

Determinantes fisicoquímicos de la calidad de la miel: una revisión bibliográfica*

Cómo citar este artículo: Pineda Ballesteros, E., Castellanos Riveros, A., y Téllez Acuña, F. R. (2019). Determinantes fisicoquímicos de la calidad de la miel: una revisión bibliográfica. Cuadernos de Desarrollo Rural, 16(83). <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr16-83.dfcmm>

Eliécer Pineda Ballesteros ^a

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

eliecer.pineda@unad.edu.co

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1331-3084>

Alberto Castellanos Riveros

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4245-189X>

Freddy Reynaldo Téllez Acuña

Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Colombia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1978-0137>

DOI: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr16-83.dfcmm>

Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=11759286001>

Recibido: 27 Agosto 2018 ■ Aceptado: 15 Febrero 2019 ■ Publicación: 10 Junio 2019

Resumen:

La calidad de la miel es uno de los aspectos que menos se han investigado en Colombia. La revisión bibliográfica de este artículo identificó las características fisicoquímicas de la miel necesarias para establecer su calidad, y se encontró que los parámetros de acidez, pH, hidroximetilfurfural (HMF), cenizas, conductividad eléctrica, azúcares y humedad, entre otros, son los más usados. Para esta revisión se seleccionaron 60 artículos por criterios como procedencia geográfica, publicación reciente y relevancia con el tema de la investigación. Al final del texto, se exponen algunas posibles aplicaciones no tradicionales de la miel que a su vez surgen como nuevos espacios de investigación.

Palabras clave: calidad de la miel, origen de la miel, propiedades fisicoquímicas.

^a Autor de correspondencia. Correo electrónico: eliecer.pineda@unad.edu.co

Physical-Chemical Determinants of the Honey Quality: A Bibliographic Review

Abstract:

The quality of honey is one of the most unresearched topics in Colombia. The bibliographic review in this paper identified the physical-chemical characteristics of the honey that must be considered to establish the honey quality. It was found that the parameters acidity, pH, hydroxymethylfurfural (HMF), ashes, electric conductivity, sugars, moisture, among others, are the most frequently used. In this review 60 articles were selected based on criteria like geographic origin, publication recentness, and research topic relevance. At the end, some potential non-traditional applications for the honey are set out that, in turn, would open new spaces for research.

Keywords: honey quality, honey origin, physical-chemical properties.

Determinantes físico-químicas da qualidade do mel: uma revisão de literatura

Resumo:

A qualidade do mel é um dos aspectos menos pesquisado na Colômbia. A revisão de literatura deste artigo identificou as características físico-químicas do mel necessárias para estabelecer sua qualidade, e encontrou-se que os parâmetros de acidez, pH, hidroximetilfurfural (HMF), cinzas, condutividade elétrica, açúcares e umidade, entre outros, são os mais usados. Para esta revisão selecionaram-se 60 artigos baseados em critérios como procedência geográfica, publicação recente e relevância com o tema de pesquisa. No final do texto, expõem-se algumas possíveis aplicações não tradicionais do mel que, por sua vez, emergem como novos espaços de pesquisa.

Palavras-chave: qualidade do mel, origem do mel, propriedades físico-químicas.

Introducción

Este artículo presenta, principalmente, los resultados de la revisión bibliográfica realizada en la investigación “Sistema experto para la determinación de la calidad de la miel de abejas basada en propiedades fisicoquímicas, aplicado en mieles comercializadas en Santander”, financiada por la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), cuyo propósito fue reconocer investigaciones relacionadas con la calidad de la miel en el contexto asociado a la comercialización de mieles, que, según Feás, Pires, Iglesias y Estevinho (2010), puede ser determinada a partir de las composiciones de los datos fisicoquímicos del producto, los cuales deberían estar disponibles para las autoridades, los distribuidores y los consumidores.

La agenda prospectiva de investigación, en la cadena productiva agroindustrial de las abejas y la apicultura de Colombia, establece que el mundo se encuentra en la megatendencia de los alimentos naturales, sostenibles ambientalmente, lo que hace que los productos y servicios de la apicultura se encuentren en una dinámica de mercado que está creciendo (Laverde, Egea, Rodríguez y Peña, 2010). Según el Instituto de Fomento Empresarial (IFE), la demanda a nivel internacional aumenta, pero la producción de algunos países disminuye, ya sea por enfermedades o por ausencia de recursos (Haberle y Zarratea, 2014). En Colombia, esta tendencia se mantiene, es decir, se adolece de un estímulo al consumo interno, pues, según Sánchez, Castañeda, Muños y Tellez (2013), no se garantiza la oferta de una miel de calidad acorde a los estándares internacionales.

Una primera aproximación al estudio de la calidad de la miel se enfoca en evaluar la diferencia del origen botánico y la clasificación por origen floral y por origen geográfico tanto de mieles uniflorales como multiflorales, a través de la caracterización fisicoquímica y bioquímica, para, así, identificar los parámetros discriminantes utilizando, entre otros, el método multivariado (Resende et al., 2014; Corbella y Cozzolino, 2006; Ku#, Jerkovi#, Tuberoso, Marijanovi# y Congiu, 2014; Cimpoiu, Hosu, Miclaus y Puscas, 2013; Nikolova, Tsankova y Eftimov, 2016; Domínguez, Gonçalves, di Nezio, Ugulino y Centurión, 2014; Scandurra, Tripodi y Verzera, 2013; Yang et al., 2012).

Otro enfoque que autores como Zakaria et al. (2011); Feás et al. (2010); Yücel y Sultano#lu (2013); Serrano, Villarejo, Espejo y Jodral (2004); Özbalci, Hakki, Topcu, Kadilar y Tamer (2013), y Lakhanpal y Vaidya (2015) han usado para determinar la calidad de la miel se basa en la cuantificación del contenido de azúcares totales y reductores, en particular mono y disacáridos, entre los que se encuentran sacarosa, glucosa, fructosa y maltosa, además de otras sustancias relacionadas con los azúcares como la actividad diastásica, la invertasa y la glucosa oxidasa.

