Al-Mukhtar Journal of Agricultural, Veterinary and Environmental Science 4 (1): 01-16, 2026
Doi: https://doi.org/10.54172/9k615074

Research Article **Open Access**

النشاط المضاد للبكتيريا لعسل السدر وعسل الزعتر الليبي ضد بعض البكتيريا الممرضة المعزولة من مركز بنغازي الطبي

مراد عبد الرازق رمضان السعيطي، عبدالمجيد نجيب مراجع الصوينعي*

مراد عبد الرازق رمضان السعيطي: قسم علـوم وتقنيـة الأغذيـة ، كليـة الزراعـة سلوق، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا.
عبدالمجيد نجيب مراجع الصوينعي*: قسم علوم وتقنية الأغذية ، كلية الزراعة سلوق، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا.

المستخلص: تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لنوعين من العسل الليبي، هما عسل السدر وعسل الزعتر المنتجين في منطقة بنغازي، ودراسة خصائصهما الفيزيوكيميائية وعلاقتهما بالفعالية المضادة للبكتيريا، وذلك في ظل تزايد مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية التقليدية، وقد شملت الدراسة أربع عزلات بكتيرية مرضية معزولة سريريا من مرضى مركز بنغازي الطبي وهي: *Staphylococcus aureus*، *Escherichia coli*، *Pseudomonas aeruginosa*، و*Klebsiella pneumoniae*. أظهرت النتائج وجود علاقة طردية ذات دلالة إحصائية ($p \leq 0.05$) بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط لجميع البكتيريا المختبرة، حيث لم يسجَّل أي تأثير تثبيطي عند تركيز 25% لمعظم الأنواع، بينما بلغ أعلى نشاط تثبيطي عند تركيز 100%، وقد سجل عسل السدر أعلى قطر تثبيط ضد *S. aureus* بلغ (28.0 ± 0.41 ملم) مقارنة بعسل الزعتر (22.75 ± 0.50 ملم)، كما تفوق عسل السدر ضد *E. coli* بقطر تثبيط (26.0 ± 0.82 ملم) مقابل (21.0 ± 0.82 ملم) لعسل الزعتر، وقد أظهرت البكتيريا سالبة الغرام حساسية أقل نسبيا، حيث تراوحت قيم MIC لعسل السدر بين 6.5− 12.5% لمعظمها، بينما وصلت قيم MBC إلى 50% لكلا نوعي العسل.، وقد بينت التحاليل الفيزيوكيميائية تفوق عسل السدر بانخفاض قيمة الرقم الهيدروجيني (3.7 ± 0.2) ومحتوى الرطوبة (6.7%) مقارنة بعسل الزعتر، إضافة إلى ارتفاع السكريات الكلية (81.45%). خلصت الدراسة إلى أن العسل الليبي، ولا سيما عسل السدر يمتلك إمكانات واعدة كمصدر طبيعي مضاد للبكتيريا.

الكلمات المفتاحية: العسل الليبي، عسل السدر، عسل الزعتر، النشاط المضاد للبكتيريا، الخصائص الفيزيوكيميائية.

Murad Abdulrraziq Ramadhan Alsaeiti,
E-mail addresses:
murad.alsaeiti@uob.edu.ly
Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, University of Benghazi, Benghazi, Libya.

***Corresponding author:**
Abdelmagid Hamed,
E-mail addresses:
abdelmagid.hamed@uob.edu.ly
Department of Food Science and Technology, Agriculture Faculty, University of Benghazi, Benghazi, Libya.

Received:
21. 02. 2026

Accepted:
30. 04.2026

Publish online:
30. 04.2026

Evaluation of the Antibacterial Activity of Libyan Sidr Honey and Thyme Honey Against Some Pathogenic Bacterial Species Isolated from Patients at Benghazi Medical Center

Abstract: This study evaluated the antibacterial activity of two types of Libyan honey, Sidr and thyme produced in the Benghazi region, and investigated their physicochemical properties and relationship to antibacterial efficacy in light of increasing microbial resistance to conventional antibiotics. Four clinically isolated pathogenic bacterial strains were obtained from patients at Benghazi Medical Center: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Klebsiella pneumoniae*. The results demonstrated a statistically significant positive correlation ($p \leq 0.05$) between honey concentration and inhibition zone diameter for all tested bacteria. No inhibitory effect was observed at 25% concentration for most of the tested species, whereas the highest antibacterial activity occurred at 100%. Sidr honey exhibited the largest inhibition zone against *S. aureus* (28.0 ± 0.41 mm) compared to thyme honey (22.75 ± 0.50 mm). Similarly, Sidr honey showed greater activity against *E. coli* (26.0 ± 0.82 mm) than thyme honey (21.0 ± 0.82 mm). Gram-negative bacteria showed lower susceptibility overall, with minimum inhibitory concentration (MIC) values of 12.5% for Sidr honey in most cases, while minimum bactericidal concentration (MBC) values reached 50% for both honey types. Physicochemical analysis revealed the superiority of Sidr honey, characterized by lower pH (3.7 ± 0.2), lower moisture content (6.7%), and higher total sugar content (81.45%) compared to thyme honey. The study concludes that Libyan honey, particularly Sidr honey, demonstrates promising potential as a natural antibacterial agent.

Keywords: Libyan honey, Sidr honey, Thyme honey, Antibacterial activity, Physicochemical properties.

The Author (s) 2026. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/], which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, for non-commercial purposes only*, provided you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

المقدمة:

تعد مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية من أبرز التحديات التي تهدد الصحة العامة في العالم في القرن الحادي والعشرين، فقد ساهم الاستعمال غير المنظم والمفرط للمضادات الحيوية إلى تطور مقاومة البكتيريا لهذه الأدوية، أضف إلى ذلك قلة اكتشاف مضادات حيوية جديدة خلال السنوات القليلة الماضية، مما يقلل فاعلية العلاجات التقليدية ويؤدي لزيادة معدلات الإصابة وتفاقم المضاعفات الصحية (Ventola، 2015)، وقد أدت هذه الأزمة الصحية العالمية إلى التوجه لدراسة المنتجات الطبيعية ذات الفعالية المضادة للميكروبات باعتبارها مصادر واعدة لمركبات فعالة وآمنة قد تسهم في الحد من مقاومة العدوى ودعم الجهاز المناعي، ومنها المنتجات المستخدمة في الطب التقليدي، بعد أن أثبتت العديد من الدراسات الحديثة كفاءتها كبدائل علاجية آمنة (Alvarez وآخرون، 2020).

وتعد منتجات النحل من أهم ا لمواد الطبيعية التي حظيت باهتمام واسع في المجال الطبي والبحثي، نظرا لما تحتويه من مركبات حيوية فعالة ذات خصائص علاجية متعددة، وقد استخدمت هذه المنتجات منذ العصور القديمة في الطب التقليدي، ولا يزال الاهتمام بها مستمرا حتى وقتنا الحاضر، خاصة في ظل تزايد مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية ، حيث يعد العسل من أبرز منتجات النحل وأكثرها استخداما (Kumari وآخرون، 2023).

يمتلك العسل خصائص مضادة للبكتيريا ومضادة للأكسدة، إضافة إلى دوره في تعزيز المناعة والتئام الجروح، وقد أظهرت العديد من الدراسات الحديثة أن العسل يحتوي على مركبات فعالة مثل بيروكسيد الهيدروجين الذي يعمل كمطهر طبيعي يثبط نمو البكتيريا والأحماض العضوية مثل حمض الغلوكونيك وحمض الفورميك، والتي تلعب دورا مهماً في خفض الرقم الهيدروجيني للعسل إلى قيم تتراوح بين 3.2 و4.5، مما يخلق بيئة غير مناسبة لنمو معظم البكتيريا. بالإضافة إلى ذلك، يسهم الضغط الأسموزي الناتج عن السكريات عالية التركيز مثل الجلوكوز والفركتوز في سحب الماء من الخلايا البكتيرية، مما يمنع تكاثرها كما يحتوي العسل على المركبات الفينولية وهي مضادات أكسدة طبيعية تتميز بنشاط مضاد للبكتيريا والفطريات، وتساعد أيضا في حماية خلايا الجسم من الضرر التأكسدي الذي تعزز نشاطه المضاد للميكروبات، ويدعم مكانته كعلاج طبيعي فعال ويسهم في الحد من مقاومة الميكروبات، إلى جانب دوره في تعزيز المناعة (Al-Hasani، 2018؛ Almasaudi، 2021؛ Bava وآخرون، 2025).

