Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences

مجلة جامعة وادي الشاطئ للعلوم البحتة والتطبيقية

Volume 4, No. 2, July-December 2026 Online ISSN: 3006-0877 المجلد 4، الاصدار 2، يوليو-ديسمبر 2026

RESEARCH ARTICLE **FUNCTIONAL FOODS**

Evaluation of the Inhibitory Activity of Aqueous and Alcoholic Extracts of Onion (*Allium cepa* L.) Scale Leaves Against Some Fungi Belonging to the Genera *Aspergillus, Penicillium,* and *Mucor* in Tripoli Markets, Libya

Afaf Sawei[1,*], Alya Duzan[1], Safia Badweb[2], Rabia Alghazeer[3], Abdulnabi Abughnia[1]

[1]Department of Botany, Faculty of Science, University of Tripoli, Tripoli, Libya
[2]Department of Statistics, Faculty of Science, University of Tripoli, Tripoli, Libya
[3]Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Tripoli, Tripoli, Libya

ARTICLE HISTORY
Received 19 January 2026
Revised 01 June 2026
Accepted 19 June 2026
Online 24 June 2026

KEYWORDS
Fungi,
Onion;
Scale Leaves;
Aqueous exteact;
Alcoholic extract.

ABSTRACT

This study aimed to isolate and identify the fungal species responsible for the spoilage of onion bulbs (*Allium cepa* L.) and to evaluate the inhibitory potential of aqueous and alcoholic extracts of onion scale leaves as biological alternatives for fungal control. A total of 40 onion samples (20 red and 20 yellow) were collected from local markets in Tripoli, Libya, during the 2024-2025 period. Three scale leaf layers from each bulb were examined, and fungi were isolated on Potato Dextrose Agar (PDA).The results revealed significant fungal diversity and variation in the number of isolates between the two onion types; yellow onions recorded 72 isolates compared to 47 isolates for red onions. The identified genera included *Aspergillus*, *Mucor*, and *Penicillium*, with *Aspergillus* being the most dominant, exceeding a 60% frequency rate. Statistical analysis using the Mann-Whitney U test confirmed significant differences (P-value < 0.05) in fungal distribution, proving greater susceptibility in yellow onions. Inhibitory Activity, Antifungal efficacy tests at concentrations of 3, 5, and 7 mg/mL showed that the alcoholic extract of red onion was superior against *Aspergillus* spp., achieving a 92.47% inhibition rate. Meanwhile, the alcoholic extract of yellow onion recorded the highest inhibition against *Penicillium* spp. at 77.13%. Conclusion, the study confirms the higher efficiency of alcoholic extracts compared to aqueous ones in extracting active compounds such as phenols and anthocyanins. These findings suggest promising prospects for using these extracts in post-harvest crop protection to reduce economic losses and improve the quality and safety of onion crops in the Libyan local markets.

تقييم الفعالية المثبطة للمستخلصات المائية والكحولية للأوراق الحرشفية لنبات البصل (*Allium cepa L.*) ضد بعض الفطريات التابعة للأجناس *Aspergillus* و *Penicillium* و *Mucor* في أسواق طرابلس-ليبيا

عفاف الصويعي[*1]، عالية دوزان[1]، صفية البدوي[2]، ربيعة الغزير[3]، عبدالنبي ابوغنية [1]

الملخص

أجريت هذه الدراسة بهدف عزل وتحديد الفطريات المسببة للتلف في أبصال البصل وتقييم البدائل الحيوية لمكافحتها. جُمعت 40 عينة (20 بصل أحمر و20 بصل أصفر) من أسواق مدينة طرابلس، ليبيا (2025-2024). فُحصت ثلاث طبقات ورقية حرشفية لكل بصلة، وعُزلت الفطريات على وسط PDA. كشفت النتائج عن تنوع وتباين في أعداد الفطريات المعزولة؛ حيث سجل البصل الأصفر 72 عزلة مقابل 47 عزلة للأحمر. تم التعرف على أجناس *Aspergillus* و*Mucor* و*Penicillium*، وكان جنس *Aspergillus* هو الأكثر سيادة بنسبة تردد تجاوزت 60%. أظهر اختبار Mann-Whitney U وجود فروق ذات دلالة إحصائية (P-value < 0.05) في توزيع الفطريات، مما يثبت حساسية أكبر في البصل الأصفر. أظهرت اختبارات الفعالية التثبيطية للمستخلصات بتركيزات 3، 5، و7 ملجم/مل تفوق المستخلص الكحولي للبصل الأحمر ضد *Aspergillus spp.* (92.47%)، بينما سجل المستخلص الكحولي للبصل الأصفر أعلى تثبيط ضد *Penicillium spp.* (77.13%). تؤكد الدراسة كفاءة المستخلصات الكحولية مقارنة بالمائية في استخلاص المركبات النشطة كالفينولات والأنثوسيانين، مما يفتح آفاقاً لاستخدامها في حماية المحاصيل ما بعد الحصاد لتقليل الخسائر الاقتصادية وتحسين جودة وسلامة محصول البصل، خاصة في الأسواق المحلية الليبية.

