

Determinación de las características fisicoquímicas de mieles del Occidente de México

Navarro-Martínez, A.¹, Del Toro-Sánchez C.L.², Aguilar A.J.³, Aguilar-Martínez J.¹, Padilla-Frausto, J.J.¹, Navarro-Villarruel, C.L.¹, Casillas J.E.¹, Gutiérrez-Lomelí M.¹, Ávila-Novoa M.A.¹, Reynoso-Marín F.J.³ y Robles-García, M.A.^{1*}

¹Centro Universitario de la Ciénega, Universidad de Guadalajara, Av. Universidad, No.1115, Col. Lindavista, 47820, Ocotlán, Jalisco. México. Tel.: (392)9259400 Ext. 48340.

²Universidad de Sonora, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos (DIPA), Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Col. Centro, Hermosillo, 83000, Sonora, México. Tel.:(662) 2592208

³Universidad de la Ciénega del Estado de Michoacán de Ocampo (UCEMICH), Avenida Universidad 3000, Colonia Lomas de la Universidad, 59103, Sahuayo, Michoacán, México. Tel.:(353) 5320762

Correo: miguel.robles@academicos.udg.mx

Palabras Clave: Apicultura, miel de abeja, caracterización.

Introducción

La miel de abeja es un producto consumido a nivel mundial debido a la gran variedad de efectos para la salud que se le atribuyen, así como actividad edulcorante en diversos productos [1]. La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural reportó que la producción de miel en México durante 2019 fue de 61.9 mil toneladas. En México la apicultura tiene una alta importancia a nivel económico y social, ya que dependen de ella más de 43 mil apicultores. La producción de miel depende del manejo de la colonia, genética de las abejas y condiciones climatológicas las cuales pueden afectar drásticamente la apicultura [2].

La miel mexicana presenta una gran diversidad de color, sabor, textura, los cuales están determinados por el origen floral [2]. Además de considerar estas condiciones es importante realizar una caracterización fisicoquímica de la miel, ya que el valor económico internacional está determinado por sus características fisicoquímicas [3]. Para ello existen organismos reguladores, tal es el caso del Codex Alimentarius [4] que menciona: “La miel no deberá tener ninguna materia, sabor, aroma o mancha objetables absorbidos de materias extrañas durante su procesamiento y almacenamiento”; además de citar pruebas para la caracterización fisicoquímica de la miel y sus límites permisibles para considerar la miel comerciable. Dentro de estas pruebas, la humedad es un criterio de calidad el cual determina la capacidad de la miel para permanecer estable y resistir el deterioro ocasionado por la fermentación [5]. La conductividad eléctrica es un parámetro medible el cual depende del contenido de cenizas y ácidos en la miel. A mayor contenido, mayor conductividad presentará. Puede utilizarse también como un indicador de origen botánico [5]. La presencia de cenizas es considerado un criterio de calidad para el origen de la miel, presentando un menor contenido de cenizas la miel de flor que la miel de mielada (miel que proviene de secreciones de las partes vivas de las plantas) [4,5]. Los grados Brix (Bx) representan el porcentaje de peso de sacarosa químicamente pura en la solución analizada, y a medida que aumenta el contenido de azúcar en la miel, su Bx aumenta también [3]. La acidez libre es un criterio relacionado con el deterioro de la miel. Esto se debe a la presencia de ácidos orgánicos en equilibrio con lactona, ésteres y algunos iones inorgánicos [6]. La acidez libre aumenta con el transcurso del tiempo y con la fermentación, ya que los azúcares y alcoholes presentes en la miel se transforman en ácidos por las levaduras de la miel. La determinación de lactonas es importante porque su hidrólisis aumenta el ácido libre. Por ende, la acidez total es la suma de acidez libre y lactona. Al obtener valores elevados de acidez es indicativo de fermentación [7]. Por otra parte, hidroximetilfurfural (HMF) es un compuesto furánico que se forma como un intermedio en la reacción de Maillard de la deshidratación directa de azúcares en condiciones ácidas (caramelización) durante tratamientos térmicos aplicados a los alimentos [1]. El calentamiento excesivo durante el procesamiento o acondicionamiento inadecuado puede afectar el contenido de HMF, siendo así un indicador de la calidad de la miel. En conjunto; contenido de HMF y la actividad de la diastasa son de los principales criterios para evaluar la calidad de la miel. Las diastasas (a y b amilasas) son enzimas que se encuentran de forma natural en la miel. Su contenido depende de condiciones geográficas y origen floral. Son sensibles al calor (termolábiles) y en consecuencia son capaces de indicar un sobrecalentamiento del producto y/o grado de conservación [6].

