



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

<https://doi.org/10.61767/mjte.004.3.1421>

Recibido: 18-08-2025

Revisado: 24-10-2025

Aceptado: 15-11-2025

Publicado: 20-12-2025

Contaminación por plaguicidas en miel y cera de abejas: implicaciones para la salud y la apicultura orgánica

Pesticide contamination in honey and beeswax: implications for health and organic beekeeping

Yamileth Yoshihey Mariano Aguilera¹, Neith Aracely Pacheco López¹,
Ángel Humberto Cabrera Ramírez¹ y Teresa del Rosario Ayora Talavera^{1,*}

¹ Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A. C., Subsede Sureste. Yucatán, México, 97302.

*Correspondencia: tayora@ciatej.mx

Resumen

La miel de *Apis mellifera* es un producto que se caracteriza por sus compuestos polifenólicos, como los ácidos fenólicos y flavonoides, para usos terapéuticos por su actividad antiinflamatoria, propiedades anticancerígenas, vitaminas C y E, enzimas, etc. La cera, otro producto de la colmena, se caracteriza por su estructura lipídica compleja, conformada por ésteres, hidrocarburos, ácidos grasos libres, etc., así como más de 300 compuestos bioactivos, y se emplea principalmente en el área cosmética y farmacológica. El uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura ha causado que residuos de estos contaminantes estén presentes en ellos. Estudios realizados en la Península de Yucatán han identificado plaguicidas que han impactado negativamente a los apicultores, ya que las abejas han sido afectadas, disminuyendo la producción, debilitando las colmenas y provocando su mortandad. Debido a esto, es importante realizar más investigaciones al respecto y mejorar las prácticas apícolas para el cuidado de las abejas y la calidad alimentaria, además de la concientización sobre el uso racional de plaguicidas; por lo que el objetivo de este artículo es analizar, visibilizar y exponer la problemática de la contaminación por residuos de plaguicidas en miel y cera de abejas de *A. mellifera*, su acumulación, los métodos de detección y los posibles efectos por la exposición.

Palabras clave: *Apis mellifera*, Yucatán, apicultura, residuos químicos, mortandad, contaminación alimentaria.



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

Abstract

Honey produced by the bee species *Apis mellifera* is characterized by its polyphenolic compounds, such as phenolic acids and flavonoids. These compounds are used for therapeutic purposes due to their anti-inflammatory activity and anticancer properties, as well as their vitamin C and E content and enzyme activity. Wax, another hive product, has a complex lipid structure consisting of esters, hydrocarbons, and free fatty acids, as well as over 300 bioactive compounds. It is primarily used in cosmetics and pharmacology. The indiscriminate use of pesticides in agriculture has resulted in residues of these contaminants being present in bees. Studies conducted on the Yucatán Peninsula have identified pesticides that have had a negative impact on beekeepers by affecting the bees, which has decreased production, weakened hives, and caused mortality. It is therefore important to conduct further research on this issue, improve beekeeping practices to ensure the health of bees and the quality of food, and raise awareness of the rational use of pesticides. The objective of this article is therefore to analyze and expose the problem of pesticide residue contamination in *A. mellifera* honey and beeswax, how it accumulates, how it is detected, and the possible effects of exposure.

Keywords: *Apis mellifera*, Yucatán, beekeeping, chemical residues, bee mortality, food contamination.

1. Introducción

Los productos derivados de la colmena, como la miel y la cera de abejas melíferas (*Apis mellifera*), poseen, cada uno, características físicas y una composición química que les confieren propiedades y usos únicos. La miel es un líquido viscoso y se caracteriza por su alto contenido de azúcares simples, enzimas, vitaminas, compuestos polifenólicos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas, cicatrizantes, antiinflamatorias y antiparasitarias (Rodríguez Pérez et al., 2020). Por ello, además de su consumo alimenticio, es utilizada para el tratamiento de enfermedades como el cáncer, autoinmunes y crónicas. Por otra parte, la cera es una sustancia altamente lipofílica que las abejas utilizan para construir las celdas de sus nidos y está compuesta principalmente por ácidos grasos libres, ésteres, diésteres e hidrocarburos (Ek-Huchim et al., 2024) y es utilizada primariamente como excipiente para la formulación de cosméticos y farmacéuticos (Végh et al., 2023).