الكلمات المفتاحية

الفطريات
البصل
الأوراق الحرشفية
مستخلص مائي
مستخلص كحولي

المقدمة

يُعد البصل (Allium cepa L.) من أقدم وأهم المحاصيل الزراعية على مستوى العالم، حيث يحتل المرتبة الثانية بين المحاصيل البستانية من حيث القيمة الاقتصادية [1]. يشكل هذا المحصول مكوناً أساسياً في النظام الغذائي للعديد من الشعوب، وتُشير الإحصاءات العالمية إلى تجاوز إنتاجه السنوي 100 مليون طن[3]، مما يؤكد دوره الحيوي في الأمن الغذائي. وتعود هذه

*Corresponding author
https://doi.org/10.63318/waujpasv4i2_05
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

الأهمية إلى قابليته للتخزين واستهلاكه طازجاً أو مُصنعاً، بالإضافة إلى قيمته الغذائية والفوائد الصحية المنسوبة إليه؛ نظراً لاحتوائه على مركبات نشطة حيوياً مثل مركبات الكبريت العضوية والفلافونويدات (مثل الكيرسيتين) والفينولات، التي تُسهم في نشاطه المضاد للأكسدة والالتهابات والميكروبات [13].

على الرغم من ذلك، تواجه زراعة البصل تحديات جسيمة في مرحلة ما بعد الحصاد، حيث تُقدر الخسائر السنوية الناجمة عن التلف بأكثر من 20% من الإنتاج الكلي، وتعتبر الأمراض الفطرية المسبب الرئيسي لها [6]. غالباً ما تبدأ الإصابة في الحقل وتتفاقم خلال التخزين والنقل والتسويق، خاصة تحت ظروف غير ملائمة مثل ارتفاع درجة الحرارة والرطوبة. في السنوات الأخيرة تزايد الاهتمام العالمي بتطوير استراتيجيات مستدامة للحد من خسائر ما بعد الحصاد في المحاصيل البستانية، وذلك من خلال تحسين تقنيات التخزين واستخدام بدائل طبيعية للمبيدات الكيميائية. وتشمل هذه الاستراتيجيات استخدام المستخلصات النباتية والزيوت العطرية لما تحتويه من مركبات نشطة مثل الفينولات والفلافونويدات والمركبات الكبريتية، والتي أثبتت فعاليتها في تثبيط نمو العديد من الفطريات الممرضة للنبات. وتُعد هذه البدائل أكثر أماناً للبيئة وصحة الإنسان مقارنة بالمبيدات التقليدية، كما تسهم في الحد من تطور المقاومة لدى الكائنات الممرضة.[4, 13] وتشمل أهم مسببات الأمراض الفطرية كلاً من *Aspergillus niger* (المسبب للعفن الأسود)، و*Penicillium spp*. (المسبب للعفن الأزرق)، و*Fusarium spp*. (المسبب لمرض عفن القاعدة)، و*Mucor spp*. (المسبب لتعفن الأبصال)، والتي تنتقل بسهولة عبر الهواء وتؤدي إلى تدهور جودة المنتج بشكل كامل [17,19].

لا تقتصر خطورة هذه الفطريات على الخسائر الاقتصادية فحسب، بل تمتد إلى مخاطر صحية جسيمة؛ حيث يمكن لبعض أنواعها، وخاصةً فطريات جنس *Aspergillus*، إنتاج سموم فطرية (مثل الأفلاتوكسين) معروفة بتأثيراتها المسرطنة عند التراكم في الجسم على المدى الطويل، مما يفرض تحدياً إضافياً لسلامة الغذاء ويتطلب إجراءات رقابية صارمة [13]. وقد أكدت دراسات عديدة أن العوامل البيئية كدرجة الحرارة والرطوبة تلعب دوراً محورياً في نمو هذه الفطريات وانتشارها[2]، كما سجلت دراسات سابقة أن أنواعاً مثل *Aspergillus niger* و*Penicillium expansum* هي من أكثر الملوثات الفطرية شيوعاً على أسطح البصل المخزن [11]. وعلي الرغم من وفرة الدراسات العالمية حول فطريات التي تصيب البصل، فأن الأبحاث المحلية في ليبيا وخاصة في مدينة طرابلس كمركز تجاري رئيسي، محدودة . لذلك، تسعى هذه الدراسة إلى معالجة هذا الفراغ من خلال العمل على عزل الفطريات المصاحبة للطبقات الحرشفية الثلاث للبصل، وتحديد وتصنيف هذه الفطريات المعزولة اعتماداً على صفاتها المورفولوجية .كما تهدف إلى مقارنة مدى انتشارها وتكرارها بين الطبقات الحرشفية وبين نوعي البصل الأحمر والأصفر .إضافة إلى ذلك، سوف تقيم الدراسة الفعالية التثبيطية للمستخلصات المائية والكحولية المحضرة من قشور البصل الأحمر والاصفر ضد اكثر الفطريات المعزولة انتشارا وهي *Mucor sp* و*Aspergillus spp* و*Penicillium spp*.

المواد وطرق العمل

تم جمع 40 عينة بصل عشوائيا (20 بصلة حمراء و20 بصلة صفراء) من أسواق محلية، خلال الفترة من 2024- 2025، تم نقل العينات في أكياس ورقية معقمة لمنع التلوث إلى معمل الفطريات – كلية العلوم – جامعة طرابلس لحين استخدامها.

