Comprehensive Journal of Science
Volume (11), Issue (41), (JUNE, 2026)
ISSN: 3014-6266

مجلة العلوم الشاملة
المجلد (11) ملحق العدد 41 يونيو 2026
ردمد: 3014-6266

استخلاص الكابسيسين من الفلفل الحار وتقييم فاعليته التثبيطية ضد بعض أنواع البكتيريا

عبير البهلول علي جميع
abeergamia3@gmail.com
زينب أبوعجيلة أوشاح
Zainab.oshah@sabu.edu.ly
https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0006-5713-5389
أسماء الطاهر ميلاد • زينب عمر منصور • صفاء نورالدين الجيلاني
جامعة صبراتة – كلية العلوم – قسم الكيمياء، ليبيا

Extraction of Capsaicin from Chili Pepper (Capsicum spp.) and Evaluation of Its Inhibitory Activity Against Selected Bacterial Species

Abeer Al-Bahloul Ali Jamia,[1] Zainab Abu Ajila Oshah,[2] Asma Al-Taher Milad,[3] Zainab Omar Mansour,[4] Safaa Nour El-Din Al-Jilani [5]
University of Sabratha – Faculty of Science – Department of Chemistry, Libya [1.2.3.4.5]

تاريخ الاستلام:2026/06/30 -تاريخ المراجعة:2026/07/18- تاريخ القبول: 2026/07/28- تاريخ للنشر : 2026 /8/10

الملخص

يتميّز الفلفل الحار (Capsicum spp) باحتوائه على مركبات كيميائية نشطة بيولوجياً أبرزها الكابسيسين (Capsaicin)، وهو مركب قلويدي معروف بخصائصه الحسية والعلاجية والمضادة للميكروبات. هدفت هذه الدراسة إلى استخلاص الكابسيسين من ثمار الفلفل الحار المتوفرة في الأسواق الليبية باستخدام طريقتين للاستخلاص: الاستخلاص الساخن بواسطة جهاز السوكسليت (Soxhlet) باستخدام الإيثانول بتركيز 96%، والاستخلاص البارد باستخدام مذيب ثنائي كلورو ميثان، ثم تقييم الفاعلية التثبيطية للمستخلصين الناتجين تجاه سبعة أنواع من العزلات البكتيرية الممرضة باستخدام طريقة الانتشار في الآجار (Agar Diffusion Method).

أظهرت النتائج أن مستخلص الإيثانول كان أكثر فعالية بشكل ملحوظ مقارنة بمستخلص ثنائي كلورو ميثان، إذ تراوحت أقطار مناطق التثبيط للمستخلص الإيثانولي بين (22–29) ملم شملت أربعة أنواع سالبة لصبغة جرام (E. coli, Klebsiella sp., Proteus sp., Pseudomonas sp.) وثلاثة أنواع موجبة لصبغة جرام (Streptococcus sp., Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis)، بينما تراوحت أقطار التثبيط لمستخلص ثنائي كلورو ميثان بين (10–11) ملم شملت خمسة أنواع فقط دون أي تأثير يذكر تجاه Staphylococcus aureus.

تشير هذه النتائج إلى أن الكابسيسين المستخلص بالإيثانول يمتلك إمكانات واعدة كعامل طبيعي مضاد للبكتيريا يمكن الاستفادة منه في المجالات الغذائية والصيدلانية كبديل أو مكمل للمضادات الحيوية التقليدية، لا سيما في ظل تنامي ظاهرة مقاومة الميكروبات للمضادات الحيوية، وتوصي الدراسة بمواصلة البحث لتحديد المكونات الفعّالة بدقة وتقييم آلية عملها الجزيئية.

الكلمات المفتاحية: الكابسيسين؛ الفلفل الحار؛ الفاعلية المضادة للبكتيريا؛ الاستخلاص بالسوكسليت طريقة الانتشار في الآجار؛ مقاومة المضادات الحيوية.

Abstract

Chili pepper (*Capsicum* spp.) contains various biologically active compounds, most notably capsaicin, an alkaloid known for its sensory, therapeutic, and antimicrobial properties. This study aimed to extract capsaicin from chili pepper fruits available in Libyan markets using two extraction methods: hot extraction with a Soxhlet apparatus using 96% ethanol and cold extraction using dichloromethane. The antibacterial activity of the resulting extracts was then evaluated against seven pathogenic bacterial isolates using the agar diffusion method.

The results showed that the ethanolic extract exhibited markedly higher antibacterial activity than the dichloromethane extract, with inhibition-zone diameters ranging from 22 to 29 mm against four Gram-negative bacteria (*E. coli, Klebsiella* sp., *Proteus* sp., and *Pseudomonas* sp.) and three Gram-positive bacteria (*Streptococcus* sp., *Staphylococcus aureus*, and *Staphylococcus epidermidis*). In contrast, the dichloromethane extract produced inhibition zones ranging from 10 to 11 mm against only five bacterial isolates, with no detectable inhibitory effect against *Staphylococcus aureus*.

These findings suggest that ethanol-extracted capsaicin has promising potential as a natural antibacterial agent for possible applications in the food and pharmaceutical industries, either as an alternative or an adjunct to conventional antibiotics, particularly in light of the growing problem of antimicrobial resistance. Further studies are recommended to accurately characterize the active constituents and investigate their molecular mechanisms of antibacterial action.

Keywords: Capsaicin; Chili pepper; Antibacterial activity; Soxhlet extraction; Agar diffusion method; Antimicrobial resistance.

1 المقدمة

تعد النباتات الطبية مصدرًا مهمًا للعديد من المركبات الكيميائية الطبيعية ذات النشاط الحيوي، وقد ازداد الاهتمام العلمي بعزل هذه المركبات والاستفادة منها في المجالات الدوائية والغذائية. ويعد الكابسيسين(*Capsaicin*) ، المستخلص من ثمار الفلفل الحار(*Capsicum* spp.) ، من أبرز المركبات النباتية النشطة لما يتمتع به من خصائص كيميائية ودوائية متعددة (Reyes-Escogido et al., 2011).