La determinación del contenido mineral fue tomada en cuenta por Terrab, Recamales, Hernanz y Heredia (2004); Conti et al. (2014); Moniruzzaman, Chowdhury, Rahman, Sulaiman y Gan (2014); Grembecka y Szefer (2013), y Sarker et al. (2015) para determinar la calidad de las mieles y de los productos apícolas, para lo que se usaba, entre otras, las técnicas multivariantes. En dichos estudios se realizó la determinación de los niveles de metales pesados como cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), cobre (Cu), hierro (Fe), zinc (Zn) y manganeso (Mn), mediante espectrofotometría de plasma por acoplamiento inductivo y espectrofotometría de absorción atómica, y también se analizaron otros parámetros fisicoquímicos relacionados, como el pH, la acidez (libre, láctica y total), las cenizas y la conductividad eléctrica.

La caracterización de la miel es un tema importante en la industria alimentaria y de interés para los consumidores; este enfoque fue asumido por investigadores como Cruz et al. (2014); Moniruzzaman, Sulaiman, Khalil y Gan (2013); Saxena, Gautam y Sharma (2010); Dardón y Enríquez (2008); Montenegro et al. (2003); Zamora y Arias (2011), y Shafiee, Minaei, Moghaddam-Charkari, Ghasemi-Varnamkhasti y Barzegar (2013), quienes se orientaron en determinar sus propiedades antiinflamatorias, antibacterianas, antioxidantes y bioquímicas. Estos estudios se concentraron en determinar los usos de la miel teniendo en cuenta sus propiedades terapéuticas, su valor nutricional y su sabor, el cual puede ser usado para reemplazar otros edulcorantes. Los autores también afirman que, frente a la creciente aparición de cepas bacterianas resistentes a los antibióticos, la miel, a partir de su efecto protector contra el estrés oxidativo, surge como una alternativa apropiada para realizar tratamientos en úlceras, quemaduras y heridas.

Uno de los análisis que con mayor frecuencia se encuentra en la literatura se basa en el análisis de los parámetros fisicoquímicos más comunes, como la humedad, la conductividad eléctrica, la acidez libre, los carbohidratos, el HMF, el color, la rotación óptica y el pH (Popek, 2002; Bettar et al., 2015; Lazarevi#, Andri#, Trifkovi#, Teši# y Milojkovi#-Opsenica, 2012; Soria, González, de Lorenzo, Martínez-Castro y Sanz, 2004; Missio, Gauche, Gonzaga, Oliveira y Fett, 2016; Finola, Lasagno y Marioli, 2007; Moguel, Echazarreta y Mora, 2005). Para esto, se usa el análisis de componentes principales (PCA), el análisis discriminante lineal (LDA) y el análisis discriminante stepwise (SDA), que permiten evaluar la existencia de patrones de datos y encontrar las relaciones entre los parámetros fisicoquímicos y el origen botánico de la miel. Este tipo de análisis permite, a su vez, describir las características químicas de los compuestos presentes en la miel, su estabilidad cuando se calienta o se almacena durante largos periodos de tiempo y los parámetros de identidad y calidad. Los resultados obtenidos con este tipo de análisis se contrastan, entre otros, con los requisitos de calidad fisicoquímica establecidos por la Comisión Europea de la Miel (CEM).

Finalmente, se encontró que algunos autores como Anupama, Bhat y Sapna (2003); Durrani, Srivastava y Verma (2011); Ulloa, Mondragón, Rodríguez, Reséndiz y Rosas (2010), y Avilés y Matos (2009) usan el análisis sensorial

para la generación de índices de calidad en la miel, que pueden ser realizados mediante el método de análisis descriptivo cuantitativo y por medio de la evaluación de paneles sensoriales según la escala hedónica.

Método

Se usó el método de revisión bibliográfica y se tomaron como referentes conceptuales los expuestos por diferentes autores, entre ellos, Barbosa, Barbosa y Rodríguez (2013); Molina (2005); Jiménez (2007), y Rojas (2007). Cabe aclarar que, según lo señala López (2006), no hay reglas con respecto al número óptimo de referencias bibliográficas que deban incluirse en una revisión de estado del arte.

La selección de artículos de investigación, para su análisis, se realizó tomando como referencia el sistema Scopus, y se contemplaron los siguientes criterios de selección:

- Fechas de publicación: 2010 en adelante, sin dejar de revisar textos clásicos.
- Que el artículo expusiera una experiencia relacionada con el análisis de la calidad de la miel.
- Que el texto de los artículos seleccionados estuviera disponible en su totalidad.
- Que el artículo profundizara sobre la determinación de la calidad de la miel o el uso de tecnologías de la información (TI) en el proceso.
- Palabras clave utilizadas: sistemas expertos AND expert systems AND quality AND honey AND físico-químico AND organoléptica AND physical-chemical AND organoleptic AND calidad de la miel.

Las referencias recuperadas se organizaron por fecha de publicación para realizar un proceso de selección y, posteriormente, se ordenaron por relevancia. Con cada referencia que cumplía los criterios de selección, se procedía a realizar la búsqueda del artículo completo en las bases de datos Academic Search Complete (EbscoHost), Journal Storage, Compendex, Elsevier Directory of Open Access Journals e internet; en caso de que no se encontrara el artículo a texto completo, se excluía la referencia. Los artículos seleccionados se revisaron completamente y se procedió a sintetizar los aspectos más relevantes de cada uno, para después registrarlos en una matriz de análisis que contiene los siguientes aspectos: palabras de búsqueda, base de datos, palabras claves, referencia, tipos de miel, pregunta o problema de investigación, materiales y métodos, parámetros de análisis, análisis estadístico usado, software o tecnología usada y conclusiones.