تحضير وسط مستخلص البطاطس والدكستروز Potato Dextrose Agar (PDA)

تم تحضير وسط آجار مستخلص البطاطس والدكستروز وفقاً للطريقة القياسية.[17] إذ أذيب 21 غراماً من المسحوق التجاري للوسط في 500 مل من الماء المقطر داخل قارورة. رُجّت القارورة جيداً لتعليق المسحوق، ثم وُضعت في حمام مائي (70°-60م) لمدة 10 دقائق لضمان الذوبان والتجانس الكامل.

عُقّم الوسط باستخدام الأوتوكليف عند درجة حرارة 121°م، تحت ضغط 1.05 كجم/سم² (15 رطل/بوصة مربعة) ولمدة 20 دقيقة. بعد التبريد، سُكب الوسط في أطباق بتري معقمة داخل غرفة العزل. حُفظت الأطباق بعد ذلك في الثلاجة (4°م) لحين الاستخدام.

عزل الفطريات Isolation Fungi

تم إجراء عملية العزل الفطري باستخدام تقنية الزرع المباشر لأنسجة نباتية معقمة سطحيًا. حيث عُزلت ثلاث ورقات حرشفية (الخارجية، الوسطى، والداخلية) من كل بصلة بشكل منفصل. قُطِّعت هذه الورقات إلى مكعبات صغيرة بقياس 0.5 × 0.5 سم تقريبًا، ثم خضعت لتعقيم سطحي متسلسل يشمل الغمر في الإيثانول بتركيز 70% لمدة دقيقة واحدة، يليه الغمر في هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز 1% لمدة 5 دقائق. بعد ذلك، شُطفت القطع ثلاث مرات باستخدام ماء مقطر معقم لتخلص من آثار المطهرات، ثم جُففت على ورق ترشيح معقم.

وُزعت أربع قطع من كل عينة نسيجية على أطباق بتري تحتوي على وسط زراعة آجار مستخلص البطاطس والدكستروز .(PDA) حُضنت الأطباق عند درجة حرارة 25 ± 1 درجة مئوية ولمدة تتراوح بين 5 إلى 7 أيام. جرى مراقبة الأطباق يوميًا لتسجيل نمو المستعمرات الفطرية الناشئة من حواف قطع الأنسجة النباتية. [17]

عزل وتشخيص الفطريات Morphological and Microscopic Identification:

تمت مراقبة الأطباق يوميًا لتسجيل نمو المستعمرات الفطرية الناشئة من حواف قطع الأنسجة. لأغراض التشخيص، نُقلت أجزاء من كل مستعمرة فطرية متميزة إلى أطباق بتري جديدة تحتوي على وسط PDA للحصول على مزارع نقية. اعتمد تعريف وتصنيف العزلات على الخصائص المظهرية (المورفولوجية) والمجهرية. شمل التوصيف المظهري رصد شكل المستعمرة ولونها وملمسها ومعدل النمو. أما التوصيف المجهري، فتم بإعداد شرائح مجهرية من حواف المستعمرات النقية وصبغها بصبغة اللاكتوفينول القطنية الزرقاء(Lactophenol Cotton Blue) ، ثم فحصها تحت المجهر الضوئي لملاحظة الخصائص التشخيصية مثل شكل وحجم الأبواغ، وطبيعة الهيفات، وتركيب الأعضاء التكاثرية (كحاملات الكونيديات). جرى التصنيف النهائي بالاستناد إلى مفاتيح تصنيفية قياسية.[17,10]

تحضير المستخلصات النباتية

تم تحضير المستخلصات النباتية باستخدام طريقة النقع (Maceration method) كما وصفها [16] حيث ثم خلط 20 غراماً من المسحوق النباتي

(لقشور البصل) مع 400 مل من المذيب المناسب في دورق زجاجي سعة 1 لتر. بالنسبة للمستخلص المائي استخدم الماء المقطر، بينما استخدم الإيثانول بتركيز 95% لتحضير المستخلص الكحولي. حسب [17] حضن الخليط في حمام مائي هزاز عند درجة حرارة 40°م لمدة 24 ساعة لضمان استخلاص المركبات الفعالة. بعد ذلك رشح المستخلص باستخدام عدة طبقات من الشاش الطبي ثم عقم بالترشيح عبر مرشحات غشائية (0.22 ميكرومتر) للحصول على مستخلص نقي، ثم حفظ في اوعية محكمة الاغلاق عند درجة حرارة 4°م لحين الاستخدام.

تقييم الفعالية التثبيطية للمستخلصات

قيمت الفعالية المضادة للفطريات للمستخلصات المائية والكحولية للبصل الأحمر والأصفر ضد فطري *Aspergillus* spp. و*Penicillium* spp. وفق طريقة ساهانا وزملائها [18] .حضر وسط PDA معقم وأُضيفت إليه المستخلصات بتركيزات نهائية مقدارها 3 ،5 و7 ملجم/مل. صُب الوسط في أطباق بتري معقمة وترك حتى يتصلب. كمجموعة مقارنة (شاهد)، استُخدمت أطباق تحتوي على وسط PDA خالٍ من المستخلصات. نُقلت قطع (قطرها 5 مم) من المزارع الفطرية النقية بعمر 7 أيام إلى مركز كل طبق. حُضنت جميع الأطباق عند 25° م، مع ثلاث مكررات لكل تركيز ولكل فطر. بعد وصول النمو الفطري في أطباق الشاهد إلى حافة الطبق، قيست أقطار المستعمرات في جميع المعاملات. حُسبت النسبة المئوية للتثبيط باستخدام المعادلة التالية[19] .