A pesar de que la miel producida en la región, y particularmente en la Península de Yucatán, suele ser reconocida y comercializada bajo la etiqueta de "orgánica" debido a la riqueza natural de su

entorno y la tradición de prácticas apícolas artesanales, investigaciones han puesto en duda esta consideración (Stanojević et al., 2024; Rosales González & Rubio Herrera, 1961). La creciente preocupación por la contaminación ambiental y el uso extendido de plaguicidas en la agricultura circundante ha generado un debate sobre la verdadera pureza y calidad de la miel local. El hallazgo de residuos de plaguicidas en productos de la colmena desafía la percepción de la miel como un alimento completamente natural y sin contaminantes, resaltando la necesidad de evaluar de manera rigurosa los estándares de producción y certificación orgánica. Esta problemática cobra especial relevancia cuando se analiza la presencia de estos compuestos tanto en la miel como en la cera, componentes fundamentales de la apicultura regional, y sus implicaciones para la salud humana y ambiental.

2. Hallazgos de residuos de plaguicidas en miel y cera

En los últimos años, se han realizado diversas investigaciones sobre la presencia de plaguicidas en productos apícolas. Estos compuestos utilizados de manera indiscriminada en la agricultura pueden permanecer suspendidos en



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

el ambiente, transportados por las abejas (Polanco Rodríguez et al., 2019) y depositados en la colmena; almacenándose y acumulándose (Calatayud-Vernich et al., 2018). Diferentes investigaciones han identificado la presencia de plaguicidas organofosforados, organoclorados, neonicotinoides, entre otros en la colmena (Ek-Huchim et al., 2024). A continuación, se presenta la Figura 1, la cual ilustra de manera clara los principales grupos de plaguicidas detectados en abejas, miel y cera producidas en México.

Cada uno de estos plaguicidas muestran características químicas y efectos toxicológicos particulares (Pacheco López et al., 2023). La persistencia y bioacumulación de algunos de estos compuestos no solo ponen en riesgo la viabilidad de las colonias (Ek-Huchim et al., 2024), sino también representan un potencial peligro para las personas consumidoras de miel y sus derivados (Ashraf et al., 2023).