Desarrollo del tema

Métodos para la determinación de la calidad de la miel

En términos generales, para determinar la calidad de la miel, según Missio et al. (2016), se tienen en cuenta las propiedades sensoriales y fisicoquímicas, con lo que se establece el color y la cantidad mínima o máxima relacionada con los parámetros de madurez, pureza y deterioro de las mieles. Con respecto a la madurez, se evalúa el contenido de azúcar, el contenido de HMF, la acidez, la actividad diastásica y la humedad, y para determinar la

pureza, se analiza el contenido de cenizas, la conductividad eléctrica y los sólidos insolubles en agua. El contenido de humedad es una de las características más importantes, pues influye en propiedades físicas de la miel como la viscosidad y la cristalización y en otros parámetros como el color, el sabor, la gravedad específica, la solubilidad y la conservación.

Las pruebas para determinar la cantidad de ceniza permiten estimar el contenido mineral presente en la miel, que puede ser un indicador de contaminación ambiental. Por otra parte, la conductividad eléctrica de la miel está relacionada con el contenido de cenizas y la acidez, lo que revela la presencia de iones, ácidos orgánicos y proteínas. Tanto el color como el sabor y el origen geográfico dependen del tipo de suelo en el que crecen las flores de las cuales se recolecta el néctar. Un color oscuro en la miel puede desarrollarse durante el almacenamiento y también puede estar relacionado con la temperatura de almacenamiento o la composición de la miel.

Otro método utilizado para determinar la calidad de la miel es el análisis sensorial. Investigadores como Avilés y Matos (2009); Anupama et al. (2003), y Terrab et al. (2004) proponen el empleo de paneles de evaluación sensorial entrenado, los cuales realizan dicha evaluación de acuerdo con escalas, entre ellas, la hedónica de 9 puntos.

La tabla 1 presenta un resumen de los principales parámetros que son utilizados para determinar la calidad de la miel, junto con los métodos y equipos utilizados para tal fin.

TABLA 1

EQUIPOS, MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA MIEL

Parámetro analizado	Método utilizado	Equipo
Nivel de pH	Método de AOAC	<ul style="list-style-type: none"> • Ph-metro • Refractómetro tipo Abbe • Medidor Thermo Scientific Orion Star 4-ph
Acidez libre	<ul style="list-style-type: none"> • Titulación • Método de titulometría • Método titrimétrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH y buretas
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Método refractométrico • Método de Chataway • Método oficial 969,38 de la AOAC • Método de Chataway y Wedmore 	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro tipo Abbe • Refractómetro especial Bertuzzi • Refractómetro portátil • Tabla de Wedmore
Cenizas	<ul style="list-style-type: none"> • Incineración de muestras por calcinación • Método de AOAC 920.181 • Según conductividad eléctrica medida 	<ul style="list-style-type: none"> • Horno de mufla a una temperatura de 550 °C • Crisol en un horno de mufla a 640 °C
Azúcares	<ul style="list-style-type: none"> • Método Lane-Eynon • Cromatografía de gases 	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro con lector directo • Refractómetro en grados Brix • Refractómetro especial Bertuzzi
Sacarosa	<ul style="list-style-type: none"> • Inversión por hidrólisis ácida • Método de determinación enzimática 	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro en grados Brix
Glucosa, fructosa y maltosa	<ul style="list-style-type: none"> • Cromatografía líquida de alta resolución • Método HPLC • Método de determinación enzimática 	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrómetro Raman
Glucosa oxidasa	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Schepartz y Subers 	<ul style="list-style-type: none"> • Cromatógrafo de líquidos
Conductividad eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> • IRAM 15945 	<ul style="list-style-type: none"> • Conductímetro • Conductímetro Crison 522 • Medidor de conductividad HI 98311
Viscosidad dinámica	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Stokes 	<ul style="list-style-type: none"> • Viscosímetro
Intensidad del color	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Piljac-Zegarac • Espectrofotometría UV-Vis • Colorimetría CIE-L • Análisis de imágenes • Método cromatográfico • Comparación óptica • Método de Beretta 	<ul style="list-style-type: none"> • Chroma Meter • Lector de placas • Colorímetro Hanna • <i>Millimetre Pfund scale</i> • Espectrofotómetro UV • Tintómetro • Espectrofotómetro Helios Omega
Sólidos solubles totales (TSS)	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Mazumdar y Majumder 	<ul style="list-style-type: none"> • Refractómetro de banco digital • Medidor de conductividad HI 98311

Fuente: elaboración propia.

TABLA 1 (CONT.)

EQUIPOS, MÉTODOS E INSTRUMENTOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE LA MIEL

