

Utilización de microondas para descristalizar miel producida por las abejas domésticas (*Apis mellifera*).

Bucio Villalobos C.M.^{a,*} y Martínez Jaime O.A.^b

^a Universidad De La Salle Bajío, Escuela de Agronomía, Av. Universidad 602, Col. Lomas del Campestre, C.P. 37150, León, Guanajuato, México.

* buciovillalobos@yahoo.com.mx

^b Universidad de Guanajuato, Campus Irapuato-Salamanca, División de Ciencias de la Vida, Departamento de Agronomía, Ex-Hacienda "El Copal", Km. 9 carretera Irapuato-Silao, C.P. 36821, Irapuato, Guanajuato, México..

RESUMEN

La miel de abeja es frecuentemente sometida a tratamientos de calor debido a la preferencia de muchas personas de consumirla en estado líquido. Con base en esto, el objetivo de la presente investigación fue determinar el tiempo que dentro de un horno de microondas debe permanecer la miel de abeja previamente cristalizada, hasta lograr su total licuefacción. 650 gramos de miel cristalizada producida en un apiario ubicado en el municipio de Irapuato, Gto. fueron introducidos dentro de un horno de microondas marca Samsung, modelo ME1090FWA, accionado a las potencias de salida de 100 y 1000 W, y en donde se dejó el tiempo suficiente para regresar la miel a su estado líquido. Al nivel de potencia 100 durante 30 minutos se logró la descristalización de la miel sin que ésta superara los 60° C; la agitación en ciertos momentos puede ayudar a una más rápida y total descristalización. Niveles de potencia mayores descristalizan la miel más rápidamente pero el calentamiento provoca ebullición debido a las altas temperaturas así logradas. Desde un punto de vista práctico, solo la actividad de la diastasa se vio alterada por el calentamiento de la miel, no así los °Brix, la humedad, la densidad, el color, el pH y la conductividad eléctrica..

Palabras clave: Miel de abeja, descristalización, calentamiento, horno de microondas

ABSTRACT

Bee honey is frequently subjected to heat treatments due to the preference of many people to consume honey in a liquid state. Based on this, the objective of the present research was to determine the time that inside a microwave oven should remain honey previously crystallized, until achieving its total liquefaction. 650 grams of crystallized honey produced in an apiary located in Irapuato, Gto., Mexico, were introduced into a Samsung brand microwave oven, model ME1090FWA, powered at output powers of 100 and 1000 W, and where was left the enough time to return the honey to its liquid state. At the 100-power level for 30 minutes, the decrystallization of the honey was achieved without exceeding 60° C; agitation at certain times can help a faster and total decrystallization. Higher power levels decrystallize honey more quickly but heating is abrupt and causes boiling due to the high temperatures. From a practical point of view, only the activity of the diastase was altered by the heating of the honey, not so the °Brix, humidity, density, color, pH and electrical conductivity..

Key words: Honey bee, de-crystallization, heating, microwave.

Área: Otros.

INTRODUCCIÓN

La miel es el principal producto que los apicultores de México y el mundo cosechan de sus colmenas; la producción anual en nuestro país llegó en el año 2016 a 55,358 toneladas, la cual fue producida por alrededor de 1,858,000 colmenas (FAOSTAT, 2018). Un aspecto importante que debe ser considerado durante todo el proceso de su producción es su calidad. En este sentido, una de las principales preocupaciones de los apicultores y comercializadores para seguir manteniendo la aceptación de la miel en el mercado nacional e internacional, es garantizar su autenticidad, dado que es posible su adulteración premeditada, o su deterioro provocado de manera inconsciente por un inadecuado manejo o almacenamiento (Ulloa *et al.*, 2010). Las buenas prácticas en la producción, almacenamiento y comercialización de miel son importantes e influyen para lograr que este producto sea de buena calidad; una perfecta higiene, la utilización de un método correcto de extracción, las formas adecuadas de filtración o sedimentación y el punto conveniente de maduración, son factores que durante su producción contribuyen en la obtención de un producto puro, traslúcido, brillante, sin aromas ni sabores extraños, con todo su valor nutritivo y con buenas propiedades para su posterior conservación. En cambio, un producto sobrecalentado,

procesado en sitios inadecuados, con impurezas de cualquier índole, cosechado de forma inmadura, entre otros factores, dan como resultado una miel de calidad inferior (Suescún y Vit, 2008).