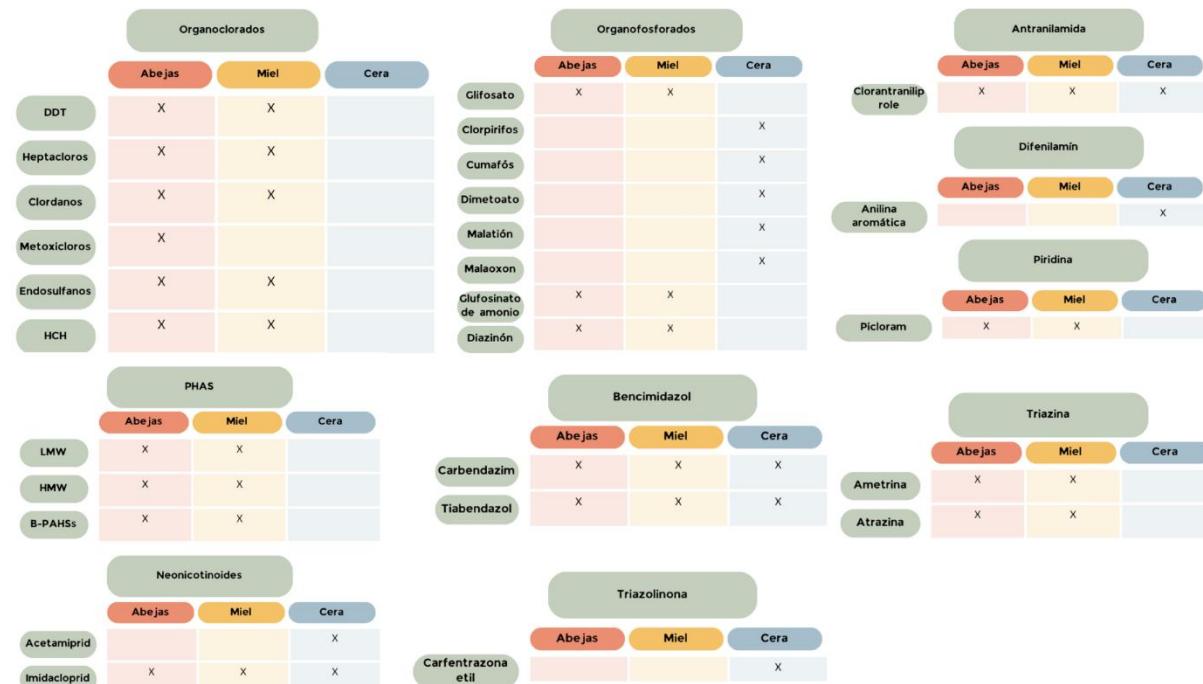


Figura 1. Clasificación de plaguicidas y su identificación en productos apícolas en México. Fuente: Elaboración propia con base en Ek-Huchim et al. (2024); Valdovinos-Flores et al. (2017); Rodríguez-Aguilar et al. (2024).

3. Métodos de detección de plaguicidas en miel y cera

Los plaguicidas se pueden detectar en productos apícolas como la miel y cera de abejas de *Apis mellifera*, la cual es una potencial línea de investigación como prioridad del impacto en la seguridad alimentaria, así como en la

conservación de las colonias de abejas. Sin embargo, debido a la complejidad de ambas matrices, la miel es una materia predominantemente acuosa, mientras que la cera es altamente hidrofóbica. A través de metodologías de extracción y detección de plaguicidas, actualmente están estandarizadas de acuerdo con sus características. En la Tabla 1 se



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

muestran algunas técnicas de detección que han sido adaptadas y validadas para miel y cera,

además de ser identificadas por el empleo de estándares de plaguicidas.

Tabla 1. Técnicas de detección adaptadas para miel y cera e identificadas mediante estándares de plaguicidas.

Técnica de detección	Matriz y estándares de plaguicidas	Referencias
Extracción con QuEChERS + limpieza, detección por LC-MS/MS y GCxGC - TOF	Cera de abejas, para detectar imidacloprid, acetamiprid, carbendazim, etc., (51 plaguicidas).	García et al. (2017)
Detección de Amitraz en cera de abeja con imagen hiperespectral	Cera de abeja, plaguicida amitraz	Zohar et al. (2024)
Extracción con solventes eutécticos profundos (DES) + UHPLC – MS/MS	Cera de abejas, plaguicidas externos individuales (imidacloprid, thiamethoxam, acetamiprid, tiacloprid, clothianidin).	Mu et al., (2025)
Método multi-residuo con GC triple cuádruple MS (GC-QqQ-MS) con QuEChERS modificado	Cera de panal de abejas, con estándares acaricidas, insecticidas, fungicidas y herbicidas, estándares internos isotópicamente marcados Dichlorvos-d6, Lindane-d6, Malathion-d10 y Triphenylphosphate (TPP)	García et al. (2017)
Detección de multi residuos de plaguicidas mediante QuEChERS y LC-MS/MS y GC-MS/MS	Miel de abejas, no especifica estándares (para detección de 346 plaguicidas)	Oymen et al. (2022)
Determinación de residuos de plaguicidas en técnica líquido-líquido	Miel de abejas, con estándar de plaguicidas de cypermethrin, fenvalerate, alphamethrin, lambda-cyhalothrin, endosulfan (α , β y sulfato) y clorpirifos.	Mukherjee (2009)
Residuos de plaguicidas en miel y polen mediante HPLC-ESI-MS/MS y GC-MS/MS	Miel y polen, con estándares de plaguicidas carbendazim-d3, imidacloprid-d4, dimethoate-d6, chlorpyrifos-d10, deltamethrin-d6, triphenyl phosphate (TPP)	Kasiotis et al. (2023)

4. Residuos de plaguicidas en miel y cera: consecuencias para seres humanos y apicultura

El hallazgo de residuos de plaguicidas en miel y la cera, implica una vía de exposición para los

humanos aumentando la probabilidad de desarrollar enfermedades metabólicas, modificaciones genéticas y disruptores endocrinológicos, representando así, un riesgo a la salud humana (Gore et al., 2024). Además, el hallazgo de múltiples plaguicidas en la miel y la cera apícola no solo podría tener implicaciones



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

para la salud del ser humano, sino también para la salud de las abejas y la sobrevivencia de estas.

