



Propiedades fisicoquímicas y antibacterianas de mieles de abejas sin aguijón del Sur de Chiapas, México

Julietta Grajales-Conesa^{1*}, Remy Vandame², Antonio Santiesteban-Hernández², Alfonso López-García¹, Miguel Guzmán-Díaz²

¹ Instituto de Biociencias, Universidad Autónoma de Chiapas. Tapachula, Chiapas, México.

² El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). Tapachula, Chiapas, México.

Resumen

Se analizaron mieles de abejas sin aguijón de diferentes especies y recolectadas en diferentes años en el sur de Chiapas, México; *Melipona beecheii*, *M. solani*, *Scaptotrigona mexicana*, *S. pectoralis*, *Tetragonisca angustula* y *Plebeia sp.* Asimismo, se realizaron estudios en mieles deshumidificadas (contenido final de 20% y 18% de humedad) de *M. beecheii*, *M. solani*, *S. mexicana* y *S. pectoralis*. Los parámetros fisicoquímicos que se determinaron fueron los siguientes; humedad, pH, conductividad eléctrica, acidez libre, hidroximetilfurfural y azúcares. Los análisis antibacterianos se realizaron con mieles naturales y deshumidificadas colectadas en el 2008 y evaluadas contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Los resultados mostraron diferencias en las características fisicoquímicas, debido al origen, la especie y el año de cosecha, además de ser diferentes en relación a los estándares de mieles de *Apis mellifera*. Las mieles de *M. beecheii* y *M. solani* (natural, 20% y 18% de humedad) registraron el mayor efecto antibacteriano contra *E. coli*, en tanto que la que registró el mayor efecto bactericida contra *Staphylococcus aureus* fue la miel de *S. mexicana*. Nuestro estudio es un precedente de las características fisicoquímicas y antibacterianas de mieles de diferentes años de cosecha y de distintas especies de abejas en la región sureste del estado de Chiapas, México.

Palabras clave:

Miel
Calidad
Melipona
Scaptotrigona
Tetragonisca
Plebeia

Keywords:

Honey
Quality
Melipona
Scaptotrigona
Tetragonisca
Plebeia

Physicochemical and antibacterial properties of stingless bee honeys from the south of Chiapas, Mexico

Abstract

We analyzed stingless bee honeys from different species and years in the South of Chiapas, Mexico; *Melipona beecheii*, *M. solani*, *Scaptotrigona mexicana*, *S. pectoralis*, *Tetragonisca angustula*, and *Plebeia sp.* We also performed studies on dehumidified honeys (final content of 20% and 18% moisture) of *M. beecheii*, *M. solani*, *S. mexicana*, and *S. pectoralis*. The physicochemical characteristics were different due to their origin and the harvest years, besides our results were different than the required standards for *Apis mellifera* honey. *Melipona beecheii* and *M. solani* (natural, 20% and 18% moisture) honeys registered the biggest antibacterial effect against *Escherichia coli*, and the biggest bactericidal effect against *Staphylococcus aureus* was observed with *S. mexicana* honey. Finally, our study is a precedent in stingless bee honeys characterization in the southeast region of Chiapas, Mexico.

* Autor para correspondencia:

Instituto de Biociencias,
Universidad Autónoma de
Chiapas.
Blvd. Príncipe Akishino S/N
Col. Solidaridad 2000. C.P.
30798
Tapachula Chiapas, México.
Teléfono:
+52 962 6427972.
Correo-electrónico:
jugrajco@gmail.com

1. Introducción

Durante las últimas décadas se ha hecho necesaria la armonización de la legislación alimentaria debido a las distintas preocupaciones de los consumidores; lo cual ha conllevado a enfocar los desarrollos científicos a garantizar los niveles más altos de calidad y seguridad alimentaria (Souza et al., 2006). Dentro de estos productos alimentarios se encuentra la miel, la cual debe cumplir con los requisitos de calidad especificados en el *Codex Alimentarius* (2001). La miel se ha consumido desde la antigüedad y se define como una sustancia dulce producida por las abejas melíferas (*Apis mellifera*) a partir del néctar o las secreciones de las partes vivas de las plantas, combinadas con ciertos ingredientes propios de las abejas. Este producto natural también se conoce como nutricional y terapéutico en diferentes lugares del mundo, donde América Latina no es la excepción (Cortopassi et al., 2006; Molan, 2001; Tze-Tan, 2009). No obstante, en las áreas tropicales esta sustancia dulce es producida por diferentes especies de abejas, particularmente por abejas sin aguijón, por lo que no puede considerarse como miel según la definición del *Codex Alimentarius* (Souza et al., 2006; Vit et al., 1994). Estas mieles son muy apreciadas en Brasil, Colombia, Costa Rica, Guatemala, Venezuela y México, en donde se emplean como remedio para tratar varios tipos de infecciones bacterianas en la garganta, el estómago o incluso los ojos (Bogdanov et al., 2008; Guerrini et al., 2009; Vit y Kilchenman, 1994; Vit y Enríquez, 2004).

