African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 4, Issue 4, 2025
Page No: 449-461
Website: https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
ISI 2025: 1.126 **SJIFactor 2024: 6.752** **معامل التأثير العربي: 1.62**

Insecticidal efficacy and toxicity of petroleum ether extracts of some medicinal plants against adults of the red flour beetle *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae)

Rahma H. O. El-Delimy [1], Huda M. A. Ismail [2*]
[1,2] Department of Zoology, Faculty of Science, Sebha University, Sebha, Libya

الفاعلية الحشرية والسمية لمستخلص البثروليم إيثر لبعض النباتات الطبية ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية الحمراء *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera:Tenebrionidae)

رحمة حسن عمر الدليمي [1]، هدى محمود علي إسماعيل [2 *]
[2،1] قسم علم الحيوان، كلية العلوم، جامعة سبها، سبها، ليبيا

*Corresponding author: hud.ismail@sebhau.edu.ly

Received: August 25, 2025	Accepted: November 02, 2025	Published: November 16, 2025

Abstract:
This study aimed to investigate the insecticidal efficacy and toxicity of petroleum ether extracts from four medicinal plants: leaves of *Artemisia vulgaris* L., flower buds of *Syzygium aromaticum* L., fruits of *Capsicum annuum* L., and fruits of *Acacia nilotica* L. against adults of the red beetle flour *Tribolium castaneum* (Herbst) at different exposure periods (24 hours, 48 hours, and 7 days). The results indicated that all plant extracts exhibited significant insecticidal activity against the adult beetle, effectively influencing mortality rates. This efficacy was enhanced with increasing concentration and exposure duration, indicating a cumulative and progressive effect of the active compounds in these extracts over time. Furthermore, distinct variations in insecticidal potency were observed among the different extracts. The petroleum ether extract of *S. aromaticum* L. displayed the highest insecticidal efficacy, achieving mortality rates of 76.67% at a 2.0% concentration after 24 hours, which increased to 100% after 7 days of treatment. This was followed by the *A. vulgaris* L. extract, which yielded high mortality rates of 96.67% and 100% at concentrations 1.0% and 2.0%, respectively, after 7 days. The *C. annuum* L. extract demonstrated a moderate, time-dependent efficacy, reaching a mortality rate of 86.7% at the highest concentration 2.0% after 7 days. In contrast, the *A. nilotica* L. extract was the least effective, with a mortality rate not exceeding 63.3% at the highest concentration after 7 days. Additionally, these extracts exhibited marked toxicity against the adult beetles, as quantified by the calculated LC_{50} and LC_{90} values across different exposure periods. The toxic efficacy varied considerably depending on the extract type, The *S. aromaticum* was the most toxic, followed by *A. vulgaris* L. then the *C. annuum* L. extract, while the *A. nilotica* L. was the least toxic. Toxicity of all extracts increased with extended exposure duration, as evidenced by the progressive reduction in LC_{50} and LC_{90} values after 48 hours and 7 days of treatment.

Keywords: petroleum ether, Insecticidal Efficacy, Toxicity, plant extracts, Red flour beetle.

الملخص
هدفت هذه الدراسة إلى معرفة الفاعلية الحشرية والسمية لمستخلص البثروليم إيثر لأربعة نباتات طبية وهي أوراق الشيح (*Artemisia vulgaris* L.), والبراعم الزهرية للقرنفل (Syzygiumar *omaticum* L.), وثمار الفلفل الأحمر الحار (*Capsicum annuum* L.) , وثمار القرض (*Acacia nilotica* L.) ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية خلال

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فترات تعرض مختلفة (24 ساعة و48 ساعة و7أيام), أشارت النتائج بأن جميع المستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة أظهرت فاعلية حشرية واضحة ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية المستخدمة في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة, وتزداد هذه الفاعلية بزيادة التركيزوفترة التعرض مما يعكس طبيعة التأثير التراكمي والتدريجي للمركبات الفعالة في هذه المستخلصات بمرور الوقت , وكما لوحظ بأن هناك تباين واضح في قوة الفاعلية الحشرية بين المستخلصات المستخدمة, حيث أظهر مستخلص البثروليم إيثر للقرنفل أعلى فاعلية حشرية و بلغت نسبة الموت 76.67% عند تركيز 2.0% بعد 24 ساعة وارتفعت إلى 100% بعد 7 أيام من المعاملة, ويليه مستخلص الشيح الذي حقق نسب موت مرتفعة بلغت 96.67% و 100% عند تركيز 1.0% و2.0% على التوالي بعد 7أيام. أما مستخلص الفلفل الأحمر فقد أظهر فاعلية متوسطة ذات تأثير تصاعدي بمرور الوقت إذ بلغت نسبة الموت 86.7% عند أعلى تركيز 2.0% بعد 7أيام، بينما كان مستخلص القرض الأقل فاعلية بنسبة الموت لم تتجاوز 63.3% عند أعلي تركيز بعد 7أيام. كذلك أظهرت هذه المستخلصات تأثيراً سمياً واضحاً ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية وتمثل ذلك في قيم LC_{50} وLC_{90} المحسوبة خلال فترات التعرض المختلفة، وأن الفاعلية السمية لهذه المستخلصات اختلفت بوضوح باختلاف نوع المستخلص، حيث كان مستخلص القرنفل الاكثر سمية ويليه مستخلص الشيح ثم الفلفل الأحمر، بينما كان مستخلص القرض الأقل سمية. كما لوحظ أن سمية هذه المستخلصات ازدادت بزيادة فترة التعرض، وذلك من خلال الانخفاض التدريجي في قيم LC_{50} و LC_{90} بعد48 ساعة و7أيام من المعاملة.

الكلمات المفتاحية: البثروليم إيثر، الفاعلية الحشرية، السمية، المستخلصات النباتية، خنفساء الدقيق الصدئية.

1. مقدمة

تُعد الحبوب المخزونة من أهم السلع الغذائية الأساسية على مستوي العالم, إذ تمثل مصدرًا رئيسيًا للطاقة والبروتين لملايين البشر,غير أن هذه المنتجات تتعرض أثناء التخزين لإصابات حشرية خطيرة تؤدي إلى خسائر كمية ونوعية كبيرة, مما يشكل تهديداً مباشراً للأمن الغذائي خاصة في الدول النامية (Hagstrum and Subramanyam, 2009), وتعد خنفساء الدقيق الصدئية (Herbst) *Tribolium castaneum* من أبرز هذه الآفات الثانوية التي تصيب منتجات الحبوب المصنعة مثل الدقيق والنخالة مسببة تلفاً كيميائياً للغذاء نتيجة إفرازاتها من الكيتونات مما يؤدي إلي تغير الطعم والرائحة وتقليل الجودة, بالإضافة إلى دورها في نقل الفطريات وإنتاج السموم (Alsaadi, 2023), وقد اعتمدت طرق المكافحة التقليدية على المبيدات الكيميائية التي أثبتت فاعليتها السريعة في السيطرة على الآفات، إلا أن استخدامها أرتبط بعدة تحديات مثل ظهور سلالات مقاومة من الحشرات، وتراكم متبقيات سامة في المنتجات الغذائية بالإضافة إلى تأثيراتها السلبية على صحة الإنسان والبيئة (Pimentel, 2005; Elbrense et al., 2022). هذه الإشكاليات دفعت إلى البحث عن بدائل آمنة ومستدامة ضمن برامج الإدارة المتكاملة للآفات (IPM). في هذا الاتجاه برزت المستخلصات النباتية كخيار واعد نظراً لاحتوائها على مركبات فعالة نشطة مثل الفينولات، التربينات، الفلافونويدات، والقلويدات، والتي تمتلك تأثيرات متعددة على الحشرات تشمل السمية، الطرد، تثبيط التغذية، وإعاقة النمو والتكاثر ,.Regnault-Roger et al ; Isman, 2006) 2012) .

