



Adulteración de la miel de abeja: un riesgo para la sostenibilidad apícola

Bee honey adulteration: a risk to beekeeping sustainability

Rubén D. Collantes G.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Estación Experimental de Cerro Punta.
Panamá. ruben.collantes@oteima.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

Ruth Del Cid A.

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Finca Experimental de Ollas Arriba.
Panamá. ruthjasmina.del@rai.usc.es <https://orcid.org/0000-0002-7917-7663>

Maricsa Jerkovic

Universidad Tecnológica OTEIMA. Facultad de Administración. Panamá.
maricsa.jerkovic@oteima.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-0982-9088>

*Autor de correspondencia: ruben.collantes@oteima.ac.pa

Fecha de recepción: 20/02/ 2024

Fecha de aceptación: 18/03/ 2024

DOI <https://doi.org/10.48204/synergia.v3n1.5093>

Resumen

Durante la pandemia por COVID-19, el consumo de alimentos nutracéuticos se incrementó considerablemente; siendo la miel de abeja un producto natural apreciado en la medicina tradicional. Sin embargo, la adulteración amenaza la sostenibilidad apícola, porque: i) Reduce los beneficios para la salud de las personas; ii) Genera desconfianza en los consumidores; iii) Es una competencia desleal. Este trabajo es una revisión sobre estos aspectos y cómo prevenir dicho riesgo. Se consultaron 50 documentos sobre la temática, seleccionados por su pertinencia y publicados principalmente durante los últimos cinco años. Como resultados, se tienen diversas técnicas para detectar mieles adulteradas, como la espectrofotometría, el análisis fisicoquímico e inclusive el análisis de ADN. Se recomienda no comprar mieles demasiado económicas, revisar que la etiqueta del producto indique que es 100% natural, que el envase sea apropiado (vidrio o plástico transparente), que la cristalización sea homogénea sin estratos y comprar a apicultores registrados.



Palabras clave: Apicultor, competencia desleal, miel de abeja, producto adulterado, salud.

Abstract

During the COVID-19 pandemic, the consumption of nutraceutical foods increased considerably; bee honey being a natural product appreciated in traditional medicine. However, adulteration threatens beekeeping sustainability, because: i) It reduces the health benefits of people; ii) Generates distrust in consumers; iii) It is an unfair competition. This work is a review of these aspects and how to prevent this risk. About 50 documents on the subject were consulted, selected for their relevance and published mainly during the last five years. As a result, there are various techniques to detect adulterated honey, such as spectrophotometry, physicochemical analysis and even DNA analysis. It is recommended not to buy honey that is too cheap, to check that the product label indicates it is 100% natural, the container should be appropriate (glass or transparent plastic), the crystallization must be homogeneous without strata and to buy from registered beekeepers.

Keywords: Adulterated product, bee honey, beekeeper, health, unfair competition.

Introducción

La miel de abeja es el único edulcorante natural que ha estado disponible para el ser humano por más de 40 mil años (Chirsanova et al., 2021). Debido a la pandemia provocada por el COVID-19, la compra y consumo de miel de abeja se incrementó significativamente en el mundo hasta en un 50% en algunas latitudes, debido a las propiedades medicinales por su contenido de ingredientes bioactivos, que se le atribuyen desde tiempos milenarios (Wang et al., 2021; Nabti y Lazhari, 2022; Pećanac et al., 2023); además, de que se considera que la apicultura contribuye con la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos (FAO, 2023), en lo referido a la biodiversidad y la oportunidad de ingresos económicos en comunidades rurales principalmente (Wickramarathna y De Silva, 2023).

Por otra parte, los productos apícolas de origen natural ayudan a reforzar el sistema inmunológico y prevenir padecimientos de salud a través de sus propiedades inmunomoduladoras, antioxidantes y antiinflamatorias (LabEA, 2020); siendo los Estados Unidos de América uno de los mayores compradores, el cual importa 180 000 t de miel al año para cubrir la demanda interna, la cual no logra ser atendida por los apicultores estadounidenses por diversos factores (Aprile, 2021).