Actualmente se han realizado diversos trabajos para caracterizarlas mediante el análisis de propiedades fisicoquímicas y actividad antibacteriana en las especies de abejas sin aguijón más importantes, del género *Melipona*, *Scaptotrigona* y *Tetragonisca* de México, Guatemala, Ecuador, Costa Rica, Perú, Colombia, Venezuela y Brasil (De Mera, 2004; Grajales-Conesa et al., 2001; Guerrini et al., 2009; Rodríguez-Malaver et al., 2009; Vit y Enríquez, 2004). En estos trabajos se observa que el contenido de agua, la acidez libre, la conductividad eléctrica y la actividad de la inhibina son generalmente más altos que los valores establecidos para las mieles de *A. mellifera*, en tanto que el pH y la actividad de diastasa son menores y ambos tipos de mieles son similares solo en contenido de cenizas e hidroximetilfurfural (De Mera, 2004; Souza et al., 2006; Vit y Enríquez, 2004).

Asimismo, se han realizado estudios para analizar la estabilidad poscosecha de mieles de *M. scutellaris* y *M. quadrifasciata* en condiciones normales y deshumidificadas (Carvalho et al., 2004), encontrando que el proceso de deshumidificación no interfiere con la calidad y la aceptabilidad de las mismas. Por otro lado, se han realizado estudios para evaluar el efecto antimicrobiano de las mieles de abejas nativas, en los que se han observado diferentes actividades, por ejemplo; las mieles de *Melipona* registraron un mayor efecto que las de *A. mellifera*, y las mieles de *T. angustula* no mostraron diferencias en comparación con *A. mellifera* (Vit et al., 2004). Aún así, no existe una legislación

para estas mieles, en particular para México en donde existe una gran diversidad de especies de abejas sin aguijón, y algunos trabajos aislados e inéditos para caracterizarlas (distintos años, especies de abejas y sitios). Por lo tanto, este estudio tuvo como objetivo presentar las propiedades fisicoquímicas y antibacterianas de las mieles naturales y deshumidificadas del sur de Chiapas, México recolectadas en diferentes años, de diferentes especies de abejas y lugares de esta región.

2. Materiales y métodos

2.1. Mieles de abejas nativas y proceso de deshumidificación
Para este estudio se recolectaron 14 mieles de diferentes especies de abejas sin aguijón (*Melipona beecheii*, *M. solani*, *Plebeia* sp., *Tetragonisca angustula*, *Scaptotrigona mexicana* y *S. pectoralis*) en diferentes años; 1994, 2000, 2008. Todas las mieles se recolectaron de meliponarios ubicados en la región Soconusco del estado de Chiapas México (municipios de Unión Juárez, Metapa y Tuxtla Chico). Una vez cosechadas las mieles se guardaron en frascos estériles debidamente etiquetados, los cuales fueron transportados al laboratorio para ser guardados a -4 °C hasta su análisis. Todos los análisis fisicoquímicos se realizaron inmediatamente después de la recolección (el mismo año de la recolecta, en laboratorios diferentes, pero bajo las mismas condiciones técnicas).

En relación a las mieles empleadas para el control de humedad, se extrajeron de febrero a abril de 2008, y se colocaron en una habitación pequeña (2 x 3 x 3 m) completamente cerrada con temperatura de 29 a 32 °C y se utilizó control de humedad (deshumidificador Munter, modelo MD-26 ®) para reducir la humedad de la miel, hasta alcanzar valores de aproximadamente 20 g 100 g⁻¹ (después de 96 h de exposición) y 18 g 100 g⁻¹ (148 h de exposición, en promedio).

2.2. Características fisicoquímicas

En este estudio se analizaron los siguientes parámetros en las mieles; humedad, pH, conductividad eléctrica, acidez libre, hidroximetilfurfural (HMF) y azúcares, los que se realizaron por triplicado para cada miel y se realizaron de acuerdo a los métodos de la AOAC (Bogdanov, 2002). El contenido de humedad se midió con un refractómetro ATAGO®, método 969.38, la acidez libre por el método 962.19, el HMF con el método 980.23, la conductividad eléctrica, el pH y color se midieron con un analizador de color miel (Hanna modelo C221) y el valor informado en la escala de Pfund.

