


## Extracto metanólico de *Artemisia ludoviciana* “Estafiate” contra larvas de *Spodoptera frugiperda*.

## Methanolic extract of *Artemisia ludoviciana* “Estafiate” against *Spodoptera frugiperda* larva.

Vaquera-Jiménez, A.<sup>1</sup>, Santiago-Adame, R.<sup>1</sup>, Mireles-Martínez, M.<sup>2</sup>,  
Torres-Ortega, J. A.<sup>2</sup>, Rosas-García, N. M.<sup>2</sup>, Villegas-Mendoza, J. M.<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Tamaulipas. Unidad Académica Multidisciplinaria Reynosa-Aztlán Calle 16 y Lago de Chapala. Colonia Aztlán. 88740. Ciudad Reynosa, Tamaulipas, México.

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional. Centro de Biotecnología Genómica. Blvd del Maestro s/n. Narciso Mendoza. 88710, Ciudad Reynosa, Tamaulipas, México.



Please cite this article as/Como citar este artículo: Vaquera-Jiménez, A., Santiago-Adame, R., Mireles-Martínez, M., Torres-Ortega, J. A., Rosas-García, N. M., Villegas-Mendoza, J. M. (2023). Methanolic extract of *Artemisia ludoviciana* “Estafiate” against *Spodoptera frugiperda* larva. *Revista Bio Ciencias*, 10 e1432. <https://doi.org/10.15741/revbio.10.e1432>

### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: October 12<sup>th</sup> 2022.

Accepted/Aceptado: February 24<sup>th</sup> 2023.

Available on line/Publicado: March 15<sup>th</sup> 2023.

### RESUMEN

*Artemisia ludoviciana* contiene varios metabolitos de importancia médica, sin embargo, se han informado pocos estudios sobre sus efectos en insectos de importancia agrícola. El objetivo de este trabajo fue conocer los efectos biológicos de un extracto metanólico de *A. ludoviciana* sobre larvas neonatas de *Spodoptera frugiperda* en donde se utilizó cromatografía de columna para fraccionar el crudo y cromatografía de gases masas para identificación de metabolitos, dando como resultado que el extracto y la fase móvil 90:10 mostraron una baja mortalidad de alrededor del 30 % a una concentración de 1 mg/mL, sin embargo, se observó una pérdida de peso en las larvas neonatas de más de 50 %, corroborando una actividad antialimentaria significativa, y el análisis GC-MS reveló la presencia de terpenoides como: limoneno, tujona, alcanfor, borneol y acetato de borneol, asociados con el efecto insecticida y la actividad antialimentaria. Por lo tanto, los extractos metanólicos de *A. ludoviciana*, pueden ser una alternativa amigable para el control de insectos plagas.

**PALABRAS CLAVE:** *Artemisia*, Metabolitos, Cogollero, Bioinsecticida, Estafiate.

### \*Corresponding Author:

Jesús Manuel Villegas-Mendoza. Instituto Politécnico Nacional. Centro de Biotecnología Genómica. Blvd del Maestro s/n. Narciso Mendoza. 88710, Ciudad Reynosa, Tamaulipas, México. Teléfono (899) 956 8393. E-mail: [jmvillegas@ipn.mx](mailto:jmvillegas@ipn.mx)

---

## ABSTRACT

---

*Artemisia ludoviciana* contains several medically important metabolites, but few studies have been reported on its effects on insects of agricultural importance. This article aimed to know the biological effects of a methanolic extract of *A. ludoviciana* on neonatal larvae of *Spodoptera frugiperda*, where column chromatography was obtained to fractionate the crude oil and mass gas chromatography to identify metabolites, the extract, and the 90:10 mobile phase showed low mortality of about 30% at a concentration of 1 mg/mL, but a weight loss in neonatal larvae of more than 50% was lost, confirming a significant antifeedant activity. GC-MS analysis revealed the presence of terpenoids such as limonene, thujone, camphor, borneol, and borneol acetate, which are associated with an insecticidal and antifeedant activity. Therefore, the methanolic extracts of *A. ludoviciana* can be a friendly alternative for insect pest control.