A nivel ecológico, la exposición de las abejas a plaguicidas también resulta perjudicial, ya que provoca efectos subletales que comprometen la eficiencia en las actividades fundamentales como la polinización de cultivos, el trabajo y la defensa de la colmena. Estas alteraciones reducen el desempeño colectivo y en casos más extremos, se presenta el debilitamiento de la colonia hasta su mortandad afectando la coordinación, comunicación, polinización y la producción de miel (Valdovinos *et al.*, 2017).

En Europa y en EE. UU. se ha documentado el aumento de la pérdida de colonias de abejas melíferas asociado al uso de plaguicidas (vanEngelsdorp *et al.*, 2009; Brittain & Potts, 2011). En el caso de EE. UU., se ha encontrado mayor concentración y diversidad de estos compuestos tóxicos, reportando hasta 100 plaguicidas distribuidos en polen, miel y cera (Mullin *et al.*, 2010). En Italia realizaron un análisis para 128 compuestos, observando que el 40 % de las ceras, así como el 12 % de las muestras de abejas melíferas, dieron positivo a la presencia del fluvalinato y el cumafós.

Para comprender mejor la magnitud del problema y sus particularidades en el contexto nacional, es fundamental analizar la situación de los residuos de plaguicidas en los productos apícolas de la República Mexicana. En ese sentido, México es uno de los principales países exportadores de miel y a pesar de esto, la información sobre la presencia de residuos en productos apícolas es escasa. Aunado a ello, se ha reportado la disminución significativa en la producción de miel (Valdovinos *et al.*, 2017). Un estudio en Yucatán identificó la presencia de 93 residuos de plaguicidas agrícolas en muestras de miel y cera de abejas melíferas, donde el principal agroquímico presente en la miel fue el fungicida fenilfenol; mientras que en la cera fueron el fenilfenol y el organoclorado 2,4'-DDT en concentraciones más altas que en la miel (Valdovinos-Flores *et al.*, 2017). Cabe destacar

que, estos residuos ..se encuentran por debajo de los límites permisibles por la norma para la miel basados en el *Codex Alimentarius* CXS 12-1981 (*Codex Alimentarius* Commission, 2022); sin embargo, la acumulación a largo plazo de estos compuestos nocivos en los derivados de la colmena puede representar un riesgo alimentario (Mullin *et al.*, 2010) y cuya investigación en México sigue siendo limitada a pesar del riesgo potencial a la salud pública y la biodiversidad del país (Pacheco López *et al.*, 2023).

En consecuencia, es evidente que el uso de plaguicidas representa una amenaza real tanto para la calidad de productos apícolas, la salud de las personas y la supervivencia de las abejas. Abordar este desafío es esencial para proteger tanto la biodiversidad como la seguridad alimentaria, y garantizar un futuro sostenible para la apicultura y el bienestar humano.

5. Conclusión

El uso indiscriminado de plaguicidas en la agricultura ha provocado la presencia de residuos de estos químicos en productos como la miel y la cera producida por las abejas melíferas. La Península de Yucatán, principal región productora de miel en México no es la excepción, lo que evidencia la posibilidad de que dichos residuos afecten la salud de las abejas, disminuyan la producción y calidad de la miel y otros productos de la colmena, y aumenten el riesgo de efectos adversos en la salud de quienes los consumen. Por lo anterior, se recomienda implementar nuevas líneas de investigación orientadas al desarrollo y evaluación de bioplaguicidas que no perjudiquen la salud de las abejas, ni la humana, y que preserven la calidad de los productos de la colmena; así como la adopción de técnicas agrícolas que contribuyan a reducir el uso de plaguicidas, el diseño de bioindicadores de contaminación para miel y cera que permitan obtener información temprana, así como la innovación de tecnologías eficientes para la recolección, manejo y distribución de los productos de la colmena.