يعرف الكابسيسين بأنه المركب الرئيس المسؤول عن الطعم اللاذع والإحساس بالحرارة في الفلفل الحار، ويتركز بصورة أساسية في أنسجة المشيمة داخل الثمرة. وقد حظي هذا المركب باهتمام واسع نتيجة خصائصه العلاجية، ولا سيما تأثيره في مستقبلات الألم وإمكانية الاستفادة منه في التطبيقات المسكنة والعلاجية المختلفة (Fattori et al., 2016) .

ولا تقتصر أهمية الكابسيسين على تأثيره المسكن، بل يمتلك مجموعة من الخصائص الحيوية التي أسهمت في توسيع نطاق استخداماته في المجالات الطبية والغذائية، بما في ذلك الأنشطة المضادة للأكسدة والالتهابات والميكروبات، فضلًا عن دخوله في بعض المستحضرات الدوائية والمنتجات الغذائية والتجميلية (Adaszek et al., 2019) .

وفي السنوات الأخيرة، حظي النشاط المضاد للبكتيريا للكابسيسين باهتمام متزايد، إذ أظهرت الدراسات أن مستخلصات الفلفل الحار قادرة على تثبيط نمو عدد من البكتيريا الممرضة والمنقولة بالغذاء، مع اختلاف درجة الاستجابة تبعًا لنوع البكتيريا والمكونات الفعالة الموجودة في المستخلص النباتي.(Dorantes et al., 2000)

كما تشير الأدلة التجريبية إلى أن النشاط المضاد للميكروبات في الفلفل الحار قد يتباين باختلاف الصنف النباتي وتركيز الكابسيسينويدات، وهو ما يؤكد أهمية ظروف الاستخلاص وتركيب المستخلص في تحديد مستوى الفاعلية البيولوجية النهائية (Omolo et al., 2018).

وتزداد أهمية دراسة الكابسيسين في ظل تنامي مشكلة مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية، الأمر الذي دفع إلى البحث عن مركبات طبيعية يمكن الاستفادة منها في تطوير استراتيجيات جديدة لمكافحة العدوى البكتيرية. وقد أظهرت الدراسات أن الكابسيسين ومشتقاته يمتلكان خصائص مضادة للبكتيريا تجعلهما من المركبات الواعدة التي تستحق مزيدًا من البحث والتطوير(Fuchtbauer et al., 2021) .

وانطلاقًا من ذلك، تهدف الدراسة الحالية إلى استخلاص الكابسيسين من عينات الفلفل الحار المتوافرة في الأسواق الليبية باستخدام طريقتي الاستخلاص الساخن والبارد، ومقارنة الفاعلية المضادة للبكتيريا للمستخلصات الناتجة تجاه سبعة أنواع من العزلات البكتيرية الممرضة، بما يسهم في تقييم إمكانية الاستفادة من الكابسيسين كمصدر طبيعي لمركبات ذات نشاط مضاد للبكتيريا.

2 مشكلة الدراسة

تعد مقاومة البكتيريا للمضادات الحيوية من أبرز التحديات الصحية العالمية، مما يستدعي البحث عن بدائل طبيعية آمنة وفعّالة ذات نشاط مضاد للميكروبات. ويعد الكابسيسين، المستخلص من الفلفل الحار، من المركبات النباتية الواعدة في هذا المجال، إلا أن الدراسات السابقة اختلفت في نتائجها تبعًا لاختلاف مصدر الفلفل، وطرق الاستخلاص، والمذيبات المستخدمة، وأنواع العزلات البكتيرية المختبرة، مع محدودية الدراسات التي تناولت عينات الفلفل المتوافرة في الأسواق الليبية. ومن ثم تتمثل

مشكلة الدراسة في تقييم كفاءة استخلاص الكابسيسين باستخدام طريقتي الاستخلاص الساخن والبارد، ومقارنة الفاعلية المضادة للبكتيريا للمستخلصات الناتجة، وبيان مدى اختلاف استجابة البكتيريا موجبة وسالبة صبغة جرام لهذه المستخلصات، بما يسهم في استكشاف إمكانية توظيف الكابسيسين المحلي كمضاد طبيعي للبكتيريا في التطبيقات الغذائية والصيدلانية.

3. أهداف الدراسة

تتمثل أهداف الدراسة فيما يلي:

- استخلاص مادة الكابسيسين من ثمار الفلفل الحار المتوفرة في الأسواق الليبية باستخدام طريقتين للاستخلاص: الاستخلاص الساخن بجهاز السوكسليت باستخدام الإيثانول، والاستخلاص البارد باستخدام مذيب ثنائي كلورو ميثان.
- تقييم النشاط المضاد للبكتيريا للمستخلصين الناتجين باستخدام طريقة الانتشار في الآجار، وقياس أقطار مناطق التثبيط تجاه العزلات البكتيرية المختبرة.
- المقارنة بين فاعلية المستخلصين (الإيثانولي وثنائي كلورو ميثان) من حيث قطر منطقة التثبيط تجاه كل نوع بكتيري على حدة.
- تحديد مدى تفاوت حساسية البكتيريا الموجبة والسالبة لصبغة جرام تجاه المستخلصين المدروسين.

4. أهمية الدراسة

تكمن أهمية الدراسة في تقييم النشاط المضاد للبكتيريا لمستخلصات الفلفل الحار ومقارنة تأثير طريقتين مختلفتين للاستخلاص، بما يوفر بيانات أولية حول كفاءتها التثبيطية تجاه عدد من العزلات البكتيرية الممرضة. كما قد تسهم النتائج في دعم الدراسات المستقبلية المتعلقة باستكشاف المركبات الطبيعية ذات النشاط المضاد للميكروبات وإمكانات توظيفها في التطبيقات الغذائية والصيدلانية .