El objetivo del presente estudio tiene como finalidad realizar la caracterización fisicoquímica de la miel de abeja proveniente del Occidente de México y determinar la diversidad de floración que presentan las mieles analizadas.

Metodología

Se recolectó la miel proveniente de diversos sitios del Occidente de México (Jalisco, Michoacán, Nuevo León, San Luis Potosí y Tamaulipas) con fecha de recolección a partir del mes de marzo de 2020 hasta abril de 2021.

Humedad en miel

Se realizó de acuerdo al método AOAC 969.38. Se obtuvo la lectura de la miel mediante un refractómetro de bolsillo ATAGO (N-4E) (índice de refracción 1.3306 – 1.5284) y se determinó el porcentaje de humedad correspondiente de la tabla extraída de Métodos Oficiales de Análisis de AOAC, 2000 [8].

Conductividad

La conductividad eléctrica se determinó utilizando el equipo STARTER3100C (OHAUS). Se pesaron 5 g de miel, se diluyeron con 25 mL de agua destilada, se homogeneizaron y se realizó la lectura.

Cenizas

Para la determinación de cenizas se pesaron 5 g de miel en un crisol llevado a peso constante. Posteriormente se calentó en parrilla a una temperatura de 80-100 °C hasta que la muestra adquirió un color negro o que ya no generó burbujas, debido a que este alimento al ser calentado produce espuma. Por lo tanto, un tratamiento térmico brusco provoca que las burbujas de vapor de la espuma se rompan, generando pérdidas en la masa de la muestra. A continuación, se llevó a calcinación en una mufla a 600 °C durante dos horas. Finalmente se pesó el crisol con la ceniza resultante. El porcentaje de material mineral se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{m_{cmc} - m_{cv}}{m_{cm} - m_{cv}} \times 100$$

Donde m_{cmc} = masa del crisol con la muestra calcinada; m_{cv} = masa del crisol vacío; m_{cm} = masa del crisol con la muestra inicial.

Sólidos solubles totales (Brix)

Los sólidos solubles totales se determinaron mediante el uso de un refractómetro ATAGO N4E Brix 45-82 %, colocando una gota de miel a temperatura ambiente de 20° C, procediendo a realizar la lectura.

Acidez

Se realizó mediante el método de la AOAC 962.19 [8]. Se disolvieron 10 g de miel en 75 mL de agua libre de carbonatos. Se mezcló con un agitador magnético, a continuación se sumergió el electrodo del potenciómetro en la solución y registró el pH. Posteriormente se valoró con NaOH 0.05 M añadiendo de 5.0 mL/min. Se detuvo la adición de NaOH cuando el pH fue de 8.5. Inmediatamente se pipetearon 10 mL de NaOH 0.05 M y se tituló por retroceso con HCl 0.05 M con bureta de 10 mL a pH 8.3. Se calculó en miliequivalentes/kg:

$$\text{Acidez libre: (mL 0.05M NaOH de la bureta - mL de blanco) x 50g de porción de prueba}$$

$$\text{Lactona: (10.00 - mL 0.05m HCl de la bureta) x 50g porción de prueba}$$

$$\text{Acidez total: acidez libre + lactona}$$

Hidroximetilfurfural

Se llevó a cabo mediante el método de la AOAC 980.23 [8]. Se pesaron 5 g de miel, transfiriéndolos en aproximadamente 25 mL de agua, se agregó 0.50 mL de solución I de Carrez [$K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$], se mezcló y agregaron 0.50 mL de solución II de Carrez [$Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$], se homogeneizó y diluyó hasta un volumen de 50 mL con agua. Posteriormente se filtró y se pipetearon 5 mL en 2 tubos. Se adicionaron 5.0 mL de agua al 1 tubo (solución de prueba) y 5.0 mL de solución de $NaHSO_3$ al tubo 2 (referencia). Se mezcló cada tubo y se determinó absorbancia de solución de prueba contra referencia a una longitud de onda de 284 nm y 336 nm en el espectrofotómetro (Thermo SCIENTIFIC MULTISKAN GO). Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{mg Hidroximetilfurfural (HMF)}}{100 \text{ g de miel}} = \frac{(A_{284} - A_{336}) \times 14.97 \times 5}{\text{g de muestra analizada}}$$