---

**KEY WORDS :** *Artemisia*, Metabolites, Armyworm, Bioinsecticide, Estafiate.

---

## Introducción

La familia Asteraceae tiene un alrededor de 380 géneros en México, con más de 3000 especies actualmente conocidas (Ezeta-Miranda *et al.*, 2020), entre ellas el género *Artemisia* está recibiendo una atención creciente por su diversidad biológica y química de sus componentes (Carvalho *et al.*, 2011). *Artemisia ludoviciana* comúnmente conocida como “estafiate” es una especie muy extendida en México (Damian-Badillo *et al.*, 2010) desde tiempos prehispánicos (Andrade-Cetto, 2009). El tallo de la planta se usa en infusión oral para el tratamiento de enfermedades parasitarias, malestar estomacal, diarrea, molestias dolorosas, mal funcionamiento de la vesícula biliar y diabetes (Lopes-Lutz *et al.*, 2008). Diferentes metabolitos del aceite esencial de *Artemisia* como  $\alpha$ -pineno, canfeno, 1,8-cineol, alcanfor, borneol, nonanal, linalool, carvacrol y alcohol p- $\alpha$ -dimetilbencílico (Anaya-Eugenio *et al.*, 2014), actúan como antioxidantes, antiinflamatorios, (Kim *et al.*, 2008) antibacterianos, antialérgicos, anticancerígenos, (Nageen *et al.*, 2011) e inmunosupresores, (Nam *et al.*, 2013). Sin embargo, hay poca literatura sobre estudios de los efectos biológicos de *A. ludoviciana* en insectos, desde el primer reporte encontramos que Smith *et al.* (1983) evaluaron los efectos de la alimentación de *Hypocloria alba* y *Menaloplus sanguinipes* que se produce con las hojas de *A. ludoviciana* con tricomas y sin tricomas, y posteriormente Durden *et al.* (2008) evaluaron los efectos de la alimentación de *A. ludoviciana* contra larvas neonatas de *Cydia pomonella*. Por otro lado, se han reportado los efectos biológicos de otras especies de *Artemisia*, como Hwang *et al.* (1985) quienes reportaron la actividad de repelencia de *A. vulgaris* sobre mosquitos de *Aedes aegypti*, y Tripathi *et al.* (2001) estudiaron la toxicidad por contacto y fumigación de *A. annua* contra *Tribolium castaneum*. Así mismo, Maggi *et al.* (2005) investigaron la inhibición alimentaria de *A. annua* contra *Epilachna paenulata* y *Spodoptera eridania*. Liu *et al.*

(2010) reportaron la actividad insecticida de *A. capillaris* y *A. mongólica* sobre *Sitophilus zeamais*. Creed et al. (2015) evaluaron extracciones de *A. arborescens* en infestaciones de *Cydia pomonella* y recientemente Hu et al. (2019) investigaron la actividad tóxica y repelente de aceite esencial de *A. brachyloba* contra el insecto *T. castaneum*. El objetivo de este trabajo fue buscar los efectos tóxicos de los extractos metanólicos en larvas de primer instar de *Spodoptera frugiperda*.

## Material y Métodos

### Material vegetal

Las muestras de estafiate (*A. ludoviciana*) se adquirieron en una tienda de conveniencia de la marca "Infusionate" (elaborado y distribuido por Planta de Vida S.A. De C.V., México). Se procesaron 300 g de hojas y tallos previamente lavados en agua destilada y deshidrataron en una estufa de tiro forzado a 30 °C. Los cuales se colocaron en 1 L de metanol y se dejaron a temperatura ambiente por 7 días. Luego se filtró y se eliminó el solvente con rotaevaporador. El material seco se colocó en un recipiente de vidrio a 5 °C.

### Cromatografía en columna de vidrio

Se utilizó una columna de vidrio con una longitud de 21 cm de largo y 1.5 cm de grosor empaquetada con 31 g de gel de sílice de 230-400 mallas con un tamaño de partícula de 63 µm (Sigma-Aldrich). Para obtener 10 fracciones se utilizó una fase móvil de 100% benceno (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) hasta llegar al 100% acetato de etilo (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>O<sub>2</sub>). En cada fracción se eliminó los solventes por evaporación y se guardó en refrigeración a 5 °C.

### Bioensayo de mortalidad y peso en larvas

Se prepararon alícuotas de 1 mg/mL de cada fase móvil usando metanol como disolvente, se agitaron las muestras mediante vortex y se colocó una gota de 100 µL sobre la superficie de la dieta (harina de soya, germen de trigo, levadura, agar, sales y vitaminas) en 10 vasos de plástico de 2 onzas con 5 repeticiones por tratamiento, un vaso se usó como testigo negativo al cual se le agregó solo metanol y se dejó evaporar a temperatura ambiente por 2 h. Luego se colocó una larva neonata en cada vaso con tapa de plástico y se guardaron en bolsas de papel a 28° C durante 7 días. Después de un tiempo, se registró la mortalidad y el peso de larvas en el tratamiento y el control.

