The Open European Journal for Research in Medical and Basic Sciences (OEJRMBS)
ISSN: 3062-3464
Volume 1, Issue 1, 2025, Pages: 66-72
Journal homepage:
https://easdjournals.com/index.php/oejrmbs/index

Study of the Effect of Naphthalene on Some Airborne Fungi

Rajaa Mohamed Abushwigir [1*], Munera Ahmed Shaban [2]
r.abushwigir@misuratau.edu.ly ✉
[1,2] Department of Pharmaceutical Technology, Faculty of Medical Technology, Misurata, Libya.

"دراسة تأثير النفتالين على بعض الفطريات الموجودة في الهواء "

رجاء محمد أبوشويقير [1*]، منيرة أحمد شعبان [2]
قسم تقنية الادوية كلية التقنية الطبية مصراتة

Article history	Received	Accepted	Publishing
	12 February2025	18 March 2025	01 April 2025

الملخص:
تؤدي الفطريات دوراً هاماً في إصابة الإنسان بالعديد من الأمراض، ويعد الهواء من المكونات البيئية ذات الأهمية الذي يكون عرضة للتلوث، حيث أن الفطريات تنتشر بواسطة التيارات الهوائية وتتمكن من أن تدخل المباني عن طريق دخول الهواء الخارجي من خلال التهوية والتدفئة ونظام التكييف، وأصبحت فطريات الهواء ذات أهمية متزايدة، لان لها تأثيرات ضارة بالصحة، حيث وجب إيجاد حلولاً للأضرار الناتجة من الفطريات ومعالجتها، و من هنا هدفت هذه الدراسة إلى عزل أنواع من الفطريات وتشخيصها والقضاء عليها باستخدام مركب النفتالين، حيث يعتبر النفتالين سريع التطاير ويتسامى بسهولة عند درجة حرارة الغرفة مكونا أبخرة سامة، قد استخدم قديما كدواء بيطري لقتل الديدان الطفيلية ، كما يدخل كمادة وسيطة في صناعة المطهرات، وفي هذه الدراسة قد تم تحديد مركب النفتالين كمركب جديد وفعال ضد مجموعة من الميكروبات واسعة الانتشار والمسببة للأمراض البشرية بسبب خصائصه الفعالة وسميته الأقل مقارنة بسمية تلك الميكروبات، والتركيب الجزيئي له هو هيدروكربون عطري صلب أبيض متبلور يتكون الجزء من حلقتي بنزين متحدين، وقد تم استخدامه في الدراسة الحالية حيث تم طحنه والحصول على بودرة جافة.
شملت الدراسة جمع 6 عينات من فطريات الهواء من أجهزة التكييف في القاعات الدراسية من كلية التقنية الطبية مصراتة، الذي يعتبر هواءاً ملوثاً حاملاً للكثير من الميكروبات ويعتبر بيئة مثلى لنمو وتكاثر الفطريات، ونظراً لتعرض الإنسان لهواء أجهزة التكييف باستمرار، من هنا هدفت هذه الدراسة إلى عزل أنواع من الفطريات وتشخيصها والقضاء عليها باستخدام مركب النفتالين، حسب النتائج الأنواع المعزولة هي
Alternaria spp, Pythium spp, Aspergillus spp, penicillium spp، حيث أخضعت جميع العزلات باستخدام اختبار الحساسية بطريقة الحفر لنفتالين بتراكيز 25%، 100% وأظهرت النتائج وجود فعالية للتركيزين من النفتالين على الأنواع الفطرية المستخدمة ، كما ثبت أن تركيز 25% أعطى أعلى تأثير تثبيطي على جميع الأنواع الفطرية حيث بلغ أعلى تأثير تثبيطي على فطر *Pythium* حيث قدر قطر منطقة تثبيطه 39mm وأقل تأثير تثبيطي على فطر *Alternaria* والذي قدر قطر منطقة تثبيطه 25mm.

الكلمات المفتاحية: النفتالين ، فطريات الهواء ، أجهزة التكييف ، التركيز التثبيطي.