5. حدود الدراسة

- الحدود الموضوعية: اقتصرت الدراسة على استخلاص الكابسيسين من الفلفل الحار وتقييم فاعليته التثبيطية باستخدام طريقة الانتشار في الآجار فقط، دون تحديد التركيز المثبط الأدنى (MIC) أو التركيز القاتل الأدنى (MBC).
- الحدود المكانية: أُجريت الدراسة على عينات فلفل حار تم جمعها من أسواق الخضار المحلية في ليبيا، دون تصنيف نباتي دقيق للأصناف المستخدمة.
- الحدود البيولوجية: اقتصر الاختبار على سبعة أنواع من العزلات البكتيرية (أربعة سالبة وثلاثة موجبة لصبغة جرام)، ولم تشمل الدراسة الفطريات أو الفيروسات.
- الحدود التحليلية: لم تتضمن الدراسة توصيفاً كيميائياً دقيقاً للمستخلص (كالتحليل بواسطة HPLC أو GC–MS) لتحديد نسبة الكابسيسين الفعلية ونقاوته.

6 الدراسات السابقة

اهتمت العديد من الدراسات ببحث الخصائص الحيوية للكابسيسين، وأكدت امتلاكه أنشطة دوائية وميكروبية متعددة. فقد أوضح **Fattori et al. (2016)** أن الكابسيسين يتميز بخصائص علاجية واسعة، خاصة في تسكين الألم، إضافة إلى دوره المحتمل في الوقاية من بعض الأمراض المزمنة. كما بيّنت دراسة **Adaszek et al. (2019)** أن الكابسيسين

يستخدم في الصناعات الغذائية والدوائية ومستحضرات التجميل، نظراً لامتلاكه خصائص مضادة للأكسدة والالتهابات والميكروبات.

وأشارت دراسة **Rosca et al. (2020)** إلى أن الكابسيسين يمتلك تأثيرات إيجابية على صحة الإنسان، إذ يساهم في الحد من الالتهابات وتنظيم الميكروبيوم المعوي، كما يمتلك نشاطاً مثبطاً لبعض الكائنات الدقيقة. وفي السياق نفسه، أثبتت دراسة **Dorantes et al. (2000)** قدرة مستخلصات الفلفل الحار على تثبيط نمو عدد من البكتيريا الممرضة المنقولة بالغذاء، مع اختلاف درجة الحساسية بين الأنواع البكتيرية.

كما أوضحت دراسة **Omolo et al. (2018)** أن الفاعلية المضادة للبكتيريا والفطريات تختلف باختلاف صنف الفلفل وتركيز الكابسيسينويدات، مما يؤكد أن مصدر العينة النباتية يؤثر بصورة مباشرة في كفاءة المستخلص. وأظهرت دراسة **Setiawan et al. (2021)** أن مستخلص الكابسيسين يمتلك نشاطاً واضحاً ضد بكتيريا *Staphylococcus aureus*، وأن هذا النشاط يزداد بزيادة تركيز المستخلص، مما يعزز إمكانية استخدامه كمضاد طبيعي للميكروبات.

6.1 التعليق على الدراسات السابقة

يتضح من الدراسات السابقة وجود اتفاق على أن الكابسيسين من المركبات النباتية الواعدة ذات النشاط المضاد للبكتيريا، إلا أن نتائجها تباينت تبعاً لاختلاف أصناف الفلفل، وطرق الاستخلاص، والمذيبات المستخدمة، إضافة إلى اختلاف أنواع البكتيريا المختبرة. كما ركزت بعض الدراسات على الخصائص الدوائية والعلاجية للكابسيسين، بينما اهتمت دراسات أخرى بتقييم نشاطه المضاد للميكروبات باستخدام اختبارات معملية مثل طريقة الانتشار في الآجار.

ورغم أهمية هذه الدراسات، فإنها لم تتناول بصورة كافية مقارنة كفاءة طريقتي الاستخلاص الساخن والبارد باستخدام عينات الفلفل المتوافرة في الأسواق الليبية، وهو ما يمثل فجوة بحثية تسعى الدراسة الحالية إلى معالجتها. وتتميز هذه الدراسة بمقارنة تأثير طريقتي استخلاص مختلفتين على الفاعلية المضادة للبكتيريا تجاه بكتيريا موجبة وسالبة لصبغة جرام، بما يسهم في تحديد أفضل طريقة لاستخلاص الكابسيسين وتعزيز إمكانية الاستفادة منه في التطبيقات الغذائية والصيدلانية.

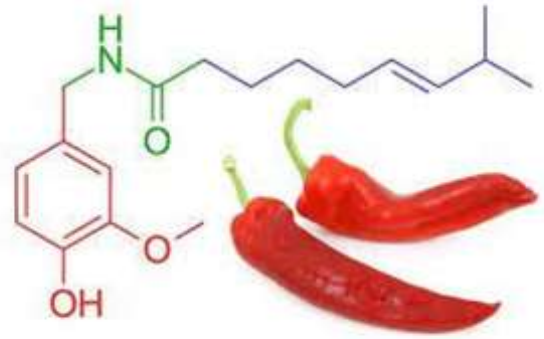
7. الإطار النظري

7.1 الفلفل الحار والكابسيسين: التعريف والتركيب الكيميائي

الفلفل الحار هو ثمرة نباتات حولية من جنس الفليفلة (Capsicum) التي تنتمي إلى العائلة الباذنجانية (Solanaceae)، ومن أهم مكوّناته الفعّالة مادة الكابسيسين التي تمنحه الشعور بالحرارة، وهي مادة مثيرة ينتج عنها إحساس بالحرقة عند ملامستها لأي نسيج في جسم الإنسان. ويُستخدم الفلفل الحار على نطاق واسع كتوابل في العديد من المأكولات لإضفاء الحرارة على الأطباق، والمادة المسؤولة عن هذه الشدة عند تناول الفلفل أو وضعه موضعياً هي الكابسيسين (Reyes-Escogido et al., 2011).

وسبب تسمية الفلفل الحار بهذا الاسم هو احتواؤه على الكابسيسين، وهو المادة الكيميائية المسؤولة عن الطعم الحار، ويُنتَج بشكل طبيعي كآلية دفاعية في النبات لضمان بقائه (Adaszek et al., 2019). ومصطلح «الفليفلة» (Capsicum) مشتق من الكلمة اليونانية kapsa، التي تعني «الحقيبة» أو «الوعاء»، وتحوّلت إلى اللاتينية capsa في إشارة إلى شكل الثمرة التي تحمل البذور بداخلها.