Un problema importante con la miel de abeja es su tendencia a cristalizar, ya que ese estado físico no es el preferido de numerosos consumidores mexicanos, lo que obliga a los apicultores, comercializadores o a los mismos consumidores a someter la miel a un calentamiento temporal controlado para regresarla a su estado líquido; también los tratamientos de calor se aplican para darle a la miel consistencia suave o cremosa, prevenir o detener procesos de fermentación, reducir su contenido de humedad y/o facilitar su envasado al disminuir su viscosidad (Kretavičius *et al.*, 2010; Mehryar *et al.*, 2013). Estudios realizados al respecto indican que la miel cristaliza más rápido cuando contiene más de 28-30 % de glucosa, la relación glucosa/agua es 2:1 o mayor, la relación glucosa-agua/fructuosa es alta, la relación fructuosa/glucosa es menor a 1.14 y/o el contenido de melecitosa es mayor al 10 % (Manikis y Thrasivoulou, 2001); el tamaño de los cristales y el tiempo para que la miel cristalice depende también de la temperatura de almacenamiento, origen botánico y tamaño y cantidad de partículas físicas presentes en ella (Kretavičius *et al.*, 2010). El calentamiento para regresarla a su estado líquido conlleva el riesgo de adulterarla si las temperaturas usadas no son las adecuadas, incluyendo la pérdida de sustancias aromáticas termolábiles o la disminución en la concentración de enzimas presentes en la miel (Subramanian *et al.*, 2007; Tosi *et al.*, 2008). Los reportes sobre la temperatura ideal máxima posible que debe ser aplicada a la miel sin que ésta pierda propiedades son variables según el estudio realizado. 78° C por 6 a 7 minutos (Gonnet *et al.*, 1964), 40° C por 31 días, 80° C por 1.2 horas (Bogdanov, 1993), 55° C por 15 minutos (Ramírez *et al.*, 2000), son los resultados de algunas investigaciones hechas al respecto, reportándose además que el rango de 20 a 25° C son temperaturas de almacenaje bajo las cuales los parámetros de calidad de la miel no se ven afectados significativamente (Aguilar, 2001; Subramanian *et al.*, 2007). Estas variaciones en la duración y la cantidad de calor aplicada dependen, entre otras cosas, de la forma en que la miel es sometida a dicho calor, siendo el empleo del baño maría o resistencias eléctricas los métodos más comunes.

La necesidad de ajustar el tiempo y temperatura ideales según el método térmico utilizado para descristalizar miel, es lo que dio origen a la investigación aquí realizada. De entre los métodos para descristalizar miel, el uso del horno de microondas, aparato muy común en muchos hogares, está cada vez siendo más utilizado por las amas de casa, ya que resulta un método fácil, práctico y rápido para lograr la descristalización de la miel, sobre todo porque a nivel de los hogares las cantidades de miel que se manejan son relativamente pequeñas, sin embargo no hay suficientes reportes de estudios que avalen que su uso no deteriora la calidad de la miel. El horno de microondas ha sido reportado como herramienta para calentar miel de abeja pero con la finalidad de eliminar levaduras y otros microorganismos no deseados presentes en ella (Subramanian *et al.*, 2007). Con ese mismo objetivo, Hebbar *et al.* (2003) condujeron un experimento utilizando un horno de microondas para calentar miel de abeja, con hasta 800 W de potencia de salida, pero con tiempos máximos de exposición de 90 segundos. Con estos antecedentes, y cuidando que algunas de las propiedades físico-químicas que caracterizan la calidad de la miel de abeja no se vieran deterioradas, el objetivo de la presente investigación fue determinar el tiempo que dentro de un horno de microondas debe permanecer la miel de abeja previamente cristalizada, hasta lograr su total licuefacción y utilizando para ello dos diferentes niveles de potencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Procedencia de la miel. La miel utilizada fue producida en un apiario ubicado en la comunidad de “El Copal”, municipio de Irapuato, Gto. La vegetación predominante en la zona son mezquites, casahuates, huisaches, hierbas silvestres varias, cultivos básicos y hortalizas, entre otras plantas. Dicho apiario fue manejado con técnicas apícolas convencionales modernas, lo que incluyó un cambio anual de reinas, tratamientos químicos y orgánicos (según fueron los niveles de infestación) para el control de *Varroa jacobsoni*, control integrado para *Aethina tumida*, alimentación energética y proteica tanto de estímulo como de sostén, entre otras actividades.