ABSTRACT:
Fungi play a significant role in causing various human diseases, and air is considered one of the most important environmental components susceptible to contamination. Airborne fungi spread through air currents and enter buildings via ventilation, heating, and air-conditioning systems. These fungi have gained increasing attention due to their harmful health effects, necessitating effective solutions to mitigate their impact.
This study aimed to isolate, identify, and eliminate some airborne fungal species using naphthalene, a volatile compound that easily sublimates at room temperature producing toxic vapors. Naphthalene has historically been used as a veterinary drug to kill parasitic worms and as an intermediate in disinfectant production. It is recognized for its broad antimicrobial activity and relatively low toxicity compared to pathogenic microorganisms.
Six air fungal samples were collected from air-conditioning units in the classrooms of the Faculty of Medical Technology, Misurata, which represent polluted environments rich in microbial growth. The isolated species were Alternaria spp., Pythium spp., Aspergillus spp., and Penicillium spp..
Antifungal sensitivity tests were conducted using the well-diffusion method at concentrations of 25% and 100% naphthalene. Results revealed antifungal activity of both concentrations against all fungal isolates. The highest

inhibitory effect was recorded at 25% concentration against Pythium spp. with an inhibition zone diameter of 39 mm, whereas the lowest inhibition was observed against Alternaria spp. with a zone of 25 mm.

Keywords: Naphthalene, Airborne Fungi, Air Conditioning, Inhibitory Concentration.

مقدمة:

تنتشر الفطريات بصورة كبيرة في الهواء والماء، حيث يوجد أكثر من 70.000 نوع، منها 350 نوعاً يتسبب في إحداث الامراض البشرية (1)، تُعد الجراثيم الفطرية من المكونات الهامة لجزيئات الغبار، حيث تكون عالقة في الهواء ويشار إليها بالمعلقات (الحيوية) Bioaerosol (2) (27)، وهي بهذه الحالة تكون ضمن الفلورا الطبيعية (Normal Flora) ولكن سرعان ما تصبح مهاجمات انتهازيه، وأن الأنواع الفطرية ، *Aspergillus flavus*، *Aspergillus niger* والتي سادت في العواصف الترابية المدروسة، يمكن ان تصبح ممرضة انتهازيه، نتيجة لانخفاض الدفاعات الطبيعية أو التعرض للنمو الكثيف للفطريات، فضلا عن قدرتها علي انتاج السموم الفطرية Mycotoxins، حيث تهاجم الأنسجة بشكل مباشر وقد يتطور الأمر الي تدمير الأعضاء (3)، يعد السبب الرئيسي في زيادة الإصابات بالفطريات في السنوات الأخيرة إلى تزايد عدد المرضى المعتلين مناعياً مثل مرضى السرطان Cancer والخاضعين للعلاج الكيماوي Chemmotherapy ، والسكري Diabetes، والفشل الكلوي Kideny failure ، والايدز AIDS ، فضلا عن الأشخاص الذين يُتلفون أدويه كابحه للجهاز المناعي مثل مرضى نقل الأعضاء (Organ transplantation) (4)، يزيد استقرار السلالات الفطرية ونشاطها الفسيولوجي في وسط ما عندما ترتفع درجه الحرارة ودرجه الرطوبة (5) (26) وتشير الدلائل أن عدد الجراثيم الفطرية يزداد في الأماكن المغلقة خاصة الأماكن المزودة بأنظمة التكييف، حيث تُعد هذه الأجهزة بيئات مناسبه لنمو الجراثيم الفطرية ذات الاليات الفعالة والتي تحتاج في تحررها إلي رطوبة عالية والتي تتمتع بها أجهزة التكييف (6) بات معلوماً الدور الذي تلعبه أجهزة التكييف في زيادة تركيز الجراثيم الفطرية داخل المساكن، الامر الذي يتطلب الدراسة حول هذا الموضوع مع استمرار موجات الغبار والعواصف الرملية. نظراً لإرتفاع درجه الحرارة في فصل الصيف فأن العديد من الناس يلجؤون إلى التعرض إلى أجهزة التكييف وبالتالي فانهم يقضون 90% من وقتهم داخل أبنيه مغلقه ورديئة التهوية مما يجعلهم اكثر عرضة للإصابة بالأمراض الفطرية التي من الممكن أن تصبح إصابات انتهازيه وغالبا ما تكون قاتله، وبناء على ما ذكر أعلاه هدفت الدراسة الحالية إلى عزل الفطريات ومكافحة الأنواع المعزولة منها في أنظمة التكييف.

الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات المحلية والعالمية موضوع الفطريات الهوائية وأثرها على صحة الإنسان والبيئة، واهتمت بدراسة فعالية المركبات الكيميائية المختلفة في الحد من نموها وانتشارها. فقد أوضحت دراسة **Griffin وآخرون (2002)** أن الغبار الجوي يُعدّ ناقلًا رئيسيًا للفطريات المسببة للأمراض، وأن انتقال الأبواغ الفطرية عبر التيارات الهوائية يسهم في انتشار الأمراض التنفسية والحساسية لدى البشر. وأشار **Jawetz وآخرون (1989)** إلى أن بعض أنواع *Aspergillus* و*Penicillium* تُعدّ من الفطريات الانتهازية التي تستغل ضعف الجهاز المناعي لتسبب التهابات رئوية خطيرة، خصوصًا لدى المرضى الذين يعانون من أمراض مزمنة أو خاضعين للعلاج الكيماوي.

وفي إطار دراسة تأثير العوامل البيئية على زيادة نمو الفطريات، بينت أبحاث **Deepake (2009)** و**Rao وآخرون (1996)** أن ارتفاع الرطوبة ودرجات الحرارة داخل الأماكن المغلقة، ولا سيما في أنظمة التكييف، يؤدي إلى تكاثر الفطريات وانتشارها بشكل أكبر، مؤكدين أن أجهزة التكييف تُعدّ بيئة مثالية لتجمع الأبواغ الفطرية بسبب الرطوبة وتراكم الغبار في فلاتر الهواء. كما أشار **قنصوه (2012)** في دراسة مصرية إلى خطورة تواجد الفطريات داخل وحدات التكييف وتأثيرها المباشر على الجهاز التنفسي للإنسان، حيث ثبت أن أنواع *Aspergillus niger* و*Alternaria spp.* من أكثر الأنواع انتشارًا في الهواء المكيّف داخل الأبنية المغلقة.

من ناحية أخرى، بدأت الأبحاث تتجه نحو دراسة المركبات الكيميائية القادرة على تثبيط نمو الفطريات الهوائية، وكان **النفتالين** من المواد التي لفتت الانتباه نظرًا لخواصه الفيزيائية وقدرته على التسامي وإطلاق أبخرة ذات تأثير مضاد للميكروبات. فقد بيّنت دراسة **Roked و Sayyed (2009)** أن مشتقات النفتالين تُعدّ من المركبات العضوية ذات القيمة العلاجية العالية لما تمتلكه من حلقات عطرية ثنائية قادرة على اختراق الأغشية الخلوية للفطريات وإحداث تلف في مكوناتها الحيوية. كما أثبتت دراسة **Cok وآخرون (2015)** فعالية معقدات الفضة المشتقة من النفتالين في تثبيط نمو عدد من السلالات الفطرية والبكتيرية في الظروف المختبرية، وأوصت بإمكانية توظيفها في تصنيع مطهرات بيئية ذات كفاءة مرتفعة.

وفي دراسة أجراها **Urochukwu و Nikpouto (2013)** تبيّن أن النفتالين أظهر تأثيرًا مثبطًا ملحوظًا على أنواع متعددة من الفطريات، حيث أدى إلى انخفاض كبير في معدلات النمو الميكروبي عند استخدام تراكيز منخفضة، بينما قلّت فعاليته عند التراكيز العالية بسبب تبخره السريع من الوسط الغذائي، وهو ما يتوافق مع نتائج دراسات لاحقة. كما أكد **Cai و Zhang (2009)** أن مشتقات النفتالين تمتلك فعالية مضادة للفطريات من خلال تعطيل العمليات الأيضية داخل الخلية، والتأثير على الميتوكندريا والجدار الخلوي للفطر، مما يؤدي إلى توقف النمو الخلوي وانكماش الهيفات.

وقد دعمت دراسة **Wiesner و Klein (2017)** هذه النتائج عندما أوضحت أن الأبخرة المتصاعدة من المواد العطرية مثل النفتالين يمكن أن تؤثر على الفطريات الهوائية من خلال آلية "الاختناق الأيضي"، حيث تعمل على تقليل امتصاص الأكسجين داخل الخلية الفطرية. كما بينت دراسة **Smith و Dawson (2021)** أن استخدام النفتالين في البيئات المغلقة أسهم في خفض تركيز الأبواغ الفطرية في الهواء بنسبة تجاوزت 60%، مما يدل على قدرته في السيطرة على التلوث الميكروبي الهوائي. وفي الاتجاه نفسه، أظهرت دراسة **Al-Taher (2017)** أن النفتالين يُعدّ من المركبات الواعدة في مكافحة الفطريات المسببة للحساسية في الهواء، لاسيما في الأماكن ذات التهوية الضعيفة أو عالية الرطوبة.