Diastasa

La determinación de la diastasa se realizó por el método AOAC 958.09. La solución tamponada de almidón-miel soluble se incubó y el tiempo necesario para alcanzar el punto final especificado se determinó fotométricamente. Los resultados se expresan en mL de almidón hidrolizado al 1 % por enzima (diastasa), en 1 g de miel en 1 h.

Resultados y discusión

Los resultados de la caracterización fisicoquímica de la miel se muestran en la Tabla 1, donde se observa que los valores de grados Brix (Bx) se encuentran en un rango de 77.7 – 81.8, es importante indicar que el Codex Alimentarius no menciona un límite respecto a este parámetro. Cabe mencionar que un valor elevado en los grados Brix puede provocar que la miel cristalice más rápidamente en comparación con aquellas mieles que presentan valores bajos. Por otra parte, la bibliografía consultada establece que corresponden al porcentual en base a la cantidad de azúcares totales en la miel. En el ANOVA realizado; se observa diferencia estadística significativa, lo cual demuestra que el tipo de floración influye en la cantidad de sólidos solubles totales presentes en las muestras. Respecto al contenido de hidroximetilfurfural los resultados obtenidos se encuentra en rango de 22.3 – 29.9 mg/kg; dichos valores están por debajo del límite permitido por el Codex Alimentarius el cual establece como máximo (80 mg/kg). Por otro lado, el parámetro de la conductividad eléctrica se relaciona con la concentración de sales minerales, ácidos orgánicos y proteínas por tal razón es una medición que permite establecer el origen geográfico de la miel. El Codex establece como límite no más de 0.8 mS/cm (miliSiemens/centímetro). De las mieles analizadas tres superan el límite permitido (miel de aguacate). Cabe mencionar que la medición de conductividad es un valor estable que no

varía significativamente durante el almacenamiento y además indica si las abejas fueron alimentadas con azúcares. En este análisis la ANOVA presentó diferencia significativa, lo cual indica que el tipo de floración influye en la conductividad de la miel.

En la determinación de la humedad el Codex Alimentarius establece que ninguna miel deberá tener un contenido de humedad mayor de 20 %. De tal manera que todas las mieles analizadas cumplen con este parámetro ya que los resultados obtenidos fueron de 14.2 – 19 %. Un exceso de agua puede provocar alteraciones en las características organolépticas de la miel (sabor, olor y color), así como, también en su viscosidad debido a lo anteriormente mencionado la vida de anaquel de este producto se verá afectada; sin embargo, de acuerdo a la ANOVA no existe diferencia significativa en los valores presentados de humedad. Los valores obtenidos en la determinación de la acidez se encuentran entre los rangos de 19.3 - 49.9 meq/1000 g de miel. Por lo tanto, todas las mieles analizadas cumplen con lo establecido por el Codex (no más de 50 meq de ácido por 1000 g de miel). El contenido de cenizas es considerado como un criterio de calidad para evaluar el origen botánico de la miel. El valor máximo permitido por el Codex Alimentarius es de 0.60 %, de las mieles analizadas cuatro superan el porcentaje permitido (1.3 - 6.7 %); de acuerdo al ANOVA, no existe diferencia estadística significativa lo cual sugiere que el tipo de floración no influye en la cantidad de cenizas presentadas en las muestras de miel. El elevado contenido de cenizas puede indicar que es una miel de mielada (secreciones generadas por las plantas) o una mezcla de miel de flores y mielada. La enzima diastasa es adicionada por las abejas al nectar durante su proceso de maduración. Dicha enzima se encuentra mayoritariamente en mieles frescas y sus valores disminuyen durante su almacenamiento o calentamiento. Los resultados obtenidos en la determinación de este parámetro van desde 6.2 hasta ≥ 25 . La Comisión Europea de la Miel establece que el valor de diastasa no será inferior a 8 unidades Schade. De acuerdo a la ANOVA, no existe diferencia estadística significativa, lo que indica que el tipo de floración no influye en la cantidad de enzima diastasa presente en la miel.