Recolección y preparación de las muestras. Una vez que el flujo de néctar hubo cesado, el 25 de noviembre de 2017 se procedió a recolectar la miel madura acumulada por las abejas en el apiario mencionado, retirando para ello las alzas que la contenían; esta miel fue consecuencia de la actividad de las abejas pecoreando la flora originada durante la temporada de lluvias, por lo que fue considerada como una miel multifloral. La miel así cosechada fue

posteriormente extractada en el taller apícola con la ayuda de un extractor radial. Una vez extractada y separada de impurezas, la miel fue almacenada en cubetas de 19 litros de capacidad. La cristalización de la miel se logró simplemente dejándola almacenada a temperatura ambiente durante cuatro meses y medio, quedando al final con una consistencia suave.

Descristalización de la miel. El tratamiento térmico para descristalizar la miel consistió en la utilización de un horno de microondas marca Samsung, modelo ME1090FWA con salida de frecuencia de 2,450 MHz. Utilizando un recipiente plástico de un litro de capacidad, 650 gramos de miel cristalizada fueron introducidos dentro del horno, el cual se puso a funcionar utilizando las potencias de salida de 100 y 1000 W como dos tratamientos térmicos contrastantes a evaluar. El tiempo que se dejó la miel dentro del horno de microondas fue variable, ya que el criterio para su término fue en cuanto se logró regresar la miel a su total estado líquido. La temperatura fue medida cada 10 segundos directamente al interior de la miel.

Análisis físico-químicos. Después que la miel fue cosechada, previo a su cristalización, fueron realizados los análisis físico-químicos aquí indicados. Alrededor de cuatro meses y medio después, una vez que los tratamientos de microondas fueron aplicados para la descristalización de la miel, se procedió a realizar nuevamente los mismos análisis físico-químicos. Las variaciones encontradas entre los primeros y segundos análisis fueron atribuidas al tratamiento de calor aplicado. Los análisis físico-químicos realizados fueron: °Brix, contenido de humedad, pH, conductividad eléctrica, color, densidad y actividad de la diastasa (Bogdanov, 2009; Bogdanov *et al.*, 1999; Norma Oficial Mexicana NMX-F-416-S-1982).

Manejo estadístico. Los datos obtenidos fueron sometidos a un ANOVA y a la prueba de separación de medias de Tukey, cuando éstos cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas; en los casos que no fue así, fue aplicada la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis y la prueba de “t” de comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cambios en la temperatura de la miel. Miel de abeja cristalizada fue sometida a calentamiento utilizando dos niveles contrastantes de potencia de un horno de microondas, registrándose los cambios de temperatura a lo largo del tiempo. La menor de las potencias (Fig. 1) permitió calentar la miel a menores temperaturas que las logradas con la potencia de salida de 1000 W, permitiendo incluso llegar a un tiempo de 30 minutos sin que la temperatura sobrepasara los 60° C; a los 10 minutos la miel contenía todavía bastantes áreas cristalizadas, en cambio a los 20 minutos las áreas líquidas ocupaban la mayor parte de la miel, mientras que a los 30 minutos los restos de miel cristalizada eran mínimos. Como a partir de este tiempo la miel sobrepasó los 60° C y la temperatura seguía subiendo rápidamente, a los 33 minutos se decidió suspender el calentamiento (para entonces la temperatura había llegado a 70° C) con ya muy poca cantidad de miel cristalizada ubicada en el fondo del recipiente. Sin embargo, con un mezclado utilizando una pequeña pala de madera, se logró homogenizar la miel y finalmente los residuos de miel cristalizada desaparecieron lográndose así la descristalización total.