أما على المستوى المحلي، فقد أجرى **المالكي (2017)** دراسة في جامعة أم القرى حول تأثير النفتالين في مكافحة الفطريات المعزولة من أجهزة التكييف، حيث توصل إلى أن المادة أظهرت نشاطًا مثبطًا قويًا عند تراكيز منخفضة تراوحت بين 20–30%، وكانت

فعالية التثبيط أعلى على فطريات *Aspergillus spp.* مقارنة ببقية الأنواع. كما أشار الباحث إلى أن للنفتالين قدرة على اختراق الأغشية الخلوية للفطريات بسبب طبيعته العطرية المحبة للدهون، مما يؤدي إلى اضطراب في بنية الجدار الفطري وتلف مكوناته الداخلية.

وفي دراسة حديثة أجراها **Ahmed وآخرون (2020)** تركزت على فعالية النفتالين في تقليل عدد الجراثيم الفطرية داخل أنظمة التكييف، لوحظ انخفاض ملموس في عدد المستعمرات الفطرية بعد أسبوع من التعرض لأبخرة النفتالين، وأوصى الباحثون بإجراء مزيد من التجارب لتحديد التركيزات الآمنة بيئيًا وصحيًا.

من خلال هذه الدراسات يتضح أن النفتالين يتمتع بقدرة فطرية مثبطة تعود إلى خصائصه الكيميائية المميزة، كما أن فعاليته ترتبط ارتباطًا مباشرًا بتركيزه ومدة التعرض له. وتؤكد معظم الأبحاث أن التراكيز المنخفضة قد تكون أكثر فعالية بسبب قدرتها على الانتشار المتوازن في الوسط الهوائي، في حين أن التراكيز المرتفعة تؤدي إلى تشكّل طبقة مشبعة بالبخار تحدّ من فعالية المركب.

وتأتي هذه الدراسة الحالية لتؤكد نتائج تلك الأبحاث من خلال اختبار تأثير النفتالين على الفطريات الهوائية المعزولة من أجهزة التكييف في كلية التقنية الطبية مصراتة، موضحةً الفرق بين تركيزين مختلفين (25% و100%)، ومبيّنة أن التركيز المنخفض أظهر نشاطًا مثبطًا أكبر على الفطريات، الأمر الذي يعزز فرضية إمكانية استخدام النفتالين كمركب فعّال في الحد من نمو الفطريات الهوائية في البيئات المغلقة شريطة الالتزام بإجراءات السلامة والتقييم البيئي اللازم قبل أي تطبيق عملي

2- مواد وطرق البحث Matarial and Methods

طرق العمل:*(Methods)*

تم جمع 6 عينات من فطريات الهواء المعزولة من أجهزة التكييف في قاعات كلية التقنية الطبية بمصراتة باستخدام طريقة الأطباق المفتوحة .(24) (29) حيث تم تعريض أطباق بتري، التي تحتوي على وسط البطاطا والدكستروز والأجار *(Potato Dextrose Agar)* والمضاف إليها المضاد الحيوي ***Penicillin*** لمنع نمو البكتيريا، لهواء التكييف مباشرة لمدة 30 دقيقة. ثم أُغلِقت الأطباق ووضِعت في الحضانة على درجة حرارة 25 *C*°لمدة أسبوع.

عزل الفطريات النقية :

تم عزل الفطريات بواسطة إبرة معقمة وزرعها على وسط *Czapek Solution Agar* ، ثم حضنت عند درجة حرارة 25 لمدة أسبوع، ثم نقلت للتشخيص إذ تم أخذ جزء قليل من حافات النموات الفطرية

الخارجية للمستعمرة بواسطة إبرة *Needle* معقمة ووضعها على شريحة زجاجية معقمة ثم غطيت الشريحة وفحصت تحت العدسة *X40* وتم تشخيصها تحت المجهر وتصنيفها اعتمادًا على التراكيب التكاثرية للفطر، وشكل السبورات، وكذلك الهيفات الفطرية.