Parámetro analizado	Método utilizado	Equipo
Sólidos insolubles en agua	<ul style="list-style-type: none"> • Método gravimétrico • Método de Lord, Scotter, Whittaker y Wood 	<ul style="list-style-type: none"> • Crisol de vidrio
Hidroximetilfurfural (HMF)	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Winkler • Cromatografía líquida • Método de espectrometría 	<ul style="list-style-type: none"> • Cubeta de cuarzo en un Thermo Scientific • Espectrofotómetro • Reactivos de Carrez (I y II) y la adición de bisulfato de sodio (AOAC, 1990)
Proteína total	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Bradford • Método de Kjeldahl • Método espectrofotométrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Multimodo Enspire
Propiedades antioxidantes	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotometría • DPPH y ABTS 	<ul style="list-style-type: none"> • Multimodo Enspire
Fenoles totales	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Folin-Ciocalteu • Cromatografía líquida de alta resolución en fase inversa (RP-HPLC) • Método de Folin-Ciocalteu modificado 	<ul style="list-style-type: none"> • Radical DPPH y la comparación con la actividad Trolox
Contenido de flavonoides	<ul style="list-style-type: none"> • Método Dowd 	<ul style="list-style-type: none"> • Dispositivo microfluídico • Photochem Device
Análisis sensorial	<ul style="list-style-type: none"> • Método de análisis descriptivo-cuantitativo • Panel entrenado de 30 personas • Panel de 14 jueces semientrenados 	<ul style="list-style-type: none"> • Escala hedónica • Escala de 9 puntos hedónicos
Metales pesados (Na, Mg, Al, K, Ca y Fe)	<ul style="list-style-type: none"> • Espectroscopia de emisión de llama • AOAC 969,32 • Método AAS • Oxidación seca a alta temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro de plasma óptico acoplado inductivamente • Espectrómetro de masas de plasma acoplado inductivamente • Espectrómetro de absorción atómica
Rotación óptica	<ul style="list-style-type: none"> • Método del IHC 	<ul style="list-style-type: none"> • Polarímetro Atago Polax-2L
Melisopalinología	<ul style="list-style-type: none"> • Acetolisis 	<ul style="list-style-type: none"> • Microfotografías con un microscopio binocular
Diastasa	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Phadebas para la α-amilasa y la espectrofotometría • Schade modificado por White • <i>The traditional Schade method</i> • Método de Bogdanov, Martin y Lülmann 	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro
Prolina	<ul style="list-style-type: none"> • Método de Ough • Método oficial AOAC 979,20 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipos de laboratorio para determinar la curva de calibrado
Estudio palinológico (polen y esporas)	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de conglomerados • Análisis de componentes principales • análisis discriminante lineal 	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrómetro de emisión atómica de plasma de acoplamiento inductivo (Fisons-ARL 3410)
Aminoácidos libres	<ul style="list-style-type: none"> • Método ninhidrina 	<ul style="list-style-type: none"> • Cromatógrafo

Fuente: elaboración propia.

Parámetros de análisis y resumen de resultados

En la tabla 2 se presentan los rangos dentro de los que deben estar los diferentes parámetros para que la miel a la que pertenece dicha medición pueda ser considerada como una miel de calidad.

TABLA 2
VALORES DE CALIDAD DE LAS PROPIEDADES FISIQUÍMICAS DE LA MIEL

Parámetro analizado	Valores según la norma	Referencias
Nivel de pH	$3,5 \leq \text{pH} \leq 4,5$	Conti et al. (2014); Feás et al. (2010); Bettar et al. (2015); Yücel y Sultanoglu (2013); Dardón y Enríquez (2008); Belay, Solomon, Bultossa, Adgaba y Melaku (2013); Sarker et al. (2015)
	Otras-no cumple Codex	Shahnawaz, Sheikh, Hussain, Razaq y Khan (2013); Qamer, Nasir, Zafar, Sultana y Sultana (2016); Anupama et al. (2003); Terrab et al. (2004); Avilés y Matos (2009); Ahmed, Prabhu, Raghavan y Ngadi (2007)
Acidez libre (acidez)	≤ 50 miliequivalentes de ácido por 1000 gramos (g) ($\leq 0,05\%$)	Shahnawaz et al. (2013); Qamer et al. (2016); Terrab et al. (2004); Bettar et al. (2015); Yücel y Sultanoglu (2013); Moguel et al. (2005); Dardón y Enríquez (2008); Belay et al. (2013); Avilés y Matos (2009)
	Otras-no cumple Codex	Anupama et al. (2003); Bettar et al. (2015)
Contenido de humedad	Otras $\leq 20\%$	Shahnawaz et al. (2013); Can et al. (2015); Qamer et al. (2016); Conti et al. (2014); Terrab et al. (2004); Feás et al. (2010); Bettar et al. (2015); Yücel y Sultanoglu (2013); Corbella y Cozzolino (2006); Venir, Spaziani y Maltini (2010); Aloisi (2010); Sarker et al. (2015); Finola et al. (2007)
	Miel de origen tropical $\leq 21\%$	Moguel et al. (2005); Belay et al. (2013); Avilés y Matos (2009)
	$> 23\%$ -no cumple Codex	Anupama et al. (2003)
Cenizas	Otras $\leq 0,6\%$	Shahnawaz et al. (2013); Bettar et al. (2015); Yücel y Sultanoglu (2013); Dardón y Enríquez (2008); Belay et al. (2013); Colosimo y Galetti (2012); Ahmed et al. (2007); Sarker et al. (2015)
Contenido aparente de azúcar reductor	Otras $\geq 65\%$	Shahnawaz et al. (2013); Moguel et al. (2005); Montenegro et al. (2003); Belay et al. (2013)
	Miel floral $\geq 60\%$	Avilés y Matos (2009)
Sacarosa	Otras $\leq 5\%$ (0,05)	Can et al. (2015); Moguel et al. (2005); Belay et al. (2013)
Contenido de fructosa y glucosa	Otras-cumplen ≥ 60 g/100 g	Finola et al. (2007)
	Otras-no cumplen < 60 g/100 g	Can et al. (2015); Kaškonienė, Venskutonis y Čeksterytė (2010); Yücel y Sultanoglu (2013)
Conductividad eléctrica	Otras $\leq 0,8$ mS/cm	Lazarević et al. (2012); Terrab et al. (2004); Feás et al. (2010); Kaškonienė et al. (2010); Bettar et al. (2015); Yücel y Sultanoglu (2013); Belay et al. (2013); Sarker et al. (2015)
	$> 0,8$ mS/cm-no cumple	Aloisi (2010)
Sólidos insolubles en agua	Otras mieles $\leq 0,1\%$	Yücel y Sultanoglu (2013)
	No cumple	Belay et al. (2013)
Hidroxitilfurfural (HMF)	Otras ≤ 40 mg/kg	Can et al. (2015); Qamer et al. (2016); Feás et al. (2010); Yücel y Sultanoglu (2013); Dardón y Enríquez (2008); Belay et al. (2013); Corbella y Cozzolino (2006)
	Miel de origen tropical ≤ 80 mg/kg	Moguel et al. (2005)
	> 40 mg/kg-no cumple Codex	Bettar et al. (2015)
Diastasa	Otras ≥ 8 unidades Schade	Feás et al. (2010); Yücel y Sultanoglu (2013); Moguel et al. (2005); Dardón y Enríquez (2008)
	Mieles con un contenido bajo de enzima natural ≥ 3 unidades Schade	Can et al. 2015
Prolina	≤ 250 mg/kg	
	> 250 mg/kg-no cumple Codex	Can et al. (2015); Qamer et al. (2016)

Fuente: elaboración propia.