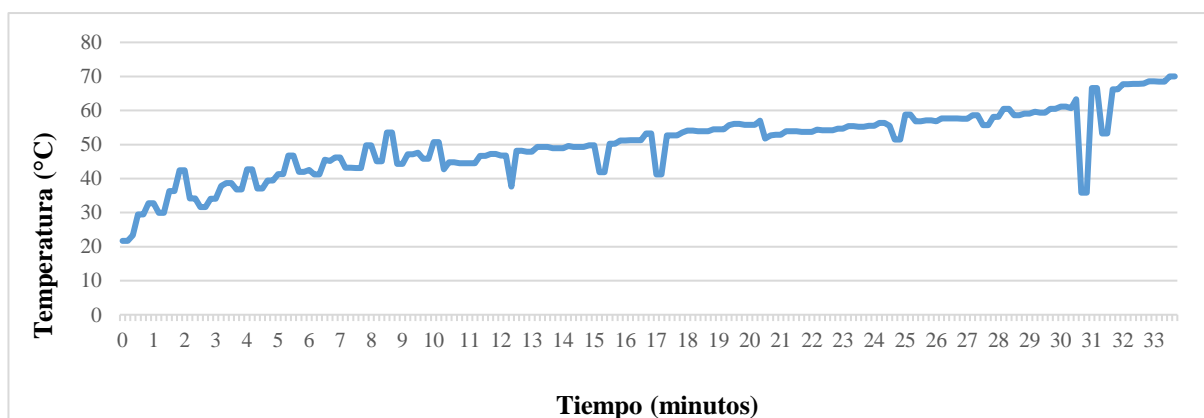


Figura 1. Temperatura al interior de la miel mientras ésta fue descristalizada dentro de un horno de microondas utilizando la potencia de salida de 100 W.

A lo largo del tiempo que duró la descristalización de la miel utilizando la potencia de salida de 100 W, se presentaron variaciones de altos y bajos en las temperaturas registradas, sobre todo en los primeros 10 minutos, lo cual fue atribuido a que el derretimiento de la miel no fue homogéneo, es decir que en ciertos momentos existieron bloques de miel aun cristalizada que se desplazaban entre espacios en donde primeramente la miel ya había sido licuada; la temperatura registrada dependió de que tipo miel (cristalizada o no) estuvo en contacto con el sensor que registró la temperatura y que fue colocado de forma fija en el centro bajo del recipiente que contenía la miel. Es un principio básico de la física el que el calor se transporta, o se “mueve”, cuando existe un gradiente de temperatura, y fluye o se transfiere de una región de alta temperatura a una de baja temperatura (Kreith *et al.*, 2012). En este caso, las microondas emitidas dentro del horno calentaron la miel primero en ciertos espacios, de los cuales el calor se transfirió a los espacios adyacentes más fríos (aun cristalizados) para que poco a poco la temperatura en toda la miel contenida en el recipiente terminara homogenizada, logrando con esto su total derretimiento. Lo importante en este proceso es cuidar que la máxima temperatura lograda no sobrepase aquella que permita a la miel conservar sus propiedades. Aunque en la investigación realizada por Gonnet *et al.* (1964) se utilizaron 78° C para descristalizar la miel, los autores reportaron que para lograrlo el tiempo de descristalización no debería superar los 6 a 7 minutos, tiempo insuficiente en el proceso realizado en este estudio con la potencia de salida de 100 W. Para mayores tiempos de descristalización, la temperatura utilizada puede ser menor, por ejemplo 40° C (Bogdanov, 1993) o 55° C (Ramírez *et al.*, 2000). Con base en algunos de esos resultados, es un decir popular entre los apicultores que la temperatura para descristalizar miel no debe ser superior a los 60° C, por lo que basándose en este criterio, y tomando en cuenta los resultados obtenidos en el presente estudio, se propone que para descristalizar miel de abeja se puede utilizar un horno de microondas programado con una potencia de salida de 100 W, y en donde se debe dejar la miel por no más de 30 minutos deteniendo el calentamiento cada determinado tiempo (3 o 4 veces al menos), sacando la miel del horno en cada vez para ayudar a su mezclado con una cuchara o utensilio similar. Esta recomendación deberá ser ajustada si se cambian las condiciones de la miel o del horno de microondas.

Al programar el horno de microondas con la potencia de salida de 1000 W, los resultados fueron contrastantes (Fig. 2). En menos de un minuto, la temperatura registrada superó los 60°C, temperatura que de acuerdo a la literatura ya no es la ideal para conservar adecuadamente las propiedades físico-químicas de la miel (Aguilar, 2001; Subramanian *et al.*, 2007). Antes de llegar a los dos minutos resultó imposible mantener la miel dentro del horno pues la ebullición provocada hacía que la miel se derramara, por lo que se hizo una pausa. Después de unos segundos de enfriamiento (en cuanto la ebullición se detenía), la miel se volvió a someter al calentamiento dentro del horno, pero en solo 20 a 30 segundos se volvía a producir la ebullición. Estas pausas se repitieron durante cinco veces, pero pasados los cuatro minutos de iniciado el calentamiento, fue imposible continuar pues la ebullición resultaba casi inmediata. El calentamiento utilizando la potencia de salida de 1000 W fue detenido a solo cuatro minutos y 30 segundos de iniciado. Sin embargo, en este corto tiempo la mayoría de la miel estaba en estado líquido y solo algunos restos de miel cristalizada permanecían en el fondo. Mezclando con una pequeña pala de madera, toda la miel terminó licuada. Podría pensarse que este es un método rápido para descristalizar miel (solo con el cuidado de prender y apagar el horno frecuentemente para evitar su derramamiento por ebullición), sin embargo, la temperatura alcanzada en tan solo un minuto llegó a proporciones no apropiados para mantener la calidad de la miel en niveles adecuados, ya que superó con mucho las temperaturas óptimas propuestas por varios investigadores (Bogdanov, 1993; Gonnet *et al.*, 1964; Ramírez *et al.*, 2000). Por lo tanto, esta forma de descristalizar miel de abeja presenta niveles de calentamiento elevados y por consecuencia sobrevienen riesgos de pérdida de algunas propiedades que tienen que ver con su calidad.