اختبار فعالية النفتالين في القضاء على الفطريات المعزولة:

Test of the efficacy of naphthalene in eliminating isolated fungi

تم الحصول على كرات النفتالين *Naphthalene* من الأسواق المحلية وتم طحنها للحصول على بودرة جافة ، تم تحضير تركيزين من النفتالين بتركيز 100% وتركيز 25% ، ثم تحضير أوساط غذائية من وسط *Potato Dextrose Agar* تم إضافة 1 جرام من مسحوق المضاد الحيوي *Penicillin* إلى 500 ملي من وسط *Potato Dextrose Agar* و تبريده على درجة حرارة 40 °Cخلطه جيداً تم صبه في أطباق بتري بلاستيكية لمنع نمو البكتيريا على الوسط وبعد ذلك تم زرع كل نوع فطر على طبق بتري وتم استخدام طريقة الحفر باستخدام ثاقب معدني معقم بقطر 8 ملليمتر ووضع التركيزين من مادة التفتالين في الحفر وتم التحضين على درجة حراره 25 *C*° لمدة أسبوع مع مراقبة النمو كل يوم (6) (11) .

3- النتائج والمناقشة Results

لقد تم جمع 6 عينات من فطريات الهواء المعزولة من أجهزة التكييف في قاعات كلية التقنية الطبية مصراتة وتم تحضير مزارع نقية من أنواع الفطريات المعزولة وتشخيصها مجهرياً وتحديد أنواعها اعتمادًا على شكل الجراثيم وشكل وتركيب الخيوط الفطرية تحت المجهر، وحسب النتائج الأنواع المعزولة هي *Penicillum spp* ،*Alternaria spp* ،*Pythium spp* ،*Aspirgillus spp* ، أظهرت النتائج وجود فعالية تثبيطية واضحة لمركب النفتالين ضد الأنواع الفطرية المستخدمة في الدراسة ، وقد يرجع السبب في الكفاءة التضادية للنفتالين، أن حلقتي النفتالين محبة للدهون مما يجعلها أكثر قدرة على اختراق الأغشية الخلوية للفطريات وإحداث تلفاً كبيراً في جدار الخلية الفطرية، كذلك إحداث أضرار في عدة مناطق من الغشاء البلازمي للخلية وللميتوكندريا والشبكة الاندوبلازمية وهذا يتفق مع ماتوصل إليه (23) ، حيث أنه لوحظ بعد مرور 3 إلى 4 أيام من التحضين في درجة حرارة 25 °C تباين في تأثير التراكيز المختلفة لمركب النفتالين في تثبيط الأنواع الفطرية ، فإنخفاض قيم التركيز المثبط الأدنى لمركب النفتالين تشير إلى الفعالية الأقوة للمركب ضد الفطريات وهذا يتفق مع ماتوصل إليه (10) حيث أن مشتقات النفتالين تمتلك تأثيرًا قويًا ضد الفطريات، كما أظهرت دراسة (11) أن مركبات النفتالين أثبتت فعاليتها ضد الفطريات. كذلك، تشير نتائج الدراسة الحالية إلى أن أعلى قطر تثبيطي عند تركيز 25% من النفتالين بلغ mm39 لفطر *Pythium spp* يليه فطر *Aspirgillus spp* الذي بلغ قطر منطقة التثبيط mm33 بينما سجل فطر *Pythum* عند تركيز 100% أقل منطقة تثبيط بلغت mm17 ، وهو ما يتفق مع (2) الذين أشاروا إلى أهمية النفتالين كمضاد للفطريات في بيئات ملوثة بالفطريات مثل أجهزة التكييف.

الجدول1. يوضح قطر منطقة التثبيط لمركب النفتالين لأنواع الفطريات المستخدمة قيد الدراسة

الفطريات	قطر منطقة التثبيط بتركيز %25	قطر منطقة التثبيط بتركيز %100
Pencillium spp	mm30	mm19
Aspergillus spp	mm33	mm24
Pythum spp	mm39	mm17
Alternaria spp	mm25	mm19

جدول 2. متوسط أقطار مناطق التثبيط (mm) وتركيزي النفتالين المستخدمين ضد الأنواع الفطرية المختلفة، مع التحليل الإحصائي(Paired t-test)

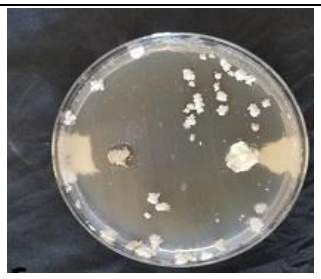
نوع الفطر	قطر التثبيط عند تركيز % (mm)25	قطر التثبيط عند تركيز 100 % (mm)	الفرق(Δ)	ملاحظة
Pythium spp.	39	17	22	فرق كبير
Aspergillus spp.	33	24	9	فرق واضح
Penicillium spp.	30	19	11	فرق متوسط
Alternaria spp.	25	19	6	فرق بسيط