Discusión

Mecanismos o aparatos

A partir de la revisión de artículos, se encontraron algunos mecanismos para la determinación de la calidad de la miel, entre ellos, el uso de una técnica de fusión de sensores, la e-nariz y la e-lengua, que, a su vez, han permitido establecer el origen floral, el contenido de azúcar y el reconocimiento de muestras adulteradas de la miel (Zakaria et al., 2011). Otro método que ha sido identificado es la visión de máquina, que junto con la e-lengua y la e-nariz, proporcionan un medio novedoso y robusto para la caracterización de la miel (Shafiee et al., 2013). Un aporte desde la inteligencia artificial es el uso de las redes neurales, como proponen Nikolova et al. (2016), que se basan en agrupamiento, lo que posibilita una mejora en la predicción del origen floral de la miel.

Entre otros mecanismos, más de orden conceptual, se encuentra, por ejemplo, la espectroscopia Raman (Özbalci et al., 2013), que, en combinación con métodos multivariados, puede ser adoptada con éxito para determinar cuantitativamente el contenido de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa en muestras de miel sin ningún tratamiento o método cromatográfico. La viabilidad de utilizar la espectroscopia de impedancia como un método rápido para la determinación del origen floral de diferentes mieles es propuesta por Scandurra et al. (2013). Finalmente, el esquema más utilizado es la evaluación del perfil fisicoquímico, que, junto con la quimiometría, conforma un método para evaluar el origen de procedencia de la miel (Fechner, Moresi, Ruiz, Pellerano y Vázquez, 2016).

Parámetros fisicoquímicos

Los parámetros más usados al momento de cualificar una miel son los siguientes: la determinación de conductividad, la acidez, el contenido de cenizas, el contenido de sacarosa y el contenido de azúcares reductores (Popek, 2002). Otros parámetros como la conductividad eléctrica, el pH y el HMF fueron, según Corbella y Cozzolino (2006), los que mejor predijeron el origen floral de las muestras de miel. La conductividad eléctrica y los parámetros fisicoquímicos básicos pueden ser utilizados como herramientas rápidas y confiables para estimar el origen botánico de las mieles (Serrano et al., 2004).

Otro hecho importante es que las propiedades fisicoquímicas y las propiedades biológicamente activas de la miel pueden ser afectadas por la flora y por las variaciones geográficas (Can et al., 2015); además, según Cimpoiu et al. (2013), los parámetros determinados pueden proporcionar suficiente información para la clasificación y distinción de la fuente botánica de mieles. Aunque los parámetros fisicoquímicos investigados reflejan la composición química de la miel en su conjunto, por sí solos no son suficientes para definir el origen geográfico de la miel (Lazarevi# et al., 2012). Igualmente, se encontró que en casi todos los tipos de miel predomina la fructosa, con lo que la glucosa queda como el segundo azúcar más importante (Finola et al., 2007).

Usos alternativos de la miel

A partir de la revisión, se encontró que hay una serie de usos de la miel que van más allá de su utilidad como edulcorante, fuente de energía y alimento, pues al ser rica en minerales como Mg, K, Ca, Zn, Cu, Fe y Mn, su aporte se constituye en una fuente esencial para la dieta humana, el crecimiento y la salud (Moniruzzaman et al., 2013; Grembecka y Szefer, 2013; Sarker et al., 2015).

Además de su uso tradicional, por su efecto inhibitorio sobre el crecimiento de varios microorganismos, la miel se puede emplear como suplemento alternativo en la terapia de enfermedades, lo cual significa que podría ser comercializada como un tratamiento alternativo para la curación de infecciones (Lakhanpal y Vaidya, 2015). Otro uso potencial es establecido por Zamora y Arias (2011), quienes afirman que los contenidos de fenoles, flavonoides, ascórbicos y prolina de la miel podrían ser usados como un método terapéutico toda vez que tienen la capacidad de eliminar radicales libres (Moniruzzaman et al., 2013). Este efecto fue observado en el tratamiento de enfermedades como el párkinson y la diabetes (Cruz et al., 2014), en las que esa actividad antioxidante al parecer es aportada por los contenidos de prolina y fenol de la miel (Saxena et al., 2010). Finalmente, el tratamiento de diversas afecciones, como las respiratorias, dermatológicas y gastrointestinales, ha sido reportado y estudiado por Dardón y Enríquez (2008).

En el ámbito ecológico, el estudio de Conti et al. (2014) confirma que la miel puede ser usada como biomonitor de la contaminación ambiental, aunque no es confiable para sitios con bajos niveles de contaminación.

Nuevas áreas de investigación

Algunos vacíos de conocimiento que fueron identificados y que podrían constituirse en oportunidades de investigación son: la evaluación del uso de propiedades terapéuticas de la miel para el manejo de las enfermedades crónicas asociadas con el estrés (Cruz et al., 2014); el estudio de la estabilidad de los compuestos químicos presentes en la miel durante su almacenamiento, a partir de la dinámica de cristalización, y su dependencia del contenido de agua y la temperatura (Missio et al., 2016; Venir et al., 2010); las transformaciones químicas que se producen en el proceso del pecoreo y durante la conservación de la miel en las colmenas (Yang et al., 2012); una clasificación de mieles de distinto origen botánico que atienda a su contenido mineral (Fernández-Torres et al., 2005); el establecimiento de las propiedades terapéuticas (antioxidantes y antimicrobianas) de las mieles (Ouchemoukh, Louaileche y Schweitzer, 2007), y la normalización de los procedimientos de fabricación y de almacenamiento (Kahraman, Kemal, Vural y Sandikci, 2010).