La actividad apícola también posee un potencial considerable para el desarrollo de la entomoterapia mediante productos artesanales como miel, cera, polen y propóleo; pero se requiere de mayor promoción y divulgación, a fin de que las personas que están incursionando en la actividad productiva logren la sostenibilidad de esta (Atencio et al., 2023). Sin embargo, la miel de abeja es el producto saludable con mayor falsificación tanto en aspectos entomológicos como botánicos (Zannat et al., 2023); mediante la adición de jarabes de glucosa, sacarosa, fructuosa u otros, atentando contra la actividad apícola honesta porque personas inescrupulosas sacan ventaja indebida al abaratar costos mediante la adición de edulcorantes (Delgado, 2021). Además de las sustancias previamente mencionadas, se han registrado adulteraciones mediante el uso de plátano maduro, melaza, papa, camote, harina de maíz y trigo, por mencionar algunos (Damto, 2021).

Esta situación fue detectada como uno de los principales problemas que confronta la apicultura en Panamá (Lara, 2023); lo cual es consecuencia de la creciente demanda por estos productos y, dada la escasez de los mismos, ocurre la adulteración con la cual, además de los perjuicios económicos, también se pone en riesgo la salud de los consumidores (Kanelis et al., 2022). Por otro lado, factores como el cambio climático, la reducción de los recursos florales necesarios como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola y proyectos de vivienda, el uso inconsciente de plaguicidas de síntesis, entre otras acciones realizadas por los seres humanos, han comprometido significativamente la viabilidad de la apicultura en algunos escenarios (Medvid et al., 2023).

Si bien, se han desarrollado aportes técnicos sobre la materia (IDIAP, 2022), la adulteración persiste como riesgo importante para la sostenibilidad apícola. Por lo expuesto, el documento es una revisión sistemática sobre tres aspectos relacionados con el consumo de miel adulterada: i) Reducción de los beneficios potenciales para la salud de las personas; ii) Desconfianza que los consumidores podrían tener luego de haber consumido productos adulterados; iii) Competencia desleal.



Métodos

Se consultó un total de 50 publicaciones relacionadas con las temáticas indicadas previamente, la mayoría generada durante los últimos cinco años. La búsqueda se realizó con ayuda de Google Scholar, así como con la plataforma ResearchGate. La mayoría de los documentos consultados están en idioma inglés y español.

Desarrollo y Discusión

La miel de abeja adulterada reduce los beneficios potenciales para la salud humana

La miel de abeja está compuesta principalmente por los monosacáridos glucosa y fructosa (85% de su composición), disacáridos (gentibiosa, isomaltosa, maltosa, maltulosa, nigerosa, palatinosa, sacarosa y turalosa), trisacáridos (centosa, eriosa; isomaltotriosa, isopanosa, laminaritriosa, maltotriosa, melezitosa y panosa) y azúcares complejos (isomaltopentosa y isomaltotetraosa); además de las enzimas añadidas por las abejas, se tienen cerca de 20 proteínas no enzimáticas, 21 aminoácidos libres (destacando la prolina, que representa el 50% del total); y también en su composición hay antioxidantes y minerales importantes como el potasio, seguido del sodio, calcio y magnesio; y en menor proporción hierro, manganeso, cobre, cloro, fósforo, azufre y sílice (Ulloa et al., 2010; Lyoussi et al., 2022).

Las condiciones ambientales y el manejo técnico del apiario son los principales factores que influyen en el rendimiento, calidad de la miel y otros productos apícolas (Medina-Cuéllar et al., 2014); más aún, prácticas de alimentación inapropiadas en la colmena podrían afectar la fortaleza de las colmenas y derivar en la adulteración indirecta del contenido de azúcares en la miel (Cordella et al., 2005; Kandolf et al., 2015, 2017), la cual puede detectarse eficazmente utilizando un algoritmo de agrupamiento de K medias basado en el contenido de glucosa o el contenido total de azúcar en la miel, un método de medición fácil y económico (Al-Mahasneh et al., 2021).