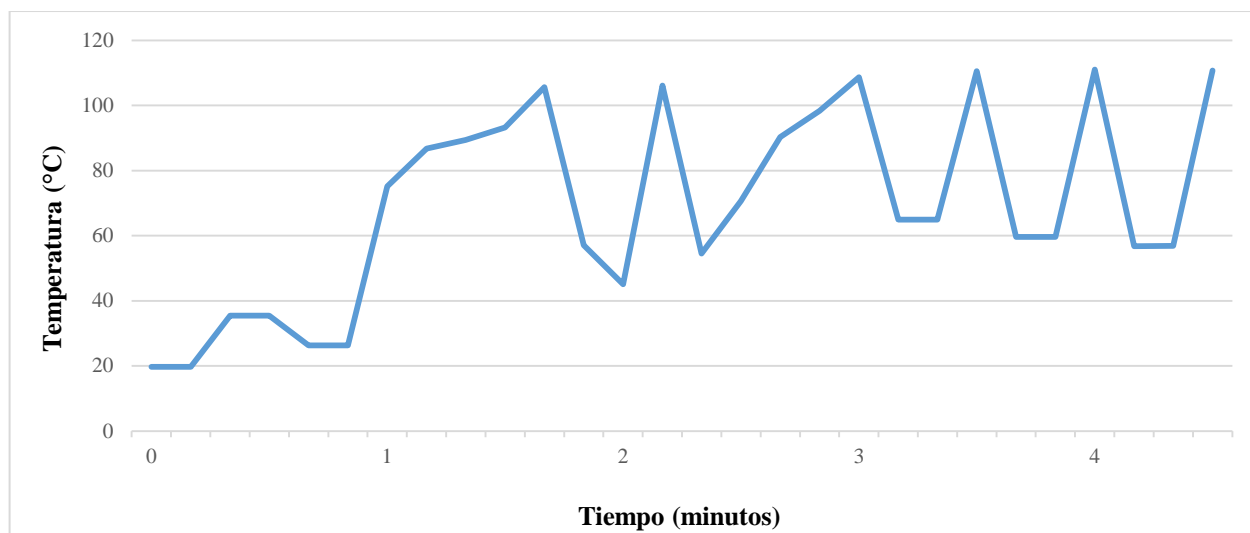


Figura 2. Temperatura al interior de la miel mientras ésta fue desdoblada dentro de un horno de microondas utilizando la potencia de salida de 1000 W.

La desdoblamiento de la miel de abeja es una actividad requerida debido a que muchas personas prefieren su consumo en forma líquida; es obligado cuidar que la calidad de la miel no se deteriore durante su calentamiento, razón por lo que se han propuesto recomendaciones de buenas prácticas al respecto basadas en resultados de diversas investigaciones (Bogdanov, 1993; Gonnet *et al.*, 1964; Ramírez *et al.*, 2000). Entre otras cosas, el calentamiento inadecuado de la miel puede provocar la inactivación de ciertas enzimas (Kretavičius *et al.*, 2010; Tosi *et al.*, 2008) o la alteración de otros parámetros importantes de la miel (Manikis y Thr asivoulou, 2001; Mehryar *et al.*, 2013). La mayoría de los métodos propuestos para el calentamiento de la miel se basan en el baño maría, el uso de resistencias eléctricas o de tanques de calentamiento con calor seco, principalmente. El aprovechamiento del horno de microondas no está reportado en la literatura científica, salvo con fines de eliminar levaduras y otros microorganismos no deseados en la miel. Es un método accesible para el consumidor de miel, ya que estos aparatos son comunes en los hogares y pueden ser útiles para desdoblamiento pequeñas cantidades de miel. Como resultado de la presente investigación se propone un método por el que se puede desdoblamiento miel de abeja utilizando un horno de microondas y en donde la temperatura permanece por debajo de los 60° C, tal y como se señaló en el anterior párrafo.