يستخدم الليبيون العسل لأغراض علاجية تقليدية، وكغذاء مكمل. وتختلف أنواع العسل الليبي كبقية أنواع العسل في العالم حسب نوع الرحيق والمصدر النباتي الذي جمع منه، والظروف البيئية وطبيعة التربة التي تنمو عليها النباتات التي جمع منها الرحيق ويحدد بشكل كبير نوع العسل المنتج وطبيعة المواد الموجودة فيه (Azzouz وآخرون، 2023). فعسل السدر مثلا ينتجه النحل من رحيق نبات السدر، وهو نبات بري معروف قديما باسم الإكليل ذي الأشواك، وقد استخدمت أوراقه وثمارها في الطب الشعبي التقليدي لعلاج مجموعة متنوعة من الأمراض، ويعد عسل السدر من أغلى أنواع العسل سعرا وأكثرها جودة، نظرا لخواصه الغذائية والطبية المميزة (Almasaudi وآخرون، 2017) . أما بالنسبة لعسل الزعتر فقد سمي بهذا الاسم لأنه ينتج من رحيق نبات الزعتر، وهو نبات عشبي قصير ومعمر ينتمي إلى فصيلة الشفويات، ويتميز بوفرة الزيوت الطيارة ذات الفوائد الطبية. ويعد الزعتر من النباتات العلاجية التقليدية، ويعرف عسل الزعتر بفوائده الصحية المتنوعة، ويعد هذا العسل من الأنواع ذات الجودة العالية، وقد استخدم تقليديا في الطب الشعبي لمكافحة الالتهابات وتقوية الجهاز المناعي (Almasaudi وآخرون،2021).

في السياق نفسه، كشفت دراسة حديثة في ليبيا عن الفاعلية المضادة للبكتيريا لعينات من العسل الليبي عند تراكيز مختلفة ضد السلالات الممرضة مثل *Staphylococcus aureus* و*Escherichia coli* و*Pseudomonas aeruginosa*، حيث

لوحظ تأثير مثبط لنمو هذه الميكروبات مع زيادة تركيز العسل (Altounsi وآخرون، 2024؛ Elfallah وآخرون، 2025)، وفي دراسة تجريبية أخرى، بيّنت النتائج أن بعض أنواع العسل الليبي تتمتع بنشاط مضاد للبكتيريا الموجبة والسالبة على حد سواء باستخدام طريقة الانتشار في الآجار؟؟، وأكدت اختلاف فعالية العسل حسب نوعه وتركيزه، مع ظهور نشاط مثبط ملحوظًا ضد *Staphylococcus aureus* و*Klebsiella pneumoniae* (Abushalla، 2019).

تُظهر هذه النتائج أن العسل الليبي يمتلك إمكانات علاجية طبيعية يمكن أن تُوظّف في مواجهة مقاومة الميكروبات الضارّة والعزلات السريرية، بما يتماشى مع ما أظهرته دراسات أخرى حول خصائص العسل المضاد للميكروبات، حيث أثبتت قدرته على تثبيط نمو البكتيريا السريرية عند تركيزات متفاوتة في المختبر (Elmarabet وآخرون، 2018). بالإضافة إلى ذلك، تشير الدراسات العلمية إلى أن تنوع المصادر النباتية للعسل وبيئته الجغرافية يؤثر بشكل كبير على تركيبته الكيميائية ونشاطه المضاد للبكتيريا، مما يعزز أهمية دراسة العسل الليبي وفق أصوله النباتية والجغرافية الخاصة (Hegazi وآخرون، 2023).

بناء على ما سبق، لا توجد دراسات كافية تقارن بين عسل السدر والزعتر الليبي ضد عزلات سريرية من مركز بنغازي الطبي، يمثل هذا البحث محاولة لفهم آليات نشاط عسل السدر والزعتر الليبي المضاد للميكروبات الممرضة المقاومة للمضادات الحيوية ومقارنة وتقييم قدرتها على تثبيط نموها أو قتلها، وذلك في سياق الحاجة الماسة إلى بدائل طبيعية آمنة وفعالة.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لنوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) المنتجين في منطقة بنغازي، من خلال دراسة خصائصهما الفيزيوكيميائية وتحليل علاقتها بفاعليتهما التثبيطية ضد مجموعة من العزلات البكتيرية الممرِضة المعزولة سريريا من مرضى مركز بنغازي الطبي. كما تسعى الدراسة إلى مقارنة كفاءتهما عند تراكيز مختلفة وتحديد كل من التركيز المثبط الأدنى (MIC) والتركيز القاتل الأدنى (MBC)، إضافة إلى مقارنة فعاليتهما ببعض المضادات الحيوية الشائعة، بهدف استكشاف إمكانية توظيف العسل الليبي كمضاد طبيعي داعم أو بديل في مواجهة البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التقليدية.

أسئلة الدراسة:

انطلاقاً من مشكلة البحث وأهدافه، تسعى هذه الدراسة للإجابة عن الأسئلة البحثية الآتية: ما مدى فاعلية عسل السدر وعسل الزعتر المنتجين في منطقة بنغازي في إظهار نشاط مضاد للبكتيريا تجاه العزلات البكتيرية الممرِضة المعزولة سريريا، وهل توجد فروق ذات دلالة إحصائية بينهما في مستوى التأثير التثبيطي باختلاف التراكيز ونوع البكتيريا (موجبة الغرام وسالبة الغرام)، وما طبيعة العلاقة بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط، وإلى أي مدى يمكن اعتبار العسل الليبي خيارا طبيعيا داعما أو بديلاً لبعض المضادات الحيوية التقليدية في مواجهة البكتيريا المقاومة؟.

فرضيات الدراسة:

لا توجد فروق ذات دلالة إحصائية عند مستوى معنوية ($\alpha \geq 0.05$) في النشاط المضاد للبكتيريا بين عسل السدر وعسل الزعتر المنتجين في منطقة بنغازي تجاه العزلات البكتيرية الممرِضة المعزولة سريريا، كما لا توجد فروق تعزى لاختلاف التراكيز أو نوع البكتيريا، ولا توجد علاقة ذات دلالة إحصائية بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط، وذلك مقابل الفرض البديل القائل بوجود فروق وعلاقات ذات دلالة إحصائية عند مستوى ($\alpha < 0.05$).

حدود الدراسة:

تقتصر هذه الدراسة مكانيا على مدينة بنغازي شرق ليبيا، حيث جمعت عينات عسل السدر والزعتر من مناحل محلية، كما تم جمع العزلات البكتيرية من مركز بنغازي الطبي، وزمنيا على موسم انتاج عسل السدر والزعتر في عام 2025، وموضوعيا على تقييم النشاط المضاد للبكتيريا باستخدام طريقة الانتشار في الحفر وتحديد كل من التركيز المثبط الأدنى (MIC) والتركيز القاتل الأدنى (MBC) ومقارنة الفاعلية مع بعض المضادات الحيوية الشائعة، وذلك على أربع سلالات بكتيرية ممرِضة، مع اقتصار الجا نب البشري على العزلات البكتيرية دون بيانات سريرية شخصية، بما يجعل النتائج مرتبطة بالإطار الجغرافي والبيئي للدراسة دون تعميم مباشر على حالات علاجية فردية.

المواد وطرق البحث:

منهجية الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج التجريبي المعملي وذلك لتقييم النشاط المضاد للبكتيريا لنوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) باستخدام اختبارات مخبرية قياسية على عزلات بكتيرية ممرضة معزولة سريريا من مرضى مركز بنغازي الطبي.