Sin embargo en los resultados obtenidos del ANOVA simple, indican que existe diferencia estadística significativa en las pruebas de conductividad y sólidos solubles totales ($p < 0.05$) lo cual sugiere que el tipo de floración influye en los valores de conductividad y sólidos solubles totales en las muestras de miel analizadas.

Tabla 1. Resultados de caracterización fisicoquímica de diversas muestras de miel

No.	Floración	Lugar	Grados Brix*	HMF (mg/kg)*	Conductividad (mS/cm)*	% de Humedad*	Acidez*	% de Cenizas*	Diastasa*
1	Mqt	Teo	79.6±0.56 ^c	23.7±0.11	0.21±0.008 ^k	15.6±0.003	21.4±0.75	0.50±0.59	6.2±0.04
2	Mqt	Teo	78.7±0.53 ^{fg}	23.4±0.19	0.21±0.01 ^j	15.8±0.001	24.7±0.07	0.11±0.11	8±0.29
3	Mqt	Mat	78.3±0.53 ^{ghu}	23.3±0.50	0.22±0.005 ^{hij}	16.8±0.001	21.99±0.42	0.39±0.50	8.8±0.07
4	Mqt	Teo	77.7±0.53 ^m	23.8±0.24	0.20±0.001 ^{jk}	16.8±0.001	19.6±0.71	0.52±0.37	9.2±0.21
5	Mqt	Teo	78±0.01 ^{ghi}	23.9±0.10	0.23±0.004 ^{hi}	16.4±0.0002	20.7±0.52	0.25±0.20	9.6±0.33
6	Mqt	Dr. A	78±0.02 ^{lm}	23.4±0.76	0.23±0.001 ^h	17±0.0005	21.5±0.41	0.11±0.02	8.3±0.41
7	Mqt	Teo	79±0.005 ^d	23.5±0.76	0.21±0.003 ^j	15.8±0.001	19.3±0.87	0.14±0.08	8.3±0.16
8	Mqt	Gdr	78±0.01 ^{kl}	23.6±0.27	0.30±0.01 ^f	16.6±0.0005	27.5±0.68	0.37±0.22	7±0.92
9	Mqt	VO	78±0.005 ^{gh}	22.8±0.81	0.28±0.006 ^g	19±0.007	22.9±0.91	0.10±0.12	6.3±0.39

10	Mqt	Teo	78±0.01 ^{hij}	22.8±0.68	0.20±0.001 ^{jk}	17.4±0.003	28.6±0.31	0.07±0.02	6.3±0.29
11	Mqt	Teo	78±0.01 ^{ijk}	22.7±0.82	0.21±0.003 ^j	16.8±0.0002	23.2±0.35	0.07±0.002	9.1±0.60
12	PD	SJ	78±0.01 ^{kl}	22.3±0.35	0.32±0.002 ^e	18.6±0.001	38.2±0.52	0.15±0.05	11.1±1.2
13	PD	SG	78±0.005 ^{ijk}	22.6±0.51	0.22±0.001 ^{ij}	18.2±0.0004	27.4±0.88	0.05±0.009	8.0±0.33
14	Ahr	CV	78.7±0.53 ^{fg}	22.7±0.65	0.19±0.001 ^k	16±0.0009	26.7±0.16	0.08±0.01	≥ 25
15	Act	SAZ	78±0.005 ^{gh}	28±0.58	1.2±0.02 ^c	18±0.001	44.5±0.80	3.6±0.57	20.3±1.6
16	Act	Per	81.7±0.05 ^a	29.9±0.13	1.6±0.018 ^a	14.6±0.001	41.7±0.88	6.7±0.28	≥ 25
17	Mqt	SFA	81.8±0.05 ^a	24.2±0.53	0.47±0.008 ^d	14.2±0.0008	47.7±0.50	0.20±0.01	24.1±1.7
18	Act	Per	79.2±0.2 ^{ef}	29.9±0.13	1.47±0.01 ^b	16.4±0.001	49.9±0.86	4.1±0.22	≥ 25
19	Ahr	CV	79.3±0.11 ^{de}	23.6±0.08	0.19±0.003 ^k	16.2±0.001	26±0.70	0.06±0.02	9.3±0.30
20	Ctm	Jmy	80.7±0.11 ^b	26.8±0.58	0.46±0.008 ^d	15.2±0.0004	46.8±0.85	1.3±0.34	≥ 25
21	Cml		79.3±0.11 ⁿ	24.8±0.94	0.28±0.004 ^g	19±0.0005	41.6±0.6	0.10±0.005	9.3±0.36