النسبة المئوية للتثبيط (%) = [(قطر المستعمرة في الشاهد - قطر المستعمرة في المعاملة) / قطر المستعمرة في الشاهد] × 100

النتائج والمناقشة

التوزيع الفطري والتباين بين نوعي البصل

كشف تحليل العزلات الفطرية لـ 40 عينة بصل (20 عينة لكل نوع) عن اختلافات جوهرية في القابلية للإصابة بين البصل الأحمر والأصفر. حيث سجل البصل الأصفر حمولة فطرية إجمالية أعلى (72 عزلة) مقارنة بالبصل الأحمر (47 عزلة)، وهو اختلاف أكدته النتائج الإحصائية لاختبار Mann-Whitney U ($p = 0.023$)، الجدول 3) ويتوافق مع دراسات سابقة حول اختلاف الحساسية بين أصناف البصل .[13] هيمن جنس *Aspergillus spp*. على العزلات في كلا النوعين، حيث شكل 63.8% و59.7% من عزلات البصل الأحمر والأصفر على التوالي (الجدولان 1 و2)، يليه *Mucor sp*. ثم *Penicillium spp*. من ناحية أخرى، لم يُظهر اختبار مربع كاي وجود تباين ذي دلالة إحصائية في توزيع الفطريات بين الطبقات الورقية المختلفة داخل كل نوع نباتي ($p > 0.05$)، مما قد يشير إلى آليات إصابة وانتشار متماثلة عبر القشور بمجرد حدوث التلوث الأولي.

يؤكد هذا الاختلاف النتائج الواردة في دراسات سابقة أشارت إلى تفاوت حساسية أصناف البصل للإصابة الفطرية [13, 14] يعزى هذا التباين في المقام الأول إلى الأسس الكيميائية الحيوية المميزة للبصل الأحمر، ولا سيما غناه بمركبات الأنثوسيانين – وهي أصباغ فلافونويدية مسؤولة عن اللون الأحمر– المعروفة بخصائصها المضادة للأكسدة والميكروبات. تؤكد الدراسات الحديثة أن هذه المركبات تعمل كآلية دفاع طبيعية فعالة، مما يمنح البصل الأحمر مقاومة فطرية أعلى [4] تعمل الأنثوسيانينات عبر آليات متعددة تشمل إحداث خلل في غشاء الخلية الفطرية، والتسبب في إجهاد تأكسدي، وتثبيط نشاط الإنزيمات الأساسية اللازمة لنمو الفطريات وانتشارها، مما يقلل بشكل كبير من قدرتها على إصابة النسيج النباتي مقارنة بالبصل الأصفر الذي يفتقر إلى هذه المركبات الوقائية.

آليات الإصابة ودلالات التوزيع المكاني (حسب الطبقات الورقية)

يشير نمط التوزيع المكاني، حيث تركزت معظم العزلات في الأوراق الحرشفية الخارجية والوسطى (الجدولان 1 و2)، إلى أن التلوث الأولي يأتي غالباً من البيئة المحيطة (التربة والغلاف الجوي) أثناء الحصاد والتداول .[13] يُعزى التفوق العددي لجنس*Aspergillus* ، وهو فطر تربة وهواء شائع، إلى هذه الآلية. أما وجود أجناس مثل *Mucor* و *Penicillium* في الطبقات الداخلية (الجدولان 1 و2) فيشير إلى إصابة ثانوية، قد تحدث من خلال الجروح الميكانيكية أو قاعدة الساق. تُفرز فطريات *Mucor* إنزيمات محللة قوية مثل البولي جالاكتوروناز تسهل اختراق الأنسجة[18] ، بينما تتميز فطريات *Penicillium*بقدرتها على النمو في درجات حرارة منخفضة، مما يجعلها تهديداً خاصاً أثناء التخزين المبرد.[14]

الجدول 1: توزيع وتردد العزلات الفطرية في الطبقات الحرشفية للبصل الأحمر

النوع الفطري	الورقة الاولى	الورقة الثانية	الورقة الثالثة	المجموع	التردد النسبي (%)
Aspergillus spp	18	8	4	30	%63.8
Mucor sp	7	5	0	12	%25.5
Penicillium spp	3	1	1	5	%10.6
المجموع الكلي للعزلات	**28**	**14**	**5**	**47**	**%100**
اختبار كاي ٢ (قيمةP)			**6.974 (0.137)**		