مجتمع وعينة الدراسة:

- مجتمع الدراسة: البكتيريا الممرضة للإنسان.
- عينة الدراسة: مجموعة مختارة من العزلات البكتيرية المرضية الشائعة المعزولة سريريا من مرضى مقيمين في مركز بنغازي الطبي، مثل: *Staphylococcus aureus, Escherichia coli, Pseudomonas aeruginosa, Klebsiella pneumoniae.*

أنواع العسل المستخدمة في الدراسة:

تم توفير عينات العسل من منحل الشهد الصافي بمنطقة بنينا وجمعت من المنحل في شهر يونيو 2025 وهي كالآتي:

- عسل السدر إنتاج موسم 2025 (منتج محليا في منطقة بنغازي بالتحديد منطقة وادي الباب "الإحداثيات: 31.5692° N, 20.5286° E").
- عسل الزعتر إنتاج موسم 2025 (منتج محليا في منطقة بنغازي بالتحديد منطقة وادي الفج "الإحداثيات: 32.1061° N, 20.3492° E").

نقلت العينات إلى المختبر، وحفظت في عبوات زجاجية في مكان مظلم على درجة حرارة الغرفة حتى استخدامها في التحضير والتحليل.

تراكيز العسل المستخدمة:

تم تحضير تراكيز مختلفة من العسل باستخدام الماء المقطر المعقم، وهي كالآتي: 25%، 50%، 75%، 100%.

الأوساط الزرعية المستخدمة في التحاليل الميكروبية:

- Mueller–Hinton Agar.
- Nutrient Agar.
- MacConkey Agar.
- Mannitol salt agar Agar.
- Sabouraud Dextrose Agar.

المضادات الحيوية:

في هذه الدراسة تم استخدام مجموعة من المضادات الحيوية واسعة الطيف تمثل فئات مختلفة وفعالة ضد البكتيريا موجبة وسالبة الجرام، وقد تم تقييم فعاليتها ضد أنواع البكتيريا محل الدراسة باستخدام طريقة الانتشار بالأقراص (Kirby–Bauer disk diffusion method) وفق ارشادات معهد المعايير السريرية والمخبرية (Clinical and Laboratory Standards Institute "CLSI" الإصدار34 (CLSI, 2024)، وهي كما في الجدول الآتي:

جدول (1): المضادات الحيوية المستخدمة في الدراسة

اسم المضاد الحيوي	الشركة المصنعة	التركيز	الرمز
Tetracyclin	Oxoid	25µg	TE
Amoxicillin	Oxoid	10µg	AX
Penicillin	Oxoid	10µg	P
Gentamycin	Oxoid	10µg	CN
Chloramphenicol	Oxoid	5µg	C

تقدير الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات العسل:

تم تحضير محاليل العسل مباشرة قبل الاختبارات، وتم تحريكها باستخدام محرك مغناطيسي، وتقدير الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات العسل محل الدراسة كالآتي:

1) تقدير النسبة المئوية للرطوبة (%) والكثافة النوعية في عينات العسل باتباع الطرق التي ذكرتها Boufa، (2022).
2) تقدير التوصيل الكهربي لعينات العسل معبرا عنها بالملي سيمنز لكل سنتيمتر (mS/cm) باتباع الطريقة التي ذكرها El–Meihy وآخرون، (2025).
3) تقدير النسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة في الماء بالجزء في المليون (ppm) في عينات العسل باتباع الطريقة التي ذكرتها Boufa، (2022).
4) تقدير الرقم الهيدروجيني والحموضة الكلية لعينات العسل معبرا عنها بالملي مكافئ حمض فورميك لكل ألف جرام عسل (meq/Kg) باتباع الطريقة التي ذكرتها Boufa، (2022).
5) تقدير النسبة المئوية للرماد (%) باتباع الطريقة التي ذكرها كلا من Bebhameda & Attiya، (2026).
6) تقدير السكريات: تقدير النسبة المئوية للسكريات المرجعة (المختزلة)، والنسبة المئوية للسكريات الكلية باتباع الطريقة التي ذكرها El–Meihy وآخرون، (2025).

تعريف وتشخيص البكتيريا:

تم تشخيص وتعريف العزلات البكتيرية باستخدام جهاز Phoenix (BD Phoenix™ Automated Microbiology System)، وذلك اعتمادا على الخصائص البيوكيميائية ونمط الحساسية للمضادات الحيوية، وفقاً لإجراءات الشركة المصنعة.

اختبار فعالية العسل والمضادات الحيوية ضد أنواع البكتيريا المعزولة:

استخدمت طريقة الانتشار في الحفر Well diffusion methods المتبعة من قبل كلا من Bansode & Chavan، (2012) وذلك بصب 20 مل من الوسط الغذائي "MHA" (Mueller Hinton Agar) لكل طبق بترى، تم ترك الأطباق بعدها لمدة (15–30) دقيقة حتى تصل إلى مرحلة الجفاف، وثم بعد ذلك لقح الوسط بواسطة مسحة قطنية معقمة Sterile swab من معلق بكتيري تم ضبط عكارته لتتوافق مع 0.5 McFarland standard والذي يعادل تقريبا (1.5×10^8 ml/CFU)، كما تم عمل حفر بقطر 8 mm لكل حفرة باستخدام ثاقب فليني Cork borer معقم بواسطة اللهب، وتحضير تراكيز مختلفة من العسل باستخدام الماء المقطر Distilled water بنسبة 25 %, 50 %, 75 %, 100 %، حيث تم إضافة 100 مايكرو ليتر من التراكيز المختلفة لكل حفرة باستخدام ماصة دقيقة أوتوماتيكية ذات أغطية معقمة، وكذلك تم مقارنة أعلى تركيز مثبط للعسل مع مجموعة من المضادات الحيوية بطريقة (Disc diffusion method)، ووضعت الأطباق في الحاضنة عند درجة حرارة 37 م لمدة 24 ساعة في الحاضنة، ثم سحبت الأطباق وتم قياس قطر منطقة التثبيط بالملمتر علماً بأن منطقة التثبيط Inhibition zone هي المنطقة الخالية من النمو الجرثومي .

تحديد أقل تركيز مثبط (Minimum Inhibitory Concentration , MIC):

تم تحديد التركيز المثبط الأدنى (MIC) لكل من عسل السدر وعسل الزعتر ضد العزلات البكتيرية المختبرة باستخدام طريقة التخفيف (v/v) المتسلسل في المرق.(Mueller–Hinton Broth Dilution Method) ، حيث استخدم العسل الخام بتركيز 100 % في الأنبوبة الأولى دون تخفيف، ثم حضرت تخفيفات متتالية بإضافة حجم متساو من العسل إلى مرق Mueller–Hinton Broth للحصول على تراكيز 50%، 25%، 12.5% و6.25%، ثم أُضيف 0.1 مل من المعلق البكتيري القياسي 0.5 McFarland إلى كل أنبوبة ، ثم حضنت الأنابيب عند درجة حرارة 37°م لمدة 24 ساعة، وسجل التركيز المثبط الأدنى (MIC) على أنه أقل تركيز من العسل يمنع حدوث النمو البكتيري المرئي (Gambo وآخرون، 2018).

تحديد أقل تركيز قاتل (Minimum Bactericidal Concentration, MBC):

تم تحديد التركيز القاتل الأدنى (MBC) لكل من عسل السدر وعسل الزعتر ضد العزلات البكتيرية المختبرة اعتماداً على نتائج اختبار التركيز المثبط الأدنى (MIC)، وبعد انتهاء فترة التحضين الخاصة باختبار MIC، تم أخذ 0.1 مل من الأنابيب التي لم تظهر نموا بكتيريا مرئيا وزرعت على أطباق (Mueller–Hinton Agar) الخالية من العسل، ثم حضنت الأطباق عند درجة حرارة 37°م لمدة 24 ساعة، وسجل التركيز القاتل الأدنى (MBC) على أنه أقل تركيز من العسل لا يظهر أي نمو بكتيري (Gambo وآخرون، 2018).