يُعرَف الاسم العلمي للكابسيسين بـ(8–ميثيل–N–فانيليل–6–نونيناميد)، وصيغته الجزيئية $C_{18}H_{27}NO_3$، وهو مركب محب للدهون (Lipophilic) يمكن العثور عليه بتركيزات متفاوتة في مختلف أصناف الفلفل «الساخن»، ويتركّز إنتاجه بشكل رئيسي في الأنسجة المشيمية المحيطة بالبذور. ويوضح الشكل (1) التركيب البنائي لجزيء الكابسيسين.



شكل (1): التركيب البنائي الكيميائي لجزيء الكابسيسين

7.1.1 الخواص الفيزيائية والكيميائية للكابسيسين

جدول (1): الخواص الفيزيائية والكيميائية للكابسيسين (Adaszek et al., 2019; Reyes–Escogido et al., 2011)

القيمة	الخاصية
C18H27NO3	الصيغة الكيميائية
305.41 غ/مول$^{-1}$	الكتلة المولية
مادة صلبة نقية حمراء داكنة	المظهر
متطايرة بشدة ولاذعة (Pungent)	الرائحة
62–65 °س (335–338 °ك)	درجة الانصهار

7.2 استخدامات وفوائد الكابسيسين

يعد الكابسيسين من المركبات الحيوية ذات الاستخدامات الطبية والغذائية، ويستخدم تقليدياً لتخفيف الألم بفضل تأثيره على مستقبلات الألم الحسية. كما أظهرت الدراسات امتلاكه خصائص مضادة للبكتيريا والأكسدة والالتهابات، إضافة إلى دوره في تحسين الهضم، وتنشيط الدورة الدموية، وخفض مستويات الكوليسترول، وتعزيز المناعة، والمساهمة في الوقاية من بعض الأمراض المزمنة والسرطانات.(Wang et al., 2021)

7.3الآثار الجانبية للكابسيسين

قد يسبب الكابسيسين الشعور بالحرقان في الجهاز الهضمي والأغشية المخاطية، ويزيد من إفراز حمض المعدة وتهيج الجلد عند استخدامه بجرعات مرتفعة، لذلك يُوصى باستخدامه بجرعات مناسبة لتجنب آثاره الجانبية.(Xiang et al., 2021)

7.4 آلية عمل الكابسيسين المضادة للبكتيريا

يرجع النشاط المضاد للبكتيريا للكابسيسين إلى قدرته على التفاعل مع الغشاء الخلوي للبكتيريا، مما يؤدي إلى زيادة نفاذيته وتعطيل وظائفه الحيوية وتسرب مكونات الخلية. كما يثبط قدرة بعض البكتيريا على الالتصاق بالخلايا وتكوين الأغشية الحيوية(Biofilms) ، وهو ما يعزز تأثيره المضاد للميكروبات(Fuchtbauer et al., 2021) ؛(Ayariga et al., 2022).

7.5تأثير الكابسيسين على أنواع بكتيرية محددة

أثبتت الدراسات فعالية الكابسيسين ضد عدد من البكتيريا المهمة، منها **Staphylococcus aureus** و **Streptococcus sp.**و **Escherichia coli**، حيث يعمل على تثبيط نموها وتقليل قدرتها على الالتصاق بالخلايا أو إحداث العدوى، مع اختلاف مستوى التأثير تبعاً لتركيز المستخلص وطريقة استخلاصه(Setiawan et al., 2021) ؛ Fuchtbauer et al., 2021).

7.6مشتقات الكابسيسين

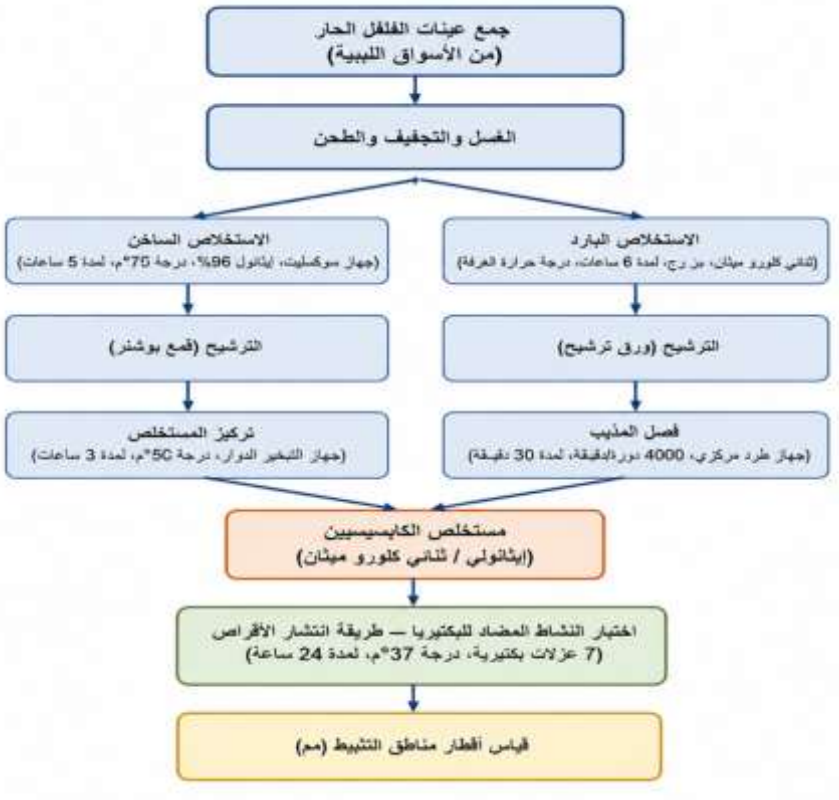
طورت عدة مشتقات كيميائية للكابسيسين بهدف تحسين نشاطه الحيوي، وأظهرت هذه المشتقات فعالية مضادة للبكتيريا تختلف باختلاف التركيب الكيميائي ونوع السلالة البكتيرية، ويُقيَّم نشاطها عادة باستخدام اختبارات الحد الأدنى للتركيز المثبط (Xuan Wang et al., 2019).