2.3. Actividad antibacteriana

La actividad antibacteriana se evaluó mediante el método de ensayo de difusión en las mieles colectadas en 2008, en mieles naturales y deshumidificadas, de las especies *M. beecheii*, *M. solani*, *S. mexicana* y *S. pectoralis*, contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, obtenidas en el cepario del Instituto de Biociencias de la Universidad

Autónoma de Chiapas (Chiapas, México), e identificadas por métodos de laboratorio de rutina. Las placas de Petri con agar nutritivo se inocularon previamente con las bacterias por separado, y se incubaron durante la noche hasta que el crecimiento fue 0.5 de absorbancia (100 ml de agar nutritivo: 150 μ l de inóculo) (Molan, 2001). Después de la inoculación se cortaron pozos de 9 mm de diámetro en la superficie del agar usando un taladro de corcho. Después se añadieron diluciones de miel con agua (50 y 75 g 100 mL⁻¹) a los pocillos (100 μ L) por triplicado, y el control fue la miel natural (sin deshumidificar) de cada una de las especies de estudio. Después de la aplicación de las muestras y el control, las placas se incubaron durante 24 h a 37 °C, y después se midieron los diámetros de inhibición con ayuda de un vernier.

2.4. Análisis estadístico

Los resultados obtenidos en este estudio se analizaron por medio de un ANOVA y prueba de Tukey, con una significación del 0.05%. Estos datos se analizaron con el programa Statistica versión 7.1 (Stat soft, Inc. 2005). Las asociaciones entre las variables medidas y el año de colecta fueron analizadas por un análisis de componentes principales (ACP) con el software Statgraphics © Centurion XV versión 15.2.06.

3. Resultados

3.1. Características fisicoquímicas

La composición fisicoquímica de las mieles de abejas sin aguijón muestra diferencias entre las especies y los años de recolecta (Cuadro 1). El contenido de humedad en todas las mieles varió de 23.1 a 34.1 g 100 g⁻¹; las mieles de *T. angustula* registraron los valores más bajos y *Plebeia* sp. los más altos. Las mieles de *Melipona* presentaron valores entre 24 a 27 g 100 g⁻¹ para la especie de *M. beecheii* en los distintos años de colecta y análisis (1994, 2000 y 2008), en tanto que en las mieles de *Scaptotrigona* se encontraron valores entre 23.1 a 25.9 g 100 g⁻¹ y, para las mieles de *T. angustula* fue de 23.2 y 26.7 g 100 g⁻¹ durante dos diferentes años de cosecha (Cuadro 1).

En relación al pH, las mieles de abejas sin aguijón registraron valores entre 3.42 y 4.5, siendo las mieles de *Plebeia* sp. las más ácidas, las cuales también registraron el mayor contenido de humedad (Cuadro 1).

Para el contenido de HMF, los resultados fueron diferentes de acuerdo a la especie de abeja y el año de recolecta, registrando valores entre 0.57 y 78.5 mg kg⁻¹. Las mieles *M. solani* registraron los valores más altos y más bajos de HMF en los distintos años de cosecha; 2000 y 2008, respectivamente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición fisicoquímica de mieles de abejas sin aguijón de la región Soconusco Chiapas.

Especies de abejas	Humedad (g 100 g ⁻¹)	pH	Conductividad eléctrica (mS cm ⁻¹)	Acidez libre (meq kg ⁻¹)	HMF (mg kg ⁻¹)	Azúcares (g 100 g ⁻¹)	Año	Muestras de mieles (n)
<i>Melipona beecheii</i>	27.0	4.18	0.66	5.9	5.4	1.6	1994	1
<i>M. beecheii</i>	24.0	4.50	0.55	28.0	64.8	-	2000	1
<i>M. beecheii</i>	25.3	3.64	0.50	40.3	2.1	-	2008	1
<i>Melipona solani</i>	25.0	4.00	0.62	85.0	78.5	-	2000	1
<i>M. solani</i>	25.8	3.65	0.45	55.8	0.6	-	2008	1
<i>Plebeia</i> sp.	34.1	3.42	0.81	23.7	2.4	1.1	1994	1
<i>Scaptotrigona mexicana</i>	24.7	4.05	0.76	76.7	42.0	-	2000	4
<i>S. mexicana</i>	23.1	3.65	0.47	90.3	2.4	-	2008	1
<i>S. pectoralis</i>	25.9	3.44	0.57	98.5	3.5	-	2008	1
<i>Tetragonisca angustula</i>	26.7	3.88	0.78	7.7	4.3	2.4	1994	1
<i>T. angustula</i>	23.2	4.35	1.10	57.5	39.1	-	2000	1

- : Determinaciones no realizadas

En cuanto a la acidez libre los datos oscilaron entre 5.9 a 98.5 meq kg⁻¹, diferencias que se observaron entre los géneros de las abejas de la siguiente manera; las mieles de *Melipona* mostraron valores entre 5.9 y 85 meq kg⁻¹, en las mieles de *Scaptotrigona* se registraron los valores más altos de acidez libre (76.7 y 98.5 meq kg⁻¹), y para las mieles de *T. angustula* los valores se encontraron entre 7.7 y 57.5 meq kg⁻¹ (Cuadro 1).

Todas las mieles de abejas sin aguijón registraron una conductividad eléctrica entre 0.452 a 1.10 mS cm⁻¹, en donde

las mieles de *T. angustula* registraron los valores más altos (Cuadro 1).