### Cromatografía de gases-espectrometría de masas (GC-MS)

Los extractos de metanol se analizaron utilizando un sistema GC-MS 6890-5975 (Agilent Technologies) equipado con una columna capilar de sílice fundida HP-5 MS (30 m x 0,25 mm espesor de película de 0,25 µm). La detección por GC-MS utiliza un sistema de ionización de electrones con una energía de ionización de 70 eV. El gas portador fue helio a un caudal constante de 1 mL/min. Las temperaturas del inyector y de la línea de transferencia de masa se fijaron en 250 °C y 280 °C, respectivamente. El volumen de inyección fue de 2 µL de solución (1:100) y se analizó en las siguientes condiciones de columna: la temperatura inicial de la columna se

mantiene a 40 °C durante 1 min, luego se eleva a 250 °C a una velocidad de 3 °C/min y se mantiene a 250 °C durante 20 min.

### Análisis Estadísticos

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza ANOVA y una prueba de comparación múltiple Tukey, mediante el programa IBM SPSS 22.

### Resultados y Discusión

Se evaluó la mortalidad de cada fase móvil donde el crudo y la fase 90:10 mostraron la mayor mortalidad de alrededor del 30 % (Tabla 1).

**Tabla 1. Mortalidad de los extractos metanólicos de *A. ludoviciana*.**

Tratamiento	% mortalidad $\pm$ error estándar	Tukey
Negativo	3.33 $\pm$ 3.33	ab
Crudo	26.67 $\pm$ 3.33	c
90:10	33.33 $\pm$ 3.33	c
80:20	6.67 $\pm$ 3.33	ab
70:30	0.00 $\pm$ 0.00	a
60:40	3.33 $\pm$ 3.33	ab
50:50	6.67 $\pm$ 6.66	ab
40:60	3.33 $\pm$ 3.33	ab
30:70	0.00 $\pm$ 0.00	ab
20:80	10.00 $\pm$ 0.00	a
10:90	10.00 $\pm$ 0.00	b
0:100	8.72 $\pm$ 1.73	b

ANOVA.  $p \leq 0.05$ . Comparación múltiple Tukey. Letras iguales tiene la misma media.

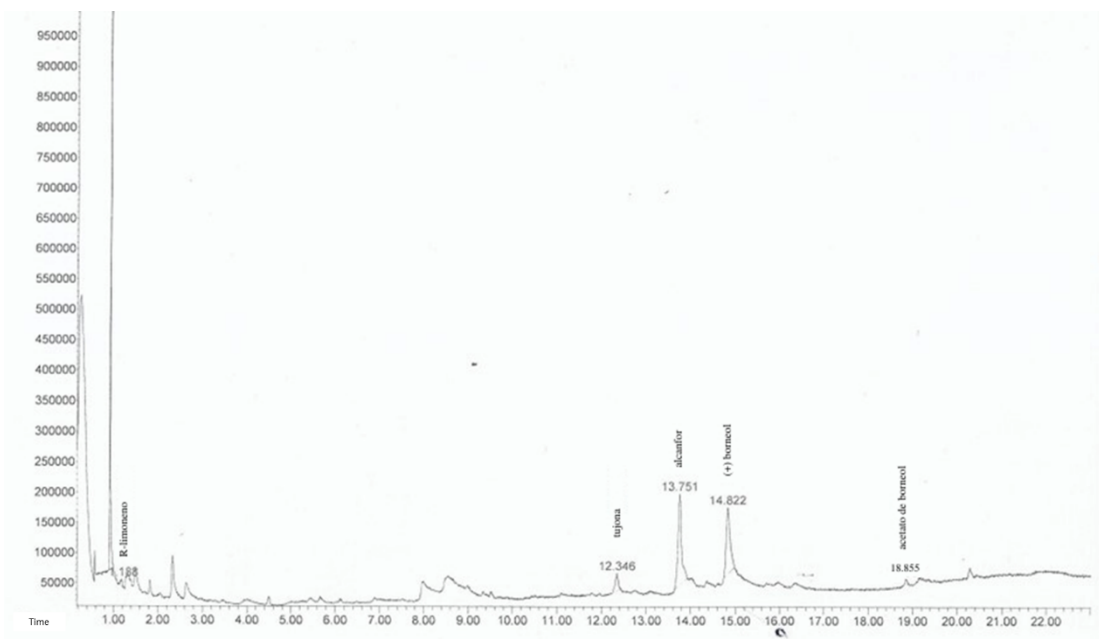
En relación al efecto del peso en larvas neonatas, en la fase 90:10 se redujo casi a la mitad en comparación con el negativo, pero hubo una reducción muy significativa en el tratamiento crudo en comparación con los otros tratamientos.