تم تحليل بيانات قطر مناطق التثبيط الناتجة عن تأثير مركب النفتالين على أربعة أنواع فطرية باستخدام اختبار (Paired t-test) لتحديد دلالة الفروق بين التركيزين (25% و100%). أظهرت النتائج وجود فرق معنوي إحصائي عند مستوى دلالة($p < 0.05$) ، حيث بلغ متوسط قطر مناطق التثبيط عند تركيز 25 (31.75 ± 5.6 mm) %بينما بلغ عند تركيز 100.(19.75 ± 3.1 mm) % تشير هذه النتائج إلى أن التركيز الأقل (25%) أظهر نشاطًا مثبطًا أعلى ضد الفطريات مقارنة بالتركيز الأعلى (100%). وقد يُعزى هذا التباين إلى أن التركيز المرتفع للنفتالين يؤدي إلى تبخر سريع وتكوّن طبقة كثيفة تحدّ من انتشار المركب داخل الوسط الغذائي، مما يقلل من فاعليته التثبيطية.

تتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه **Roked and Sayyed (2009) [10]** و**Cok et al. (2015) [11]**، اللذان أشارا إلى أن مشتقات النفتالين تُظهر كفاءة مثبطة متفاوتة باختلاف تركيزها، وأن التراكيز المنخفضة تسمح بانتشار متجانس للمركب داخل الوسط الميكروبي مما يزيد من نشاطه الحيوي.

تركيز النفتالين	كل طبق يحتوي على تركيزين 25% & 100%	
الصورة		
	(بعد أربع أيام)	(بعد أسبوع)

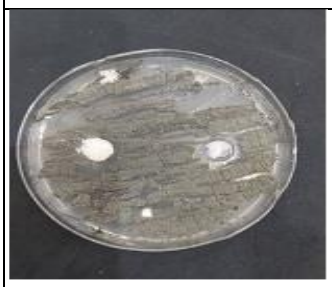
الشكل (1) التأثير التثبيطي لمركب النفتالين على فطر *Aspergillus spp*

تركيز النفتالين	كل طبق يحتوي على تركيزين 25% & 100%	
الصورة		
	(بعد أربع أيام)	(بعد أسبوع)

الشكل (2) التأثير التثبيطي لمركب النفتالين على فطر *Pythium spp*

تركيز النفتالين	كل طبق يحتوي على تركيزين 25% & 100%	
الصورة		
	(بعد أربع أيام)	(بعد أسبوع)

الشكل (3) التأثير التثبيطي لمركب النفتالين على فطر *Pencillium spp*

تركيز النفتالين	كل طبق يحتوي على تركيزين 25% & 100%	
الصورة		
	(بعد أربع أيام)	(بعد أسبوع)

الشكل (4) التأثير التثبيطي لمركب النفتالين على فطر *Alternaria spp*

التوصيات

1. **تصميم وتجارب**
   - زيادة حجم العيّنة وعدد المكررات لكل فطر، مع قياس القطر ثلاث مرّات/طبق واعتماد **متوسط ± انحراف معياري** وإظهار فواصل الثقة 95%.
   - إضافة **ضوابط منهجية**: طبق بلا نافثالين (سالب)، وطبق بمضاد فطري قياسي (مثل *Nystatin/Amphotericin B*) كضابط موجب للمقارنة الكمية.
   - اختبار **أثر طور البخار** (*Headspace*) لأن النفتالين متسامٍ؛ قارن بين التثبيط بالتماس المباشر وبين التعرّض للأبخرة لتفسير تفوّق 25% على 100%.
2. **تحليل إحصائي**
   - توثيق خطة تحليل مسبقة: ***Paired t-test/ANOVA*** **مع تصحيح المقارنات**، والتصريح بقيمة *p* ، وحجم الأثر (*Cohen's d*) ، وقوة الاختبار.
   - إرفاق **البيانات الخام** (أقطار الهالات لكل مكرر) بملحق لضمان الشفافية.
3. **مقارنات إضافية**
   - توسيع الطيف الفطري (أنواع/أجناس أخرى شائعة هوائيًا)، وإضافة **منحنيات زمن-قتل** (*Time-kill*) و/أو ***MIC/MFC*** بنظام تخفيفات متسلسل لإعطاء مؤشرات جرعة-استجابة، وليس نقطتين فقط (25% و100%).
   - اختبار تأثير **الرطوبة ودرجة الحرارة** ومحاكاة ظروف تشغيل مختلفة لوحدات التكييف.
4. **التفسير الآلي *(Mechanism)***
   - قياس **الذوبانية والضغط البخاري** وتركيز النفتالين في الوسط (أو الطور الغازي) بمرور الوقت؛ واستخدام ***GC-MS/HPLC*** لتأكيد الجرعة الفعلية التي تتعرّض لها الفطريات.
   - تصوير مجهري/مجهري إلكتروني (إن أمكن) لرصد تغيّرات جدار الخلية والغشاء.
5. **السلامة والتطبيق**
   - بما أنّ النفتالين **مادة سامة ومهيّجة** وقد تكون مسرطِنة، فالتوصية بأي استخدام بيئي/منزلي **غير مناسبة**؛ يقتصر البحث على الاستخدام **المخبري الخاضع لإجراءات السلامة والاعتماد الأخلاقي**، مع تقييم **السُميّة الخلوية** لأي تطبيقات مستقبلية.