Comportamiento de las propiedades físico-químicas de la miel. Los resultados de las propiedades físico-químicas evaluadas durante la presente investigación son presentados en la Tabla 1. Los °Brix son usados para determinar en la miel el porcentaje de azúcares totales y se considera que tienen una relación directa con el contenido de humedad, por lo que basándose en el dato de humedad máxima permitida (20 %), la miel de abeja no debe resultar con valores menores de 78.35 °Brix (tomada a 20° C de temperatura), situación que no ocurrió en ninguna de las tres mieles evaluadas en este estudio, por lo que bajo este criterio se les puede considerar como mieles de buena calidad (Lino, 2002). Por otro lado, la humedad de la miel siempre fue inferior a 20 %, valor máximo sugerido por la NMX-F-036-981 (1981) o el Codex Alimentarius (1981). Según la literatura, se sugiere que la densidad de la miel de abeja debe estar dentro de un rango de entre 1.39 y 1.44 g/ml (Suescún & Vit, 2008) por lo que las densidades calculadas para las mieles utilizadas en el presente estudio quedaron dentro de dicho rango. El color de la miel es una propiedad óptica considerada de suma importancia en el comercio de este producto, pues muchas veces es en base al color que las personas escogen la miel que van a consumir (Suescún & Vit, 2008); transformados los datos obtenidos en el colorímetro (en unidades de mm Pfund), las mieles evaluadas fueron catalogadas como de color *ambar ligero*, de acuerdo con la escala de valores estandar de color propuesta por la USDA (1985). En cuanto al pH, las mieles evaluadas presentaron valores de 3.76 y 3.73 (uno de los datos se perdió) los cuales quedaron dentro del rango de 3.40 a 4.71 sugerido por Solayman *et al.* (2016) para mieles de diferentes orígenes. La conductividad eléctrica es un parámetro que actualmente se está usando como criterio para determinar el origen botánico de la miel (Bogdanov *et al.*, 1999) y debe ser menor de 0.8 mS/cm para que una miel sea considerada de

origen floral (Codex Alimentarius, 1981), situación que se cumplió en todos los casos con las mieles aquí evaluadas. Por último, la actividad de la enzima diastasa es también considerada un factor de calidad de la miel, ya que es común utilizarla como un indicador del tiempo de almacenamiento y/o de sobrecalentamiento (Bogdanov *et al.*, 1999; Suescún & Vit, 2008; Ulloa *et al.*, 2010); en este estudio se encontraron valores de 16, 4 y 8 Unidades de Diastasa (U.D.) para las tres mieles evaluadas, los que estuvieron por debajo del valor mínimo sugerido de 32 U.D.; como se mencionó, valores bajos en la actividad de la diastasa corresponden a mieles viejas o calentadas, por lo que el almacenamiento por 4.5 meses y el calentamiento las microondas, fueron los factores a los que se atribuyó la baja actividad de la diastasa encontrada en las mieles de este estudio.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas evaluadas en la miel de abeja, antes y después de su descristalización utilizando un horno de microondas.

Propiedad	Miel no calentada	Miel calentada en el horno de microondas	
		Con 100 W de salida	Con 1000 W de salida
°Brix (a 20° C)	82.5	82.6	83.3
Humedad (%)	16.02	15.91	15.31
Densidad (g/ml a 24° C)	1.4336	1.4375	1.4336
Color (mm Pfund)	66.0	66.0	65.2
Color (USDA color standards)	Ámbar ligero	Ámbar ligero	Ámbar ligero
pH	3.76	Dato perdido	3.73
Conductividad eléctrica (mS/cm)	0.334	0.320	0.330
Contenido de diastasa (U.D.)	16	4	8

Algunas de las variables utilizadas en la presente investigación manifestaron diferencias estadísticas entre los tratamientos (densidad, conductividad eléctrica y color), mientras que otras no (°Brix y humedad), sin embargo las diferencias entre los valores numéricos de sus medias fueron mínimas, por lo que bajo un criterio práctico se consideró que para las variables de °Brix, humedad, densidad, color, pH y conductividad eléctrica no hubo una variación significativa entre la miel original no sometida a calentamiento y aquellas que fueron descristalizadas en el horno de microondas, tanto al nivel de 100 como al de 1000 W de potencia de salida; se hace especial referencia al color de la miel, el cual, con las temperaturas y tiempos aplicados, se mantuvo con una muy baja variación, contrario al oscurecimiento encontrado en otras investigaciones cuando las mieles fueron sobrecalentadas (Subramanian *et al.*, 2007).