En consideración, (Atencio et al. 2023), presentaron los beneficios para la salud al consumir miel de abeja pura, entre los que figuran propiedades antibacterianas, antioxidantes y antiinflamatorias (útiles para el tratamiento de heridas, quemaduras, padecimientos gástricos, respiratorios, oftálmicos y dérmicos, por citar algunos), estímulo del crecimiento de tejidos y fortalecimiento de las defensas del cuerpo y ayuda a recuperarse de la fatiga. Estos beneficios explicarían que en países como Chile el consumo de miel de abeja se haya incrementado exponencialmente, en especial tras la pandemia por COVID-19 (Generación M, 2021).

Sin embargo, todos los beneficios potenciales de carácter económico, comercial y para la salud pueden verse comprometidos significativamente frente a la adulteración (Palou, 2016; Cárdenas-Escudero et al., 2022); la cual incluye también la miel producida por las abejas mediante alimentación suplementaria con jarabe dada por el apicultor y, por tanto, no debería ser comercializada como miel de abeja (Baleriola, 2020). Además, entre los atributos que ayudan a determinar una posible adulteración, se tienen la detección de residuos de dextrinas de almidón (presentes en la glucosa comercial), el pH (aceptable entre 3,2 y 4,5), el contenido de humedad ($\leq 18\%$), así como la conductividad eléctrica y la resistividad (Aguas et al., 2010; Periago et al., 2017; Yakubu et al., 2021). Por otro lado, se cuenta con un método cromatográfico (mediante HPLCAD), para la detección de adulteración de miel con jarabes de arroz identificando el marcador 2-acetil furano 3 glucopiranosido (AFGP), demostrado ser eficaz para dicho fin (Baleriola, 2020).

Desconfianza en el consumidor: ¿Cómo saber si la miel de abeja es pura?

Como consecuencia de las adulteraciones, algunas personas pueden dudar antes de invertir en un producto “sano”. Palou (2016), compartió los resultados de la investigación desarrollada por Vaughn Bryant (Universidad de Texas A&M); palinólogo que determinó que más del 75% de la miel comercializada en los Estados Unidos de América es adulterada, porque si esta no contiene polen en su composición, perdería todas las propiedades nutritivas y saludables deseadas.



Weerasinghe et al. (2023), indicaron que, mediante espectroscopía se puede detectar miel adulterada, dado que el polen presente en la miel guarda relación directa con la calidad de la misma y puede ser detectado mediante dichas técnicas en laboratorio; además de ser uno de los principales parámetros evaluados en calidad de miel (Ulloa, 2022). También parámetros fisicoquímicos como la actividad de la catalasa y D-glucosa-1-oxidasa, así como la concentración de peróxido de hidrógeno (H_2O_2), pueden ayudar a determinar si se tiene una miel adulterada o no (Gruznov et al., 2023); así como propiedades reológicas y antibacteriales (Mohamat et al., 2023).

Así mismo, se puede utilizar un método óptico laser para predecir la posible sustancia utilizada en la adulteración como agua, almidón, solución azucarada, entre otros (El-Raie et al., 2015); además, de que se puede emplear infrarrojo cercano (NIR) (Tan et al., 2021; Raypah et al., 2022a, b), espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) (Damto et al., 2023), metabolómica de $1H$ -NMR no dirigida con quimiometría (Yong et al., 2022), espectroscopía de fluorescencia portátil basada en LED (Suhandy et al., 2023) e inclusive un refractómetro digital de bolsillo (Lyasota et al., 2023), para detectar miel adulterada.

Vale mencionar, que la mayoría de estos procedimientos se apoyan en el Análisis de Componentes Principales (PCA), la técnica multivariada más utilizada y de larga data (Zolkapli et al., 2022); la cual, en complemento con dendrogramas de mapas de calor y matrices de correlación entre propiedades bioquímicas de la miel, así como análisis moleculares, pueden ayudar a identificar el origen entomológico del producto (Zannat et al., 2023). Inclusive, el uso de metacódigo de barras (*Metabarcoding*) del ADN ambiental (eDNA), de fuentes bacteriales, florales y entomológicas, ha sido utilizado como herramienta útil para establecer mejor el origen geográfico de las mieles que se comercializan en otras latitudes (Pathiraja et al., 2023); además, de considerar factores como la composición del suelo, el clima, las especies vegetales y de abejas presentes, los cuales forman parte de la “huella digital” que le otorga identidad propia a cada miel (Panasyuk et al., 2023).