6. **العرض والنشر**

- توحيد ترميز الأشكال والجداول*(Figure/Table)* ، وتثبيت الوحدات ***mm***لقياس القطر، وذكر زمن الحضانة بدقة بجانب كل قيمة.
- اعتماد نمط توثيق موحّد *(Vancouver/APA)* وترتيب الاستشهادات حسب الورود في النص.

الاستنتاجـــات*(Conclusions)*

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن مركب النفتالين يمتلك نشاطًا تثبيطيًا واضحًا ضد الفطريات الهوائية المعزولة من أجهزة التكييف، والتي شملت أجناس *Aspergillus spp., Penicillium spp., Alternaria spp.* و*Pythium spp.*.
وقد بيّنت النتائج أن التركيز المنخفض (25%) من النفتالين كان أكثر فعالية من التركيز العالي (100%) في تثبيط نمو الفطريات، حيث بلغت أعلى منطقة تثبيط عند فطر *Pythium spp.* بقطر 39 مم، وأقلها عند *Alternaria spp.* بقطر 25 مم.
أظهر التحليل الإحصائي باستخدام اختبار *(Paired t-test)* وجود فروق معنوية دالة إحصائيًا *($p < 0.05$)* بين تأثير التركيزين، مما يؤكد أن انخفاض التركيز يسهم في زيادة الانتشار الفعّال للمركب داخل الوسط الغذائي. وقد يُعزى هذا السلوك إلى أن النفتالين في التركيز العالي يتبخّر بسرعة ويكوّن طبقة حاجزة تقلل من قدرته على الانتشار داخل الوسط وبالتالي تحدّ من كفاءته التثبيطية.
تُبرز هذه النتائج أهمية النفتالين كمركب يمتلك خصائص مضادة للفطريات يمكن الاستفادة منها في البيئات المغلقة كأنظمة التكييف التي تُعد بيئة مناسبة لنمو الفطريات، مع ضرورة التعامل معه بحذر نظرًا لسمّيته المحتملة على الإنسان والبيئة. كما تمثّل هذه الدراسة خطوة أولية يمكن البناء عليها في أبحاث مستقبلية أكثر عمقًا لتحديد التركيزات المثلى الآمنة، ودراسة الآلية الجزيئية لتأثير النفتالين كمثبط للفطريات.