**Tabla 2. Pesos de larvas en miligramos de larvas de *S. frugiperda* en diferentes tratamientos.**

Tratamiento	pesos $\pm$ Error estándar	Tukey
Negativo	0.0191 $\pm$ 0.0091	c
Crudo	0.0035 $\pm$ 0.0017	a
90:10	0.0072 $\pm$ 0.0025	b

ANOVA  $p \leq 0.05$ . Comparación múltiple Tukey. Letras iguales tiene la misma media.

En cuanto al análisis cromatográfico, se encontraron 5 metabolitos relacionados con actividad biológica sobre insectos: limoneno, tujona, alcanfor, borneol y acetato de borneol.



**Figura 1. Cromatografía gases-masas del extracto crudo de *Artemisia*.**

Uno de los primeros estudios de *Artemisia* spp., sobre lepidópteros es el realizado por Maggi *et al.* (2005), quienes evaluaron el porcentaje de inhibición de la alimentación por un extracto etanólico a una dosis máxima de 1,5 mg/cm<sup>2</sup> (2,4 mg/mL) contra *Spodoptera eridania* con un porcentaje de inhibición alimentaria de 87.1 %, y una pérdida de peso de las larvas diferente al control, y una mortalidad del 50 % a la misma concentración (datos estadísticos no mostrados). En el mismo estudio analizaron el metabolito artemisinina donde mostró una inhibición a dosis bajas de 60 a 75 % pero los mismos autores mencionaron que este metabolito es fitotóxico. Durden *et al.* (2008) realizaron un ensayo de los efectos antialimentarios con extractos de *A. absinthium*, *A. arborescens* y *A. ludoviciana* a una concentración de 10 mg/mL donde todos los extractos mostraron estos efectos contra larvas de *Cydia pomonella*, pero no se menciona que metabolitos pueden estar relacionados en esta actividad. Por otro lado, Karahroodi *et al.* (2009) evaluaron extractos de *A. drancunculus* y *A. absinthium* sobre el lepidóptero *Plodia interpunctella* a una concentración de 2 µL de aceite esencial en 2 gr de dieta, provocando un efecto de repelencia del 40 y 64 %, respectivamente.

Por otro lado, Khosravi *et al.* (2010) estimaron el efecto de disuasión de alimentación de los extractos metanólicos de *A. annua* entre una concentración de 0.625 a 5 % contra *Glyphodes pyloalis*, mostrando una disuasión del 60 % al 90 %. Hasheminia *et al.* (2011) evaluaron la CL<sub>50</sub> contra *Pieris rapae* calculando una concentración de 9.38 % con extractos metanólicos de *A. annua* y una disuasión del 29 % a una concentración de 0,625 %. Durden *et al.* (2011) probaron los mismos insectos centrándose en dos metabolitos encontrados en el extracto de *A. annua*, artemisinina y 1,8-cineol, en un rango de dosis más amplio. El efecto de disuasión de alimentación en la dosis de 1 mg/mL del extracto crudo fue del 61.3 %, mientras que para artemisinina y 1,8-cineol fue del 28 y 8.8 %, respectivamente. Knaak *et al.* (2013) estimaron que la CL<sub>50</sub> del aceite esencial de *Artemisia absinthium* fue de 2.09 µL, mientras que la DL<sub>50</sub> mediante aplicación tópica fue de 5.51 µL contra *Spodoptera frugiperda*, pero no observaron repelencia en larvas de primer instar en este lepidóptero. Creed *et al.* (2015) evaluaron el metabolito α-tujona a 1 mg/mL el cual no mostró un efecto de disuasión en *Cydia pomonella*, los extractos crudos de *A. ludoviciana*, *A. annua* y *A. absinthium* evaluados a 10 mg/mL tampoco mostraron un efecto de disuasión. Mientras que el estudio de disuasión del metabolito α-tujona de *A. arborescens* entre 1 a 300 mg/mL causó el 90% de disuasión, así también, el extracto crudo evaluado entre 1 a 10 mg/mL mostraron porcentajes de disuasión similares en todos los casos.