7.7 الكابسيسين كمضاد حيوي طبيعي

يعد الكابسيسين من المركبات النباتية الواعدة لمواجهة تزايد مقاومة المضادات الحيوية، إذ يمتلك خصائص مضادة للميكروبات بصورة مباشرة وغير مباشرة، مما يجعله مرشحاً لاستخدامه كمكمل أو بديل للمضادات الحيوية التقليدية في بعض التطبيقات الغذائية والدوائية، مع الحاجة إلى مزيد من الدراسات لتأكيد فعاليته وسلامته (Fuchtbauer et al., 2021) .

8. المنهجية (الجانب العملي)

اعتمدت الدراسة تصميمًا تجريبيًا مخبريًا لمقارنة النشاط المضاد للبكتيريا لمستخلصين من الفلفل الحار تم الحصول عليهما باستخدام بروتوكولين مختلفين للاستخلاص؛ الأول استخلاص ساخن بالإيثانول باستخدام جهاز السوكسليت، والثاني استخلاص بارد باستخدام ثنائي كلورو ميثان. بعد ذلك، تم تقييم النشاط التثبيطي للمستخلصين تجاه العزلات البكتيرية المختبرة باستخدام طريقة الانتشار في الآجار، وقياس أقطار مناطق التثبيط بالمليمتر. ويوضح الشكل (2) المخطط العام للإجراءات التجريبية.



شكل (2): المخطط التخطيطي العام لمنهجية الدراسة

8.1 جمع العينات

تم تجميع عينات مختلفة من أصناف الفلفل الحار المتوفرة في أسواق الخضار الليبية، وغُسلت بالماء المقطر لإزالة الشوائب السطحية، ثم جُفّفت وطُحنت تمهيداً لعملية الاستخلاص.

8.2 المواد والكيماويات المستخدمة

فلفل حار، إيثانول بتركيز 96%، ثنائي كلورو ميثان، ملعقة، هاون، ماصة، دورق مخروطي، كأس زجاجي، قمع بوخنر (Büchner)، ورق ترشيح.

8.3 الأجهزة المستخدمة

أ. جهاز السوكسليت (Soxhlet Extractor)

شكل (3): جهاز السوكسليت المستخدم في الاستخلاص الساخن

هو جهاز معملي اخترعه العالم فرانز فون سوكسليت (Franz von Soxhlet) عام 1879، صمم خصيصاً لاستخلاص المواد الصلبة أو غيرها من المواد باستخدام مذيب متطاير كالإيثانول، ويتكوّن من مكثِّف ومستخلص سوكسليت ودورق ذي قاع مستدير.

ب. المبخر الدوّار (Rotary Evaporator)

شكل (4): المبخّر الدوّار المستخدم لتركيز المستخلص

جهاز اخترعه العالم ليمان كريج (Lyman Craig)، يُستخدم لفصل المواد ذات نقاط الغليان المختلفة، ويتكوّن من محرك يدوّر القارورة الحاوية على العينة السائلة، ويتصل الدورق بمكثّف مبرَّد بالماء يعمل على تبريد وتكثيف البخار المتصاعد من السائل، ويُجمع السائل المكثّف في دورق منفصل بينما يُتخلَّص من البخار المتبقي أو يُجمع في وعاء منفصل.

ج. الطرد المركزي (Centrifuge)

شكل (5): جهاز الطرد المركزي

جهاز اخترعه العالم سبينكو (Spinco) عام 1946، يدار بواسطة محرك كهربائي يُدوّر الجسم الموضوع بداخله حول محور ثابت، بهدف فصل الجزيئات وفق كثافتها استناداً إلى مبدأ الترسيب.

د. جهاز الرجاج (Shaker)

شكل (6): جهاز الرجّاج (Shaker)

من الأجهزة المخبرية المساعِدة على رجّ العينات بحركة دائرية منتظمة، بما يضمن خلطها بشكل متجانس تحت الظروف نفسها.

8.4 خطوات استخلاص الكابسيسين

8.4.1 الاستخلاص الساخن (باستخدام جهاز السوكسليت)

1. غُسلت عينات الفلفل بالماء المقطر، وجُفّفت وطُحنت.
2. وُزن 12 غراماً من الفلفل المطحون ووُضع في جهاز السوكسليت.
3. أُضيف 150 مل من الإيثانول بتركيز 96% كمذيب استخلاص.
4. شُغل الجهاز لمدة 5 ساعات عند درجة حرارة 75 °.
5. رُشّح المستخلص باستخدام قمع بوخنر، وأُهمل الراسب وأُخذ الراشح.
6. سخن الراشح على مسخن كهربائي لتبخير الإيثانول، ثم ركِز المستخلص باستخدام المبخر الدوار عند 50 ° لمدة 3 ساعات.

8.4.2 الاستخلاص البارد (باستخدام ثنائي كلورو ميثان)

1. أُخذ 0.5 غرام من الفلفل بعد طحنه ووُضع في دورق مخروطي سعة 50 مل.
2. أُضيف 50 مل من ثنائي كلورو ميثان كمذيب استخلاص.
3. وُضع الدورق على جهاز الرجاج عند درجة حرارة الغرفة لمدة 6 ساعات.
4. رُشّح المذيب على ورق ترشيح، ثم فُصلت المادة الفعالة عن المذيب باستخدام جهاز الطرد المركزي عند سرعة 4000 دورة/دقيقة لمدة نصف ساعة.

8.5 حساب نسبة ناتج الاستخلاص (Extraction Yield)

تُحسب نسبة ناتج الاستخلاص المئوية لكل مستخلص وفق المعادلة التالية:

$$Yield\ (\%) = \frac{Weight\ of\ dried\ extract\ (g)}{Weight\ of\ dried\ sample\ (g)} \times 100$$

8.6 اختبار الفاعلية التثبيطية لمستخلص الكابسيسين تجاه البكتيريا

أُخذت مجموعة من أطباق الميديا (Nutrient Agar) المحضّرة مسبقاً، ونُقلت بواسطة الناقل الجرثومي (Loop) عشر عزلات بكتيرية وزُرعت على وسط مناسب للمضادات، ثم أُخذ 1 مل من المستخلص الإيثانولي (المستخلَص على الساخن) بواسطة ماصة (Pipette) ووُضع على وسط الميديا المزروع بأنواع مختلفة من البكتيريا، وحُضّنت الأطباق في الحاضنة عند درجة حرارة 37 ° لمدة 24 ساعة. واتُّبعت الطريقة نفسها مع مستخلص ثنائي كلورو ميثان (المستخلَص على البارد)، وسُجِّلت درجة حساسية كل عزلة بكتيرية اعتماداً على وجود منطقة تثبيط واضحة حول القرص/الحفرة من عدمه.