Contrario al comportamiento de los parámetros físico-químicos mencionados en el párrafo anterior, para el contenido de diastasa sí fueron encontradas diferencias entre los tratamientos; como era de esperarse, la mayor concentración de diastasa ocurrió en la miel original no sometida a calor, seguida de aquella calentada a altas temperaturas (hasta 111° C) pero por solo 4.5 minutos (tratamiento con 1000 W de potencia de salida en el horno de microondas), mientras que la menor concentración de diastasa se obtuvo en la miel sometida a temperaturas que no sobrepasaron los 70° C pero en donde se mantuvo la miel bajo calentamiento por más de 30 minutos (tratamiento con 100 W de potencia de salida en el horno de microondas). Subramanian *et al.* (2007) indican que el calentamiento de la miel a altas temperaturas (80-140° C) pero con tiempos muy cortos (segundos) no parece tener efectos deletéreos importantes sobre la actividad de la diastasa, lo que sugiere que el mayor tiempo de calentamiento de la miel en el tratamiento con nivel de potencia de 100 W, fue la causa de haber encontrado la menor de las concentraciones de diastasa y no en donde se utilizó el nivel de potencia de 1000 W donde las temperaturas fueron significativamente mayores; de hecho, los mismos autores sugieren que es mejor un mayor nivel de potencia del horno de microondas pero con menor duración, que un menor nivel de potencia con una mayor duración. Otros

resultados indican que con mayores tiempos de calentamiento se provocan disminuciones considerables en la actividad enzimática de la miel de abeja; por ejemplo, en un estudio realizado por Kretavičius *et al.* (2010) la glucosa oxidasa se redujo significativamente cuando la miel se calentó a partir de los 55° C. Similarmente la diastasa también es reportada por su alta sensibilidad al calor, considerándose una sustancia termolábil (Tosi *et al.*, 2008). No puede dejar de mencionarse que un problema colateral grave resultante del calentamiento de la miel es la formación de hidroximetilfurfural (HMF), sustancia que puede resultar tóxica y cancerígena a niveles de concentración altos (Michail *et al.*, 2007).

CONCLUSIÓN

El horno de microondas resultó ser un método que puede ser utilizado para la descristalización de la miel de abeja, pero con sus respectivas reservas; basándose en las temperaturas máximas sugeridas en la literatura para el calentamiento de la miel, un bajo nivel de potencia y un tiempo prolongado son las características adecuadas para lograr descristalizar miel en un horno de microondas, ya que lo contrario hace que la miel se sobrecaliente violentamente lo que provoca una ebullición brusca. En esta investigación, con una potencia de salida de 100 W y 30 minutos de exposición se logró llevar la miel a su estado líquido original sin sobrepasar los 60° C, sin embargo, estas características son cambiantes según la marca y modelo de horno de microondas que se vaya a utilizar, por lo que los ajustes necesarios deberán ser hechos para cada caso. En dichos ajustes se debe considerar la cantidad de miel a descristalizar, que en la presente investigación fueron 650 gramos.

Las variables de °Brix, humedad, densidad, color, pH y conductividad eléctrica presentaron valores que estuvieron dentro de un rango adecuado y que por lo tanto corresponden a una miel de abeja de buena calidad, incluyendo las mieles que fueron sometidas al calentamiento con microondas. No en cambio la actividad de la diastasa, en donde las tres mieles evaluadas obtuvieron valores por debajo del mínimo aceptado, lo que se atribuyó a que la miel fue calentada para su descristalización y que además tenía varios meses de almacenada. Para tener mayores fundamentos para una conclusión definitiva, se recomienda continuar con esta línea de investigación donde se contemplen parámetros de calidad de la miel reportados como sensibles al calor, incluyendo la actividad de diversas enzimas y la presencia de HMF (hidroximetilfurfural), entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, G. M. del P. (2001). Evaluación de parámetros de calidad en miel de abeja, en relación a condiciones de almacenaje. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. 151p.
- Bogdanov, S. (1993). Liquefaction of honey. *Apiacta*, XXVIII, 4-10.
- Bogdanov, S. (2009). Harmonised methods of the International Honey Commission. International Honey Commission, World Network of Honey Science. 63p.
- Bogdanov, S., Lüllmann, C., Martin, P., von der Ohe, W., Russmann, H., Vorwohl, G., Persano, O. L., Sabatini, A. G., Marcazzan, G. L., Piro, R., Flamini, C., Morlot, M., Lhéritier, J., Borneck, R., Marioleas, P., Tsigouri, A., Kerkvliet, J., Ortiz, A., Ivanov, T. D'Arcy, B., Mossel, B., and Vit, P. (1999). Honey quality and international regulatory standards: review by the International Honey Commission. *Bee World*, 80 (2), 61-69.
- Codex Alimentarius. (1981). Codex Stand 12-1981. Revised Codex Standard for Honey. Rev. 1 (1987), Rev. 2 (2001). FAO. Roma. 7p.
- FAOSTAT. (2018). Dirección de Estadística de la Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>. [Fecha de consulta: 19 de marzo de 2018].
- Gonnet, M., Lavie, P., & Louveaux, J. (1964). La pasteurisation des miels. *Annales Abeilles*, 7, 81-102.
- Hebbar, U. H., Nandini, K. E., Lakshmi, M. C., Subramanian, R. (2003). Microwave and infrared heat processing of honey and its quality. *Food Science Technology Research*, 9, 49-53.