El parámetro de color solo se determinó en mieles de *Melipona* y *Scaptotrigona* cosechadas en el 2008, y mostraron valores de 33 a 136 mmPfund, presentando las mieles de *Melipona* los valores más altos (Cuadro 1).

3.2. Análisis de componentes principales (ACP)

Los primeros dos componentes principales (CP) explican el 73.9% de la variación en todas las fechas de colecta de las

mieles. El análisis se muestra en la Figura 1, en donde las características CP1 son ponderadas al pH y el HMF, en cuanto al el CP2 fue dominado principalmente por contenido de acidez libre. Se observaron diferencias basadas en el ACP donde la mayoría de las muestras de miel concuerdan con algunos parámetros relacionados con el año de recolección, independientemente de la especie de abeja. Las mieles del 2008 se agruparon claramente y se asociaron con la acidez libre; las mieles de 2000 asociadas con HMF y pH, y aquellas recolectadas en 1994 solo con el contenido de humedad (Figura 1).

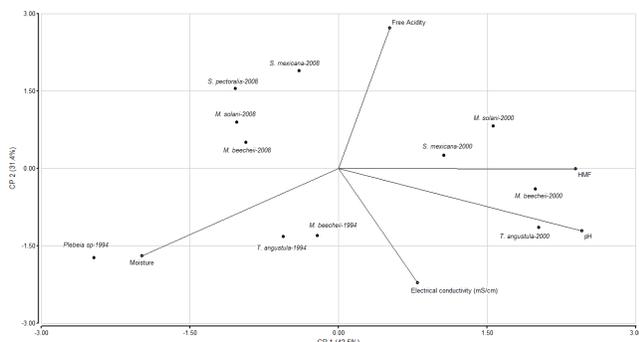


Figura 1. Análisis de componentes principales de mieles de abejas sin aguijón de diferentes años de recolecta y especies; *Melipona beecheii*, *Melipona solani*, *Scaptotrigona mexicana*, *Scaptotrigona pectoralis* y *Tetragonisca angustula*.

3.3. Mieles naturales y deshumidificadas

Los resultados registraron diferencias significativas entre mieles naturales y deshumidificadas de acuerdo a las especies

del estudio; *M. beecheii*, *M. solani*, *S. mexicana* y *S. pectoralis* (Cuadro 2). Las mieles de abeja sin aguijón de *M. beecheii* y *M. solani* presentaron colores más claros que las de *S. mexicana* y *S. pectoralis*. La deshumidificación originó que las mieles se volvieran más oscuras, excepto para las mieles de *S. pectoralis* (18%). Nuestros resultados de pH mostraron que las mieles naturales de *M. beecheii*, *S. mexicana* y *S. pectoralis* fueron estadísticamente diferentes del tratamiento deshumidificado, y en contraste en las mieles de *M. solani* se observó que las mieles naturales y las deshumidificadas al 20% no presentaron diferencias significativas (Cuadro 2). Asimismo, se observaron diferencias en los resultados de conductividad eléctrica en todas las mieles analizadas (naturales y deshumidificadas). Por otro lado, las mieles deshumidificadas al 18% registraron menor contenido de acidez libre, excepto por muestras de *S. pectoralis*.

3.4. Actividad antibacteriana de mieles de abejas sin aguijón

Las mieles naturales de abejas sin aguijón mostraron los mayores diámetros de inhibición en comparación con las mieles deshumidificadas (Cuadro 3). Las mieles de *M. beecheii* y *M. solani* registraron una mayor actividad antibacteriana contra *E. coli*. En cuanto a las pruebas contra *S. aureus*, en las mieles naturales y deshumidificadas se observaron diferencias estadísticamente significativas (P<0.001) entre las especies, y también para las diluciones (P<0.001), registrando las mieles de *S. mexicana* (natural y deshumidificado) la mayor actividad antibacteriana (Cuadro 3).

Cuadro 2. Composición química de muestras de miel naturales y deshumidificadas del año de colecta 2008 (Promedio ± DE).