Conclusiones

Se encontró que las diferentes categorías de calidad de la miel obedecen a factores diversos como las estaciones, las condiciones de empaque, el procesamiento, la fuente floral, el origen geográfico y el periodo de almacenamiento. Así mismo, se halló que las propiedades dieléctricas están directamente relacionadas con el contenido de agua y cenizas y que la acidez es la que indica el grado de frescura de la miel al estar relacionada con la fermentación por microorganismos.

La visión de máquina también puede proporcionar un acercamiento apropiado para la caracterización del origen floral de la miel, así como para la predicción de algunos parámetros químicos. Este enfoque rápido y económico no requiere ninguna preparación de muestras o adición de reactivos. La visión de máquina, junto con la lengua y nariz electrónicas, puede funcionar como medio tecnológico y novedoso, además de robusto, para la caracterización de la miel.

La espectroscopia Raman, en combinación con métodos multivariados, puede ser adoptada con éxito para determinar cuantitativamente el contenido de glucosa, fructosa, sacarosa y maltosa en muestras de miel sin ningún tratamiento o métodos cromatográficos. En casi todos los tipos de miel predomina la fructosa, y la glucosa es el segundo azúcar más importante. Se concluye, además, que las técnicas multivariadas son herramientas eficientes para la evaluación de la calidad y la autenticidad de los alimentos.

Para la miel, la calidad es un parámetro multifactorial ligado al origen botánico y geográfico que afecta su valor comercial y es decisivo para determinar el registro de denominación de origen.

Tanto la conductividad eléctrica como el pH y el HMF son los parámetros químicos que más se usan para predecir el origen floral de las muestras de miel; además, se encontró que es viable usar la espectroscopia de impedancia como un método rápido para la determinación del origen floral de la miel, lo cual puede proporcionar suficiente información para la clasificación y distinción de la fuente botánica de mieles. Además, estas propiedades, junto con otras pruebas, pueden utilizarse para la detección de miel adulterada.

Referencias

- Ahmed, J., Prabhu, S., Raghavan, G., y Ngadi, M. (2007). Physico-chemical, rheological, calorimetric and dielectric behavior of selected Indian honey. *Journal of Food Engineering*, 79(4), 1207-1213. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.04.048>
- Aloisi, P. V. (2010). Determination of quality chemical parameters of honey from Chubut (Argentinean Patagonia). *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 640-645. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392010000400015>
- Anupama, D., Bhat, K., y Sapna, V. (2003). Sensory and physico-chemical properties of commercial samples of honey. *Food Research International*, 36(2), 183-191. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00135-7](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00135-7)
- Avilés, H., y Matos, A. (2009). Análisis comparativo de la calidad fisicoquímica, microbiológica y organoléptica de la miel de abeja (*Apis mellifera*) producida en diferentes regiones de Perú. *Revista de Investigación Universitaria*, 1(1), 5-11. <https://doi.org/10.17162/riu.viii.5>
- Barbosa, J. W., Barbosa, J. C., y Rodríguez, M. (2013). Revisión y análisis documental para estado del arte: una propuesta metodológica desde el contexto de la sistematización de experiencias educativas. *Investigación Bibliotecológica*, 27(61), 83-105. [https://doi.org/10.1016/S0187-358X\(13\)72555-3](https://doi.org/10.1016/S0187-358X(13)72555-3)
- Belay, A., Solomon, W., Bultossa, G., Adgaba, N., y Melaku, S. (2013). Physicochemical properties of the Hareenna forest honey, Bale, Ethiopia. *Food Chemistry*, 141(4), 3386-3392. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.06.035>
- Bettar, I., González-Miret, M., Hernanz, D., Marconi, A., Heredia, F., y Terrab, A. (2015). Characterisation of Moroccan Spurge (*Euphorbia*) honeys by their physicochemical characteristics, mineral contents and colour. *Arabian Journal of Chemistry*, 9. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2015.01.003>
- Can, Z., Yildiz, O., Sahin, H., Akyuz Turumtay, E., Silici, S., y Kolayli, S. (2015). An investigation of Turkish honeys: Their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. *Food Chemistry*, 180, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.024>