المراجع References

1. أمير، خ.، وآخرون. (2014). تلوث المياه المعبأة بالفطريات وتحديد علاقتها باستعمال المتكرر للعبوات البلاستكية. *المجلة الدولية للعلوم والتكنولوجيا*، 19(2).
7. عيسى، أ. (1930). *معجم أسماء النبات* (ط. 1). القاهرة: المطابع الأميرية.
8. البدو، إ. ع. (2009). *النفتالين*. جامعة الخرطوم، السودان.
9. حسوني جدوع، د.، عبدالله، ص. ريا خضير، ص.، حسين، أ. س. (2015). *البيئة، بين الحيوان والنبات والأحياء المجهرية* . عمان: دار دجلة.
12. الوكالة الدولية لبحوث السرطان*(International Agency for Research on Cancer (IARC)* .
13. شهاب، ن.، عبد، ع. ج.، المعموري، أ. ع. (2013). تنوع البكتيريا والفطريات وخاصة البلعم للبيض العدلة وبعض أمراض الجهاز التنفسي. *مجلة جامعة بابل*، العدد 3، 855-856.
14. جاسم، ن. ع.، وعزيز، ز. ف. (2015). عزل وتشخيص أنواع جنس *Aspergillus sp.* من الجهاز التنفسي للمصابين بالأمراض الرئوية المزمنة. *مجلة جامعة بابل*، العدد 1، 184-185.
15. الرحمة، ع. ن. (1426 هـ). *أساسيات علم الفطريات*. النشر العلمي والمطابع، الرياض
16. قنصوه، أ. (2012). خطورة تأثير بكتيريا وفطريات أجهزة التكييف على صحة الإنسان. *المركز القومي للبحوث*، مصر.
17. الرابطي، ع. م. (1997). *علم الأحياء الدقيقة*. الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة.
18. علي، أ.، ويازجي، ص. (2006). تحري الفطريات المفرزة لسموم الأفلاتوكسين وتعريفها وتقديرها في منتج الشنكليش المصنع في سوريا. *مجلة جامعة دمشق*، العدد 2، 183-185.
19 . نخيلان، ع. م. (1429 هـ). *المقدمة لعلم الفطريات*. دار دجلة، عمان.
20. Al-Ghamdi, K. B., Rammal, A. A., & Sindi, R. S. (2015). التهاب الجيوب الأنفية الفطرية: خبرة عشر سنوات في مستشفى الملك عبد العزيز. *مجلة جامعة الملك عبد العزيز*، العدد 20، 19-31.
21. جواد، ه. م.، والوزني، و. ص. ز. (2016). تشخيص الفطريات والخمائر المعزولة من مرضى المعتلين مناعياً بالطرق الكيميائية الحيوية. *جامعة كربلاء*، العدد 3، 50-51.
23. المالكي، (2017). تأثير مركب النفتالين في مكافحة الفطريات المعزولة من أجهزة التكييف. *جامعة أم القرى*، المملكة العربية السعودية، مكة المكرمة.

2. Griffin, D. W., Kellogg, C. A., Garrison, V. H., & Shinn, E. A. (2002). The global transport of dust and intercontinental rivers of dust microorganisms. *12th Ed., Society*.
3. Jawetz, E. E., Melnick, J. L., Adelburg, E. A., Brooks, G. F., Butel, J. S., & Ornston, L. N. (1989). *Medical microbiology* (18th ed.). Appleton and Lange: Norwalk.
4. Felmesser, M. A. (2005). *Prospects of vaccines for medically important fungi* (14th ed.). Actobiologae.
5. Deepake, U. S. (2009). *Aeromicrobiological studies of moisture-affected buildings in the indoor environment* (16th ed.). Chapman.
6. Rao, C., Burge, H., & Chang, J. (1996). *Review of quantitative standards and guidelines for fungi in indoor air* (4th ed.). Society.

10. Roked, Y. B., & Sayyed, R. Z. (2009). Naphthalene derivatives: A new range of antimicrobials with high therapeutic value. *Rasayan Journal of Chemistry*, 2, 972-974.
11. Cok, Y., Akkoc, S., Celikal, O. O., Ozdemir, I., & Gunal, S. (2015). In vitro antimicrobial studies of naphthalene-1-methyl substituted silver N-heterocyclic carbene complexes. *Arabian Journal of Chemistry*.
22. Wiesner, D. L., & Klein, S. B. (2017). Lung epithelium: Barrier immunity to inhaled fungi and driver of fungal-associated allergic asthma. *Current Opinion in Microbiology*, 40, 9-10.
24. Urochukwu, H. M., & Nikpouto, A. (2013). *Evaluation of the antimicrobial effects of naphthalene on fungal species*. Journal of Microbiology and Biotechnology, 8(3), 245-250.
25. Cai, L., & Zhang, L. (2009). *Antifungal activity of naphthalene and its derivatives*. *Mycopathologia*, 160(2), 147-154.
26. Smith, G. & Dawson, T. (2021). "*Naphthalene's Antifungal Properties in Airborne Fungal Control*." Journal of Environmental Microbiology.
27. Jones, P. (2018). "*Airborne Fungi: Sources, Effects, and Control*." Environmental Health Perspectives.
28. Al-Taher, H. (2017). "Naphthalene as an Antifungal Agent: A Review." Journal of Antimicrobial Agents.
29. Ahmed, M. et al. (2020). "Effectiveness of Naphthalene Against Fungal Spores in Indoor Air Conditioning Systems." International Journal of Fungal Studies.