Especie de abejas sin aguijón	Humedad (g 100 g ⁻¹)	Color	pH	Conductividad eléctrica (mS cm ⁻¹)	Acidez libre (meq kg ⁻¹)	HMF (mg kg ⁻¹)
Melipona beecheii						
Natural	25.3±0.17 ^a	136±0.00 ^a	3.64±0.01 ^a	0.507±0.00 ^a	40.33±1.26 ^a	2.1±2.17 ^a
20% humedad	20.1±0.44 ^b	138±0.58 ^b	3.7±0.58 ^b	0.462±1.15 ^b	38.66±0.58 ^a	1.34±0.35 ^a
18% humedad	18.3±0.15 ^c	150±0.00 ^c	3.7±0.00 ^b	0.427±0.58 ^c	34.5±1.00 ^b	1.69±1.13 ^a
M. solani						
Natural	25.8±0.00 ^a	33±0.00 ^a	3.65±0.00 ^a	0.452±1.53 ^a	55.83±2.02 ^a	0.57±0.50 ^a
20% humedad	20.1±0.35 ^b	13±1.15 ^b	3.65±0.02 ^a	0.418±0.58 ^b	57.50±0.50 ^a	1.87±1.20 ^{ab}
18% humedad	17.7±0.35 ^c	157±0.58 ^c	3.5±0.00 ^b	0.420±0.00 ^b	49.33±0.76 ^b	3.04±0.48 ^b
Scaptotrigona mexicana						
Natural	23.1±0.00 ^a	74±2.64 ^a	3.65±0.17 ^a	0.478±1.73 ^a	90.33±1.26 ^a	2.37±0.63 ^a
20% humedad	19.8±0.15 ^b	77±1.00 ^a	3.58±0.00 ^b	0.427±1.00 ^b	70.50±1.00 ^b	2.36±1.55 ^a
18% humedad	18.1±0.15 ^c	85±0.00 ^b	3.55±0.02 ^c	0.425±0.00 ^c	66.16±1.60 ^c	4.43±1.72 ^a
S. pectoralis						
Natural	25.9±0.10 ^a	66±0.57 ^a	3.44±0.00 ^a	0.579±0.57 ^a	98.50±3.50 ^a	3.49±0.69 ^a
20% humedad	20.1±0.11 ^b	72±0.57 ^b	3.48±0.00 ^b	0.550±0.57 ^b	81.50±1.50 ^b	3.12±0.15 ^a
18% humedad	18.0±0.66 ^c	66±1.52 ^a	3.45±0.01 ^c	0.542±0.00 ^c	87.50±3.60 ^b	3.49±0.04 ^a

^{a-c} Medias con la misma letra en la misma columna no mostraron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (P>0.05).

Cuadro 3. Actividad antibacteriana de mieles de *Melipona beecheii*, *M. solani*, *Scaptotrigona mexicana* y *S. pectoralis* (2008, una muestra de miel por cada especie) del Sur de Chiapas contra *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*

Diluciones (p/v)	<i>Escherichia coli</i>			<i>Staphylococcus aureus</i>		
	100	75	50	100	75	50
<i>Melipona beecheii</i>						
MbN	33.2±0.8 ^a	31.8±0.3 ^a	27.8±0.8 ^a	13.0±0.0 ^a	12.6±0.3 ^a	11.2±0.3 ^a
Mb20	35.0±0.0 ^b	29.6±1.2 ^{ab}	20.0±0.0 ^b	13.8±0.3 ^b	12.8±0.3 ^a	12.0±0.0 ^b
Mb18	34.8±0.3 ^b	30.6±0.6 ^b	20.0±0.0 ^c	13.0±0.0 ^a	12.0±0.0 ^b	10.0±0.0 ^c
<i>M. solani</i>						
MsN	33.2±2.8 ^a	29.0±0.0 ^a	24.3±1.2 ^a	-	-	-
Ms20	34.2±1.3 ^a	29.8±0.3 ^{ab}	27.3±0.6 ^{ab}	-	-	-
Ms18	33.2±2.0 ^a	30.3±0.6 ^b	26.3±0.6 ^b	-	-	-
<i>Scaptotrigona mexicana</i>						
SmN	30.8±3.2 ^{ab}	27.3±0.8 ^a	18.1±0.6 ^a	18.3±0.6 ^a	16.3±0.6 ^a	15.6±0.6 ^a
Sm20	25.8±2.0 ^a	24.5±1.3 ^a	16.8±2.8 ^a	17.1±0.8 ^a	16.8±0.3 ^a	15.3±0.6 ^a
Sm18	32.6±1.6 ^b	26.6±1.5 ^a	20.0±4.3 ^a	17.6±0.6 ^a	16.0±0.0 ^a	15.3±0.6 ^a
<i>S. pectoralis</i>						
SpN	24.8±2.0 ^a	16.6±2.1 ^a	14.1±0.3 ^a	15.5±0.5 ^a	14.0±0.0 ^a	12.1±0.3 ^a
Sp20	16.3±0.3 ^b	15.8±0.8 ^a	14.1±0.3 ^a	14.8±0.8 ^a	13.1±0.3 ^b	11.8±0.3 ^a
Sp18	29.6±2.8 ^c	24.6±0.8 ^b	20.0±1.0 ^b	15.1±0.3 ^a	14.0±0.0 ^a	13.1±0.3 ^b

Promedio y desviaciones estándar de los diámetros de inhibición (mm), ^{a-c} Medias con la misma letra en la misma columna no mostraron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de Tukey (P>0.05)

4. Discusión

Los remedios tradicionales se encuentran mayormente asociados a las plantas que se cultivan en esas regiones y a las mieles de las abejas sin aguijón que ahí se produzcan (Vit et al. 2004), no obstante, la información sobre las propiedades fisicoquímicas y antimicrobianas de estas mieles es escasa, por lo cual estos análisis podrían servir como un parámetro de calidad para productores y consumidores. Los resultados presentados en este trabajo muestran diferencias en todos los parámetros analizados en comparación con los estándares de mieles de *A. mellifera* (*Codex Alimentarius*, 2001), así como con mieles de abejas sin aguijón de otras regiones del trópico (Dardón et al., 2013; Ferrufino y Vit, 2013; Fuenmayor et al., 2013).