8.7 قياس أقطار مناطق التثبيط والمعالجة الإحصائية

قِيست أقطار مناطق التثبيط الظاهرة حول كل عزلة بالمليمتر (ملم) باستخدام مسطرة مدرجة، وأُخذ المتوسط الحسابي للقراءات المتكررة لكل عزلة وفق المعادلة التالية:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x_i}{n}$$

وصنِفت درجة الحساسية البكتيرية وفق قطر منطقة التثبيط إلى: مقاومة (0 ملم)، وحساسية ضعيفة إلى متوسطة (أقل من 15 ملم)، وحساسية جيدة إلى عالية (15 ملم فأكثر)، استرشاداً بالمعايير الشائعة في اختبارات الحساسية بطريقة الانتشار في الآجار.

9. النتائج والمناقشة

9.1 النتائج

يبين الجدول (2) معدلات أقطار تثبيط نمو البكتيريا بمستخلص الكابسيسين باستخدام الإيثانول، حيث أظهرت جميع العزلات حساسيتها تجاه هذا المستخلص بمعدلات أقطار تراوحت بين 22–29 ملم، بينما يبيّن الجدول (2) معدلات أقطار التثبيط بمستخلص ثنائي كلورو ميثان، حيث أظهرت معظم العزلات حساسيتها بمعدلات أقطار تراوحت بين 10–11 ملم، باستثناء بكتيريا Staphylococcus aureus التي لم تُظهر أي حساسية تجاه هذا المستخلص

جدول (2): معدلات أقطار تثبيط مستخلص الكابسيسين بالإيثانول تجاه البكتيريا (بالملم)

نوع البكتيريا	قطر منطقة التثبيط (ملم)
.Streptococcus sp	27
Staphylococcus aureus	22
Staphylococcus epidermidis	26
E. coli	29

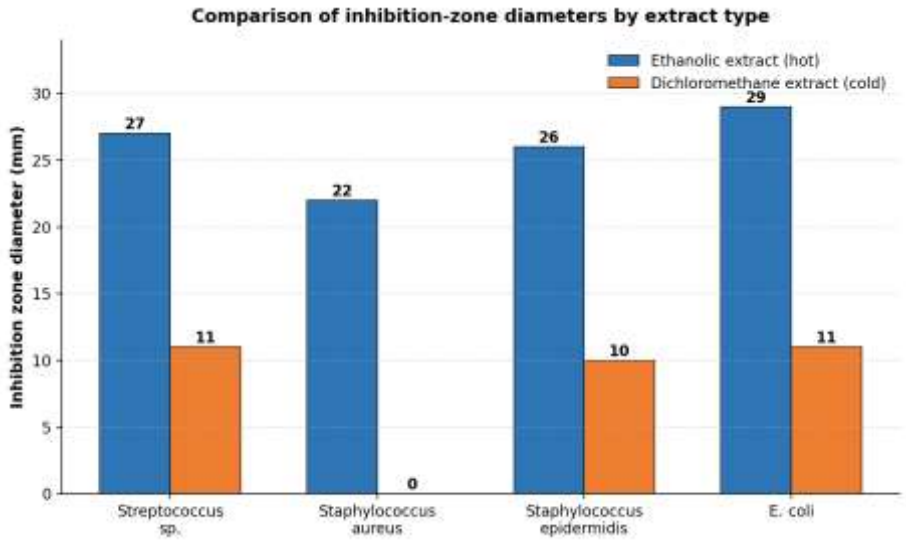
جدول (3): معدلات أقطار تثبيط مستخلص الكابسيسين بثنائي كلورو ميثان تجاه البكتيريا (بالملم)

نوع البكتيريا	قطر منطقة التثبيط (ملم)
.Streptococcus sp	11
Staphylococcus aureus	0
Staphylococcus epidermidis	10
E. coli	11

ومن الجدول (2) يلاحظ أن مستخلص الكابسيسين بالإيثانول أظهر تأثيراً تثبيطياً جيداً تجاه بكتيريا E. coli السالبة لصبغة جرام، إذ بلغت منطقة التثبيط قطر 29 ملم، بينما لم يظهر أي تأثير تثبيطي تجاه بكتيريا Klebsiella وProteus وPseudomonas السالبة لصبغة جرام، في حين أظهر تأثيراً تثبيطياً جيداً تجاه البكتيريا الموجبة لصبغة جرام (Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis, Streptococcus sp.)، إذ تراوحت أقطار مناطق التثبيط بين (22، 26، 27) ملم على التوالي.

أما الجدول (3) فيظهر أن مستخلص ثنائي كلورو ميثان أثر في خمسة أنواع من البكتيريا فقط، وبفاعلية أقل بكثير من مستخلص الإيثانول، إذ أظهر تأثيراً تثبيطياً تجاه E. coli السالبة لصبغة جرام بقطر منطقة تثبيط بلغ 11 ملم، ولم يُظهر أي تأثير تجاه بكتيريا Klebsiella السالبة لصبغة جرام، كما أظهر تأثيراً تثبيطياً تجاه بكتيريا Streptococcus sp. وStaphylococcus epidermidis الموجبتين لصبغة جرام بقطري تثبيط بلغا (11، 10) ملم على التوالي، بينما لم يُظهر أي تأثير تثبيطي تجاه بكتيريا Staphylococcus aureus الموجبة لصبغة جرام.