Por otro lado, la detección de azúcares C_4 presentes en jarabes de maíz y azúcar de caña, permite determinar si una miel ha sido adulterada o no con dichas sustancias, empleándose el análisis de la proporción de isótopos de carbono estables de estándar interno (ISCIRA) (Lao et al., 2021).



Para saber de manera práctica si la miel es pura, Palou (2016), refirió los siguientes datos:

- En los ingredientes declarados en la etiqueta no debe figurar ningún otro compuesto.
- Si la cristalización de la miel es rápida, sólida y homogénea, es pura (Kurt et al., 2020); pero, si al colocarla en la nevera no cristaliza o forma estratos, está adulterada (Figura 1).
- Colocar una cucharada de miel de abeja en un vaso con agua. Si se disuelve, no es pura.
- Mezclar un poco de miel de abeja con agua y añadir cuatro a cinco gotas de vinagre. Si se forma espuma, podría haber adulteración con yeso.
- Tomar una cucharada de miel y colocarla boca abajo. Si fluye muy rápidamente, está adulterada o es una miel “verde”, porque la miel madura fluye muy lentamente.
- Encender un fósforo y quemar la miel. Si arde, es pura; si no lo hace, tiene mucha humedad.
- Preparar una mezcla de agua con un poco de miel y añadirle unas gotas de yodo. Si se tiñe de azul, está adulterada porque el yodo reacciona ante la presencia de almidón.
- Sumergir un trozo de pan duro en miel. Si al cabo de 10 minutos sigue duro, es pura; pero, si se ablanda, es porque la miel tenía alto contenido de humedad.





Figura 1.

Cristalización de miel de abeja: A) Adulterada con grumos y estratos (izquierda), mientras que la pura se mantiene homogénea (derecha); B) Miel pura de Boquete, completamente cristalizada.



La competencia desleal de mieles adulteradas atenta contra la sostenibilidad apícola

La compra y venta de miel adulterada atenta contra la economía del sector apícola, porque el ingreso de este producto a un precio muy inferior, representa una competencia desleal para los productores apícolas que procuran cumplir con las legislaciones vigentes; además, si en la miel adulterada no se declaran las sustancias como debe ser, esto puede ocasionar problemas de salud pública en materia de intoxicación, intolerancia o reacciones alérgicas por sustancias como gluten y alérgenos lácteos (Baleriola, 2020; Klekotko et al., 2024). Esto deja de manifiesto que la miel adulterada atenta directamente contra la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) y contra los objetivos de desarrollo sostenible (ODS), propuestos por Naciones Unidas (2024); dado que, además de engañar a los consumidores, devalúa las propiedades nutraceuticas propias de la miel (Erban et al., 2021).

En este renglón, es necesario que las autoridades refuercen las sanciones y medidas para salvaguardar la competitividad del rubro apícola, tanto a nivel nacional como internacional (Aguas



et al., 2010); dado que las personas son cada vez más conscientes de sus derechos para denunciar y reclamar cuando un producto o servicio no satisface sus intereses o necesidades. Otro aspecto importante es el precio de venta; el cual, para el caso de Panamá, puede estar entre USD 12,00 y USD 18,00 la botella de 750 ml, dependiendo del sitio donde sea producida y comercializada (C. Candanedo, comunicación personal, 01 de febrero de 2024).

Conclusiones

La adulteración de miel de abeja es una mala práctica que puede comprometer la sostenibilidad del rubro apícola. Al generarse desconfianza por parte de los consumidores, esto dificulta aún más la comercialización a precio justo de este alimento nutracéutico; además, de que los beneficios para la salud dejan de poder recibirse apropiadamente porque al modificarse el contenido de la miel, las propiedades y principios bioactivos presentes en la misma pueden reducirse. Se recomienda a los consumidores: i) No comprar mieles demasiado económicas; ii) Revisar que la etiqueta del producto declare que es 100% miel natural; iii) Escoger una presentación en envase apropiado, de vidrio o plástico transparente; iv) Revisar que la cristalización sea homogénea y sin formar estratos, además de la viscosidad; v) Procurar comprar a apicultores que estén debidamente registrados.