الجدول 2: توزيع وتردد العزلات الفطرية في الطبقات الحرشفية للبصل الأصفر

النوع الفطري	الورقة الاولي	الورقة الثانية	الورقة الثالثة	المجموع / جنس	التردد النسبي (%)
Aspergillus spp	23	12	8	43	%59.7
Mucor sp	17	5	0	22	%30.6
Penicillium spp	5	2	0	7	%9.7
المجموع الكلي للعزلات	**45**	**19**	**8**	**72**	**%100**
اختبار مربع كاي	**إحصاءة الاختبار = 0.605**		**2.725**	**مستوى الدلالة**	

الجدول 3: نتائج اختبار Mann-Whitney U للمقارنة بين الكثافة الكلية للعزلات الفطرية في البصل الأحمر والبصل الأصفر

نوع البصل	رتبة الوسيط	إحصاءة الاختبار	الدلالة الإحصائية
البصل الأحمر	18.61	115	0.023
البصل الأصفر	27.29		

الأساس الكيميائي الحيوي للمقاومة

يعزى التفاوت الكبير في الحمل الفطري بين النوعين إلى الاختلاف الجوهري في تركيبهما الكيميائي الحيوي. إذ أظهر التحليل الكمي للبصل الأحمر محتوى أعلى معنوياً من الفينولات الكلية (108.77 ± 3.987 مغ حمض الغاليك/جم وزن جاف) والفلافونويدات الكلية (99.078 ± 4.22 مغ روتين/جم وزن جاف) مقارنة بالبصل الأصفر (الجدول 4). تُعزى هذه المقاومة بشكل رئيسي إلى وفرة مركبات الأنثوسيانين في البصل الأحمر، والتي أظهرت دراسات

حديثة قدرتها على إحداث إجهاد تأكسدي وتخريب لغشاء الخلية الفطرية، مما يثبط نموها[4 ,14] يتوافق هذا مع مفهوم أن التركيبات الكيميائية النباتية تحدد قابلية العائل للإصابة بالأمراض بعد الحصاد.[14] ، لا تقتصر مقاومة البصل للفطريات على مركبات الأنثوسيانين فقط، بل ترتبط أيضاً بوجود مركبات فينولية وفلافونويدات ومركبات كبريتية عضوية مميزة له مثل مركب الأليسين (Allicin) ومشتقاته. وقد أظهرت بعض الدراسات أن هذه المركبات لديها قدرة عالية على تثبيط نمو بعض الكائنات الدقيقة من خلال تعطيل نفاذية الغشاء الخلوي الفطري وتثبيط نشاط بعض الإنزيمات الحيوية المرتبطة بعمليات النمو والانقسام الخلوي .كما أن سمك القشور الخارجية للبصلة وتركيبها البنيوي قد يعمل كحاجز فيزيائي يقلل من اختراق الفطريات للأنسجة الداخلية[6 ,13] . من ناحية أخرى، يشير التوزيع النسبي المتشابه للأجناس الفطرية في كلا النوعين (الجدولان 1 و2) إلى أن آليات العدوى متشابهة، لكن فاعلية خط الدفاع الكيميائي الأولي هي العامل الحاسم في تحديد شدة الإصابة[2] .

.الفعالية المضادة للفطريات للمستخلصات وعلاقتها بالتركيب الكيميائي

كشفت النتائج الواردة في الجدول 5 عن فعالية مثبطة لنمو الفطريات تتناسب طردياً مع زيادة تركيز المستخلص، مع تسجيل تفوق واضح ومطرد للمستخلص الإيثانولي للبصل الأحمر. ففي مواجهة *Aspergillus spp*.، حقق هذا المستخلص أعلى نسبة تثبيط بلغت 92.47 ± 1.82% عند التركيز 7 مغ/مل ، مقارنة بـ 68.20 ± 0.95% فقط للمستخلص المائي عند نفس التركيز، مقارنة مع معاملات الشاهد التي كان قطرها بمعدل 90.00 مم، وهو ما يُعزى بشكل رئيسي إلى كفاءة المذيبات العضوية مثل الإيثانول في استخلاص مركبات نشطة بتركيز أعلى [6]. أما بالنسبة لـ *Penicillium spp*.، فقد سجل المستخلص الإيثانولي للبصل الأحمر نسبة تثبيط بلغت 77.13 ± 1.35% عند التركيز ذاته، مقابل 63.03 ± 2.94% للمستخلص المائي، مقارنة مع معاملات الشاهد التي كان قطرها بمعدل 90.00 مم، مما يكشف عن مقاومة نسبية أعلى لهذا الفطر، قد تُعزى إلى اختلافات في التركيب البنيوي لجدار الخلية أو آليات دفاعية خلوية أخرى [10]. كما أكدت المقارنة تفوق مستخلصات البصل الأحمر (بمذيبيها) بشكل ثابت على نظيراتها من البصل الأصفر عند التركيز والمذيب نفسه، مما يعزز الارتباط المباشر بين محتوى البصل الأحمر الأعلى من الفينولات والفلافونويدات (الجدول 4) وفعاليته الحيوية المضادة للفطريات.