ولتسهيل مقارنة فاعلية المستخلصين بصرياً، يوضح الشكل (7) مخططاً بيانياً بأقطار مناطق التثبيط لكلا المستخلصين مجتمعة عبر جميع الأنواع البكتيرية الأربعة:



شكل (7): مخطط بياني مقارن لأقطار مناطق التثبيط بين المستخلص الإيثانولي ومستخلص ثنائي كلورو ميثان

9.2 المناقشة

أظهرت نتائج الدراسة تفوقًا واضحًا للمستخلص الإيثانولي مقارنة بمستخلص ثنائي كلورو ميثان في النشاط المضاد للبكتيريا، سواء من حيث عدد العزلات البكتيرية المستجيبة أو أقطار مناطق التثبيط المسجلة. ويعزى ذلك إلى الكفاءة العالية للإيثانول، بوصفه مذيبًا متوسط القطبية، في استخلاص الكابسيسينويدات إلى جانب المركبات الفينولية المصاحبة ذات النشاط الحيوي،

مما يعزز التأثير المضاد للبكتيريا. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصلت إليه دراسة **Dorantes et al. (2000)** التي أوضحت أن الفاعلية المضادة للبكتيريا في مستخلصات الفلفل لا ترتبط بالكابسيسين وحده، بل تسهم فيها أيضًا المركبات الفينولية المصاحبة، في حين أن ثنائي كلورو ميثان يميل إلى استخلاص المركبات الأقل قطبية، الأمر الذي قد يحد من كفاءة المستخلص الحيوية.

كما تتوافق النتائج الحالية مع دراسة **Omolo et al. (2018)** التي أشارت إلى أن النشاط المضاد للميكروبات يتأثر بعوامل الاستخلاص ونوع المذيب المستخدم. وتضيف الدراسة الحالية دليلاً عمليًا على أن اختلاف طريقة الاستخلاص، سواء الساخنة أو الباردة، يمكن أن يؤدي إلى تباين ملحوظ في الفاعلية المضادة للبكتيريا حتى عند استخدام العينات النباتية نفسها.

وأظهرت النتائج أيضًا أن البكتيريا موجبة صبغة جرام كانت أكثر حساسية للمستخلصات مقارنةً بالبكتيريا سالبة صبغة جرام، مع ملاحظة حساسية مرتفعة لبكتيريا **Escherichia coli** تجاه المستخلص الإيثانولي. ويمكن تفسير ذلك بالاختلاف في تركيب الجدار الخلوي، إذ تمتلك البكتيريا سالبة جرام غشاءً خارجيًا يعمل كحاجز يحد من نفاذ المركبات الفعالة، وهو ما يتفق مع التفسير الذي قدمته دراسة **Fuchtbauer et al. (2021)** بشأن تأثير البنية الغشائية في استجابة البكتيريا للمركبات النباتية.

ومن النتائج الجديرة بالملاحظة عدم استجابة **Staphylococcus aureus** لمستخلص ثنائي كلورو ميثان، مقابل حساسيتها الواضحة للمستخلص الإيثانولي، مما يشير إلى أن نوع المذيب يؤثر بصورة مباشرة في كمية أو نوعية المركبات الفعالة المستخلصة. وعليه، توصي الدراسة بإجراء اختبارات إضافية لتحديد الحد الأدنى للتركيز المثبط (MIC) لكل مستخلص، بهدف تقييم كفاءته المضادة للبكتيريا بدقة أكبر وتعزيز إمكانية توظيفه في التطبيقات الدوائية والغذائية.

9.3 مقارنة النتائج الحالية بالدراسات السابقة

بمقارنة نتائج الدراسة الحالية بالدراسات السابقة، يتضح أن المستخلص الإيثانولي أظهر نشاطًا مضادًا للبكتيريا مرتفعًا، إذ تراوحت أقطار مناطق التثبيط بين (22–29 ملم)، وهو ما يتوافق مع ما أشار إليه Dorantes et al. (2000) من فعالية مستخلصات الفلفل الحار ضد عدد من البكتيريا الممرضة، كما ينسجم مع نتائج Omolo et al. (2018) التي أوضحت أن النشاط المضاد للميكروبات يتأثر باختلاف طريقة الاستخلاص ونوع المستخلص. وفي المقابل، أظهر مستخلص ثنائي كلورو ميثان نشاطًا محدودًا، حيث لم تتجاوز أقطار التثبيط (0–11 ملم)، مما يؤكد تأثير نوع المذيب في كفاءة استخلاص المركبات الفعالة. كما تتوافق حساسية بكتيريا *Staphylococcus aureus* للمستخلص الإيثانولي مع ما توصلت إليه Setiawan et al. (2021) ، الذي أثبت وجود علاقة طردية بين تركيز الكابسيسين وفعاليته ضد هذه البكتيريا. وبصفة عامة، تشير هذه المقارنة إلى أن الكابسيسين المستخلص بالإيثانول من الفلفل الحار المتوافر في الأسواق الليبية يمتلك نشاطًا مضادًا للبكتيريا مماثلًا لما ورد في الأدبيات العلمية، مما يعزز إمكانية الاستفادة منه كمصدر طبيعي واعد في التطبيقات الغذائية والدوائية.

10 الخاتمة والتوصيات

أظهرت نتائج الدراسة أن مستخلص الكابسيسين المستخلص بالإيثانول باستخدام جهاز السوكسليت يتمتع بفاعلية مضادة للبكتيريا أعلى من مستخلص ثنائي كلورو ميثان، حيث حقق أقطار تثبيط تراوحت بين (22–29 ملم) ضد جميع العزلات البكتيرية المختبرة، في حين أظهر المستخلص البارد نشاطًا محدودًا تراوح بين (10–11 ملم) واقتصر على عدد أقل من

العزلات، دون أي تأثير على **Staphylococcus aureus**. وتؤكد هذه النتائج أن طريقة الاستخلاص ونوع المذيب يؤثران بصورة مباشرة في كفاءة استخلاص المركبات الفعالة، وأن الإيثانول يُعد المذيب الأكثر كفاءة لاستخلاص الكابسيسين والمركبات المصاحبة ذات النشاط المضاد للبكتيريا. كما تدعم الدراسة إمكانية الاستفادة من الكابسيسين المستخلص من الفلفل الحار الليبي كمصدر طبيعي واعد للمركبات المضادة للبكتيريا، بما يسهم في دعم الجهود الرامية إلى إيجاد بدائل أو مكملات للمضادات الحيوية التقليدية في ظل تزايد مقاومة الميكروبات.