قد أظهرت العديد من الدراسات الحديثة فاعلية عالية للمستخلصات النباتية ضد آفات الحبوب المخزونة خاصة خنفساء الدقيق الصدئية, حيث أوضح Ahmed et al. (2024) أن مستخلصي قشر البصل والثوم أحدثا نسب نفوق مرتفعة في *T. castaneum* , كما بين Ghazal et al. (2023) أن لمستخلص الفلفل الأسود تأثيرا" قويا" على مراحل الحشرة المختلفة، وكما أشار Alshaibani et al. (2024) إلى أن مستخلص النعناع تسبب في نسبة موت بلغت 100% في الحشرات البالغة خلال فترة قصيرة, فيما أكد Ali et al. (2023) أن مستخلص الزعتر أظهر تأثيراً قاتلاً على حشرة *Sitophilus oryzae*، فيما بين Hassan et al. (2024) أن لمستخلص *Melia azedarach* تأثيراً مانعاً للتغذية ضد حشرة *Trogoderma granarium* , في حين أثبت Esber, (2023) أن المستخلص المائي للنبات ذاته تسبب في إبادة كاملة لحشرة *S. oryzae* خلال 24 ساعة. وكما أكد Al-Saoud, (2024) في دراسة قام بها إلى الفاعلية العالية لمستخلص الزنجبيل ضد يرقات *Tenebroides mauritanicus*.

جميع هذه الدراسات تؤكد أن المستخلصات النباتية تمتلك قدرة واعدة كمبيدات طبيعية آمنة سواء للاستخدام المباشر أو كجزء من تراكيب تكاملية ضد آفات الحبوب المخزونة. بناءًا على ذلك تهدف هذا الدراسة إلى معرفة الفاعلية الحشرية والسمية لمستخلص البثروليم إيثر لأربعة نباتات طبية وهي أوراق الشيح (*Artemisia vulgaris* L.), والبراعم الزهرية للقرنفل (*Syzygiumar omaticum* L.) ,وثمار الفلفل الأحمر الحار (*Capsicum annuum* L.),وثمار القرض (*Acacia nilotica L.*) ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية بهدف استكشاف فاعليتها كبدائل طبيعية آمنة وفعالة للمبيدات الكيميائية التقليدية في برامج الإدارة المتكاملة لمكافحة الآفات.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

2. المواد وطرق العمل Materials and Methods

1.2 تجهيز النباتات المستخدمة في الدراسة

تم جمع أوراق الشيح والبراعم الزهرية للقرنفل وثمار الفلفل الأحمر الحار وثمار القرض وتصنيفها جدول (1)، وغسلها وتجفيفها في الظل وبعد ذلك تم طحنها باستخدام خلاط كهربائي للحصول على مسحوق بودرة لهذه النباتات ومن ثم تم حفظه في أوعية محكمة الإغلاق لحين استخدامها في عملية الاستخلاص.

جدول (1): يوضح الاسم العربي والإنجليزي والعلمي والعائلة والجزء المستخدم من النباتات في الدراسة

ت	الاسم العربي	الاسم الإنجليزي	الاسم العلمي	العائلة	الجزء المستخدم في الدراسة
1	**الشيح**	Mugwort	*Artemisia vulgaris* L.	Asteraceae	الأوراق
2	**القرنفل**	Cloves	*Syzygiumar omaticum* L.	Myrtaceae	البراعم الزهرية
3	**الفلفل الأحمر الحار**	Red Chili pepper	*Capsicum annuum* L.	Solanaceae	الثمار
4	**القرض**	Babul	*Acacia nilotica* L.	Fabaceae	الثمار

2.2 تربية حشرة خنفساء الدقيق الصدئية

تم تجميع حشرة خنفساء الدقيق الصدئية من دقيق قمح مصاب وتصنيفها (Good, 1936), وتربيتها معملياً في درجة حرارة 28±2مº ورطوبة نسبية 70± 5% للحصول علي أجيال جديدة من الحشرة عن طريق وضعها في قناني تحتوى على وسط غذائي (بيئة التربية) مكون من 300 جم من دقيق قمح نظيف مضاف إليه 4 جم خميرة خبز و100جم حليب بودرة لزيادة القيمة الغذائية لوسط التربية, تم تغطية هذه القناني بقطعة من الشاش لضمان عدم خروج الحشرة, وكما تم تجديد الوسط كل شهر لتجنب نفاد المادة الغذائية (Bakhashwain and A lqurashi, 2010; Sokoloff, 1960).

3.2 عملية الاستخلاص

تمت عملية الاستخلاص بطريقة النقع Soaking حيث ثم وزن 100جم من مسحوق أوراق الشيح والبراعم الزهرية للقرنفل وثمار الفلفل الأحمرالحار وثمار القرض، ووضعها في زجاجات بنية اللون وأضيف إليها (1000مل) من مذيب البثروليم إيثر وقفلت بأحكام وتركت لمدة 72 ساعة مع الرج بأوقات ثابتة كل ست ساعات لمدة 10 دقائق وذلك لضمان حدوث تلامس تام بين المذيب والمكونات النباتية والحصول على أكبر قدر من المركبات الفعالة. بعد ذلك تمت عملية الترشيح للحصول على الراشح المحتوي على المواد الفعالة المستخلصة، وبعدها أجريت عملية التبخير التي تعمل على تبخير المذيب ليتبقي المستخلص المحتوي على المركبات الفعالة والذي يحفظ في زجاجات بنية محكمة الأقفال لحين استخدامه في تجهيز التراكيز المستخدمة في الدراسة (Azwanida et al., 2018) .

4.2 تجهيز التراكيز المستخدمة في الدراسة.

تم تجهيز التراكيز المستخدمة في الدراسة وهي 0.25 %و 0.5 % و 1.0% و2.0% وفق المعادلة عن (Harris, 2016).

$$\text{الحجم المطلوب} = \frac{\text{التركيز المطلوب} \times \text{الحجم المعلوم}}{\text{التركيز الاصلي}}$$

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

5.2 معاملة بالغات خنفساء الدقيق الصدئية بالمستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة.

في هذه التجربة تم معاملة بالغات خنفساء الدقيق الصدئية التي تم تربيتها معمليا " بالتراكيز المختلفة للمستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة كلا" على حدا, واستخدمت 30 بالغة لكل تركيز من التراكيز المستخدمة 0.25% و 0.5% و 1.0%و 2.0 % بمعدل ثلاثة تكرارات لكل تركيز. حيث تم وضع البالغات في أطباق بتري ورشها بالتراكيز المختلفة للمستخلصات النباتية المستخدمة وتركت لتجف في الهواء كما تم رش عدد مماثل من البالغات بمذيب البثروليم إيثر فقط لغرض المقارنة (كنترول). و بعد ذلك ثم وضع البالغات المعاملة بالتراكيز المختلفة لكل مستخلص والمعاملة بمذيب البثروليم إيثر فقط في أطباق بتري تحتوي علي 4 جم من بيئة التربية وكما تم تغطية الأطباق لمنع خروج الحشرة مع عمل ثقوب دقيقة في الأغطية باستخدام إبرة لضمان دخول الهواء وبعد ذلك تم تسجيل نسبة الموت بعد 24 و 48 ساعة و7 أيام من المعاملة .

6.2 التحليل الإحصائي

تم تحليل النتائج باستخدام تحليل التباين الثلاثي (Three-way ANOVA) لحساب المتوسطات والانحرافات المعيارية و اختبارLSD لمعرفة أقل فرق معنوي عند مستوي 0.05 وكما تم حساب قيم LC_{50} وLC_{90} باستخدام نموذج Probit الإحصائي.

3. النتائج والمناقشة Results and Discussion

1.3 الفاعلية الحشرية للمستخلصات النباتية المستخدمة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 24 ساعة من المعاملة.