Con respecto a nuestros resultados, no encontramos una mortalidad significativa contra *S. frugiperda* en el extracto metanólico del *A. ludoviciana* que fue alrededor del 30 % a una dosis de 1 mg/mL, mientras que Knaak *et al.* (2013) reportaron una mortalidad hacia este lepidóptero usando el aceite esencial de *Artemisia absinthium*.

En cuanto al efecto antialimentario se observó una reducción del 50 % en el peso de larvas tratadas comparado con el control negativo. Este efecto también fue visible en la superficie de la dieta ya que las larvas no consumen la misma área que las del control y la cantidad de excremento disminuye en los vasos con dieta. Estos efectos antialimentarios son notorios a 1 µL/mL, que es una concentración baja con comparación a la literatura citada. Vale la pena mencionar que actualmente no hay información sobre la actividad biológica del estafiate contra el gusano cogollero, pero la información existente de distintas especies de *Artemisia* contra varios

insectos lepidópteros sugiere que efectos antialimentarios y de disuasión de alimentación. Cabe mencionar que este tipo de actividad biológica puede ser usada para la protección vegetal de cultivos de importancia agrícola, y también para interrumpir el ciclo biológico de las larvas de *Spodoptera* sp., como una estrategia en el control biorracional.

En cuanto al análisis MC-GC, detectamos varios componentes como limoneno, tujona, alcanfor, borneol y acetato de borneol relacionados con los efectos biológicos sobre insectos. Se informa que el R-limoneno tiene actividad en dípteros, himenópteros y lepidópteros, lo que provoca varios efectos nutricionales y reproductivos adversos en las larvas de *Spodoptera frugiperda* (Oliveira et al., 2021; Johnston et al., 2022; Cruz et al., 2017). Mientras que la  $\alpha$ -tujona en combinación con el alcanfor tiene un efecto insecticida sobre lepidópteros (Chen et al., 2021), el compuesto borneol se reporta también con efectos en la disminución de la pupación y emergencia contra la misma especie (Magierowicz et al., 2020), y el acetato de borneol tiene toxicidad hacia insectos de granos almacenados (Feng et al., 2020).

## Conclusiones

El extracto metanólico de *A. ludoviciana* contiene compuestos biológicamente activos contra diversos insectos plagas, aunque el efecto insecticida sobre *Spodoptera frugiperda* es bajo, tiene un efecto antialimentario sobre las larvas del insecto, por lo que puede ser utilizado en el control biorracional para la protección de cultivos logrando el diseño de una formulación más económica, sencilla y amigable con el medio ambiente y los seres vivos.

## Contribución de los autores

Vaquera-Jiménez: Estudiante de licenciatura cromatografía en columna de vidrio. Santiago-Adame: Análisis de cromatografía y metabolitos. Torres-Ortega: análisis de muestras en cromatógrafo de gases acoplado a masas. Mireles-Martínez: identificación de plantas. Rosas-García: cría de insectos y bioensayos.

“Todos los autores de este manuscrito han leído y aceptado la versión publicada del mismo.”

## Financiamiento

“Esta investigación fue financiada por Instituto Politécnico Nacional. Secretaria de Investigación y Posgrado.

## Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflicto de interés.