اختبار الكشف عن التلوث الميكروبي لعسل السدر وعسل الزعتر:

للتأكد من خلو عينات عسل السدر وعسل الزعتر من التلوث البكتيري والفطري، يتم تعقيم عينات العسل بالترشيح باستخدام مرشح غشائي معقم بقطر مسام 0.2 ميكرومتر، وبعد ذلك يتم تلقيح عينات العسل على عدة أوساط زراعية مختلفة، وقد شملت الأوساط البكتيرية وسطNutrient Agar و MacConkey agar و Mannitol salt agar Agar ، في حين استخدم وسط Sabouraud Dextrose Agar للكشف عن الفطريات والخمائر. وحضنت الأوساط البكتيرية عند درجة حرارة 37°م لمدة 24–48 ساعة، بينما حضنت أوساط الفطريات عند درجة حرارة 25–28°م لمدة 3–5 أيام، وتم فحص الأطباق للتأكد من عدم ظهور أي نمو ميكروبي (Chen وآخرون، 2012).

التحليل الإحصائي:

أجريت جميع التجارب بثلاث مكررات وتم تحليل البيانات باستخدام برنامج SPSS version 22 (SPSS, 2021)، وحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لإجراء اختبار تحليل التباين الأحادي One–Way ANOVA واختبار Tukey test for multiple comparison عند مستوى دلالة إحصائية $\alpha = 0.05$ بين متوسطات أقطار منطقة التثبيط بالملمتر لأنواع مختلفة من البكتيريا وذلك باستخدام نوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) عند تركيزات مختلفة من العسل (25%، 50%، 75%، 100%).

النتائج

جدول (2): أقطار منطقة التثبيط (mm) لتراكيزت عسل السدر وعسل الزعتر

نوع البكتيريا	نوع العسل	قطر منطقة تثبيط تركيزات مختلفة من العسل للبكتيريا بالملمتر			
		25%	**50%**	**75%**	**100%**
E. coli	عسل السدر	0.0**c**±0.0	14.87**a**±0.25	17**b**±0.82	26**b**±0.82
	عسل الزعتر	0.0**c**±0.0	10**c**±0.81	11.5**d**±1.31	21**d**±0.82
P. aeruginosa	عسل السدر	0.0**c**±0.0	12**b**±0.41	14.8**c**±0.64	20.5**de**±0.41
	عسل الزعتر	0.0**c**±0.0	0.0**d**±0.0	12**d**±0.82	18.5**f**±0.41
K. pneumoniae	عسل السدر	0.0**c**±0.0	11**bc**±0.41	14.13**c**±0.9	19.5**ef**±0.41
	عسل الزعتر	0.0**c**±0.0	0.0**d**±0.0	9.5**e**±0.41	18.8**f**±0.95
S. aureus	عسل السدر	11**a**±0.41	14**a**±0.82	20**a**±0.4	28**a**±0.41
	عسل الزعتر	9**b**±0.41	12**b**±0.85	19**a**±0.42	22.75**c**±0.5

تمثل القيم المذكورة في الجدول متوسط ثلاث مكررات ± الانحراف المعياري للمتوسط.

تشير الأحرف المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى معنوية ($p \leq 0.05$).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي بين متوسطات أقطار منطقة التثبيط بالملمتر لأنواع مختلفة من البكتيريا وذلك باستخدام نوعين من العسل الليبي (عسل السدر وعسل الزعتر) عند تركيزات مختلفة من العسل (25%، 50%، 75%، 100%) وجود علاقة طردية واضحة بين تركيز العسل وقطر منطقة التثبيط لجميع الأنواع البكتيرية المختبرة، حيث تظهر نتائج جدول (2) وجود تباين واضح في القدرة التثبيطية لكل من عسل السدر وعسل الزعتر تجاه الأنواع البكتيرية الأربعة المختبرة (*Escherichia coli* ، *Pseudomonas aeruginosa*، *Klebsiella pneumoniae* ، و*Staphylococcus aureus*) ، حيث ارتبطت زيادة تركيز العسل بزيادة قطر منطقة التثبيط في معظم الحالات، ولم يظهر أي من نوعي العسل تأثيرا تثبيطيا عند تركيز 25%، في حين بدأ التأثير التثبيطي على بكتيريا *E. coli* بالظهور عند تركيز 50 %، حيث سجل عسل السدر قطر تثبيط أعلى معنويا مقارنة بعسل الزعتر، وازداد هذا الفارق عند تركيزي 75% و100%، إذ بلغ أقصى قطر لمنطقة التثبيط 26.0 ± 0.82 ملم لعسل السدر مقابل 21.0 ± 0.82 ملم لعسل الزعتر عند تركيز 100%.

بينما مع بكتيريا *Pseudomonas aeruginosa* ، أظهر عسل السدر نشاطًا تثبيطيا عند تركيز 50% وما فوق، بينما لم يسجل عسل الزعتر أي تأثير عند تركيز 50%، وبدأ تأثيره بالظهور عند تركيز 75%، وسجل عسل السدر أعلى قطر تثبيط عند تركيز 100% (20.5 ± 0.41 ملم) مقارنة بعسل الزعتر (18.5 ± 0.41 ملم) في حين لم يلاحظ أي تأثير تثبيطي لبكتيريا *Klebsiella pneumoniae* عند تركيز 25 % لكلا نوعي العسل، غير أن عسل السدر أظهر تأثيرا تثبيطيا معنويا بدءا من تركيز 50%، وبقيم أعلى من عسل الزعتر عند جميع التراكيز اللاحقة، حيث بلغ قطر التثبيط عند تركيز 100% نحو 19.5 ±

0.41 ملم لعسل السدر مقابل 18.8 ± 0.95 ملم لعسل الزعتر، أما بكتيريا *Staphylococcus aureus* فقد كانت الأكثر حساسية لكلا نوعي العسل، إذ أظهر عسل السدر وعسل الزعتر تأثيرا تثبيطيا حتى عند تركيز 25%. وسجل عسل السدر أعلى قطر تثبيط عند جميع التراكيز مقارنة بعسل الزعتر، حيث بلغ أقصى قطر تثبيط 28.0 ± 0.41 ملم عند تركيز 100%، مقابل 22.75 ± 0.50 ملم لعسل الزعتر، ويفسَّر ذلك بأن بكتيريا *Staphylococcus aureus* بكتيريا موجبة الغرام تفتقر إلى الغشاء الخارجي المعقّد الموجود في البكتيريا سالبة الغرام، مما يجعلها أكثر عرضة لتأثير المركبات المضادة للبكتيريا الموجودة في العسل (Al–Waili وآخرون، 2011).

وقد أبدت في المقابل البكتيريا سالبة الغرام مثل *Escherichia coli* و*Pseudomonas aeruginosa* و *Klebsiella pneumoniae* مقاومة نسبية أعلى، ولم يظهر التأثير التثبيطي إلا عند التراكيز المرتفعة، وتتفق هذه النتائج مع ما ورد في دراسات Elmarabet وآخرون (2018) وAbushalla (2019)، التي أوضحت أن البنية المعقدة لجدار الخلية في البكتيريا سالبة الغرام تقلل من نفاذ المواد الفعالة، وفي سياق مواز، تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Gambo وآخرون (2018) وAlmasaudi وآخرون (2017)، اللذين أكدا أن النشاط المضاد للبكتيريا للعسل يعتمد بدرجة كبيرة على تركيزه، وأن التراكيز المرتفعة تظهر فعالية تثبيطية أكبر.

وبشكل عام أظهر عسل السدر فعالية تثبيطية أعلى معنويا من عسل الزعتر ضد جميع أنواع البكتيريا المختبرة، خاصة عند التراكيز المرتفعة (75% و100%)، كما تميز عسل السدر بقدرته على إحداث تثبيط بكتيري عند تراكيز أقل مقارنة بعسل الزعتر، لا سيما ضد البكتيريا سالبة الجرام مثل *E. coli* ، وتشير القيم المتبوعة بحروف مختلفة في الجدول إلى وجود فروق معنوية إحصائيا عند مستوى دلالة ($P \leq 0.05$) ، مما يؤكد أن نوع العسل وتركيزه يلعبان دورا مهما في تحديد درجة النشاط المضاد للبكتيريا،، و تظهر نتائج هذه الدراسة أن التفوق الملحوظ لعسل السدر في النشاط المضاد للبكتيريا يمكن تفسيره في ضوء خصائصه الفيزيوكيميائية، المتمثلة في انخفاض pH، و انخفاض محتوى الرطوبة، وارتفاع تركيز السكريات، وهي عوامل تعمل بشكل تكاملي على تثبيط نمو البكتيريا، وهو ما يتفق مع نتائج Almasaudi وآخرون (2017) وFarhana وآخرون (2023)، اللذين أشارا إلى أن عسل السدر يعد من أكثر أنواع العسل فعالية ضد البكتيريا الممرضة عند التراكيز المرتفعة.

وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Maddocks & Jenkins (2013) وBava وآخرون (2025) بأن التأثير المضاد للبكتيريا للعسل ناتج عن تفاعل عدة آليات مجتمعة، وليس عاملاً واحدا فقط، تشمل الضغط الأسموزي، الحموضة، وإنتاج بيروكسيد الهيدروجين، إضافة إلى المركبات الفينولية ذات النشاط الحيوي.

وبناء على ذلك، يمكن القول إن الاختلاف في الموقع الجغرافي والمصدر النباتي بين وادي الباب ووادي الفج أسهم بصورة غير مباشرة في اختلاف التركيب الكيميائي لعسل السدر وعسل الزعتر، وهو ما انعكس بوضوح على فعاليتهما كمضادات طبيعية للبكتيريا.

جدول (3): الخواص الفيزيائية والكيميائية لعينات عسل السدر وعسل الزعتر

العينة	pH	التوصيل الكهربي (mS/cm)	الحموضة الكلية (meq/Kg)	المواد الصلبة الذائبة (ppm)	االرطوبة (%)	الكثافة النوعية	السكريات المختزلة%	السكريات الكلية%	الرماد (%)
عسل السدر	0.2±3.7**a**	5±440**a**	1.5±12**b**	5±284**a**	0.2±6.7**b**	0.002±1.39**a**	1.2±64.8**a**	2.5±81.45**a**	0.0±0.5**a**
عسل الزعتر	0.3±4.3**a**	7±412**b**	1.3±16**a**	9±243**b**	0.8±9.2**a**	0.005±1.37**a**	1.9±61.6**b**	1.9±73.1**b**	0.03±0.7**a**

تمثل القيم المذكورة في الجدول متوسط ثلاث مكررات ± الانحراف المعياري للمتوسط.
تشير الأحرف المتشابهة في العمود الواحد إلى عدم وجود فروقات معنوية عند مستوى معنوية ($p\leq0.05$).

فقد أظهرت نتائج التحليل الفيزيوكيميائي كما هو مبين في جدول (3) وجود فروق واضحة بين عسل السدر وعسل الزعتر في عدد من المؤشرات محل الدراسة، شملت الرقم الهيدروجيني (pH)، محتوى الرطوبة، التوصيل الكهربي، السكريات، والرماد، وهي خصائص ترتبط ارتباطًا مباشرا بالنشاط المضاد للبكتيريا، حيث تعكس تأثير المصدر النباتي والموقع الجغرافي في تحديد جودة العسل ونشاطه الحيوي. كما تشير دراسات حديثة إلى أن الموقع الجغرافي يؤثر بصورة مباشرة في التركيب الكيميائي للعسل من خلال اختلاف نوع التربة، والغطاء النباتي، والظروف المناخية السائدة، وهو ما ينعكس على محتوى العسل من الأحماض العضوية، الفينولات، المعادن، والسكريات (Hegazi وآخرون، 2023)، وقد بين Elfallah وآخرون (2025) في دراسة النشاط المضاد للميكروبات للعسل الليبي أن عينات عسل السدر أظهرت تركيبا كيميائيا أغنى بالمركبات الفعالة مقارنة بعسل الزعتر، وهو ما يدعم نتائج الدراسة الحالية.

جدول (4): قيم MIC و MBC لعسل السدر وعسل الزعتر ضد العزلات البكتيرية المختبرة

نوع البكتيريا	عسل السدر MIC/ MBC(%)	عسل الزعتر MIC/ MBC(%)
E. coli	12.5 / 50	25 / 50
P. aeruginosa	12.5 / 50	12.5 / 50
K. pneumoniae	12.5 / 50	25 / 50
S. aureus	6.5 / 50	12.5 / 50

توضح النتائج في جدول (4) أن العسل يمتلك تأثيرا مثبطًا للنمو البكتيري عند التراكيز المنخفضة، ويتحول إلى تأثير قاتل عند التراكيز الأعلى، وهو نمط متكرر في الدراسات التي تناولت النشاط المضاد للبكتيريا للعسل (Gambo وآخرون، 2018؛ Almasaudi، 2021)، فقد أظهرت النتائج أن البكتيريا موجبة الغرام *Staphylococcus aureus* كانت الأكثر حساسية لكلا نوعي العسل، حيث سجلت أقل قيم MIC وMBC، إذ بلغت 6.5% و50% لعسل السدر، و12.5% و50% لعسل الزعتر، وهو ما يتفق مع نتائج Almasaudi، (2021) وAlmasaudi وآخرون (2017)، مما يشير إلى فعالية أعلى لعسل السدر في تثبيط نمو هذه البكتيريا ، ويعكس هذا التفوق الدور التكاملي للحموضة، والضغط الأسموزي، والمركبات الفينولية في تثبيط وقتل البكتيريا (Maddocks & Jenkins، 2013)، حيث سجل عسل السدر قيمة حموضة معبرا عنها بالرقم الهيدروجيني "pH" أقل (3.7 ± 0.2) مقارنة بعسل الزعتر (4.3 ± 0.3)، مما يشير إلى حموضة أعلى نسبيا، وهي خاصية ترتبط ارتباطًا وثيقًا بالنشاط المضاد للبكتيريا، حيث إن معظم البكتيريا الممرضة لا تنمو بكفاءة في بيئات منخفضة الرقم الهيدروجيني. وتتوافق هذه النتيجة مع ما أشار إليه Mandal & Mandal، (2011) وAlmasaudi، (2021) بأن انخفاض pH في العسل يسهم في خلق بيئة غير ملائمة لنمو البكتيريا من خلال تعطيل الإنزيمات الخلوية والتأثير في نفاذية الغشاء الخلوي، كما تتوافق نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسة سابقة أظهرت أن عسل السدر الليبي يتميز بدرجة حموضة أقل مقارنة بعسل الزعتر، وهو ما دعم تفوقه في النشاط المضاد للبكتيريا (Elfallah، 2025).

في المقابل، تختلف هذه النتائج جزئيا مع ما ورد في (Hegazi وآخرون، 2023) ، حيث لم تُسجَّل فروق كبيرة في قيم pH بين بعض أنواع العسل ذات المصادر النباتية المختلفة، وهو اختلاف يمكن تفسيره بتباين الظروف المناخية وطبيعة التربة بين مناطق الدراسة، إضافة إلى اختلاف النباتات وهي مصدر الرحيق الذي يصنع منه العسل.

على النقيض من ذلك، أبدت البكتيريا سالبة الغرام حساسية أقل نسبيا تجاه العسل، حيث سجلت *Escherichia coli* و *Klebsiella pneumoniae* قيم MIC متشابهة لعسل السدر 12.5%، بينما ارتفعت إلى 25% عند استخدام عسل الزعتر، في حين بقيت قيم MBC ثابتة عند 50% لكلا النوعين من العسل، مما يدل على أن التراكيز اللازمة لإحداث التأثير القاتل أعلى من تلك اللازمة للتأثير المثبط، كما أظهرت *Pseudomonas aeruginosa* استجابة مماثلة لكلا نوعي العسل، حيث بلغت قيمة MIC 12.5% وقيمة MBC 50% ، مما يعكس مقاومتها النسبية مقارنة ببقية الأنواع البكتيرية المختبرة. وتشير النتائج عموما إلى أن التأثير المضاد للبكتيريا للعسل يعتمد على التركيز، إذ يعمل كمثبط للنمو البكتيري عند التراكيز المنخفضة، ويتحول إلى تأثير قاتل عند التراكيز الأعلى، وقد يعزى هذا الاختلاف في الفاعلية إلى التباين في التركيب الكيميائي بين نوعي العسل والمركبات الفعالة الموجودة فيهما وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Mandal & Mandal، (2011).