Referencias bibliográficas

- Aguas, Y., Olivero, R. y Cury, K. (2010). Determinación de adulteración y aceptabilidad de mieles (*Apis mellifera*) comercializadas en Cartagena, Bolívar, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal – RECIA*, 2(2), 349-354. <https://doi.org/10.24188/recia.v2.n2.2010.314>
- Al-Mahasneh, M., Al-U'datt, M., Rababah, T., Al-Widyan, M., Kaeed, A., Al-Mahasneh, A. y Abu-Khalaf, N. (2021). Classification and Prediction of Bee Honey Indirect Adulteration Using Physicochemical Properties Coupled with K-Means Clustering and Simulated Annealing-Artificial Neural Networks (SA-ANNs). *Journal of Food Quality*, 2021(8), 634598. <http://dx.doi.org/10.1155/2021/6634598>
- Aprile, D. (2021). *Boom apícola: la pandemia disparó el consumo de miel*. *Ámbito*. Recuperado de: <https://www.ambito.com/agronegocios/abejas/boom-apicola-la-pandemia-disparo-el-consumo-miel-n5277800>



- Atencio, R., Madrid, G., Vaña, M., Fung, A., Del Cid, R., Collantes, R. y Jerkovic, M. (2023). Promoción de la entomoterapia con productos apícolas en Panamá: Estudio de caso de un proyecto apícola artesanal. *Peruvian Agricultural Research*, 5(2), 74-84. <https://doi.org/10.51431/par.v5i2.858>
- Baleriola, L. (2020). *Evaluación de un método de detección de adulteración de mieles con jarabe de arroz*. [Trabajo de Grado, Maestría]. Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/157852/Baleriola%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20un%20m%C3%A9todo%20de%20detecci%C3%B3n%20de%20adulteraci%C3%B3n%20de%20mieles%20con%20jarabe%20de%20arroz.pdf?sequence=1>
- Cárdenas-Escudero, J., Galán-Madruga, D. y Cáceres, J. O. (2022). Rapid, reliable and easy-to-perform chemometric-less method for rice syrup adulterated honey detection using FTIR-ATR. *Talanta*, 253(11), 123961. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123961>
- Chirsanova, A., Capcanari, T., Boistean, A. y Khanchel, I. (2021). Bee honey: history, characteristics, properties, benefits and adulteration in the beekeeping sector. *Journal of Social Sciences*, 4(3), 98-114. [http://dx.doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4\(3\).11](http://dx.doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4(3).11)
- Cordella, C., Militao, J., Clément, M-C., Drajnudel, P. y Cabrol-Bass. D. (2005). Detection and quantification of honey adulteration via direct incorporation of sugar syrups or bee-feeding: Preliminary study using high-performance anion exchange chromatography with pulsed amperometric detection (HPAEC-PAD) and chemometrics. *Analytica Chimica Acta*, 531(2), 239-248. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aca.2004.10.018>
- Damto, T. (2021). A Review on Status of Honey Adulteration and Their Detection Techniques in Ethiopia. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 11(S7), 180. Recuperado de: <https://www.longdom.org/open-access/a-review-on-status-of-honey-adulteration-and-their-detection-techniques-inethiopia.pdf>
- Damto, T., Zewdu, A. y Birhanu, T. (2023). Application of Fourier transform infrared (FT-IR) spectroscopy and multivariate analysis for detection of adulteration in honey markets in Ethiopia. *Current Research in Food Science*, 7(1), 100565. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100565>
- Delgado, J. (2021). *El alto consumo y adulteración de la miel en tiempos de COVID-19*. Universidad de San Martín de Porres, Perú. Recuperado de: <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffebruary.ifpri.org%2Fdigital%2Fapi%2Fcollection%2Fp15738coll17%2Fid%2F41%2Fdownload&psig=AOvVaw17106luJz8HLO8WZLkpd8h&ust=1706885025700000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAYQn5wMahcKEwiYleuDtIqEAXUAAAAAHQAAAAAQBA>