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

Declaraciones y afirmaciones

Fondos: Los autores declaran haber recibido financiamiento para este trabajo por parte de la SECIHTI con el proyecto 316148.

Conflicto de interés: Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Aprobación de ética: No aplica

Contribución de los autores: Conceptualización: TRAT, AHCR. Datos: YYMA, AHCR, TRAT. Análisis: YYMA, AHCR. Financiación: TRAT, NAPL. Investigación: YYMA, AHCR, TRAT, NAPL. Metodología: TRAT, AHCR. Gestión del proyecto: TRAT, NAPL. Recursos: TRAT, AHCR, NAPL. Software: TRAT, AHCR. Supervisión: TRAT, AHCR, NAPL. Validación: TRAT. Visualización: YYMA, TRAT, AHCR. Escritura-borrador original: YYMA, TRAT, AHCR, NAPL. Redacción, revisión y edición: TRAT, NAPL.

Todos los autores revisaron y aprobaron la versión final del artículo.

Referencias

1. Ashraf, S. A., Mahmood, D., Elkhalifa, A. E. O., Siddiqui, A. J., Khan, M. I., Ashfaq, F., Patel, M., Snoussi, M., Kieliszek, M., & Adnan, M. (2023). Exposure to pesticide residues in honey and its potential cancer risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.114014>
2. Brittain, C., & Potts, S. G. (2011). The potential impacts of insecticides on the life-history traits of bees and the consequences for pollination. *Basic and Applied Ecology*, 12(4), 321–331. <https://doi.org/10.1016/J.BAAE.2010.12.004>
3. Calatayud-Vernich, P., Calatayud, F., Simó, E., & Picó, Y. (2018). Pesticide residues in honey bees, pollen and beeswax: Assessing beehive exposure. *Environmental Pollution*, 241, 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.062>
4. Codex Alimentarius Commission. (2022). *CODEX NORMA PARA LA MIEL CODEX STAN 12-1981* www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B12-1981%252FCXS_012s.pdf
5. Ek-Huchim, J. P., Rodríguez-Cab, E. M., López-Torres, E., Dzul-Caamal, R., Canepa-Pérez, I. M., & Osten, J. R. von. (2024). Pesticides and polycyclic aromatic hydrocarbons in honey and *Apis mellifera* from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Journal of Food Composition and Analysis*, 132, 106293. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106293>
6. García, M. D. G., Duque, S. U., Fernández, A. B. L., Sosa, A., & Fernández-Alba, A. R. (2017). Multiresidue method for trace pesticide analysis in honeybee wax comb by GC-QqQ-MS. *Talanta*, 163, 54–64. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.10.083>
7. Gore, A., La Merrill, M., Patisaul, H., & Sargis, R. (2024). *Endocrine Disrupting Chemicals: Threats to Human Health. Pesticides, Plastics, Forever Chemicals and Beyond*. Endocrine Society. Hormone Science to Health.
8. Kasiotis, K. M., Zafeiraki, E., Manea-Karga, E., Anastasiadou, P., & Machera, K. (2023). Pesticide Residues and Metabolites in Greek Honey and Pollen: Bees and Human Health Risk Assessment. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(4). <https://doi.org/10.3390/FOODS12040706>
9. Martí, J. N. G., Kilchenmann, V., & Kast, C. (2022). Evaluation of pesticide residues in commercial Swiss beeswax collected in 2019 using ultra-high performance liquid chromatographic analysis. *Environmental*