فتقدير تركيز السكريات في عينات العسل محل الدراسة كما يظهر في جدول (3) بين أن عسل السدر يحتوي نسبا أعلى من السكريات المختزلة (64.8%) والسكريات الكلية (81.45%) مقارنة بعسل الزعتر (61.6% و73.1% على التوالي)، وهو ما يتفق مع نتائج Maddocks & Jenkins، (2013) وChen وآخرون، (2012)، اللذين أكدا أن ارتفاع محتوى السكريات يسهم في النشاط المضاد للبكتيريا، وتلعب نسبة السكريات المرتفعة دورا محوريا في هذا النشاط، إذ تسهم السكريات في زيادة الضغط الأسموزي، فضلاً عن دورها في دعم إنتاج بيروكسيد الهيدروجين عند تخفيف العسل، وهو أحد أهم العوامل المسؤولة عن التأثير المضاد للبكتيريا، وتؤكد بعض الد راسات أن ارتفاع تركيز السكريات في العسل يرتبط ارتباطًا وثيقًا بزيادة النشاط المضاد للبكتيريا (Gambo وآخرون، 2018؛ Al–Hasani، 2018).

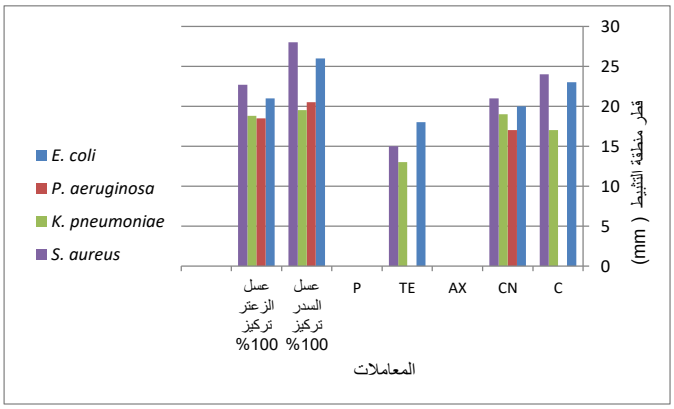
جدول(5): مقارنة أقطار منطقة تثبيط عسل السدر وعسل الزعتر مع المضادات الحيوية

نوع البكتيريا	C	CN	AX	TE	P	عسل السدر تركيز 100%	عسل الزعتر تركيز 100%
E. coli	23	20	0	18	0	26±0.82	21±0.82
P. aeruginosa	0	17	0	0	0	20.5±0.41	18.5±0.41
K. pneumoniae	17	19	0	13	0	19.5±0.41	18.8±0.95
S. aureus	24	21	0	15	0	28±0.41	22.75±0.5

C: Chloramphenicol, CN: Gentamycin, AX: Amoxicillin, TE: Tetracycline, P: Penicillin

يبين جدول (5) نتائج مقارنة فعالية عسل الزعتر وعسل السدر بتركيز 100% مع عدد من المضادات الحيوية القياسية ضد العزلات البكتيرية المختبرة. أظهرت النتائج أن كلا نوعي العسل سجلا نشاطًا مضادا للبكتيريا، حيث تراوحت أقطار مناطق التثبيط بين (18.5–22.7) ملم لعسل الزعتر و(19.5– 28) ملم لعسل السدر، وقد تفوق عسل السدر بوضوح في فعاليته ضد *Staphylococcus aureus* و *E. coli* مقارنة بعسل الزعتر، بينما أظهرت نتائج اختبار الحساسية للمضادات الحيوية تباينا واضحا في استجابة العزلات البكتيرية المدروسة، حيث حقق عسل السدر بتركيز 100% أقطار تثبيط مساوية أو أعلى من بعض المضادات الحيوية التقليدية مثل Penicillin وAmoxicillin، التي أبدت العزلات البكتيرية مقاومة كاملة لها، وتبرز هذه النتيجة الأهمية العلاجية المحتملة للعسل، وذلك لمحدودية فعالية بعض المضادات الحيوية التقليدية في ظل تصاعد مقاومة البكتيريا لها (Ventola، 2015؛ Alvarez وآخرون، 2020).

في المقابل، حافظت بعض المضادات مثل Gentamicin وChloramphenicol على فعاليتها، فقد أظهرت العزلات حساسية مرتفعة تجاه Gentamicin، إذ تراوحت أقطار مناطق التثبيط بين (17–21) ملم. كما سجل Chloramphenicol فعالية جيدة ضد معظم العزلات البكتيرية، باستثناء *Pseudomonas aeruginosa* التي أظهرت مقاومة عالية لمعظم المضادات الحيوية المختبرة، إن تقارب تأثير عدد من المضادات الحيوية القياسية ضد العزلات البكتيرية المختبرة مع عسل السدر يعزز فكرة استخدام العسل كعلاج بديل أو داعم، وليس بالضرورة بديلاً كاملاً، وهو ما يتفق مع ما أشار إليه Bava وآخرون، (2025).



شكل (1): يوضح مقارنة النشاط المضاد للبكتيريا بين نوعين من العسل وبعض المضادات الحيوية ضد السلالات البكتيرية المختبرة

يوضح شكل (1) مقارنة النشاط المضاد للبكتيريا لكل من عسل السدر وعسل الزعتر بتركيز 100% مع عدد من المضادات الحيوية ضد السلالات البكتيرية المختبرة اعتمادا على أقطار مناطق التثبيط. أظهرت النتائج تفوق عسل السدر من حيث فعالية التثبيط مقارنة مقارنة بعسل الزعتر والمضادات الحيوية المختبرة، خاصة ضد البكتيريا موجبة الغرام حيث بلغ التأثير الأكبر ضد *Staphylococcus aureus*، تليها *E. coli* ، في حين أبدت بعض المضادات الحيوية فعالية متباينة، فقد لوحظ أن بعض المضادات مثل Gentamycin وChloramphenicol أظهرت فعالية مرتفعة، إلا أن فعالية عسل السدر اقتربت في بعض الحالات من فعالية هذه المضادات، بل وتفوقت عليها، في حين لم يظهر Amoxicillin وPenicillin تأثيرا واضحا على البكتيريا المختبرة، مما قد يدل على وجود مقاومة بكتيرية تجاهها.

ويظهر الشكل نمطاً متسقاً مع الجداول الإحصائية، مما يعزز موثوقية النتائج ويؤكد أن الفعالية المضادة للبكتيريا للعسل تعتمد على نوعه وتركيزه وتركيبه الكيميائي، وتتفق هذه النتائج مع ما ورد في الدراسات الليبية الحديثة التي أكدت أن العسل المحلي، خصوصا عسل السدر، يمتلك نشاطاً مضاداً للبكتيريا، ويعد خياراً واعداً في مواجهة البكتيريا الممرضة المقاومة للمضادات الحيوية، لذا يمكن توظيفه في التطبيقات الطبية (Elfallah وآخرون، 2025؛ Abushalla، 2019).

نتائج اختبار الكشف عن التلوث الميكروبي:

أظهرت نتائج اختبار الكشف عن التلوث الميكروبي لعينتي العسل (عسل السدر وعسل الزعتر) عدم وجود أي نمو ميكروبي لكل من البكتيريا الهوائية، والخمائر والفطريات على جميع الأوساط الزراعية المستخدمة، حيث لم تسجَّل أي مستعمرات ميكروبية قابلة للعد ضمن حدود الكشف القياسية المعتمدة في التحليل المخبري، وتشير هذه النتائج إلى النقاوة والسلامة الميكروبيولوجية لعينات العسل المستخدمة في هذه الدراسة، إذ يعد العسل وسطًا غير ملائم لنمو الأحياء الدقيقة بسبب مجموعة من العوامل المتداخلة، أبرزها انخفاض النشاط المائي، وارتفاع الضغط الأسموزي، والحموضة الطبيعية، ووجود مركبات مثبطة للنمو الميكروبي، ويعزى غياب التلوث الميكروبي في هذه الدراسة إلى توافر ظروف إنتاج وتخزين مناسبة، إضافة إلى الخصائص الطبيعية للعسل نفسه (Mandal & Mandal،2011؛ Almasaudi،2021).