تتفق هذه النتائج مع الدراسات السابقة التي أكدت فعالية المستخلصات الإيثانولية للبصل ضد الفطريات [13,2] ، وأشارت إلى دور نوع المذيب في تحديد فاعلية المستخلص [8]. وتعمل آلية التثبيط من خلال تأثير تآزري للمركبات النشطة: حيث تعمل الفلافونويدات (مثل الكيرسيتين) على إعاقة بناء جدار الخلية الفطرية وتثبيط إنبات الأبواغ [6] بينما تعطِّل المركبات الكبريتية العضوية المميزة لجنس *Allium* الغشاء الخلوي الفطري والإنزيمات الأساسية الحاوية على مجموعات الثيول .[17] كما تسهم الفينولات في تغيير طبيعة البروتينات وإتلاف الأغشية الخلوية عبر الارتباط بالمواقع النشطة للإنزيمات وتثبيط التفاعلات الأيضية الرئيسية [19]. وقد يعود التفاوت في استجابة الفطريات إلى اختلافات في الخصائص البنيوية مثل سمك الجدار الخلوي وتكوين الأغشية ومحتوى الدهون والبروتينات، مما يؤثر على نفاذية المركبات الفعالة وآلية عملها [2] كذلك تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه [19]حول القدرة التثبيطية العالية للمستخلصات النباتية (مثل الثوم) ضد فطر *Aspergillus niger*، كما تتفق مع نتائج [14] حول فعالية المستخلصات في حماية الحبوب، مما يؤكد جدوى استخدام المركبات الطبيعية كبدائل للمبيدات الكيميائية في السيطرة على الفطريات الملوثة للمحاصيل".مما يؤكد جدوى استخدام المركبات الطبيعية كبدائل للمبيدات الكيميائية في السيطرة على الفطريات الملوثة للمحاصيل.

ويمكن الإشارة إلى أن الدراسة الحالية ركزت بشكل أساسي على الأجناس الفطرية التي تمتلك قدرة عالية على إفراز السموم الفطرية (Mycotoxins) والتي تمتلك قدرة عالية علي مقاومة ظروف التخزين مثل *Aspergillus*، *Penicillium*. حيث ان الهدف من اختبار المستخلصات كان تقييم الفعالية ضد الفطريات الكونيدية الأكثر انتشاراً عالمياً وتأثيراً على سلامة وصحة الغذاء.أيضا يتميز فطر *Mucor* بنموه السريع جداً والواسع الانتشار، مما قد يجعل قياس قطر التثبيط (Inhibition Zone) بدقة في الأطباق المدمجةبالمستخلص أمراً صعباً تقنياً مقارنة بالفطريات ذات المستعمرات المحددة والمنتظمة مثل *Aspergillus* و *Penicillium*. على الذوبانية.

الجدول 4: محتوى المركبات الفينولية والفلافونويدية في البصل

المركب	البصل الأحمر (Mean±SD)±	البصل الأصفر (Mean±SD)±
الفينولات الكلية (ملغم حمض الغاليك/جم وزن جاف)	108.77 ± 3.987	87.59 ± 2.189
الفلافونويدات الكلية (ملغم روتين/جم وزن جاف)	99.078± 4.22	58.56 ± 3.91

الجدول 5: تأثير المستخلص المائي للبصل علي تثبيط نمو الفطريات

نوع البصل	نوع الفطر	التركيز (ملجم/مل)	$(\mu \pm \sigma)$ نسبة التثبيط (%)	Mann-Whitney U Test(sig)	Kruskal-Wallis Test (sig)
احمر	*Aspergillus*	3	63.02±1.73	0.051	0.000
احمر	*Aspergillus*	5	63.90± 2.46		
احمر	*Aspergillus*	7	68.20± 0.95		
اصفر	*Penicillium*	3	55.30± 1.31	0.039	0.000
اصفر	*Penicillium*	5	59.30± 1.15		
اصفر	*Penicillium*	7	63.03± 2.94		

الشاهد (Control): وسط PDA خالي من المستخلصات النباتية، أظهر نمواً فطرياً كاملاً حيث بلغ قطر المستعمرة 90 ملم (تثبيط 0.00%).

الجدول 6: تأثير المستخلص الكحولي للبصل على تثبيط نمو الفطريات

نوع البصل	نوع الفطر	التركيز (ملجم/مل)	نسبة التثبيط (%) ($\mu \pm \sigma$)	Mann-Whitney U Test(sig)	Kruskal-Wallis Test (sig)
احمر	*Aspergillus*	3	70.57 ± 0.80	0.032	0.000
احمر	*Aspergillus*	5	73.17 ± 1.79		
احمر	*Aspergillus*	7	92.47 ± 1.82		
اصفر	*Penicillium*	3	67.37 ± 2.55	0.027	0.000
اصفر	*Penicillium*	5	73.47 ± 1.85		
اصفر	*Penicillium*	7	77.13 ± 1.35		

تم تحليل البيانات المتعلقة بنسبة تثبيط نمو الفطريات باستخدام الطرق الإحصائية الوصفية، حيث تم التعبير عن النتائج بمتوسط نسبة التثبيط ± الانحراف المعياري ($\mu \pm \sigma$). نظرًا لصغر حجم العينة وعدم افتراض التوزيع الطبيعي، فقد تم استخدام الاختبارات اللامعلمية للمقارنة بين المعاملات المختلفة. إذ استُخدم اختبار Mann–Whitney U test للمقارنة بين نوعي المستخلص (المائي والكحولي)، كما استُخدم اختبار Kruskal–Wallis test للمقارنة بين التراكيز المختلفة (3، 5، 7 ملجم/مل). وقد اعتُمد مستوى معنوية (0.05) للحكم على دلالة الفروق الإحصائية.