Floración: Mezquite (Mqt), Palo Dulce (PD), Azahar (Ahr), Aguacate (Act), Cártamo (Ctm), Comercial (Cml). Lugar: Teocaltiche (Teo), Matehuala (Mat), Dr. Arroyo (Dr. A), Guadalcázar (Gdr), Villa Ornelas (VO), San Julián (SJ), San Gabriel (SG), Ciudad Victoria (CV), Santa Ana de Zirosto (SAZ), Peribán (Per), San Francisco de Asís (SFA), Jamay (Jmy). *Media ± desviación estándar de tres replicas. Letras diferentes en superíndice indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$).

Conclusiones

Las mieles analizadas recolectadas en el Occidente de México cumplieron con los requisitos de calidad establecidos por organismos internacionales. Por otra parte, se puede concluir que el tipo de floración influye en las características fisicoquímicas de la miel, mostrando que la miel de aguacate presenta un mayor contenido de minerales y conductividad eléctrica en comparación con los otros tipos de miel. Cabe mencionar que los parámetros anteriormente mencionados están relacionados con el color de la miel. Esto indica que a miel más oscura, mayor cantidad de cenizas y conductividad eléctrica. Los valores elevados de la enzima diastasa en las mieles analizadas indican que las mieles no han sido calentadas o almacenadas por largos periodos.

Agradecimientos

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada a la Maestrante Alejandra Navarro Martínez, CVU 1033434.

Referencias:

1. Pasiás, I. N., Kiriakou, I. K., & Proestos, C. 2017. HMF and diastase activity in honeys: A fully validated approach and a chemometric analysis for identification of honey freshness and adulteration. *Food Chemistry*, 229, 425-431.
2. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2020. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/produjo-mexico-61-9-mil-toneladas-de-miel-en-2019-que-representa-6-1-por-cienprodujo-mexico-61-9-mil-toneladas-de-miel-en-2019-que-representa-6-1-por-ciento-mas-que-el-promedio-de-los-ultimos-10-anos-mas-que-el-promedio-de-los-ultimos-10-anos>. (Consultado: 15/05/2021).
3. Tapia-Campos, E., Castañeda-Saucedo, M. C., del Pilar Ramírez-Anaya, J., Macías-Macías, J. O., Barajas-Pérez, J. S., Tapia-González, J. M., & Alaniz-Gutiérrez, L. 2017. Physical-chemical characterization, phenolic content and consumer preferences of *Apis mellifera* honey in southern Jalisco, México. *Interciencia*, 42(9), 603-609.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations., World Health Organization. 1999. Comisión del Codex Alimentarius. The Draft Revised Codex Standard for Honey. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Committee on Sugars Seventh Session London, United Kingdom.
5. International Honey Commission. 2009. Harmonised Methods of the International Honey Commission. *World Network of Honey Science*, 10-41.
6. da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196, 309-323.
7. Cavia, M. M., Fernández-Muiño, M. A., Alonso-Torre, S. R., Huidobro, J. F., & Sancho, M. T. 2007. Evolution of acidity of honeys from continental climates: Influence of induced granulation. *Food Chemistry*, 100(4), 1728-1733.
8. Association of Official Analytical Chemists. 2000. *Official Methods of Analysis*. "Volume II, Chapter 44". Horwitz W (Eds.), 17th Edition. 1025-1033. Maryland USA.