فقد أظهرت دراسة Maddocks & Jenkins، (2013) أن العسل الخام عالي الجودة نادرا ما يحتوي على كائنات دقيقة حية قادرة على التكاثر، حتى في حال احتوائه على أعداد ضئيلة من الأبواغ، كما أكد Chen وآخرون (2012) أن فعالية العسل المضادة للبكتيريا لا تتأثر فقط بتركيبه الكيميائي، بل أيضا بسلامته الميكروبية.

ويمكن ربط هذه النتائج بانخفاض المحتوى الرطوبي لعينتي العسل، حيث يؤدي انخفاض الرطوبة إلى تقليل النشاط المائي، مما يمنع تكاثر البكتيريا والخمائر والفطريات، وقد أشار Boufa، (2022) وBebhameda & Attiya، (2026) إلى أن العسل الليبي غالبا ما يتميز بانخفاض رطوبته مقارنة بالحدود القصوى المسموح بها دوليا، وهو ما يفسر استقراره الميكروبي.

فكما هو مبين في جدول (3) أظهر عسل السدر محتوى رطوبة أقل 6.7% مقارنة بعسل الزعتر 9.2%، وهو عامل يعزز الضغط الأسموزي العالي داخل العسل، ويؤدي ارتفاع الضغط الأسموزي إلى سحب الماء من الخلايا البكتيرية والتسبب في جفافها وتوقف نشاطها الحيوي وتثبيط نموها أو موتها، وتتفق هذه النتيجة مع ما ورد في دراسات Boufa، (2022) و Bebhameda & Attiya، (2026) التي أكدت أن انخفاض الرطوبة يعد مؤشرا مهما لجودة العسل وفعاليته المضادة للميكروبات، وأن العسل الليبي يتميز عموما بانخفاض محتواه الرطوبي مقارنة بالحدود القياسية الدولية، مما يمنحه استقرارا ميكروبيا عاليا، بينما تختلف هذه النتائج مع بعض الدراسات الدولية التي سجلت مستويات رطوبة أعلى في عسل الزعتر، وهو اختلاف يعزى غالبا إلى طرق الجني والتخزين أو الظروف المناخية الرطبة (Kumari وآخرون، 2023).

أما فيما يخص التوصيل الكهربي والرماد، فقد أظهرت النتائج قيما أعلى نسبيا في عسل الزعتر، وهو ما يعكس اختلاف المحتوى المعدني الناتج عن طبيعة التربة والنباتات السائدة في منطقة وادي الفج مقارنة بوادي الباب، ورغم أن المعادن تعد من المكونات الحيوية للعسل، تشير دراسة Azzouz وآخرون (2023) إلى أن ارتفاع قيم التوصيل الكهربي والرماد يدل على غنى العسل بالعناصر المعدنية، إلا أن هذه النتائج تختلف مع ما ورد في دراسة El–Meihy وآخرين، (2025)، حيث سجلت قيم أعلى للتوصيل الكهربي في عسل السدر، وهو ما يمكن تفسيره باختلاف المناطق الجغرافية والمصادر النباتية المدروسة، عموما لا يعني غنى العسل بالعناصر المعدنية بالضرورة زيادة النشاط المضاد للبكتيريا، إذ يعتمد التأثير على نوع العناصر وتركيزها وليس كميتها فقط (Azzouz وآخرون، 2023).

تتوافق نتائج هذه الدراسة مع نتائج دراسات ليبية وإقليمية سابقة، حيث أفاد Azzouz وآخرون، (2023) بعدم تسجيل أي تلوث ميكروبي ذي دلالة في عينات العسل الليبي، وربطوا ذلك بارتفاع جودة العسل والمحتوى المعدني المتوازن. كما أشار Elfallah وآخرون، (2025) إلى أن عينات العسل الليبي، ولا سيما عسل السدر وعسل الزعتر أظهر نقاء ميكروبيا ملحوظًا، ويتمتع بخصائص ميكروبيولوجية تجعله صالحا للاستخدام الغذائي والعلاجي مما يدعم نتائج الدراسة الحالية.

وتتفق هذه النتائج مع ما أشار إليه Al–Waili وآخرون (2011) من أن العسل الطبيعي النقي يعد منتجا غذائيا ذا خصائص حفظ ذاتية ، مما يجعله مقاوما للتلوث الميكروبي في حال عدم تعرضه للغش أو التخزين غير السليم، ويؤكد ذلك على صلاحيته للاستخدام في الاختبارات الخاصة بتقييم النشاط المضاد للبكتيريا.

الاستنتاجات:

أظهرت نتائج الدراسة تمتع كلٍ من عسل السدر وعسل الزعتر بدرجة عالية من السلامة الميكروبيولوجية، إذ لم يسجل أي تلوث ميكروبي ضمن حدود الكشف المعتمدة، كما بينت امتلاكهما نشاطاً مضادا للبكتيريا تجاه جميع العزلات الممرضة المدروسة، مع تفوق ملحوظ لعسل السدر يعزى إلى اختلاف المصدر النباتي والتركيب الكيميائي، واتضح أن الفاعلية المضادة للبكتيريا كانت معتمدة على التركيز، حيث أظهر العسل تأثيرا مثبطاً عند التراكيز المنخفضة وتأثيرا قاتلاً عند التراكيز المرتفعة، كما عكست الخصائص الفيزيوكيميائية لكلا العسلين، خصوصا انخفاض المحتوى الرطوبي، وارتفاع الضغط الأسموزي، وانخفاض قيمة الأس الهيدروجيني (pH) دورا جوهريا في تثبيط البكتيريا وقتلها عبر التأثير في مكونات الخلية البكتيرية ومنع تكاثرها، وأكدت النتائج أن نوع العسل وتركيزه يعدان عاملين حاسمين في تحديد مستوى النشاط المضاد للبكتيريا، وعند المقارنة بالمضادات الحيوية، حقق عسل السدر بتركيز 100% أقطار تثبيط كبيرة، مساوية أو متفوقة على بعض المضادات الحيوية قيد الدراسة مثل Penicillin وAmoxicillin، والتي أظهرت العزلات البكتيرية مقاومة واضحة تجاهها، وبناء على ذلك، تؤكد النتائج إمكانية توظيف العسل الليبي، وبوجه خاص عسل السدر، كمضاد طبيعي واعد وداعم في مواجهة البكتيريا الممرضة، لا سيما في ظل التزايد المستمر لمشكلة مقاومة المضادات الحيوية.

التوصيات:

في ضوء النتائج المتحصل عليها، توصي الدراسة بإمكانية الاستفادة من عسل السدر وعسل الزعتر كمكملين طبيعيين ذوي خصائص مضادة للبكتيريا، نظرا لما أظهراه من فاعلية ملحوظة في تثبيط نمو بعض الأنواع البكتيرية، بما يدعم توظيفهما كبدائل محتملة أو عوامل مساعدة للمضادات الحيوية التقليدية، كما تؤكد أهمية إجراء دراسات إضافية لتحديد المركبات الفعالة في العسل، وضبط الجرعات والتراكيز المثلى للاستخدامات الطبية والسريرية، إلى جانب التعمق في دراسة الآليات الجزيئية والخلوية المسؤولة عن نشاطه المضاد للبكتيريا لتوضيح تأثير مكوناته الفعالة بدقة علمية أكبر، وتوصي كذلك بتوسيع نطاق البحث ليشمل مناطق جغرافية أخرى داخل ليبيا بهدف المقارنة بين أنواع العسل المختلفة، فضلاً عن إدراج عدد أكبر من البكتيريا الممرضة المعزولة سريريا، بما في ذلك السلالات متعددة المقاومة للأدوية، كما تشجع على دراسة وتطوير مستحضرات صيدلانية قائمة على العسل أو مستخلصاته الطبيعية، للاستفادة من التأثير التآزري المحتمل بينه وبين المضادات الحيوية التقليدية بما يسهم في خفض الجرعات المستخدمة والحد من تطور المقاومة البكتيرية، وأخيرا، توصي الدراسة بضرورة وضع معايير وطنية موحدة لضبط جودة العسل الليبي تشمل الجوانب الفيزيوكيميائية والميكروبيولوجية، بما يعزز الثقة بمنتجه ويدعم إمكاناته التطبيقية في المجالات الصحية والدوائية.