- Cimpoi, C., Hosu, A., Miclaus, V., y Puscas, A. (2013). Determination of the floral origin of some Romanian honeys on the basis of physical and biochemical properties. *Spectrochimica Acta Part A, Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 149-154. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.04.008>
- Colosimo, J., y Galetti, V. (2012). Evaluación de la conductividad eléctrica y otros parámetros fisicoquímicos en mieles monoflorales de lotus y eucalipto. En *Memorias 5.a Jornada de Ciencia y Tecnología* (pp. 69-74). Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Conti, M. E., Finoia, M. G., Fontana, L., Mele, G., Botrè, F., y Iavicoli, I. (2014). Characterization of Argentine honeys on the basis of their mineral content and some typical quality parameters. *Chemistry Central Journal*, 8(44). <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-44>
- Corbella, E., y Cozzolino, D. (2006). Classification of the floral origin of Uruguayan honeys by chemical and physical characteristics combined with chemometrics. *LWT-Food Science and Technology*, 39(5), 534-539. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.03.011>
- Cruz, L. C., Batista, J. E., Zemolin, A. P., Nunes, M. E., Lippert, D. B., Royes, L. F., ... Franco, J. L. (2014). A study on the quality and identity of Brazilian Pampa biome honey: Evidences for its beneficial effects against oxidative stress and hyperglycemia. *International Journal of Food Science*, 3, 1-11. <https://doi.org/10.1155/2014/470214>
- Dardón, M. J., y Enríquez, E. (2008). Caracterización fisicoquímica y antimicrobiana de la miel de nueve especies de abejas sin aguijón (Meliponini) de Guatemala. *Interciencia*, 33(12), 916-922. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262589913_Caracterizacion_fisicoquimica_y_antimicrobiana_de_la_miel_de_nueve_especies_de_abejas_sin_aguijon_Meliponini_de_Guatemala
- Domínguez, M. A., Gonçalves, P. H., di Nezio, M. S., Ugulino, M. C., y Centurión, M. E. (2014). Geographical origin classification of Argentinean honeys using a digital image-based flow-batch system. *Microchemical Journal*, 112, 104-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.microc.2013.09.008>
- Durrani, A., Srivastava, P. K., y Verma, S. (2011). Development and quality evaluation of honey based carrot candy. *Journal of Food Science and Technology*, 48(4), 502-505. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0212-0>
- Feás, X., Pires, J., Iglesias, A., y Estevinho, M. (2010). Characterization of artisanal honey produced on the Northwest of Portugal by melissopalynological and physico-chemical data. *Food and Chemical Toxicology*, 48(12), 3462-3470. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.09.024>
- Fechner, D., Moresi, A., Ruiz, J., Pellerano, R., y Vázquez, F. (2016). Multivariate classification of honeys from Corrientes (Argentina) according to geographical origin based on physicochemical properties. *Food Bioscience*, 15, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2016.05.002>
- Fernández-Torres, R., Pérez-Bernal, J., Bello-López, M., Callejón-Mochón, M., Jiménez-Sánchez, J., y Guiraúm-Pérez, A. (2005). Mineral content and botanical origin of Spanish honeys. *Talanta*, 65(3), 686-691. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2004.07.030>
- Finola, M. S., Lasagno, M. C., y Marioli, J. M. (2007). Microbiological and chemical characterization of honeys from central Argentina. *Food Chemistry*, 100(4), 1649-1653. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.046>
- Grembecka, M., y Szefer, P. (2013). Evaluation of honeys and bee products quality based on their mineral composition using multivariate techniques. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(5), 4033-4047. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2847-y>
- Haberle, L., y Zarratea, A. (2014). Informe Internacional de la Miel-Quinquenio 2009-2013. Corrientes: Instituto de Fomento Empresarial. Recuperado de <http://www.mptt.gov.ar/site13/index.php/docum?download=774:comercio...de-miel>

- Jiménez, M. D. (2007). Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias. En M. D. Jiménez, A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci y A. de Pro, Enseñar ciencias (pp. 55-71). Barcelona: Graó.
- Kahraman, T., Kemal, S., Vural, A., y Sandikci, S. (2010). Physico-chemical properties in honey from different regions of Turkey. *Food Chemistry*, 123(1), 41-44. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.03.123>
- Kaškonienė, V., Venskutonis, P., y Čeksterytė, V. (2010). Carbohydrate composition and electrical conductivity of different origin honeys. *LWT-Food Science and Technology*, 43(5), 801-807. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.01.007>
- Kuš, P. M., Jerković, I., Tuberoso, C. I. G., Marijanovi, Z., y Congiu, F. (2014). Cornflower (*Centaurea cyanus* L.) honey quality parameters: Chromatographic fingerprints, chemical biomarkers, antioxidant capacity and others. *Food Chemistry*, 142, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.050>
- Lakhanpal, P., y Vaidya, D. (2015). Development and evaluation of honey based mango nectar. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1730-1735. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1122-8>
- Laverde, J. C., Egea, L. M., Rodríguez, D. M., y Peña, J. E. (2010). Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico para la cadena productiva de las abejas y la apicultura en Colombia con énfasis en miel de abejas. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Lazarević, K., Andrić, F., Trifković, J., Teši, Z., y Milojković-Opsenica, D. (2012). Characterisation of Serbian unifloral honeys according to their physicochemical parameters. *Food Chemistry*, 132(4), 2060-2064. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.048>
- López, L. B. (2006). La búsqueda bibliográfica: componente clave del proceso de investigación. *Diaeta*, 24(115), 31-37. Recuperado de <http://paginas.facmed.unam.mx/deptos/ss/wp-content/uploads/2018/10/6.pdf>
- Missio, P., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Oliveira, A. C., y Fett, R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309-323. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.051>
- Moguel, Y., Echazarreta, C., y Mora, R. (2005). Calidad fisicoquímica de la miel de abeja *Apis mellifera* producida en el estado de Yucatán durante diferentes etapas del proceso de producción y tipos de floración. *Técnica Pecuaria en México*, 43(3), 323-334. Recuperado de <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=DJ2012036891>
- Molina, N. (2005). Herramientas para investigar, ¿qué es el estado del arte? *Ciencia y Tecnología para la Salud Visual y Ocular*, 3(5), 73-75. <https://doi.org/10.19052/sv.1666>
- Moniruzzaman, M., Chowdhury, M. A. Z., Rahman, M. A., Sulaiman, S. A., y Gan, S. H. (2014). Determination of mineral, trace element, and pesticide levels in honey samples originating from different regions of Malaysia compared to manuka honey. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2014/359890>
- Moniruzzaman, M., Sulaiman, S. A., Khalil, I., y Gan, S. H. (2013). Evaluation of physicochemical and antioxidant properties of sourwood and other Malaysian honeys: A comparison with manuka honey. *Chemistry Central Journal*, 7(138), 1-12. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-7-138>
- Montenegro, G., Pizarro, R., Avila, G., Castro, R., Ríos, C., Muñoz, O., ... Gómez, M. (2003). Origen botánico y propiedades químicas de las mieles de la región mediterránea árida de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria: Revista Latinoamericana de Ciencias de la Agricultura*, 30(3), 161-174. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/28136200_Origen_Botanico_y_Propiedades_Quimicas_de_las_Mieles_de_la_Region_Mediterranea_Arida_de_Chile
- Nikolova, K., Tsankova, D., y Eftimov, T. (2016). Fluorescence spectroscopy, colorimetry and neural networks in distinguishing different types of honey. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara: International Journal of Engineering*, 14(1), 165-170. Recuperado

de https://www.researchgate.net/publication/283504156_FLUORESCENCE_SPECTROSCOPY_COLORIMETRY_AND_NEURAL_NETWORKS_IN_DISTINGUISHING_DIFFERENT_TYPES_OF_HONEY