أظهرت جميع المستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة فاعلية حشرية واضحة ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة بعد مرور 24 ساعة من المعاملة جدول (2), وهذه الفاعلية زادت بزيادة التركيز شكل (1), حيث لوحظ بأن هناك علاقة طردية واضحة بين زيادة التركيز وفاعلية المستخلص وارتفاع نسب الموت ,حيث كلما زاد التركيز زادت فاعلية المستخلص وارتفعت نسبة الموت جدول (2) , وهذه النتيجة تتفق مع أشار إليه Isman, (2006) على أن تركيز المستخلص النباتي يعد محددًا رئيسيًا لفعاليته الحشرية, وكما أكد (Regnault-Roger et al. (2012 من أن الفاعلية الحشرية للمستخلصات النباتية ترتبط مباشرة بتركيز المكونات النشطة المستخلصة, وكما أظهرت النتائج في جدول(2) بأن هناك تباين واضح في قوة فاعلية هذه المستخلصات في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة ويرجع هذا التباين في الفاعلية إلى الاختلاف في نوعية وكمية المركبات الفعالة التي تحتويها هذه النباتات, حيث كان مستخلص البثروليم أيثر للبراعم الزهرية للقرنفل الأعلى فاعلية حشرية في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة, وتراوحت نسب الموت بين 44.67 % عند تركيز 0.25 % و76.67% عند تركيز2.0 % مقارنة بالشاهد 0.00 % مع وجود فروق معنوية عالية جداً بين التراكيز (P=0.0005 ,F=18.92) جدول (2), مما يشير إلى قوته وسرعة تأثيره وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه Ullah et al. (2024) بأن زيت القرنفل سبب نسبة موت مرتفعة (86.6 %) ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية خلال 24 ساعة. وكما أوضح Tapondjou et al. (2002) بأن زيت القرنفل من أقوي الزيوت الطيارة فاعلية ضد آفات المخازن. ترجع هذه الفاعلية العالية للقرنفل إلى احتوائه على نسبة مرتفعة من مركب الأوجينول (Eugenol) الذي يؤثر بشكل مباشر على الجهاز العصبي والتنفسي للحشرات, حيث يعمل على تثبيط أنزيم الأستيل كولين إستريز(AchE) المسؤل عن نقل الإشارات العصبية مما يؤدي إلى شلل سريع يعقبه الموت. إضافة إلى ذلك يعمل مركب الأوجينول على تثبيط الإنزيمات التنفسية ويقلل من استهلاك الأوكسجين مما يسبب اختناقاً تدريجياً يؤدي إلى موت الحشرة (Khan et al., 2024), حيث أشار Rahman et al. (2023) بأن مركب الأوجينول Eugenol تسبب في شلل وموت سريع بنسبة 94% في خنفساء الدقيق الصدئية خلال 24 ساعة, وكما بين Elbrense et al. (2022) أن الأوجينول أحدث تلف في أغشية القصبات الهوائية للحشرة وأدى إلى انخفاض في استهلاك الأوكسجين بنسبة 68% خلال ساعات قليلة. أما مستخلص البثروليم ايثر لأوراق الشيح فقد جاء في المرتبة الثانية بعد مستخلص القرنفل في التأثير علي نسب الموت للبالغات المعاملة ,حيث أظهر أيضاً فاعلية حشرية مرتفعة ضد البالغات المعاملة ولكن بمعدل أقل من مستخلص القرنفل, وتراوحت نسب الموت بين 30% عند تركيز 0.25% و60% عند تركيز 2.0% مقارنة بالشاهد 0.00% مع وجود فروق معنوية قوية بين التراكيز (P=0.0012,F=15,67) جدول (2), وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل Chaieb et al. (2018) بأن الزيوت الطيارة لثلاثة أنواع من الشيح أظهرت فاعلية قوية ضد خنفساء الدقيق الصدئية وسببت نسبة موت مرتفعة وكذلك أشار Ebadaollahi et al. (2024) من أن زيت الشيح *Artemisia fragrans* أظهر فاعلية عالية ضد الخنفساء المتشابهة *Tribolium confusum*. وترجع هذه الفاعلية العالية لشيح إلى احتواءه على مركبات طيارة مثل التوجون (Thujone) والكافور (Camphor) ذات التأثير السام والمباشر على الجهاز العصبي للحشرة, حيث أوضح Abdelgaleil et al. (2009) بأن هذه المركبات أدت إلى موت سريع في كل من خنفساء الدقيق الصدئية وسوسة الأرز خلال 24 ساعة, وكما أكد Karaboorklu and Ayvaz, (2023) بأن مركبات Eugenol و Camphor و Limonene أظهرت نشاطاً مبيداً للحشرات في تجارب السمية بالتبخير والتلامس. بينما أظهر مستخلص البثروليم إيثر لثمار الفلفل الأحمر

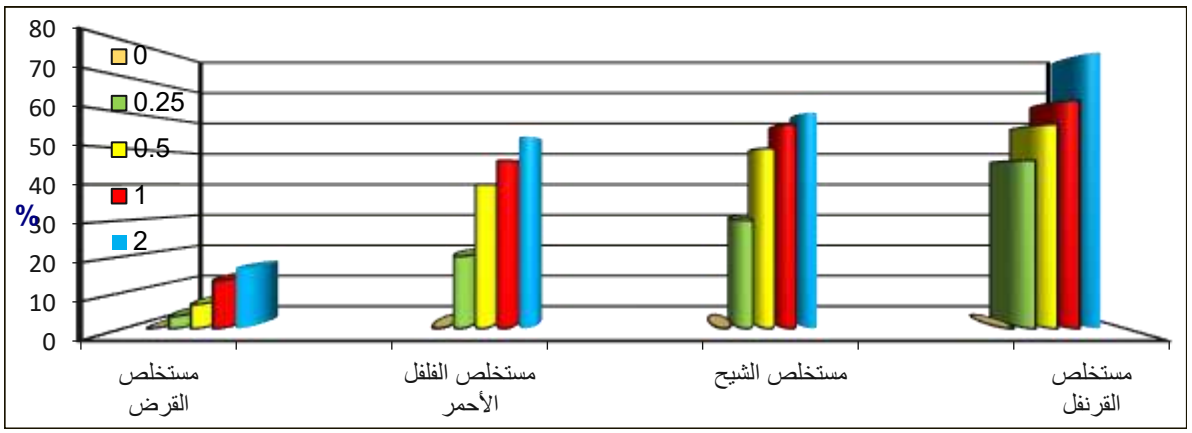
 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

فاعلية حشرية متوسطة في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة مقارنة بمستخلص البثروليم إيثر للقرنفل والشيح,حيث تراوحت نسب الموت بين 20 % عند تركيز0.25 % و 53.33% عند تركيز 2.0% مع وجود فروق معنوية بين التراكيز (P=0.0043, F=9.84) (جدول2), مما يشير إلى وجود تأثير سام واضح وهذا يتفق مع ما توصل إليه Pumnuon et al. (2022) و Scott et al. (2004) بأن مستخلصات الفلفل أظهرت فاعلية ضد العديد من الآفات الحشرية خلال 24 ساعة, وترجع هذه الفاعلية إلى احتوائه على مركب الكابسيسين (Capsaicin) الذي يعمل على تعطيل النقل العصبي مسبباً فقداناً تدريجياً للحركة يعقبه الموت. حيث أوضح Ancy et al. (2023) أن الكابسيسين أظهر نشاطاً مبيداً للحشرات في الحبوب المخزونة, وكما أكد Ngo et al. (2017) أن الكابسيسين أظهرت نشاطا حشرياً عالياً ضد *Tenebrio molitor* و *Zophobas morio* وتسبب في نسبة موت تراوحت بين 95-100% . في حين كان مستخلص البثروليم ايثر لثمار القرض الأقل فاعلية حشرية بين جميع المستخلصات المستخدمة في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة بعد 24 ساعة من المعاملة, وتراوحت نسب الموت بين 3.33% عند تركيز 0.25 % و 16.67% عند أعلى تركيز 2.0%, وكما لم تظهر أى فروق معنوية بين التراكيز (P=0.267, F=1.56) جدول(2) , هذه النتيجة تتعارض مع ما توصل إليه Baeshen and Baz (2023) بأن مستخلصات القرض أظهرت فاعلية مرتفعة ضد يرقات البعوض *Culex pipiens* و *Aedes aegypti* خلال 24 ساعة, وكذلك مع ما أشار إليه ViveKanandhan et al. (2024) بأن الزيت العطري للقرض أظهر نشاطاً حشرياً ضد العديد من الآفات الحشرية, وقد ترجع قلة فاعلية مستخلص القرض إلى انخفاض محتواه من المركبات الفعالة سريعة التأثير أوضعف قابليتها لاختراق جسم الحشرة أو ربما إلى أن نشاطه البيولوجي بطيء المفعول ويتطلب مدة أطول أو تراكيز أعلى لظهور التأثير حيث أشار Baz et al. (2024) بأن مستخلصات القرض أظهرت فاعلية ضد يرقات العمر الرابع لبعوض *C. pipiens* بعد 48 ساعة وخاصة عند التركيزات العالية.