Los resultados de los análisis fisicoquímicos muestran que en las mieles de abejas sin aguijón existe un mayor contenido de humedad que lo establecido para las mieles de *A. mellifera* (20 g 100 g⁻¹) (*Codex Alimentarius*, 2001), lo cual varía de acuerdo a la especie de abeja y al área donde se ubica. Estudios realizados con mieles de *Melipona*, *Scaptotrigona* y *Plebeia* de Colombia y Bolivia (Ferrufino y Vit, 2013; Fuenmayor et al., 2013) muestran resultados similares a lo reportado en nuestro estudio, así como los reportados en mieles de Guatemala, las cuales registraron valores más bajos (17.3 - 20.37 g 100 g⁻¹), en tanto que las mieles de Venezuela los valores más altos (29.7 - 30.2 g 100 g⁻¹) (Dardón et al., 2013; Vit, 2013). Por otro lado, las mieles de *T. angustula* registraron valores similares a las mieles de Brasil y Colombia (Almeida-Muradain, 2013; Santiesteban, 1994), pero diferentes con las mieles de Guatemala (17.5 g 100 g⁻¹)

(Dardón et al., 2013). El alto contenido de humedad podría depender de la madurez alcanzada en el nido de abeja durante la temporada de cosecha, factor climático y geográfico, además de otros elementos que afectan la abundancia floral (Fuenmayor et al., 2013; Vit et al., 2004).

En relación a los valores de pH se observan similitudes con las mieles de *A. mellifera* (*Codex Alimentarius*, 2001), además de coincidir con las mieles de especies de abejas sin aguijón de Venezuela, Colombia y Bolivia. En contraste, las mieles de *T. angustula* registran valores más altos a lo reportado en otras especies (5.18), lo cual pueda deberse a la especie de abeja (Dardón et al., 2013; Ferrufino y Vit, 2013; Fuenmayor et al., 2013; Vit, 2013).

Los valores de HMF en las mieles de *Scaptotrigona* registraron variaciones de 2.37 a 42 mg kg⁻¹, similar a lo reportado en las mieles colombianas con 6.1 mg kg⁻¹ (Fuenmayor, et al. 2013), en tanto que las mieles de *Melipona* registraron los valores más bajos y más altos de HMF en nuestro estudio, y fueron parcialmente similares a las reportadas en las mieles venezolanas (5.04 y 24.69 mg kg⁻¹) (Vit, 2013). Estas variaciones pueden deberse al tipo de recursos florales empleados por las distintas especies de abejas (Dardón et al., 2013).

La alta acidez en mieles de abejas sin aguijón, es un indicador de la fermentación de azúcares en ácidos orgánicos, lo cual cambia el sabor y la estabilidad. Nuestros resultados fueron más altos que los reportados para las mieles de *A. mellifera* (≤50 meq kg⁻¹, *Codex Alimentarius*, 2001); las mieles de *Melipona* registraron valores similares a las mieles venezolanas (50.6 meq kg⁻¹) y colombianas (67.6-72.2 meq

kg⁻¹) con valores más altos (Fuenmayor, et al. 2013; Vit, 2013). En contraste, las mieles de Guatemala (4.95 - 23.2 meq kg⁻¹) y Bolivia (10.4 y 16 meq kg⁻¹) los valores más bajos de acidez libre (Dardón et al., 2013; Fuenmayor, 2013; Vit, 2013). Por otro lado, las mieles de *Scaptotrigona* fueron más ácidas que las mieles de *Melipona*, similares a las reportadas por Cortopassi y Gelli (1991), Grajales-Conesa (2001), Santiesteban (1994) y Vit et al. (2004), en tanto que las mieles de *T. angustula* registraron valores similares a las reportadas en Brasil (21.65 y 63.85 meq kg⁻¹) y Colombia (39.2 meq kg⁻¹) (Almeida-Muradian, 2013; Fuenmayor et al. 2013). De todas las mieles analizadas, únicamente las de *Plebeia* registraron valores correspondientes a los estándares de *A. mellifera* (*Codex Alimentarius*, 2001). De manera general se observa un mayor contenido de acidez libre en mieles de abejas sin aguijón, lo cual justifica su sabor ácido (Vit et al., 2004).

La conductividad eléctrica está relacionada con el contenido de cenizas y minerales, y depende del origen botánico y geográfico, además de las especies de abejas (referencia). Las muestras analizadas correspondieron con los estándares de *A. mellifera*, excepto en mieles de *T. angustula* que presentaron valores más altos (≤ 0.8 mS cm⁻¹).

