and in vivo efficacy during storage. J. Food Sci. 79 (4), M628-M634.
- Sumonrat, C., C. Suphitchaya and Tipparat, H. 2008. Antimicrobialactivities of essential oils and crude extracts from tropical *Citrus* spp. against food-related microorganisms. Songklanakarin. J. Sci. Technol. 30 (1), 125-131.
- Taheri, P., M. Soweizy and S. Tarighi. 2023. Application of essential oils to control some important fungi and bacteria pathogenic on cereals. Journal of Natural Pesticide Research 6, 1-18.
- Ulukanli, Z.,S. Karabörklü, F. Bozok, B.Ates, S. Erdogan, M. Cenet, M. G. Karaaslan. 2014. Chemical composition, antimicrobial, insecticidal, phytotoxic and antioxidant activities of Mediterranean Pinus. Chin J.Nat. Med. 12, 901-910.
- Vincent J M. 1947. Distortion of fungal hyphae in presence of certain inhibitors. *Nature*150-155.

**N° Ref: 1184**