حيث استُخدم اختبار كروسكال–واليس لتقييم تأثير التراكيز المختلفة للمستخلص المائي للبصل الأحمر على تثبيط نمو فطر *Aspergillus*، وأظهرت النتائج عدم وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين التراكيز المدروسة ($P > 0.05$). في المقابل، أظهرت نتائج اختبار كروسكال–واليس وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين التراكيز المختلفة للمستخلص الكحولي للبصل الأحمر في تثبيط نمو فطر *Aspergillus* ($P < 0.05$)، مما يشير إلى تأثير واضح لزيادة التركيز على كفاءة التثبيط.كما بيّن التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة لكلٍ من المستخلصين المائي والكحولي للبصل الأصفر في تثبيط نمو فطر *Penicillium* ($P < 0.05$). ولوحظ اتجاه عام يتمثل في زيادة نسبة التثبيط بزيادة التركيز، وكان هذا التأثير أكثر وضوحًا في المستخلص الكحولي، خاصة عند التركيز الأعلى (7 مل)، حيث سُجلت أعلى قيم للتثبيط.ومن جهة أخرى، أظهر اختبار مان–ويتني وجود فروق ذات دلالة إحصائية بين تأثيري المستخلصين المائي والكحولي على تثبيط نمو كلٍ من *Aspergillus* و*Penicillium* ($P < 0.05$)، حيث تفوق المستخلص الكحولي بشكل ملحوظ في جميع التراكيز المدروسة مقارنةً بالمستخلص المائي.تشير هذه النتائج إلى أن نوع المستخلص والتركيز يلعبان دورًا مهمًا في تعزيز النشاط المضاد للفطريات، مع كفاءة أعلى للمستخلصات الكحولية مقارنة بالمائية.

الاستنتاجات والتوصيات

تشير نتائج هذه الدراسة إلى أن أبصال البصل المعروضة في أسواق مدينة طرابلس قد تكون عرضة للتلوث بعدة أجناس فطرية أهمها *Aspergillus* و *Mucor*و *Penicillium*. كما أظهرت النتائج وجود اختلاف في القابلية للإصابة بين البصل الأحمر والأصفر، حيث كانت نسبة الإصابة اعلي في البصل الأصفر. وأثبتت المستخلصات النباتية لقشور البصل، خاصة المستخلصات الكحولية، فعالية ملحوظة في تثبيط نمو الفطريات المختبرة، مما يشير إلى إمكانية استخدامها كبديل طبيعي وصديق للبيئة للحد من تلف البصل خلال مراحل التخزين والتسويق. ومع ذلك، فإن تطبيق هذه المستخلصات على نطاق واسع يتطلب إجراء دراسات إضافية لتقييم فعاليتها تحت الظروف التطبيقية وتحديد الجوانب الاقتصادية والسلامة الغذائية المرتبطة باستخدامها.

توصي الدراسة بعدة مسارات للبحوث المستقبلية، تشمل: (1) تحديد المعايير الحركية الدقيقة مثل الحد الأدنى للتركيز المثبط (MIC) والقاتل (MFC) للمستخلص أو مركباته الفعالة ضد طيف أوسع من الممرضات الفطرية؛ (2) اختبار التطبيقات التكاملية، مثل دمج المستخلص في أغلفة صالحة للأكل أو اقترانه بمعاملات فيزيائية خفيفة) كالأشعة فوق البنفسجية لزيادة فعالية الحفظ وتقليل الاعتماد على الكيماويات الاصطناعية؛ (3) تعميق الفهم الجزيئي للآلية المضادة للفطريات من خلال دراسات مجهرية وجزيئية متقدمة لتوضيح التفاعل المباشر بين المركبات النشطة والمكونات الخلوية الفطرية؛ وأخيراً (4) توجيه برامج التربية النباتية، حيث يُعد المحتوى العالي للمركبات الدفاعية في البصل الأحمر (الجدول 4) سمة وراثية مُثلى يمكن استغلالها في برامج التحسين الوراثي لتعزيز مقاومة الأصناف لأمراض ما بعد الحصاد.

Author Contributions: Afaf A. Sawei: Conceptualization, Methodology, Software. Alya H. B. Duzan: Data curation, Writing- Original draft preparation. Safia K. Badweb: Visualization, Investigation. Rabia Alghazeer: Supervision. Abdulnabi Abughnia: Software, Validation, Writing-Reviewing and Editing. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: "This research received no external funding."

Data Availability Statement: "The data presented in this study are available on request from the corresponding author."

Conflicts of Interest: "The authors declare no conflict of interest."