El color de las mieles de abeja sin aguijón se encontró entre 33 a 136 mmpfund, donde las mieles de *Melipona* reportaron el valor más alto, similar al reportado en las mieles de Guatemala (Dardón et al., 2013). Gutiérrez et al. (2008), reportaron diferentes valores de color para las mieles de *M. beecheii* y *M. solani* (25.50 y 11.00, respectivamente), que podrían depender de la flora que visitaron (Dardón y Enríquez, 2008). En las mieles de *Scaptotrigona* se registraron valores entre 66 y 74 mmpfund que se encuentran dentro de los valores reportados para este género en otras regiones.

El contenido reducido de humedad de las mieles de abejas sin aguijón (proceso de deshumidificación) se sugiere como una alternativa para prolongar la vida útil de las mieles, a fin de evitar una mayor fermentación que no interfiera con la calidad y aceptabilidad de la misma (Torres, 2004). Las diferencias observadas en las mieles deshumidificadas probablemente se deban a la reducción de la humedad postcosecha, lo que disminuye el contenido de acidez libre en las mismas. Por lo tanto, el estudio de la reducción de la humedad es necesario para tener una forma alternativa de prevenir la fermentación adicional. Por otro lado, es necesario mencionar que la acidez libre, el contenido de humedad, los azúcares y las cenizas son el análisis estándar para evaluar las mieles de abejas sin aguijón y su relación con la actividad antibacteriana (Gutiérrez et al., 2008).

Las mieles de *M. beecheii* y *M. solani* registraron actividad antibacteriana contra *E. coli*, lo cual es similar a lo reportado por Dardón y Enríquez (2008), quienes observaron que las mieles de *M. beecheii* y *M. yucatanica* mostraron actividad antibacteriana a la dilución del 5% v/v. Así mismo reportaron esta actividad con mieles de *S. pectoralis* y *Nannotrigona*

perilampoides quienes mostraron mayor actividad contra *E. coli* y *S. aureus*.

El que las mieles hayan registrado una mayor actividad antibacteriana contra bacterias Gram positivas y Gram-negativas, puede atribuirse a las cuatro propiedades de las mieles: 1. Efecto osmótico. 2. Acidez. 3. Peróxido de hidrógeno. 4. Factores fitoquímicos (Grajales-Conesa 2001, Molan, 1992, Temaru et al., 2007). Todo lo anterior indica que es necesario realizar un mayor número de estos estudios para estandarizar estas mieles, así como comprender el potencial de su actividad antibacteriana por especie.

5. Conclusión

Nuestro estudio es un primer paso para caracterizar las mieles de abejas sin aguijón, que difiere en características fisicoquímicas encontradas en mieles de *Apis mellifera*, en mieles de distintas especies de abejas sin aguijón e incluso en mieles de la misma especie de abeja, pero de distinta región. Además, es un precedente de las características fisicoquímicas y antibacterianas de mieles de diferentes años de cosecha y de distintas especies de abejas en la región sureste del estado de Chiapas, México. Así también, los datos generados evidencian que la deshumidificación en las mieles podría considerarse como una alternativa para su conservación. Finalmente, los resultados de la actividad antibacteriana demuestran la efectividad para inhibir el crecimiento de bacterias de importancia médica en condiciones *in vitro*, por lo que la información resulta de utilidad para consumidores y productores que pueden acceder a una medicina alternativa de origen natural.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los productores locales que proporcionaron mieles y a los alumnos que participaron en estos estudios, en especial a Damian Avendaño-Castro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Referencias

- Almeida-Muradian L. 2013. *Tetragonisca angustula* pot-honey compared to *Apis mellifera* honey from Brazil. En: Vit P, Pedro S, Roubik D. (eds). Pot-Honey a legacy of stingless bees. Springer. New York. Pp. 375-382.
- Bogdanov S, Tomislav J, Sieber R, Gallman P. 2008. Honey for Nutrition and Health: a review. Journal of the American College of Nutrition 27: 677-689.
- Bogdanov S. 2002. Harmonized Methods of the International Honey Commission. International Honey Commission. URL http://www.bee-hexagon.net/files/file/fileE/IHCPapers/IHC-methods_2009.pdf
- Carvalho C, Sodré G., Fonseca A, Alves R, Souza B, Clarton L. 2009. Physicochemical characteristics and sensory profile