جدول (2): يوضح الفاعلية الحشرية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 24 ساعة من المعاملة.

المستخلص المستخدم	نسبة الموت بعد 24 ساعة التراكيز المستخدمة(%)					F-value	P-value	الدلالة المعنوية
	0	0.25	0.5	1.0	2.0			
	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD			
القرنفل	±0.00 0.00	5.77± 46.67	5.77±56.67	5.77±63.33	5.77±76.67	18.92	0.0005	***
الشيح	±0.00 0.00	±30.00 10.00	10.00±50.00	5.77±56.67	10.00±60.00	15.67	0.0012	**
الفلفل الأحمر	0.00±0.00	10.00±20.00	10.00±40.00	5.77±46.67	5.77±53.33	9.84	0.0043	**
القرض	0.00±0.00	5.77 ±3.33	5.77 ±6.67	5.77±13.33	11.55±16.67	1.56	0.267	NS

***Significant at the 0.001 level. **Significant at the 0.01 level. *Significant at the 0.05 level.
NS :Non-Significant.



شكل (1): يوضح الفاعلية الحشرية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 24 ساعة من المعاملة.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

2.3 الفاعلية الحشرية للمستخلصات النباتية المستخدمة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 48 ساعة من المعاملة

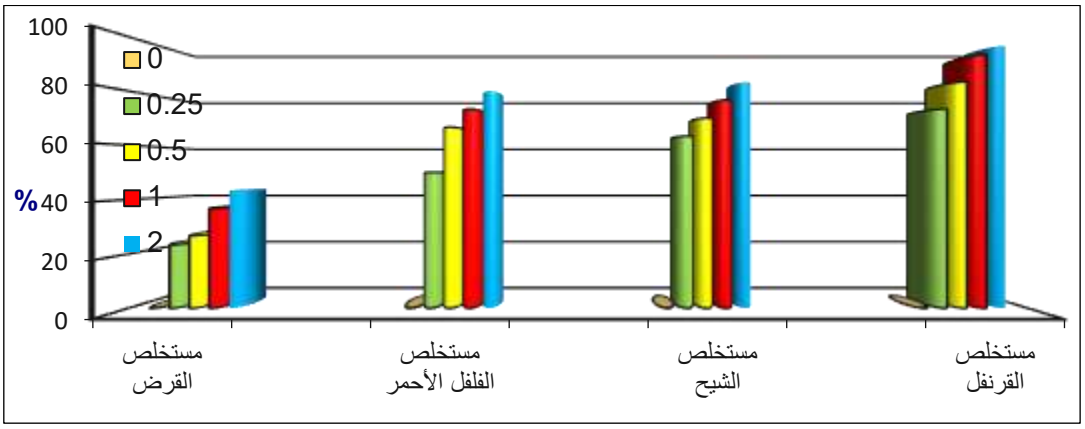
أشارت النتائج في جدول (3) بأن جميع المستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة استمرت فاعليتها في التأثير على نسب الموت للبالغات المعاملة بعد 48 ساعة, وهذه الفاعلية ازدادت بشكل ملحوظ مقارنة ب 24 ساعة شكل (2),مما يعكس طبيعة التأثير التراكمي والتدريجي للمركبات الفعالة في هذه المستخلصات مع زيادة فترة التعرض, وهذا يتفق مع ما أشار إليه Isman, (2006) بأن طول فترة التعرض تزيد من قدرة المركبات الفعالة للمستخلص على النفاذ لجسم الحشرة وتراكمها داخل أنسجتها مما يؤدي إلى موتها التدريجي, وكما أكد Isman, (2020 a) بأن المبيدات النباتية غالبا" ما تظهر تأثيراً متصاعدة بمرور الوقت , وكما أوضح كل من Ratten, (2010) و Paelve et al. (2016) على أن فترة التعرض تمثل عاملاً محدداً في قوة التأثير البيولوجي للمستخلصات حيث تحتاج المركبات النشطة في المستخلص إلى مدة أطول نسبياً لإحداث التأثير القاتل مما يتطلب فترات تقيم تتجاوز 24 ساعة لضمان دقة تقدير الفاعلية البيولوجية للمستخلصات, وهذا ما أكدته النتائج في جدول (3) حيث ارتفعت نسبة الموت لمستخلص البثروليم إيثر للقرنفل إلى 93.33% عند تركيز 1.0% و 96.67% عند تركيز 2.0% بعد 48 ساعة مقارنة ب 24 ساعة مما يؤكد فاعليته العالية والممتدة كمبيد حشري سريع التأثير وهذه النتيجة تتفق مع ما أشار إليه Atta et al. (2020) بأن مستخلص القرنفل يمتلك فاعلية مرتفعة ضد خنفساء الدقيق الصدئية خصوصا "مع زيادة التركيز وفترة التعرض, وكما أوضح Isman, (2020 b) أن مركب الأوجينول في القرنفل يسبب شللاً عصبياً تدريجياً يؤدي إلى ارتفاع معدلات الموت مع مرور الوقت, وكذلك بين Lo Pino and Agro, (2021) بأن زيت القرنفل حقق أعلى نسبة نفوق في حشرة من القطن *Aphis gossypii* بعد 48 ساعة من المعاملة مقارنة بزيوت نباتية أخرى, أما مستخلص البثروليم إيثر لأوراق الشيح فقط زادت أيضاً فاعليته الحشرية زيادة ملحوظة بعد 48 ساعة من المعاملة وأظهر نمطاً تراكمياً واضحاً وارتفعت نسبة الموت إلى 63.33% و76.67%عند تركيز 0.5% و1.0% على التوالي و 83.33% عند أعلى تركيز 2.0% جدول(3), وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه Delimi et al. (2017) بأن المركبات الفعالة في الشيح تمتلك قدرة عالية على النفاذ التدريجي لجسم الحشرة والارتباط بالمستقبلات العصبية وتثبيطها بشكل تدريجي مما يؤدي إلى تأثيرات تراكمية مميتة تزداد بمرور الوقت. وكما أشار Abdelali et al. (2023) إلى أن الزيت العطري لشيح الأبيض *Artemesia herba-alba* سبب نسبة موت عالية بلغت 93.33% في يرقات بعوض *C. pipiens* بعد 48 ساعة من المعاملة. كذلك زادت فاعلية مستخلص الفلفل الأحمر بزيادة فترة التعرض و ارتفعت نسبة الموت من 53.33% عند تركيز 2.0 % بعد 24 ساعة إلى 80% عند تركيز 2.0% جدول (3) , وهذا يؤكد ما توصل إليه Gudeva et al. (2013) koieva- بأن مركب الكابسيسين في الفلفل يمتلك تأثير مزدوج حيث يعمل كمبيد قاتل مباشر بالإضافة إلى كونه مثبط للتغذية وطارد للحشرات مما يسبب إنهاك تدريجي للحشرة ينتهي بالموت مما يزيد من فاعليته مع مرور الوقت. إما مستخلص القرض فقد ظل الأقل فاعلية بين المستخلصات حتى مع زيادة فترة التعرض، حيث بلغت نسبة الموت 36.33 % عند تركيز1.0% و 43.33% عند تركيز 2.0% جدول (3). وقد يرجع ذلك إلى بطء تأثيره والمركبات الفعالة فيه قد تحتاج فترة أطول لإظهار فاعليتها الحشرية ويعزز ذلك ما أشار إليه Abbassy et al. (2018) بأن مستخلص قرون القرض أظهر فاعلية مرتفعة ضد يرقات Ceratitis *capitata* بعد 8 أيام من المعاملة ووصلت نسبة الموت إلى 93.3%عند تركيز 200ppm.