- El-Raie, A., Hassan, H., Abd El-Rahman, A. y Shaimaa, R. (2015). A Laser Optical Method for Predicting Adulteration of Clover Honey Bee. *Middle East Journal of Applied Sciences*, 5(2), 587-596. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.8896>
- Erban, T., Shcherbachenko, E., Talacko, P. y Harant, K. (2021). A single honey proteome dataset for identifying adulteration by foreign amylases and mining various protein markers natural to honey. *Journal of Proteomics*, 239, 104157. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2021.104157>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2023). *Compromiso con las abejas por una producción agrícola respetuosa de los polinizadores*. Recuperado de: <https://www.fao.org/3/cc5759es/cc5759es.pdf>
- Generación M. (2021). *La pandemia aumentó el consumo de miel entre los chilenos: 700 gramos per cápita al año*. El Mostrador. Recuperado de: <https://www.elmostrador.cl/generacion-m/2021/08/06/la-pandemia-aumento-el-consumo-de-miel-entre-los-chilenos-700-gramos-per-capita-al-ano/>
- Gruznov, D. V., Gruznova, O. A., Lobanov, A. V. y Sokhlikov, A. B. (2023). Detection of honey adulterations based on physicochemical analysis. *Chemical Safety Science*, 7(2), 153-165. <https://doi.org/10.25514/CHS.2023.2.25009>
- IDIAP (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá). (2022). *Investigación e Innovación apícola en Panamá*. Iniciativas y Proyectos. Recuperado de: <https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/investigacion-innovacion-apicola-panama/es>
- Kandolf, A., Ogrinc, N., Lilek, N. y Korošec, M. (2017). Feeding honey-bee colonies (*Apis mellifera carnica* Poll.) and detection of honey adulteration. *Acta Alimentaria*, 46(2), 127-136. <https://doi.org/10.1556/066.2016.0002>
- Kandolf, A., Ogrinc, N., Lilek, N., Noč, B., Božič, J. y Korošec, M. (2015). Influence of feeding bee colonies on colony strength and honey authenticity. *Acta Agriculturae Slovenica*, 106(1), 31-39. <https://doi.org/10.14720/aas.2015.106.1.4>
- Kanelis, D., Liolios, V., Tananaki, C. y Rodopoulou, M-A. (2022). Determination of the Carbohydrate Profile and Invertase Activity of Adulterated Honeys after Bee Feeding. *Applied Sciences*, 12(7), 3661. <https://doi.org/10.3390/app12073661>
- Kleotko, K., Bermingham, M., Oliver, M. y Blaxland, J. A. (2024). Identification of gluten and the major milk allergens Bos d 5 and Bos d 11 within commercially available honey samples. *Authorea*, January 31. <https://doi.org/10.22541/au.170670867.77420868/v1>
- Kurt, A., Palabiyik, I., Gunes, R., Konar, N. y Toker, O. S. (2020). Determining Honey Adulteration by Seeding Method: an Initial Study with Sunflower Honey. *Food Analytical Methods*, 13(4), 952-961. <https://doi.org/10.1007/s12161-020-01711-9>