- of honey samples from stingless bees (Apidae: Meliponinae) submitted to a dehumidification process. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 81: 143-149.
- Codex Alimentarius. 2001. Revised codex standard for honey. CODEX STAN 12-1981, Codex Alimentarius Commission. 2001. FAO/OMS. Rome, Italy.
- Cortopassi L, Imperatriz-Fonseca V, Roubik D, Dollin A, Heard T, Aguilar I, Venturieri G, Eardley C, Nogueira-Neto P. 2006. Global Meliponiculture: challenges and opportunities. *Apidologie* 37: 275-292.
- Cortopassi-Laurino M, Gelli D. 1991. Analyse pollinique, propriétés physico-chimiques et action antibactérienne des miels d'abeilles africanisées *Apis mellifera* et de méliponinés du Brésil. *Apidologie* 22: 61-73.
- Dardón M, Maldonado-Aguilera C, Enríquez E. 2013. The pot-honey of Guatemalan bees. En: Vit P, Pedro S, Roubik D. (eds). Pot-Honey a legacy of stingless bees. Springer. New York. Pp. 395-408.
- Dardón M, Enríquez E. 2008. Caracterización fisicoquímica y antimicrobiana de la miel de nueve especies de abejas sin aguijón (Meliponini) de Guatemala. *Interciencia* 33: 916-922.
- DeMera J, Angert E. 2004. Comparison of the antimicrobial activity of honey produced by *Tetragonisca angustula* (Meliponinae) and *Apis mellifera* from different phytogeographic regions of Costa Rica. *Apidologie* 35: 411-417.
- Ferrufino V, Vit P. 2013. Pot-honey of six meliponines from Amborá National Park, Bolivia. En Vit P, Pedro S, Roubik D. (Eds), Pot-Honey: A legacy of stingless bees. Springer New York. Pp 349-361.
- Fuenmayor C, Díaz-Moreno A, Zuluaga-Domínguez C, Quicazán M. 2013. Honey of Colombian stingless bees: nutritional characteristics and physicochemical quality indicators. En: Vit P, Pedro S, Roubik D. (eds). Pot-Honey a legacy of stingless bees. Springer. New York. Pp. 375-382.
- Grajales-Conesa J. 2001. Características físicas, químicas y antibacterianas de mieles de meliponinos y *Apis mellifera* de la región Soconusco, Chiapas, México. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Guerrini A, Bruni R, Maietti S, Poli F, Diamiano R, Paganetto G, Muzzi M, Scalvenzi L, Sacchetti G. 2009. Ecuadorian stingless bee (Meliponinae) honey: a chemical and functional profile of an ancient health product. *Food Chemistry* 114: 1413-1420.
- Gutiérrez M, Enríquez E, Lusco L, Rodríguez-Malaver A, Persano-Oddo L, Vit P. 2008. Caracterización de mieles de *Melipona beecheii* y *Melipona solani* de Guatemala. *Revista de la Facultad de Farmacia* 50: 2-6.
- Molan P. 2001. Potential of honey for the treatment of wounds and burns. *American Journal of Clinical Dermatology* 1: 13-19.
- Molan, P. 1992. The antibacterial activity of honey. The nature of antibacterial activity. *Bee World* 73: 5-28.
- Rodríguez-Malaver A, Rasmussen C, Gutiérrez M, Gil F, Nieves B, Vit P. 2009. Properties of honey from ten species of Peruvian stingless bees. *Natural Product Research* 4: 1221-1226.
- Santiesteban A. 1994. Características físicas y químicas de las mieles de cinco especies de abejas *Apis mellifera*, *Melipona beecheii*, *Scaptotrigona pachysoma*, *Tetragona jaty* y *Plebeia sp.* (Hymenoptera: Apidae) colectadas en el municipio de Unión Juárez, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas. México.
- Souza B, Roubik D, Barth O, Heard T, Enríquez E, Carvalho C, Villas-Bôas J, Marchini L, Locatelli J, Persano-Oddo L, Almeida-Muradian A, Bogdanov S, Vit P. 2006. Composition of stingless bee honey: Setting quality standards. *Interciencia* 31: 867-875.
- Temaru E, Shimaru S, Amano K, Karasawa T. 2007. Antibacterial activity of honey from stingless honeybees (Hymenoptera: Apidae: Meliponinae). *Polish Journal of Microbiology* 56: 281-285.
- Torres A, Gardew A, Schmolz E, Lomprecht I. 2004. Calorimetric investigation of the antimicrobial action and insight into the chemical properties of “angelita” honey—a product of the stingless bee *Tetragonisca angustula* from Colombia. *Thermochimica Acta* 415: 107-113.
- Tze-Tan H, Rahman R, Hua-Gan S, Halim A, Asma`Hassan S, Sulaiman S, Kaur K. 2009. The antibacterial properties of Malaysian tualang honey against wound and enteric microorganisms in comparison to manuka honey. *BMC Complementary and Alternative Medicine* 9: 34.
- Vit P, Bogdanov S, Kilchemann V. 1994. Composition of Venezuelan honeys from stingless bees and *Apis mellifera* L. *Apidologie* 25:278-288.
- Vit P, Medina M, Enríquez E. 2004. Quality standards for medicinal uses of Meliponinae honey in Guatemala, Mexico and Venezuela. *Bee World* 85: 2-4.
- Vit P. 2013. *Melipona favosa* pot-honey from Venezuela. En: Vit P, Pedro S, Roubik D. (eds). Pot-Honey a legacy of stingless bees. Springer. New York. Pp. 363-374.