جدول(3): يوضح الفاعلية الحشرية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 48 ساعة من المعاملة.

المستخلص المستخدم	نسبة الموت بعد 48 ساعة					F-value	P-value	الدلالة المعنوية
	التراكيز المستخدمة(%)							
	0	0.25	0.5	1.0	2.0			
	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD			
القرنفل	0.00±0.00	11.55±73.33	5.77±83.33	5.77±93.33	5.77±96.67	8.45	0.005	**
الشيح	0.00±0.00	15.28±63.33	10.00±70.00	5.77±76.67	5.77±83.33	3.12	0.082	NS
الفلفل الأحمر	0.00±0.00	10.00±50.00	10.00±66.67	5.77±73.33	10.00±80.00	5.78	0.016	*
القرض	± 0.00 0.00	11.55±23.33	15.28±26.67	11.55±36.67	20.82±43.33	1.23	0.348	NS

***Significant at the 0.001 level. **Significant at the 0.01 level. *Significant at the 0.05 level. NS: Non-Significant.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



شكل(2): يوضح الفاعلية الحشرية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 48 ساعة من المعاملة.

3.3 الفاعلية الحشرية للمستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T.castaneum* بعد 7 أيام من المعاملة

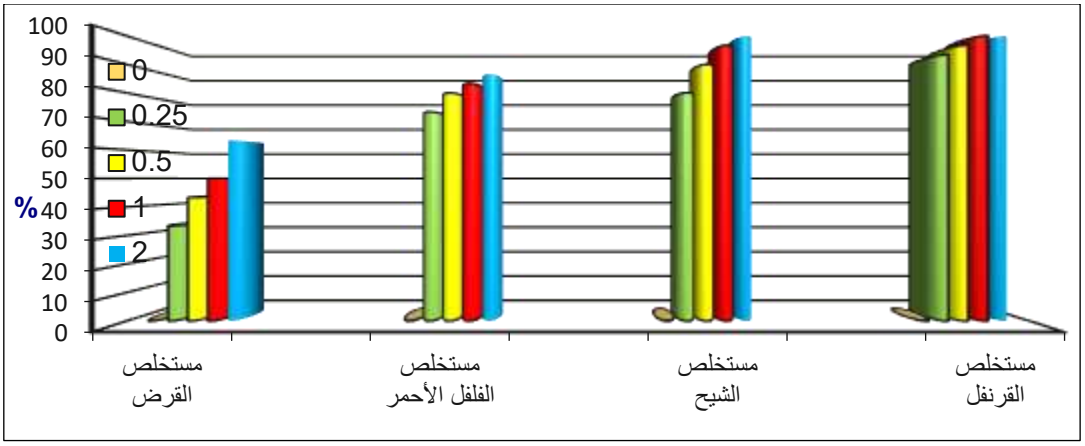
أشارت النتائج في جدول (4) بأن جميع المستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة زادت فاعليتها زيادة كبيرة بعد 7أيام من المعاملة مقارنة بفاعليتها بعد 24 و48 ساعة شكل(3), يرجع ذلك إلى الطبيعة التراكمية للمركبات الفعالة في هذه المستخلصات, والتي لا تحدث تأثير سمي مباشر كما في المبيدات الكيميائية سريعة المفعول بل تعتمد على آلية تراكمية و تأثيرات فيزيولوجية مؤجلة تؤثر على عمليات حيوية أساسية في الحشرة مثل التغذية الهضم, التنفس، التمثيل الغذائي و النمو مما يؤدي تدريجياً إلى اضطرابات في وظائفها الحيوية تؤثر على الحياة ثم في النهاية تؤدي إلى الوفاة (Rattan,2010 ; Isman,2006) , وكما أكد (Ahmad, (2019 و Al-Sharook, (2021) على أن استمرار التعرض أو التغذية على المادة المعاملة يساهم في تراكم المادة الفعالة داخل أنسجة الحشرة مما يعرقل وظائفها الحيوية تدريجيا" ويضعف من كفاءتها الحيوية و يؤدي بها في النهاية إلى الموت. وهذا ما لوحظ من خلال النتائج في جدول (4), حيث زادت نسبة الموت في مستخلص القرنفل إلى 100% عند تركيز 1.0% و2.0% بعد 7 أيام من المعاملة, مما يؤكد فاعليته التراكمية القوية والمستمرة في أحداث التأثير القاتل, وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Gaber et al. (2021) بأن مسحوق براعم القرنفل أدي إلى موت كامل (100 %) لبالغات سوسة الحبوب *Sitophilus granaries* بعد 7أيام من المعاملة, وكذلك مع ما بينه Elbernse et al. (2022) بأن زيت القرنفل له فاعلية قوية في أحداث نسب مرتفعة من النفوق في بالغات خنفساء الصدئية بعد 7 أيام من المعاملة. كذلك زادت فاعلية مستخلص الشيح لتصل نسبة الموت إلى 96.67% عند تركيز 1.0% و100% عند تركيز2.0 % جدول (3), وهذا يتفق مع ما أشار اليه Amara et al. (2024) بأن الزيت العطري لشيح الأبيض *Artemisia herba-alba* يمتلك نشاطا" قاتلا" ضد آفات الحبوب المخزونة *T. castaneum* و *Sitophilus zeamais* ومتزايد بمرور الوقت نتيجة تأثيره التراكمي وتداخله مع العمليات الأيضية للحشرة مما يؤدي إلى الموت التدريجي والمتأخر. أما مستخلص الفلفل الأحمر فقد استمرت فاعليته التراكمية ووصلت نسبة الموت إلى 86.67 % عند أعلى تركيز 2.0% بعد 7أيام من المعاملة جدول (4) , مما يؤكد على تأثيره التراكمي بمرور الوقت ويعود ذلك إلى احتوائه على مركبات الكابسايسينويدات وعلى رأسها الكابسيسين التي تحدث اضطرابات أيضية وسلوكية متراكمة تؤثر على الحشرات بمرور الوقت وتؤدي إلى نفوقها (Ng et al., 2017). بينما أظهر مستخلص القرض فاعلية بطيئة نسبياً إلا أن تأثيره تزايد تدريجياً بعد 7 أيام مقارنة ب24 و 48 ساعة, حيث تراوحت نسبة الموت بين 43.33 % عند تركيز 0.5 % و63.33 % عند تركيز2.0% جدول (3), ويعكس ذلك طبيعة تأثيره التدريجي والمتزايد بمرور الوقت, وهذا يتفق مع ما أشار إليه Abbassy et al. (2018) من أن المستخلص الإيثانولي لثمار القرض أظهر نشاطاً حشرياً قاتلاً و متزايداً بمرور الوقت ضد بالغات ذبابة الفاكهة *Ceratiti captitis* حيث ارتفعت نسبة الموت من 33.3% بعد 24 ساعة عند تركيز 200 ppm إلى86.7 % بعد 72 ساعة ووصلت إلى 100% بعد 5أيام من المعاملة عند نفس التركيز مما يؤكد بأن مستخلص القرص يتطلب فترة أطول نسبيا" لإظهار فاعليته.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

جدول (4): يوضح الفاعلية الحشرية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 7أيام من المعاملة.