- LabEA (Laboratorio de Estudios Apícolas). (2020). *Los productos apícolas: un complemento en la dieta para enfrentar mejor el COVID-19*. [Informe Técnico]. Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Argentina. Recuperado de: <https://ri.conicet.gov.ar/wp/wp-content/uploads/2020/06/Informe-LabEA-Productos-Ap%C3%ADcolas-2020-0000002.pdf>
- Lao, M., Bautista VII, A., Mendoza, N. y Rodríguez, C. (2021). Stable carbon isotope ratio analysis of Philippine honeys for the determination of adulteration with C4 sugars. *Food Analytical Methods*, 14(7), 1443-1455. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12161-021-01968-8>
- Lara, K. (2023). *Diagnostican limitantes del rubro apícola local*. Panamá América. Recuperado de: <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/diagnostican-limitantes-del-rubro-apicola-local-1217828>
- Lyasota, V., Bogatko, N., Bukalova, N., Dzmil, V., Hitska, O., Mazur, T., Tkachuk, S., Prilipko, T. y Vakula, B. (2023). Safety and quality of natural bee honey produced under different trademarks as sold in supermarkets. *Scientific Journal of Veterinary Medicine*, 1. <https://doi.org/10.33245/2310-4902-2023-180-1-24-39>
- Lyoussi, B., Bakour, M., El-Haskoury, R., Imtara, H., Hano, C. y Bíliková, K. (2022). Characterization of Various Honey Samples from Different Regions of Morocco Using Physicochemical Parameters, Minerals Content, Antioxidant Properties, and Honey-Specific Protein Pattern. *Journal of Food Quality*, 2022, 6045792. <https://doi.org/10.1155/2022/6045792>
- Medina-Cuéllar, S., Portillo-Vázquez, M., García Álvarez-Coque, J., Terrazas-González, G. Alba-Nevárez, L. (2014). Influencia del ambiente sobre la productividad de la segunda cosecha de miel de abeja en Aguascalientes de 1998 a 2010. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 20(2), 159-165. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2013.09.031>
- Medvid, O., Peredera, Z., Shcherbakova, N. y Peredera, S. (2023). Analysis of the Italian honey market. *Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnology*, 25(112), 16-21. <http://dx.doi.org/10.32718/nlvet11202>
- Mohamat, R. N., Noor, N. R. A. M., Yusof, Y. A., Sabri, S. y Zawawi, N. (2023). Differentiation of High-Fructose Corn Syrup Adulterated Kelulut Honey Using Physicochemical, Rheological, and Antibacterial Parameters. *Foods*, 12(8), 1670. <http://dx.doi.org/10.3390/foods12081670>
- Naciones Unidas. (2024). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Recuperado de: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>





- Nabti, D. y Lazhari, T. (2022). Chemical composition, biological activity and factors influencing the quality of Algerian bee-honey (*Apis milliner*). *South Asian Journal of Experimental Biology*, 12(1), 1-11. [http://dx.doi.org/10.38150/sajeb.12\(1\).p1-11](http://dx.doi.org/10.38150/sajeb.12(1).p1-11)
- Palo, N. (2016). *Más del 75% de la miel que se comercializa está adulterada*. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/vivo/ecologia/20160915/41311557259/miel-adulterada-nutrientes-polen-ultra-filtracion.html>
- Panasyuk, A. L., Kuzmina, E. I., Sviridov, D. A. y Ganin, M. Yu. (2023). Individual integrated approach to honey identification using instrumental methods of analysis and statistical processing of results. *Food systems*, 6(2), 211-223. <https://doi.org/10.21323/2618-9771-2023-6-2-211-223>
- Pathiraja, D., Cho, J., Kim, J. y Choi, I-G. (2023). Metabarcoding of eDNA for tracking the floral and geographical origins of bee honey. *Food Research International*, 164(1), 112413. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112413>
- Pećanac, B., Golić, B., Kasagić, D. y Knežević, D. (2023). *Quality of honey and suspicion of honey adulteration*. [Conferencia]. VIII International Congress “Engineering, Environment and Materials in Process Industry“. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/373165929_QUALITY_OF_HONEY_AND_SUSPICION_OF_HONEY_ADULTERATION
- Periago, M., Navarro-González, I., Alaminos, A, Elvira-Torales, L. y García-Alonso, F. (2019). Parámetros de calidad en mieles de diferentes orígenes botánicos producidas en La Alpujarra granadina. *Anales de Veterinaria de Murcia*, 32, 59-71. Recuperado de: <https://revistas.um.es/analesvet/article/view/369371>
- Raypah, M. E., Omar, A. F., Muncan, J., Zulkurnain, M. y Abdul Najib, A. R. (2022a). Identification of Stingless Bee Honey Adulteration Using Visible-Near Infrared Spectroscopy Combined with Aquaphotomics. *Molecules*, 27(7), 2324. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules27072324>
- Raypah, M. E., Zhi, L. J., Loon, L. Z. y Omar, A. F. (2022b). Near-infrared spectroscopy with chemometrics for identification and quantification of adulteration in high-quality stingless bee honey. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 224, 104540. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2022.104540>
- Suhandy, D., Al Riza, D. F., Yulia, M. y Kusumiyati, K. (2023). Non-Targeted Detection and Quantification of Food Adulteration of High-Quality Stingless Bee Honey (SBH) via a Portable LED-Based Fluorescence Spectroscopy. *Foods*, 12(16), 3067. <https://doi.org/10.3390/foods12163067>