Kreith, F., Manglik, R. M., & Bohn, M. S. (2012). Métodos básicos de transferencia de calor. En Principios de transferencia de calor, Editado por F. Kreith, R. M. Manglik, & M. S. Bohn. Séptima edición. México: Cengage Learning Editores, S. A. de C. V., p. 2.

Kretavičius, J., Kurtinaitienė, B., Račys, J., & Čeksterytė, V. (2010). Inactivation of glucose oxidase during heat-treatment de-crystallization of honey. *Žemdirbystė Agriculture*, 97 (4), 115-122.

Lino, L. F. D. (2002). Estudio de la calidad de la miel de abeja *Apis mellifera* L. comercializada en Tegucigalpa, Honduras. Proyecto especial para la obtención del título de licenciatura de Ingeniero Agrónomo. Zamorano. Honduras. 36p.

Manikis, I. & Thrasivoulou, A. (2001). The relation of physicochemical characteristics of honey and the crystallization sensitive parameters. *Apiacta*, 3, 1-5.

Mehryar, L., Esmaili, M., & Hassanzadeh, A. (2013). Evaluation of some physicochemical and rheological properties of Iranian honeys and the effect of temperature on its viscosity. *American-Eurasian Journal Agricultural and Environmental Science*, 13 (6), 807-819.

Michail, K., Matzi, V., Maier, A., Herwig, R., Greilberger, J., Juan, H., Kunert, O., & Wintersteiger, R. (2007). Hydroxymethylfurfural: an enemy or a friendly xenobiotic? A bioanalytical approach. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 387, 2801-2814.

Norma Oficial Mexicana NMX-F-036-981: Miel de abeja, especificaciones. (1981). Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial, Secretaría de Comercio y Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Norma Oficial Mexicana NMX-F-416-S. Productos alimenticios para uso humano, miel de abeja. (1982). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, Secretaría de Comercio y Dirección general de normas.

Ramírez, C. M. A., González, N. S. A., & Sauri, D. E. (2000). Effect of the temporary termic treatment of honey on variation of the same during storage. *Apiacta*, 35 (4), 162-170.

Solayman, M., Asiful I. M., Paul, S., Ali, Y., Ibrahim K. M., Alam, N., and Hua G. S. (2016). Physicochemical properties, minerals, trace elements, and heavy metals in honey of different origins: A comprehensive review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15, 219-223.

Subramanian, R., Umesh H. H., & Rastogi, N. K. (2007). Processing of honey: a review. *International Journal of Food Properties*, 10, 127-143.

Suescún, L. & Vit, P. (2008). Control de calidad de la miel de abejas producida como propuesta para un proyecto de servicio comunitario obligatorio. *Fuerza Farmacéutica*, 12 (1), 6-15.

Tosi, E., Martinet, R., Ortega, M., Lucero, H., & Ré, E. (2008). Honey diastase activity modified by heating. *Food Chemistry*, 106, 883-887.

Ulloa, J. A., Mondragón, C. P. M., Rodríguez, R. R., Reséndiz, V. J. A. & Rosas, U. P. (2010). La miel de abeja y su importancia. *Revista Fuente*, 2 (4), 11-18.

USDA. (1985). United States Standards for Grades of Extracted Honey. Agricultural Marketing Service, Fruit and Vegetable Division, Processed Products Branch, United States Department of Agriculture. Washington, DC.

Agradecimientos

A la Universidad De La Salle Bajío por el apoyo económico otorgado a través de la Convocatoria de Investigación e Innovación Tecnológica 20017.