المستخلص المستخدم	نسبة الموت بعد 7أيام (التراكيز المستخدمة(%))					F-value	P-value	الدلالة المعنوية
	0	0.25	0.5	1.0	2.0			
	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD	المتوسط± SD			
القرنفل	0.00±0.00	5.77±93.33	5.77±96.67	0.00±100	0.00±100	4.24	0.037	*
الشيح	0.00±0.00	10.00±80.00	86.67 5.77±	5.77±96.67	0.00±100	12.58	0.0018	**
الفلفل الأحمر	0.00±0.00	5.77±73.33	5.77±76.67	5.77±83.33	5.77±86.67	6.92	0.009	**
القرض	±0.00 0.00	5.77±33.33	5.77±43.33	10.00±50.00	20.82±63.33	2.89	0.092	NS

***Significant at 0.001 level. **Significant at 0.01 level. *Significant at 0.05 NS :Non-Significant.



شكل (3): يوضح الفاعلية الحشرية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum* بعد 7أيام من المعاملة

4.3 الفاعلية السمية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum*.

أشارت النتائج في جدول (5) بأن المستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة أظهرت تأثيراً سمياً واضحاً ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية بعد 24 و48 ساعة و7أيام من المعاملة, وتمثل ذلك في قيم LC_{50} وLC_{90} خلال فترات التعرض المختلفة, وهذه الفاعلية السمية لهذه المستخلصات اختلفت بوضوح تبعا لنوع المستخلص, حيث كان مستخلص البثروليم إيثر للقرنفل الأعلى سمية ويليه مستخلص الشيح ثم مستخلص الفلفل الأحمر حيث بلغت قيم LC_{50} وLC_{90} على التوالي 0.38% و1.82 % لمستخلص القرنفل و1.25% و4.32 % لمستخلص الشيح و2.15% و8.41 % لمستخلص الفلفل الأحمر بعد 24 ساعة من المعاملة, وفي المقابل كان مستخلص القرض الأقل سمية حيث بلغت قيم LC_{50} وLC_{90} 16.6%و35.2% عند نفس فترة التعرض جدول(5), وهذه النتيجة تتفق مع ما توصل إليه Elbrense et al. (2022) بأن الزيوت العطرية للقرنفل والثوم والكافور والخردل أظهرت سمية مرتفعة ضد خنفساء الدقيق الصدئية وكان زيت القرنفل الأعلى سمية ويليه الثوم ثم الكافور والخردل, وكذلك بين Ismail and El-Delimy, (2017) بأن المستخلصات الإيثانولية للقرنفل والثوم والفلفل الأحمر و الأسود أحدثت تأثيرات سمية واضحة ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية وكان مستخلص القرنفل الأعلى سمية ويليه مستخلص الثوم ثم مستخلص الفلفل الأحمر والفلفل الأسود, وكما لوحظ أن سمية هذه المستخلصات تزداد مع زيادة فترة التعرض للمستخلص وذلك من خلال الانخفاض التدريجي لقيم LC_{50} وLC_{90} بعد 48ساعة و7أيام من المعاملة, وهذه النتيجة تتفق مع ما أشار إليه Tripathi et al. (2009) إلى أن زيادة زمن التعرض تؤدي إلى انخفاض تدريجي في قيم LC_{50} مما يعكس زيادة فاعلية المادة النشطة نتيجة تراكمها داخل الأنسجة الحيوية

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

للحشرة, وكذلك أشار Rani et al, (2021) في دراسة قام بها إلى أن العديد من المستخلصات النباتية أظهرت كفاءة سمية عالية في التأثير على الحشرات بعد 72 ساعة من المعاملة مقارنة بـ 24 ساعة , حيث انخفضت قيم LC_{50} وLC_{90} لمستخلص القرنفل إلى 0.17 % و0.52% بعد 48 ساعة وواصلت الانخفاض بشكل تدريجي وحاد لتصل إلي 0.06 % و0.015 % بعد 7 أيام من المعاملة جدول(5)، مما يدل على أن مستخلص البثروليم إيثر للقرنفل يمتلك تأثيراً تراكمياً قوياً تزداد سميته بزيادة فترة التعرض, ويرجع ذلك إلى السمية العالية لمركب الأوجينول المكون الرئيسي فيه, وهذا يتفق مع ما أشار إليه Obeng-Ofri and Reichmuth, (1997) بأن مركب الأوجينول أظهر سمية عالية اتجاه أربعة أنواع من خنافس الحبوب المخزونة مع تزايد تأثيره بزيادة فترة التعرض, كذلك ازدادت سمية مستخلص البثروليم إيثر لشيح مع زيادة فترة التعرض ولكن بمعدل أقل من مستخلص القرنفل حيث بلغت قيم LC_{50} وLC_{90} 2.71% و2.07% بعد48 ساعة ثم انخفضت إلى 0.19% و0.85 % بعد 7أيام جدول (5) , وهذا يتفق مع ما أشار إليه Isman, (2006) بأن الزيوت الطيارة للقرنفل والشيح تحتوي على مركبات فعالة مثل Eugenol وThujone ذات تأثير سام على الجهاز العصبي للحشرات إلا أن الزيوت الطيارة للشيح أقل ثباتاً في الظروف البيئية مما يقلل من فاعليتها البيولوجية مقارنة بزيوت القرنفل. وكما ازدادت أيضاً سمية مستخلص الفلفل الأحمر تدريجياً مع زيادة فترة التعرض حيث وصلت قيم LC_{50} وLC_{90} إلى 0.16% و 0.54 % بعد 7 أيام من المعاملة, إلا أن سميته ظلت أقل من مستخلصي القرنفل والشيح ويعزي ذلك إلى أن مركب الكابيسين يحتاج إلى وقت أطول لإحداث تأثيره السمي الكامل إذ يعمل من خلال تحفيز المستقبلات الحسية والتسبب في شلل تدريجي (Scott et al., 2004). أما مستخلص القرض فقد أظهر أقل فاعلية سمية بين المستخلصات المستخدمة وفي جميع فترات التعرض حيث بلغت قيم LC_{50} وLC_{90} 2.68 % و5.47% بعد 7 أيام مما يعكس انخفاض قدرته السمية المباشرة وقد يرجع ذلك إلى طبيعة مركباته الفعالة التي تحتاج إلى وقت أطول لإظهار تأثيرها, حيث تعمل كمثبطات للتغذية أكثر من كونها سموماً عصبية مباشرة لجهاز العصبي على عكس المركبات الفعالة في القرنفل والشيح والفلفل الأحمر وهذا يتفق مع ما أشار إليه Hagerman and Butler, (1991) بأن مركبات الفعالة (التانينات) الموجودة في القرض تعمل كمثبطات للتغذية من خلال الارتباط بالبروتينات في القناة الهضمية للحشرات و تثبيط الأنزيمات الهاضمة مما يجعل تأثيرها بطيئاً وفاعليتها أقل مقارنة بالمستخلصات الأخرى.

جدول (5): يوضح الفاعلية السمية لمستخلصات البثروليم إيثر للنباتات المستخدمة في الدراسة ضد بالغات *T. castaneum* بعد24 و48 ساعة و7أيام من المعاملة.