الشكر والتقدير: يتقدم المؤلفون بكل الشكر والتقدير لمركز الرقابة على الأغذية والأدوية بنغازي على توفير المساعدة الفنية لإنجاز هذه الدراسة.

الأخلاقيات البحثية: أُجريت هذه الدراسة وفقًا للمبادئ الأخلاقية المعتمدة في البحث العلمي في المؤسسات الصحية والبحثية

المحلية، وقد تم الحصول على الموافقات الرسمية من الجهات المختصة لجمع عينات العزلات البكتيرية من المرضى المقيمين في مركز بنغازي الطبي على شكل عينات سريرية روتينية مستخدمة لأغراض التشخيص الطبي، ولم يتم جمع أي معلومات شخصية أو بيانات تعريفية عن المرضى، حيث جرى التعامل مع العينات البكتيرية برموز مخبرية فقط، بما يضمن الحفاظ التام على سرية وخصوصية المرضى، ولإجراء التحاليل المخبرية على عزلات بكتيرية مجهولة المصدر، فقد تم إعفاؤها من الحصول على موافقة خطية من المرضى.

ازدواجية الاهتمام: يعلن المؤلفون أنه ليس لديهم ازدواجية في الاهتمام مرتبطة بهذه المخطوطة.

مساهمات المؤلف: طور المؤلف الأول النظرية وأجرى التحاليل الميكروبيولوجية، وأجرى المؤلف الثاني التحاليل الفيزيوكيميائية والحسابات التحليلية وتمثيلها، وساهم كل من المؤلفين الأول والثاني في النسخة النهائية من المخطوطة.

المراجع:

1. Abushalla, Y. F. (2019). Antibacterial activity of Sidr honey of Libyan against multidrug resistant bacteria (MDR). Journal of Science, 9, 74–80.
2. Al-Hasani, H. M. H. (2018). Study of antibacterial activity of honey against some common species of pathogenic bacteria. *Iraqi Journal of Science*, *59*(1A), 30–37.
3. Almasaudi, S. (2021). The antibacterial activities of honey. *Saudi Journal of Biological Sciences*, *28*(4), 2188–2196.
4. Almasaudi, S. B., Al-Nahari, A. A. M., Abd El-Ghany, E. S. M., Barbour, E., Al Muhayawi, S. M., Al-Jaouni, S. K., Azhar, E. I., Qari, M. H., Qari, Y. A., & Harakeh, S. (2017). Antimicrobial effect of different types of honey on *Staphylococcus aureus*. *Saudi Journal of Biological Sciences, 24*(6), 1255–1261.
5. Altounsi, R. M., Ali, H. M., & Sharaf, A. K. 2024. Evaluation of the Inhibitory Effectiveness of Some Common Honeys in
   Libya against the Growth of Pathogenic Bacteria. The Second Scientific Conference for Undergraduate and Postgraduate Students, Al-Asmarya Islamic University, 21-22 December 2024. pp: 72-86.
6. Alvarez, F. J., Barrajón-Catalan, E., & Micol, V. (2020). Tackling antibiotic resistance with compounds of natural origin: A comprehensive review. *Biomedicines, 8*(10), 405.
7. Al-Waili, N. S., Al-Ghamdi, A. A., Ansari, M. J., Al-Akika, S. A., & Al-Meeri, A. A. (2011). Honey for wound healing, ulcers, and burns. The Scientific World Journal, 11, 766–787.
8. Azzouz, A. H., Elgool, A., & Anwar, A. (2023). Study and estimation of some elements content in Libyan honey. *Libyan Journal of Ecological & Environmental Sciences and Technology, 5*(2),1–7.
9. Bansode, D. S., & Chavan, M. D. (2012). Studies on antimicrobial activity and phytochemical analysis of citrus fruit juices against selected enteric pathogens. *International Research Journal of Pharmacy*, *3*, 122–126.
10. Bava, R., Puteo, C., Lombardi, R., Garcea, G., Lupia, C., Spano, A., Liguori, G., Palma, E., Britti, D., & Castagna, F. (2025). Antimicrobial properties of hive products and their potential applications in human and veterinary medicine. *Antibiotics, 14*(2), 44-56.
11. Bebhameda, N. N., & Attiya, R. M. (2026). Study of some physicochemical properties and quality of honey in local markets of Misrata. *Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences*, *11*(1), 26–38.

12. Boufa, N. K. (2022). Measurement of some physical properties of Libyan honey. *International Science and Technology Journal, 29*, 1–16.
13. Chen, C., Campbell, L. T., Blair, S. E., & Carter, D. A. (2012). The effect of standard heat and filtration processing procedures on antimicrobial activity and hydrogen peroxide levels in honey. *Frontiers in Microbiology, 3*, 265.
14. CLSI: Clinical and Laboratory Standards Institute. (2024). Performance Standards for antimicrobial Susceptibility testing. (34th ed., CLSI supplement M100). Clinical and Laboratory Standards Institute.
15. Elfallah, F., Abdalla, F., Gashgash, K., & Shakmak, F. (2025). Chemical analysis of Sidr and thyme honey using GC-MS and assessment of their antibacterial effects against some diabetic foot infections in Ajdabiya, Libya. *Alq Journal of Medical Applied Sciences, 8*(3), 1776–1584.
16. Elmarabet, N., Ben Shaban, M., Doro, B., Lwaleed, B. A., Fouch, S., & Elemam, M. (2018). The antibacterial activity of Libyan honey against Gram-negative bacilli: Potential treatment agent for infectious diseases. *Journal of Advances in Medicine and Medical Research, 25*(7), 1–10.
17. El-Meihy, R. M., Morsy, M. K., Kasem, S. I., Aljuweer, S. A. M., Abdelaziz, M., Saddeek, S., & Nowar, E. E. (2025). Physicochemical properties, antibacterial activity, and antioxidant capacity of mixed Sidr honey from Saudi Arabia. *Frontiers in Sustainable Food Systems, 9(3)*, 163-177.
18. Farhana, Kalsoom, Khan, S. S., Sultan, A., Gul, H., Rahim, A., Hadi, F., Yahya, A. Z. G., Jaseem, M., Azam, H., Aziz, M., & Din, S. U. (2023). The antibacterial efficacy of raw and Sidr honey against antibiotic resistant pathogenic bacterial strains. *Pure and Applied Biology, 12*(3), 1463–1472.
19. Gambo, S. B., Ali, M., Diso, S. U., & Abubakar, N. S. (2018). Antibacterial activity of honey against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* isolated from infected wound. *Archives of Pharmacy & Pharmacology Research, 1*(2), Article 506. pp:1-6.
20. Hegazi, A. G., Guthami, F. M. A., Ramadan, M. F. A., Gethami, A. F. M. A., Craig, A. M., El-Seedi, H. R., Rodríguez, I., & Serrano, S. (2023). The bioactive value of *Tamarix gallica* honey from different geographical origins. *Insects, 14*, 319. pp:1-12.
21. Kumari, I., Hajam, Y. A., Thiyagarajan, K., Giri, A., & Kumar, R. (2023). Evaluation of antioxidant and antibacterial potential of honey produced from bee colonies. *Discover Sustainability, 4*, 21. pp:1-9.
22. Maddocks, S. E., & Jenkins, R. E. (2013). Honey: A sweet solution to the growing problem of antimicrobial resistance? *Future Microbiology, 8*(11), 1419–1429.
23. Mandal, M. D., & Mandal, S. (2011). Honey: Its medicinal property and antibacterial activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 1*(2), 154–160.
24. SPSS: Statistical Package for the Social Sciences. (2022. SPSS users guide. Statistics, Version 22. IBM SPSS Statistics, SPSS Institute, Inc., Chicago, IL, USA.
25. Ventola, C. L. (2015). The antibiotic resistance crisis: Part 1: Causes and threats. *Pharmacy and Therapeutics, 40*(4), 277–283.