References

[1] A. Abbdul, A. Matrood, and A. Rhouma,. "Penicillium and Aspergillus species characterization: Adaptation to environmental factors and sensitivity to aqueous medicinal plants extracts." *Review of Plant Studies*, vol. 12, no. 1, pp. 1-11, 2021. https://doi.org/10.11,2121212/journal.169.2021.121.1.11

[2] A. Abrahim, M. Tahir, S. Ahmed, and G. Dinsa. "In vitro antifungal activity of plant extracts against fungal pathogens of onion (Allium cepa L.) and red pepper (Capsicum annum L.)." *BMC Plant Biology*, vol. 21, no. 1, pp. 1-12, 2025..https://doi.org/10.11,1216/s121211,20-0212-011,21211,211,2-12

[3] A. Drioiche et al. "Allium cepa L. Peels: Phytochemical Characterization and Bioactive Potential in Infectious and Metabolic Contexts (In Vitro, In Vivo, and In Silico)." *Pharmaceutics*, vol. 18, no. 4, art. no. 476, 2026. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics11,201201211,216

[4] A. E. Al-Snafi. "In vitro antifungal activity of plant extracts against fungal pathogens." *Journal of Pharmaceutical Research and Therapeutics*, vol. 25, no. 1, art. no. 1464, 2025.https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12116212160/

[5] A. J. Chakraborty et al. "Allium cepa: A treasure of bioactive phytochemicals with prospective health benefits." *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, vol. 2022, no. 1, art. no. 4586318, 2022. https://doi.org/10.11,1212/2022/12121216311,2

[6] A. Soliman, A. Shlibak, and N. Zencirci. "Wheat Fungal Diseases: *A Review." Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 4, no. 1, pp. 191-198,2026. https://doi.org/10.63318/waujpasv4i1_20

[7] Eltariki and Al-Tajouri. "Effect of Aspergillus Niger Fungal Filtrate on Germination Rate and Seedling Growth of Corn Grains and its Biological control by Garlic Extracts." *Wadi Alshatti University Journal of Pure and Applied Sciences*, vol. 3, no. 2, pp. 263-272, 2025. https://doi.org/10.163311,2/waujpasv3i2_32

[8] J. I. Pitt and A. D. Hocking. *Fungi and Food Spoilage*, 3rd ed. Springer, 2009. https://doi.org/10.10011,2/911,212-0-31211,2-9211,211,2-2

[9] M. C. Cupertino et al. "Updates on the antimicrobial properties of garlic (Allium sativum) biomolecules in the treatment of human infectious diseases." *BJHBS*, vol. 24, no. 1, art. no. 93428, 2025. https://doi.org/10.12957/bjhbs.2025.93428

[10] M. Ellis. *Dematiaceous Hyphomycetes*. Commonwealth Mycological Institute, 1971.

[11] N. Mardani et al. "Antimicrobial activities, phenolic and flavonoid contents of Allium cepa L. from Iran." *NFS Journal*, vol. 31, no. 1, pp. 93-101, 2023. https://doi.org/10.1016/j.nfs.11,223.03.003

[12] P. Mareeswari et al. "Bio stimulatory and antifungal effects of seaweed extracts against root rot and stem rot diseases of groundnut." *Plant Science Today*, vol. 13, no. sp2, art. no. 13477, 2026. https://horizonepublishing.com/index.php/PST/article/view/131211,211,2

[13] R. A. Khan and S. Ahmed. "Antifungal Activity of Plant Extracts against Aspergillus Niger." *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, vol. 22, no. 2, pp. 5455-5461, 2024. https://www.pjlss.edu.pk/pdf_files/11,2212_2/12121212-1212161.pdf

[14] R. E. Boneija, N. A. I. Hamad, and F. F. Mohamed. "Isolation and Identification of Some Fungi Associated with Stored Wheat Grains - Green Mountain - Libya." *International Science and Technology Journal*, vol. 2, no. 36, pp. 1-14, 2025. http://www.doi.org/10.1623121/narf012012

[15] R. Gomes et al. "Green synthesis of bioactive compounds from onion waste: A review." *Food Chemistry*, vol. 9, no. 3, pp. 174-195, 2022. https://doi.org/10.2174/2213346110666221213092734

[16] R. N. Cavalcanti et al. "Solvent mixture optimization in the extraction of bioactive compounds from garlic (Allium sativum L.)." *Molecules*, vol. 26, no. 19, art. no. 6026, 2021. https://doi.org/10.3390/molecules21611,2160216

[17] S. Khalili et al. "Comparative study on the effect of extraction solvent on total phenol, flavonoid content, antioxidant and antimicrobial properties of red onion (Allium cepa)." *Journal of Food Measurement and Characterization*, vol. 16, no. 1, pp. 3578-3588, 2022.https://doi.org/10.10011,2/s116912-022-011,21216-11,2

[18] S. Lee, W. Kim, G. Jo, and K.-Y. Yang. "Rapid Detection of a Downy Mildew Pathogen, Peronospora destructor, in Infected Onion Tissues and Soils by Loop-Mediated Isothermal Amplification." *Phytopathology*, vol. 114, no. 6, pp. 955-968, 2024. https://doi.org/10.10912/PHYTO-11-23-012120-R

[19] Y. Srivastav et al. "Antimicrobial Potential Activity of Onion (Allium Cepa) Waste Extracts Prepared in Different Solvent Systems." *The Journal of Multidisciplinary Research*, vol. 4, no. 2, pp. 14-27, 2024.https://doi.org/10.311,2022/tjmdr.v12i2.1616