## Referencias

- Anaya-Eugenio, G. D., Rivero-Cruz, I., Rivera-Chávez, J., & Mata, R. (2014). Hypoglycemic properties of some preparations and compounds from *Artemisia ludoviciana* Nutt. *Journal of Ethnopharmacology*, 155(1), 416-425. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2014.05.051>
- Andrade-Cetto, A. (2009). Ethnobotanical study of the medicinal plants from Tlanchinol, Hidalgo, México. *Journal of Ethnopharmacology*, 122(1), 163-171. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2008.12.008>
- Carvalho, I. S., Cavacoa, T., & Brodelius, M. (2011). Phenolic composition and antioxidant capacity of six *Artemisia* species. *Industrial Crops and Products*, 33(2), 382-388. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.11.005>
- Chen, Y., Luo, J., Zhang, N., Yu, W., Jiang, J., & Dai, G. (2021). Insecticidal activities of *Salvia hispanica* L. essential oil and combinations of their main compounds against the beet armyworm *Spodoptera exigua*. *Industrial crop and products*, 162, 113271. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113271>
- Creed, C., Mollhagen, A., Mollhagen, N., & Pszczolkowski, M. A. (2015). *Artemisia arborescens* "Powis Castle" extracts and  $\alpha$ -thujone prevent fruit infestation by codling moth neonates. *Pharmaceutical Biology*, 53(10), 1458-1464. <https://doi.org/10.3109/13880209.2014.985796>
- Cruz, G. S., Wanderley-Teixeira, V., Oliveira, J. V., Assunção, C. G., Cunha, F. M., Teixeira, A. A., Guedes, C. A., Dutra, K. A., Barbosa, D. R. S., & Breda, M. O. (2017). Effect of trans-anethole, limonene and your combination in nutritional components and their reflection on reproductive parameters and testicular apoptosis in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Chemico-biological Interactions*, 263, 74-80. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2016.12.013>
- Damian-Badillo, L. M., Martínez-Muñoz, R. E., Salgado-Garciglia, R., & Martínez-Pachecho, M. M. (2010). *In vitro* antioomycete activity of *Artemisia ludoviciana* extracts against *Phytophthora* spp. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 9(2), 136-142. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85612475009>
- Durden, K., Brown, J. J., & Pszczolkowski, M. A. (2008). Extracts of Ginkgo biloba or Artemisia species reduce feeding by neonates of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae), on apple in a laboratory bioassay. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 105, 83-88. <https://journal.entsocbc.ca/index.php/journal/article/view/42>
- Durden, k., Sellars, S., Cowell, B., Brown, J. J., & Pszczolkowski, M. A. (2011). *Artemisia annua* extracts, artemisinin and 1, 8- cineole, prevent fruit infestation by a major, cosmopolitan pest of apples. *Pharmaceutical Biology*, 49(6), 563–568. <https://doi.org/10.3109/13880209.2010.528433>
- Ezeta-Miranda, A., Vera-Montenegro, Y., Avila-Acevedo, J. G., García-Bores, A. M., Estrella-Parra, E. A., Francisco-Marquez, G., & Ibarra-Velarde, F. (2020). Efficacy of purified fractions of *Artemisia ludoviciana* Nutt. mexicana and ultrastructural damage to newly excysted juveniles of *Fasciola hepatica* in vitro. *Veterinary Parasitology*, 285, 109184. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2020.109184>
- Feng, Y., Wanga, Y., Genga, Z. F., Zhanga, D., Almazb, B., & Du, S. S. (2020). Contact toxicity and repellent efficacy of *Valerianaceae* spp. to three stored product insects and synergistic interactions between two major compounds camphene and bornyl acetate. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 190, 110106. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110106>
- Hasheminia, S. M., Sendi, J. J., Jahromi, K. T., & Moharrampour, S. (2011). The effects of *Artemisia annua* L. and *Achillea millefolium* L. crude leaf extracts on the toxicity, development, feeding efficiency and chemical activities of small cabbage *Pieris rapae* L. (Lepidoptera: Pieridae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 99 (3), 244-249. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.03.001>