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

- Science and Pollution Research*, 29(21), 32054–32064.
<https://doi.org/10.1007/S11356-021-18363-9/FIGURES/2>
10. Mu, G., Yan, S., Pan, F., Xu, H., Jing, X., & Xue, X. (2025). Based on theoretical design simultaneous analysis of multiple neonicotinoid pesticides in beeswax by deep eutectic solvents extraction combined with UHPLC-MS/MS. *Food Chemistry: X*, 25, 102073.
<https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2024.102073>
11. Mukherjee, I. (2009). Determination of pesticide residues in honey samples. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 83(6), 818–821.
<https://doi.org/10.1007/S00128-009-9772-Y>
12. Mullin, C. A., Frazier, M., Frazier, J. L., Ashcraft, S., Simonds, R., vanEngelsdorp, D., & Pettis, J. S. (2010). High Levels of Miticides and Agrochemicals in North American Apiaries: Implications for Honey Bee Health. *PLOS ONE*, 5(3), e9754.
<https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0009754>
13. Oymen, B., Aşır, S., Türkmen, D., & Denizli, A. (2022). Determination of multi-pesticide residues in honey with a modified QuEChERS procedure followed by LC-MS/MS and GC-MS/MS. *Journal of Apicultural Research*, 61(4), 530–542.
<https://doi.org/10.1080/00218839.2021.2017540>
14. Pacheco López, N. A., Cuevas Bernardino, J. C., & Vázquez Elorza, A. (2023). *Estado actual del uso de pesticidas en productos agropecuarios de la península de Yucatán y su impacto en la sociedad: Retos y perspectivas* (1st ed.).
15. Polanco Rodríguez, Á. G., Magaña Castro, T. V., Cetz Luit, J., & Quintal López, R. (2019, June). *Uso de agroquímicos cancerígenos en la región agrícola de Yucatán, México*. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-72.pdf>
16. Rodríguez Pérez, B., Canales Martínez, M. M., Penieres Carrillo, J. G., Cruz Sánchez, T. A., (2020). Composición química, propiedades antioxidantes y actividad antimicrobiana de propóleos mexicanos. *Acta Universitaria*, 30, 1–30. <https://doi.org/10.15174/AU.2020.2435>
17. Rodríguez-Aguilar, B., Peregrina-Lucano, A., Ceballos-Magaña, S., Rodríguez-García, A., Calderón, R., Palma, P., & Muñiz-Valencia, R. (2024). Spatiotemporal variability of pesticides concentration in honeybees (*Apis mellifera*) and their honey from western Mexico. Risk assessment for honey consumption. *Science of the Total Environment*, 947. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.174702>
18. Rosales González, M., & Rubio Herrera, A. (1961). Estudios de cultura maya. *Estudios de Cultura Maya*, 35, 163–186. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-25742010000100007&lng=es&nrm=iso&tlng=es
19. Stanojević, S. P., Milinčić, D. D., Smiljanić, N., Pešić, M. B., Nedić, N. M., Kolašinac, S., Dojčinović, B., Dajić-Stevanović, Z., & Kostić, A. (2024). Conventional vs. Organically Produced Honey—Are There Differences in Physicochemical, Nutritional and Sensory Characteristics? *Foods*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/foods13223573>
20. Valdovinos-Flores, C., Alcantar-Rosales, V. M., Gaspar-Ramírez, O., Saldaña-Loza, L. M., & Dorantes-Ugalde, J. A. (2017). Agricultural pesticide residues in honey and wax combs from Southeastern, Central and Northeastern Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 56(5), 667–679.



Artículo de divulgación científica

Mariano-Aguilera et al., 2025

<https://doi.org/10.1080/00218839.2017.1340798>

21. VanEngelsdorp, D., Evans, J. D., Saegerman, C., Mullin, C., Haubrige, E., Nguyen, B. K., Frazier, M., Frazier, J., Cox-Foster, D., Chen, Y., Underwood, R., Tarpy, D. R., & Pettis, J. S. (2009). Colony Collapse Disorder: A Descriptive Study. *PLOS ONE*, 4(8), e6481. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0006481>
22. Végh, R., Csóka, M., Mednyánszky, Z., & Sipos, L. (2023). Pesticide residues in bee bread, propolis, beeswax and royal jelly – A review of the literature and dietary risk assessment. *Food and Chemical Toxicology*, 176. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2023.113806>
23. Zohar, E., Cohen, H., Goldshlager, N., Barel, S., & Anker, Y. (2024). Detection of the amitraz pesticide in bee wax by hyperspectral imaging. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 18(4), 3008–3017. <https://doi.org/10.1007/S11694-024-02382-4/FIGURES/7>