المستخلص	الفاعلية السمية بعد 24 ساعة				الفاعلية السمية بعد 48 ساعة				الفاعلية السمية بعد 7أيام			
	LC_{50}	LC_{90}	Slope	Intercept	LC_{50}	LC_{90}	Slope	Intercept	LC_{50}	LC_{90}	Slope	Intercept
القرنفل	0.38	1.82	2.14	4.62	0.17	0.52	3.21	5.35	0.06	0.15	5.42	7.83
الشيح	1.25	4.32	1.58	3.72	0.64	2.71	2.07	4.25	0.19	0.85	2.93	5.18
الفلفل الأحمر	2.15	8.41	1.27	3.15	0.73	2.38	1.86	4.38	0.16	0.54	2.71	5.63
القرض	16.6	35.2	0.52	2.18	4.8	18.6	0.83	3.12	2.68	5.47	1.05	3.72

4. الاستنتاجات Conclusion

- أشارت النتائج بأن جميع المستخلصات النباتية المستخدمة في الدراسة أظهرت فاعلية حشرية واضحة ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية وهذه الفاعلية تزداد بزيادة التركيز ومدة التعرض.
- هناك تباين واضح في قوة الفاعلية الحشرية بين المستخلصات المستخدمة، حيث كان مستخلص البثروليم إيثر للبراعم الزهرية للقرنفل الأعلى فاعلية ويليه مستخلص أوراق الشيح ثم مستخلص ثمار الفلفل الأحمر بينما مستخلص ثمار القرض كان الأقل فاعلية.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

- أظهرت هذه المستخلصات تأثيراً سمياً واضحاً ضد بالغات خنفساء الدقيق الصدئية وتمثل ذلك في قيم LC_{50} وLC_{90} خلال فترات التعرض المختلفة.
- أوضحت نتائج السمية (LC_{50} و LC_{90}) أن مستخلص القرنفل هو الأكثر سمية ويليه أوراق الشيح ثم مستخلص ثمار الفلفل الأحمر أما مستخلص القرض فكان الأقل سمية مما يعكس ضعف قدرته على أحداث تأثير مباشر وسريع.
- سمية هذه المستخلصات تزداد بزيادة فترة التعرض، وذلك من خلال الانخفاض التدريجي في قيم LC_{50} و LC_{90} بعد48 ساعة و7أيام من المعاملة.

5. التوصيات Recommendations

- تشجيع على استخدام المستخلصات النباتية الفعالة مثل القرنفل والشيح كبدائل طبيعية للمبيدات الكيميائية لما أظهرته من فاعلية عالية في مكافحة خنفساء الدقيق الصدئية.
- عزل المركبات الفعالة من النباتات المدروسة ودراسة أمكانية استخدامها في أنتاج مبيدات نباتية مركزة ذات تأثير سريع المفعول وطويل الأمد.
- أجراء دراسات تطبيقية تحت الظروف الحقلية وفي مخازن الحبوب الفعلية لتقيم فاعلية هذه المستخلصات في بيئات عملية حقيقية قبل اعتمادها في برامج مكافحة الآفات.
- أجراء دراسات أكثر على نبات القرض باستخدام تراكيز أعلى وفترات تعرض أطول لمعرفة ما أذا كان بإمكانه أن يظهر فاعلية أكبر.
- دمج المستخلصات النباتية ضمن برنامج الإدارة المتكاملة للآفات (IPM),حيث يمكن استخدامها مع وسائل أخرى كالطرق الفيزيائية والبيولوجية للحصول على فاعلية مستدامة التقليل من فرص ظهور المقاومة الحشرية لها.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

6. المراجع References

[1] Abbassy, M.M.S., Ibrahim, H.Z. and Gab Alla, M.A.A. (2018). Evaluating the insecticidal and fungicidal efficiency of Acacia nilotica pods extract. Journal of Plant Protection and Pathology, Mansoura University, 9(5), pp. 283–289.

[2] Abdelgaleil, S.A.M., Mohamed, M.I.E., Badawy, M.E.I. and El-Arami, S.A.A. (2009). Fumigant and contact toxicities of monoterpenes against Sitophilus oryzae and Tribolium castaneum. Journal of Pest Science, 82(1), pp. 69–76.

[3] Abdeiali, S.K., Souttou, K., Eiassani, M.K., Aissaoui, L. and Bendachou, H. (2023). Chemical composition of Artemisia herba-alba essential oil and its larvicidal and pupicidal effects against Culex pipiens (Diptera: Culicidae). Actualidades Biológicas, 45(118), pp. 01–12.

[4] Ahmad, M., Ghaffar, A. and Razaq, M. (2019). Toxic and repellent effects of plant extracts on Tribolium castaneum. Pakistan Journal of Zoology, 51(1), pp. 211–218.

[5] Ahmed, A.M., Abdelrahman, S.H., Mohamed, K.A. and Farag, Y.R. (2024). Efficacy of onion and garlic peel extracts against red flour beetle Tribolium castaneum. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 57(1), pp. 30–41.

[6] Ali, H.A., Fathi, M.A., Ghoneim, S.M. and Kamel, R.H. (2023). Insecticidal potential of thyme extract against Sitophilus oryzae. Journal of Stored Products Research, 102, 101841.

[7] Alsaadi, T.A.A.M. (2023). Effect of some plant extracts against red flour beetles. International Journal of Current Research, 9(9), pp. 57462–57468.

[8] Alshaibani, G.M., Al-Mahmoudi, R.H., Al-Khatib, A.N. and Al-Shehri, H.F. (2024). Mint extract as a natural pesticide against Tribolium castaneum, Environmental Science and Pollution Research, 31(1), pp. 215–224.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[9] Al-Sharook, R.A., Alkeridis, K.M., Al-Deeb, M.A. and Muhammad, N. (2021). Evaluating interaction effects among botanical insecticide variables. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 54(7–8), pp. 786–798.

[10] Al-Saoud, A.H. (2024). Larvicidal activity of ginger extract on Tenebroides mauritanicus. Bulletin of Insectology, 77(2), pp. 189–197.

[11] Amara, L., Zairi, M., Benchohra, H.A., Meziani, S. and Demmouche, A. (2024). Toxicity of essential oil from Artemisia herba-alba (ASSO.) against two insect pests of stored products. Biology Phytochemistry, 77(9), pp. 1285–1293.

[12] Ancy, A., Kanimozhi, N.V., Ashok Kumar, S.R., Palpandi, R. and Sukumar, M. (2023). A review of extraction and quantification of capsaicin and its bioinsecticidal activity in food grains. Preparative Biochemistry & Biotechnology, 54(3), pp. 435–443.

[13] Atta, B., Rizwan, M., Saber, A.M., Gogi, M.D., Sabar, M., Bakhtawar, B., Ali, F. and Sarwar, M. (2020). Toxic and repellent characteristics of some plant extract used against Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) improve the grain quality of stored wheat. Journal of Innovative Sciences, 6(1), pp. 1–11.

[14] Azwanida, N., Mohamed, F., Arrmania, N., Saidin, S. and Roslan, J. (2018). Solvent extraction of bioactive compound from plants. Industrial Crops and Products, 123, pp. 668–679.

[15] Bakhashwain, A.A. and Alqurashi, A.D. (2010). Repellent and insecticidal effects of some plant extracts on flour beetle Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae). Alexandria Science Exchange Journal, 31(3), pp. 248–254.

[16] Baeshen, R.S. and Baz, M.M. (2023). Efficacy of Acacia nilotica, Eucalyptus camaldulensis, and Salix safsaf on the mortality and development of two vector-borne mosquito species, Culex pipiens and Aedes aegypti, in the laboratory. Heliyon, 19(5), e16378.

[17] Baz, M.M., El-Shourbagy, N.M., Alkhaibari, A.M., Gattan, H.S., Alruhaili, M.H., Selim, A. and Radwan, I.T. (2024). Larvicidal activity of Acacia nilotica extracts against Culex pipiens and their suggested mode of action by molecular simulation docking. Scientific Reports, 14, 6248.

[18] Chaieb, I., Ben-Hamouda, A., Zarrad, W., Bouslema, T. and Laarif, A. (2018). The Tunisian Artemisia essential oil for reducing contamination of stored cereals by Tribolium castaneum. Journal of Food Technology and Biotechnology, 56(2), pp. 247–256.

[19] Delimi, A., Taibi, F., Bouchelaghem, S., Boumendjel, M., Hennouni-Siakhene, N. and Chefrour, A. (2017). Chemical composition and insecticidal activity of essential oil of Artemisia herba-alba (Asteraceae) against Ephestia kuehniella (Lepidoptera: Pyralidae). International Journal of Biosciences, 10(2), pp. 130–137.