- [pestbp.2010.12.009](#)
- Hu, J., Wang, W., Dai, J., & Zhu, L. (2019). Chemical composition and biological activity against *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) of *Artemisia brachyloba* essential oil. *Industrial Crops & Products*, 128, 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.076>
- Hwang, Y. S., Wu, K. H., Kumamoto, J., Axelrod H., & Mulla, M. S. (1985). Isolation and identification of mosquito repellents in *Artemisia vulgaris*. *Journal of Chemical ecology*, 11 (9), 1297-1306. <https://doi.org/10.1007/BF01024117>
- Johnston, N., Paris, T., Paret, M. L., Freeman, J., & Martini, X. (2022). Repelling whitefly (*Bemisia tabaci*) using limonene-scented kaolin: A novel pest management strategy. *Crop Protection*, 154, 105905. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105905>
- Karahroodi, Z. R., Moharrampour, S., & Rahbarpour, A. (2011). Investigated repellency effect of some essential oils of 17 Native Medicinal Plants on Adults *Plodia interpunctella*. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, 3(2), 181-184. <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/aejsa/aejsa/2009/181-184.pdf>
- Khosravi R., Sendi, J. J., & Ghadamyari, M. (2010). Effect of *Artemisia annua* L. on deterrence and nutritional efficiency of lesser *Mulberry pyralid* (*Glyphodes pyralis* walker) (Lepidoptera: pyralidae). *Journal of plant protection research*, 50 (4), 423-428. <https://doi.org/10.2478/v10045-010-0071-8>
- Kim, M. J., Han, J. M., Jin, Y. Y., Baek, N. I., Bang, M. H., Chung, H. G., & Jeong, T. S. (2008). In vitro antioxidant and anti-inflammatory activities of Jaceosidin from *Artemisia princeps Pampanini* cv. Sajabal. *Archives of Pharmacal Research*, 31, 429-437. <https://doi.org/10.1007/s12272-001-1175-8>
- Knaak, N., Wiest, S., Andreis, T., & Fiuza, L. M. (2013). Toxicity of essential oils to the larvae of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Biopesticides*, 6(1), 49-53. [http://www.jbiopest.com/users/lw8/efiles/Vol\\_6\\_1\\_49-53.pdf](http://www.jbiopest.com/users/lw8/efiles/Vol_6_1_49-53.pdf)
- Liu, Z. L., Chu, S. S., & Liu, Q. R. (2010). Chemical Composition and Insecticidal Activity against *Sitophilus zeamais* of the Essential Oils of *Artemisia capillaris* and *Artemisia mongolica*. *Molecules*, 15(4), 2600-2608. <https://doi.org/10.3390/molecules15042600>
- Lopes-Lutz, D., Aliviano, D. S., Celuta, C. S., & Kolodziejczyk, P. P. (2008). Screening of chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia* essential oils. *Phytochemistry*, 69(8), 1732-1738. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.02.014>
- Maggi, M. E., Mangeaud, A., Carpinella, M. C., Ferrayoli, C. G., Valladares, G. R., & Palacios, S. M. (2005). Laboratory evaluation of *Artemisia annua* L. extract and artemisinin activity against *Epilachna paenulata* and *Spodoptera eridania*. *Journal of Chemical Ecology*, 31, 1527-1536. <https://doi.org/10.1007/s10886-005-5795-y>
- Magierowicz, K., Górska-Drabik, E., & Sempruch, C. (2020). The effect of *Tanacetum vulgare* essential oil and its main components on some ecological and physiological parameters of *Acrobasis advenella* (Zinck.) (Lepidoptera: Pyralidae). *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 162, 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.09.008>
- Nageen, B., Rasul, A., Hussain, G., Shah, M. A., Anwar, H., Hussain, S. M., & Selamoglu, Z. (2021). Jaceosidin: a natural flavone with versatile pharmacological and biological activities. *Current Pharmaceutical Design*, 27(4), 456-466. <https://doi.org/10.2174/1381612826666200429095101>
- Nam, Y., Choi, M., Hwang, H., Lee, M. G., Kwon, B. M., Lee, W. H., & Suk, K. (2013). Natural flavone jaceosidin is a neuroinflammation inhibitor. *Phytotherapy Research*, 27(3), 404-411. <https://doi.org/10.1002/ptr.4737>
- Oliveira, F. M., Wanderley-Teixeira, V., Cruz, G. S., Silva, C. T., Dutra, K. A., Costa, H. N., & Teixeira, Á. A. (2021). Histological, histochemical and energy disorders caused by

- R-limonene on *Aedes aegypti* L. larvae (Diptera: Culicidae). *Acta Tropica*, 221, 105987. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2021.105987>
- Smith, S. G. F., & Grodowitz, G. U. (1983). Effects on nonglandular trichomes of *Artemisia ludoviciana* Nutt. (Asteraceae) on ingestión, assimilation, and growth of the grasshoppers *Hypochlora alba* (Dodge) and *Melanoplus sanguinipes* (F.) (Orthoptera: Acrididae). *Environmental Entomology*, 12 (6): 1766-1772. <https://doi.org/10.1093/ee/12.6.1766>
- Tripathi, A. K., Prajapati, V., Aggarwal, K. K., & Kumar, S. (2001). Toxicity, feeding deterrence, and effect of activity of 1, 8-cineole from *Artemisia annua* on progeny production of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Journal of economic entomology*, 94(4), 979-983. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-94.4.979>