- Tan, S. H., Pui, L. P., Solihin, M. I., Keat, K. S., Lim, W. H. y Ang, C. K. (2021) Physicochemical analysis and adulteration detection in Malaysia stingless bee honey using a handheld near-infrared spectrometer. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(7), e15576.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.15576>
- Ulloa, J., Mondragón, P., Rodríguez, R., Reséndiz, J. y Rosas, P. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente*, 2(4), 11-18. Recuperado de:
<http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/01-04/2.pdf>
- Ulloa, P. (Ed.). (2022). *Metodologías para la determinación de parámetros fisicoquímicos y de calidad en miel*. INIA, Chile. Recuperado de:
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/68794/NR42023.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, Z., Ren, P., Wu, Y. y He, Q. (2021). Recent advances in analytical techniques for the detection of adulteration and authenticity of bee products – A review. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 38(4), 533-549. <https://doi.org/10.1080/19440049.2020.1871081>
- Weerasinghe, R., Dharmadasa, R., Hemachandra, M., Buudhika, P., De Silva, R. y Subramanium, P. (2023). *Spectrometric concept to identify the adulteration of bee honey using reflected light*. [Conferencia]. 6th International Biennial Research Symposium – 2023, Industrial Technology Institute, Sri LankaAt: Industrial Technology Institute 363, Bauddhaloka Mawatha Colombo 07, Sri Lanka. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/375640462_Spectrometric_concept_to_identify_the_adulteration_of_bee_honey_using_reflected_light
- Wickramaratna, I. M. y De Silva, D. A. M. (2023). Honey Bee Value Chain Social, Economic and Environmental Benefits & Costs. [Conferencia]. International Conference on Building Resilience In Tropical Agro-Ecosystems 2023, Colombo, Sri Lanka. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/369325479_Honey_Bee_Value_Chain_Social_Economic_and_Environmental_Benefits_Costs
- Yakubu, A., Sahabi, S., Sani, G. y Faruku, S. (2021). Determination of Sugar Adulteration in Honey Using Conductivity Meter and pH Meter. *Research Journal of Environmental and Earth Sciences*, 7(11), 50-57. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/publication/356287300_Determination_of_Sugar_Adulteration_in_Honey_Using_Conductivity_Meter_and_pH_Meter



Yong, C-H., Muhammad, S. A., Abd Aziz, F., Nasir, F. I., Mustafa, M. Z., Ibrahim, B., Kelly, S. D., Cannavan, A., Seow, E-K. (2022). Detecting adulteration of stingless bee honey using untargeted ^1H NMR metabolomics with chemometrics. *Food Chemistry*, 368.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130808>

Zannat, R., Rahman, M. M., Joaty, J. Y., Miah, M. R. U., Al Mamun, M. A. y Hassan, J. (2023). Towards authentication of entomological origin of honey in Bangladesh through molecular and biochemical approaches. *Journal of Agriculture and Food Research*, 12(6),100543.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100543>

Zolkapli, M., Zulkiflee, N. S., Zoolfakar, A. S., Abdul Rani, R. y Aryani, D. (2022). Detection and Classification of Honey Adulteration Combined with Multivariate Analysis. *International Journal of Integrated Engineering*, 14(3), 262-272.

<http://dx.doi.org/10.30880/ijie.2022.14.03.028>

Agradecimientos

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en especial al Dr. Arnulfo Gutiérrez (director general) y al Dr. Ismael Camargo (Director de Recursos Genéticos y Biodiversidad), por el apoyo brindado al Proyecto de Investigación e Innovación Apícola en Panamá (PIIAP). A Carlos Candanedo (Universidad de Panamá), por atender las consultas realizadas durante el estudio.