وبناءً على ذلك، توصي الدراسة بإجراء بحوث مستقبلية لتحديد الحد الأدنى للتركيز المثبط (MIC) والحد الأدنى للتركيز القاتل (MBC) لمستخلص الكابسيسين، وإجراء توصيف كيميائي دقيق للمستخلص باستخدام تقنيات مثل **HPLC** أو **GC–MS** لتحديد تركيز الكابسيسين والمركبات المصاحبة، إلى جانب توسيع نطاق الدراسة ليشمل أصنافًا أخرى من الفلفل الحار ومذيبات استخلاص مختلفة للمقارنة.

كما توصي بتعزيز الاستفادة من الكابسيسين في التطبيقات الغذائية والدوائية، مع التأكيد على أهمية استهلاك الفلفل الحار باعتدال لتجنب آثاره الجانبية المحتملة.

المراجع

- Adaszek, Ł., Gadomska, D., Mazurek, Ł., Łyp, P., Madany, J., & Winiarczyk, S. (2019). Properties of capsaicin and its utility in veterinary and human medicine. *Research in Veterinary Science, 123*, 14–19. https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2018.12.002
- Ayariga, J. A., Abugri, D. A., Amrutha, B., & Villafane, R. (2022). Capsaicin potently blocks *Salmonella Typhimurium* invasion of Vero cells. *Molecules, 27*(9), 2696. https://doi.org/10.3390/molecules27092696
- Agila, F. E. S. (2026). Insecticidal effectiveness of seed and leaf oil extract of neem (Azadirachta indica) against larvae and adults of Anopheles stephensi. *Al-Farooq Journal of Sciences*, *2*(3), 429-441. https://doi.org/10.65405/7art8k02
- Dorantes, L., Colmenero, R., Hernández, H., Mota, L., Jaramillo, M. E., Fernández, E., & Solano, C. (2000). Inhibition of growth of some foodborne pathogenic bacteria by *Capsicum annuum* extracts. *International Journal of Food Microbiology, 57*(1–2), 125–128. https://doi.org/10.1016/S0168-1605(00)00216-6
- Fattori, V., Hohmann, M. S. N., Rossaneis, A. C., Pinho-Ribeiro, F. A., & Verri, W. A., Jr. (2016). Capsaicin: Current understanding of its mechanisms and therapy of pain and other pre-clinical and clinical uses. *Molecules, 21*(7), 844. https://doi.org/10.3390/molecules21070844
- Fuchtbauer, S., Mousavi, S., Bereswill, S., & Heimesaat, M. M. (2021). Antibacterial properties of capsaicin and its derivatives and their potential to fight antibiotic resistance: A literature survey. *European Journal of Microbiology and Immunology, 11*(1), 10–17. https://doi.org/10.1556/1886.2020.00028
- Goci, E., Haloci, E., Di Stefano, A., Chiavaroli, A., Angelini, P., Miha, A., Cacciatore, I., & Marinelli, L. (2022). Evaluation of *in vitro* capsaicin release and antimicrobial properties of topical pharmaceutical formulation. *Biomolecules, 12*(3), 386. https://doi.org/10.3390/biom12030386
- Hamron, A. M., Barakat, A. H., Qaed, H. M., & Emran, F. (2026). Evaluation of the antifungal efficacy of Salvia officinalis extract against some clinical oral candidiasis isolates: a comparative study with standard antifungals. *Al-Farooq Journal of Sciences*, *2*(1), 1242-1252. https://doi.org/10.65405/95gkdw08
- Omolo, M. A., Wong, Z. Z., Borh, W. G., Hedblom, G. A., Dev, K., & Bäumler, D. J. (2018). Comparative analysis of capsaicin in twenty-nine varieties of unexplored *Capsicum* and its antimicrobial activity against bacterial and fungal pathogens. *Journal of Medicinal Plants Research, 12*(29), 519–528. https://doi.org/10.5897/JMPR2018.6684
- Reyes-Escogido, M. de L., González-Mondragón, E. G., & Vázquez-Tzompantzi, E. (2011). Chemical and pharmacological aspects of capsaicin. *Molecules, 16*(2), 1253–1270. https://doi.org/10.3390/molecules16021253
- Rosca, A. E., Iesanu, M. I., Zahiu, C. D. M., Voiculescu, S. E., Pastaru, A. C., & Zagrean, A. M. (2020). Capsaicin and gut microbiota in health and disease. *Molecules, 25*(23), 5681. https://doi.org/10.3390/molecules25235681
- Setiawan, F., Wahjuningrum, D. A., Yudianto, A., Rahardhianto, A., Sunariani, J., & Bhardwaj, A. (2021). The inhibition effect of capsaicin extract against *Staphylococcus aureus*: An *in vitro* experimental study. *Journal of International Oral Health, 13*(4), 379–384. https://doi.org/10.4103/jioh.jioh_178_21
- Wang, F., Yong, X., Fu, L., Wang, Y., He, M., Zhao, L., & Liao, X. (2021). Extraction and pharmacological effects of capsaicin. *Food Science & Nutrition, 9*(2), 1201–1210. https://doi.org/10.1002/fsn3.2091

- Xiang, Q., Guo, W., Tang, X., Cui, S., Zhang, F., Liu, X., Zhao, J., Zhang, H., Mao, B., & Chen, W. (2021). Capsaicin—The spicy ingredient of chili peppers: A review of the gastrointestinal effects and mechanisms. *Trends in Food Science & Technology, 116*, 755–765. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.08.034
- Xuan, W., Minyu, L., Fengcai, L., Guanglong, W., Wenjun, Z., & Jiang, X. (2019). Synthesis of amide derivatives containing capsaicin and their antioxidant and antibacterial activities. *Journal of Food Biochemistry, 43*(12), e13049. https://doi.org/10.1111/jfbc.13049