[20] Ebadollahi, A., Setzer, W\.N. and Palla, F. (2024). Artemisia fragrans Willd. essential oil: chemical profile and insecticidal potential against the confused flour beetle, Tribolium confusum du Val. Plants, 13, 1725.

[21] Elbrense, H., El-Husseiny, I., AboElmakarem, H., AboArab, R. and El-Kholy, S. (2022) 'Insecticidal, antifeedant and repellent efficacy of certain essential oils against adult rust-red flour beetle, Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae). Egyptian Journal of Chemistry, 65(1), pp. 167–178.

[22] Esber, L.A. (2023). Aqueous extract of Melia azedarach as biopesticide. Journal of Applied Entomology, 147(3), pp. 304–312.

[23] Gaber, M.M., Ahmed, Y.M., Ismail, S.M., Mahmoud, M.F. and Abubaker, I. (2021). Dust efficacy of clove buds powder, Syzygium aromaticum, alone and in combination with spinosad and abamectin against the adults of granary weevil, Sitophilus granarius (L.). Journal of Applied Plant Protection, Suez Canal University, 10(1), pp. 9–19.

[24] Ghazal, R.A., Salem, D.S., Farag, N.M. and El-Shazly, A.M. (2023). Insecticidal effects of Piper nigrum extracts on stored-product pests. Journal of Pest Science, 96(2), pp. 123–134.

[25] Good, N.E. (1936). The flour beetles of the genus Tribolium. Techical Bulletin No. 498 United States Deparment of Agriculture,Washington,D. C., PP.1-58.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[26] Hagerman, A.E. and Butler, L.G. (1991). Tannins and lignins, in Rosenthal, G.A. and Berenbaum, M.R. (eds.) Herbivores: Their interactions with secondary plant metabolites. San Diego: Academic Press, pp. 355–388.

[27] Hagstrum, D.W. and Subramanyam, B. (2009). Stored-product insect resource. St. Paul, MN: AACC International.

[28] Hassan, M.M., Youssef, D.F. and Omar, H.A. (2024). Melia azedarach extract inhibits feeding activity in Trogoderma granarium. Crop Protection, 160, 106132.

[29] Harris, D.C. (2016). Quantitative chemical analysis. 19th ed. New York: W\.H. Freeman and Company.

[30] Ismail, H.M. and El-Delimy, R.H. (2017). The toxic effect of some plant extracts on adults red beetle, Tribolium castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Pure & Applied Sciences, 16(1).111-118.

[31] Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 51, pp. 45–66.

[32] Isman, M.B. (2020a). Botanical insecticides in the twenty-first century: fulfilling their promise?. Annual Review of Entomology, 65, pp. 233–249.

[33] Isman, M.B. (2020b). Bioinsecticides based on plant essential oil: a short overview, Zeitschrift für Naturforschung C Journal of Biosciences, 75(7–8), pp. 179–182.

[34] Karaborklu, S. and Ayvaz, A. (2023). A comprehensive review of effective essential oil component product pest management. Journal of Plant Diseases and Protection, 130, pp.449–481.

[35] Khan, A.R., Chen, X., Zahra, F., Al-Khalifa, M.S. and Zhang, W. (2024). Eugenol-rich nanomulsion from clove oil: enhanced insecticidal activity against Tribolium castaneum through dual neuro-respiratory disruption. Pesticide Biochemistry and Physiology, 192, 105–118.

[36] Koleva-Gudeva, L., Mitrev, S., Maksimova, V. and Spasov, D. (2013). Content of capsaicin extracted from hot pepper (Capsicum annuum ssp. Microcarpum L.) and its use as an ecopesticide. Hemijska Industrija, 67(4), pp. 671–675.

[37] Lo Pinto, M. and Agro, A. (2021). Effect of essential oil of Origanum vulgare L. (Fam. Labiatae), Pelargonium odoratissimum L. (Fam. Geraniaceae) and Syzygium aromaticum L. on mortality of Aphis gossypii Glover (Homoptera: Aphididae) in laboratory. International Journal of Entomology Research, 6, pp. 301–306.

[38] Ngo, N.T., Ho, C.T., Nguyen, D.T. and Tran, T.T. (2017). Fraction and determination of capsaicinoids from red pepper fruit with insecticidal activity against mealworm Tenebrio molitor and superworm Zophobas morio, Vietnam Journal of Science and Technology, 55(4c), pp. 57–64.

[39] Obeng-Ofori, D. and Reichmuth, C. (1997). Bioactivity of eugenol, a major component of essential oil of Ocimum suave (Wild.) against four species of stored-product Coleoptera. International Journal of Pest Management, 34(1), pp. 89–94.

[40] Pavela, R., Maggi, F. and Benelli, G. (2016). Plant-derived insecticides: A review of their activity, mechanisms and commercial applications. Trends in Plant Science, 21(11), pp. 905–917.

[41] Pimentel, D. (2005). Environmental and economic costs of the application of pesticides primarily in the United States. Environment, Development and Sustainability, 7(2), pp. 229–252.

[42] Pumnuon, J., Namee, D., Sarspothong, K., Doungnapa, T., Phutphat, S. and Pattamadilok, C. (2022). Insecticidal activities of long pepper (Piper retrofractum Vahl) fruit extracts against seed beetles (Callosobruchus maculatus, Callosobruchus chinensis, Sitophilus zeamais) and their effects on seed germination. Heliyon, 12(8), e12589.

[43] Rahman, M.A., Akter, S., Ahmed, T. and Yamamoto, H. (2023). Eugenol vs. synthetic insecticides: efficacy, safety, and resistance development in Tribolium castaneum, Crop Protection, 172, 106–118.

[44] Rani, S., Bhat, M.Y. and Qayoom, A. (2021).Insecticidal potential of selected botanical extracts against stored grain pests, Egyptian Journal of Biological Pest Control, 31(1), pp.1–7.

[45] Rattan, R.S. (2010). Mechanism of action of insecticidal secondary metabolites of plant origin. Crop Protection, 29(9), pp. 913–920.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

[46] Regnault-Roger, C., Vincent, C. and Arnason, J.T. (2012). Essential oils in insect control: low-risk products in a high-stakes world. Annual Review of Entomology, 57, pp. 405–424.

[47] Scott, I.M., Jensen, H.R., Nicol, R., Lesaga, L., Bradbury, R. and Sanchez-Vindas, P. (2004). Efficacy of Piper (Piperaceae) extracts for control of home and garden insect pests. Journal of Economic Entomology, 97(4), pp. 1390–1403.

[48] Sokoloff, A., Saylor, L.W. and LaBrecque, G.C. (1960). A simplified medium for rearing Tribolium castaneum (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae). Annals of the Entomological Society of America, 53(5), pp. 622–657.

[49] Tapondjou, A.L., Adler, C., Bouda, H. and Fontem, D.A. (2002). Efficacy of powder and essential oils from Chenopodium ambrosioides and Syzygium aromaticum against stored-product beetles. Journal of Stored Products Research, 38(4), pp. 402–409.

[50] Tripathi, A.K., Prajapati, V., Aggarwal, K.K. and Khanuja, S.P.S. (2009). Insecticidal, repellent and oviposition-deterrent activity of selected essential oils against Anopheles stephensi, Aedes aegypti and Culex quinquefasciatus. Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences, 31, pp. 64–70.

[51] Ullah, M.I., Khalil, S.K., Iqbal, M., Ahmad, F. and Anwar, S. (2024). Investigating the efficacy of various plant essential oils against Tribolium castaneum (Herbst). Journal of Plant and Pest Science, 11(1), pp. 1–10.

[52] Vivekanandhan, P., Alharbi, S.A. and Ansari, M.J. (2024). Toxicity and biochemical studies of Acacia nilotica L. essential oils against insect pests. Toxicon, 243, 107737.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **AJAPAS** and/or the editor(s). **AJAPAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).