- Ouchemoukh, S., Louaileche, H., y Schweitzer, P. (2007). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some Algerian honeys. *Food Control*, 18(1), 52-58. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.08.007>
- Özbalci, B., Hakki, I., Topcu, A., Kadilar, C., y Tamer, U. (2013). Rapid analysis of sugars in honey by processing Raman spectrum using chemometric methods and artificial neural networks. *Food Chemistry*, 136(3-4), 1444-1452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.064>
- Popek, S. (2002). A procedure to identify a honey type. *Food Chemistry*, 79(3), 401-406. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00391-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00391-6)
- Qamer, S., Nasir, I., Zafar, U.-H., Sultana, S., y Sultana, T. (2016). Biochemical evaluation of honey produced by *Apis mellifera* honeybee collected from Jhang, Bahawalpur, Multan, Jhelum and Kalar Kahar areas. *Pakistan Journal of Agricultural Research*, 29(2), 163-169. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/0B6lqTE3dYfqTMotsWmpTcDQtYLE/view>
- Resende, R., Teixeira, E., da Silva, C., Guerra, M., Conte, C., Mano, S., y Oliveira, E. (2014). Classification of Brazilian honeys by physical and chemical analytical methods and low field nuclear magnetic resonance (LF 1H NMR). *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 90-95. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.08.004>
- Rojas, S. (2007). El estado del arte como estrategia de formación en la investigación. *Revista Studiositas*, 2(3), 5-10. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2719676.pdf>
- Sánchez, O. A., Castañeda, P. C., Muños, G., y Tellez, G. (2013). Aportes para el análisis del sector apícola colombiano. *CienciAgro*, 2(4), 469-483. Recuperado de http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rca/v2n4/v2n4_a05.pdf
- Sarker, N., Zaman, M. A., Muhammad, A. N., Fardous, Z., Moniruzzaman, M., y Gan, S. H. (2015). Heavy metal contents and physical parameters of *Aegiceras corniculatum*, *Brassica juncea*, and *Litchi chinensis* honeys from Bangladesh. *BioMed Research International*, 1-7. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/720341>
- Saxena, S., Gautam, S., y Sharma, A. (2010). Physical, biochemical and antioxidant properties of some Indian honeys. *Food Chemistry*, 118(2), 391-397. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.001>
- Scandurra, G., Tripodi, G., y Verzera, A. (2013). Impedance spectroscopy for rapid determination of honey floral origin. *Journal of Food Engineering*, 119(4), 738-743. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.06.042>
- Serrano, S., Villarejo, M., Espejo, R., y Jodral, M. (2004). Chemical and physical parameters of Andalusian honey: Classification of Citrus and Eucalyptus honeys by discriminant analysis. *Food Chemistry*, 87(4), 619-625. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.031>
- Shafiee, S., Minaei, S., Moghaddam-Charkari, N., Ghasemi-Varnamkhasti, M., y Barzegar, M. (2013). Potential application of machine vision to honey characterization. *Trends in Food Science & Technology*, 30(2), 174-177. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.12.004>
- Shahnawaz, M., Sheikh, S., Hussain, M., Razaq, A., y Khan, S. (2013). A study on the determination of physicochemical properties of honey from different valleys of Gilgit-Baltistan. *International Journal of Agricultural Science Research*, 2(2), 49-53. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/ofcf/8bb9693d2f00094827ae5da107f96f59f609.pdf>
- Soria, A., González, M., de Lorenzo, C., Martínez-Castro, I., y Sanz, J. (2004). Characterization of artisanal honeys from Madrid (Central Spain) on the basis of their melissopalynological, physicochemical and volatile composition data. *Food Chemistry*, 85(1), 121-130. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.06.012>

- Terrab, A., Recamales, A., Hernanz, D., y Heredia, F. (2004). Characterisation of Spanish thyme honeys by their physicochemical characteristics and mineral contents. *Food Chemistry*, 88(4), 537-542. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.01.068>
- Ulloa, J., Mondragón, P., Rodríguez, R., Reséndiz, J., y Rosas, P. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente Año*, 2(4), 11-18. Recuperado de <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/01-04/2.pdf>
- Venir, E., Spaziani, M., y Maltini, E. (2010). Crystallization in “Tarassaco” Italian honey studied by DSC. *Food Chemistry*, 122(2), 410-415. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.012>
- Yang, Y., Battesti, M.-J., Paolini, J., Muselli, A., Tomi, P., y Costa, J. (2012). Melissopalynological origin determination and volatile composition analysis of Corsican “Erica arborea spring maquis” honeys. *Food Chemistry*, 134(1), 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.026>
- Yücel, Y., y Sultanoğlu, P. (2013). Characterization of honeys from Hatay Region by their physicochemical properties combined with chemometrics. *Food Bioscience*, 1, 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2013.02.001>
- Zakaria, A., Shakaff, A., Masnan, M., Ahmad, M., Adom, A., Jaafar, M., ... Fikri, N. A. (2011). A biomimetic sensor for the classification of honeys of different floral origin and the detection of adulteration. *Sensors*, 11(8), 7799-7822. <https://doi.org/10.3390/s110807799>
- Zamora, L., y Arias, M. (2011). Calidad microbiológica y actividad antimicrobiana de la miel de abejas sin aguijón. *Revista Biomédica*, 22, 59-66. Recuperado de <http://www.revbiomed.uady.mx/pdf/rb112223.pdf>

Notas

* Artículo de revisión.

Licencia Creative Commons BY-4.0