

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Agroindustria Alimentaria
Ingeniería en Agroindustria Alimentaria



Proyecto Especial de Graduación
**Efecto del tratamiento térmico en las propiedades fisicoquímicas,
microbiológicas y sensoriales de la miel de abeja (*Apis mellifera*)**

Estudiante

Dulce Rocio González Maldonado

Asesores

Carolina Valladares, M.Sc.

Raúl Espinal, Ph.D.

Honduras, julio 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA M. MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ADELA M. ACOSTA MARCHETTI

Directora Departamento de Agroindustria Alimentaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Abstract.....	8
Introducción.....	9
Materiales y Métodos.....	12
Resultados y Discusión.....	17
Conclusiones	25
Recomendaciones.....	26
Referencias.....	27
Anexos.....	30

Índice de Cuadros

<i>Cuadro 1 Descripción de los tratamientos térmicos en la miel.....</i>	<i>16</i>
<i>Cuadro 2 Resultados del análisis microbiológico. Recuento de levaduras en la miel de abeja</i>	<i>17</i>
<i>Cuadro 3 Resultados de análisis químicos: Valor de pH de la miel luego de tratamiento térmico.....</i>	<i>18</i>
<i>Cuadro 4 Resultados de análisis químicos: Aw de la miel luego del tratamiento térmico.</i>	<i>19</i>
<i>Cuadro 5 Resultados de análisis químicos: Humedad de la miel luego del tratamiento térmico.</i>	<i>19</i>
<i>Cuadro 6 Resultados de análisis químicos: Grados brix en la miel luego del tratamiento térmico.</i>	<i>20</i>
<i>Cuadro 7 Resultado de análisis físico de color de la miel luego de tratamiento térmico.</i>	<i>21</i>
<i>Cuadro 8 Resultado de análisis sensorial: Aceptación de la apariencia y color de la miel de abeja....</i>	<i>22</i>
<i>Cuadro 9 Resultado de análisis sensorial: Aceptación de la textura de la miel de abeja.</i>	<i>22</i>
<i>Cuadro 10 Resultado de análisis sensorial: Aceptación general, sabor y dulzura de la miel de abeja.</i>	<i>23</i>

Índice de Figura

Figura 1 Flujo de proceso de los tratamientos térmicos aplicados en la miel de abejas (*Apis mellifera*).

..... 13

Índice de Anexos

Anexo A Probabilidades estadísticas de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.	30
Anexo B Probabilidades estadísticas de los análisis sensoriales.....	31
Anexo C Correlación entre atributos sensoriales después del tratamiento térmico de la miel.....	32
Anexo D Formato hoja de evaluación sensorial.....	33

Resumen

La miel es un alimento natural que, por la manipulación en la cosecha, su higroscopicidad y composición química requiere de tratamientos térmicos que permitan una mayor vida anaquel. Pasteurización y descristalización son los tratamientos más usados, pero éstos pueden provocar cambios en las propiedades de la miel disminuyendo la aceptación del mercado. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de la miel de abeja (*Apis mellifera*) sometida a diferentes tratamientos térmicos. Se usó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con tres repeticiones para los tres tratamientos: Descristalización ($50 \pm 3^\circ\text{C}$ por 5 horas), pasteurización ($60 \pm 3^\circ\text{C}$ durante 30 minutos) y miel sin tratamiento térmico. A cada unidad experimental se le hizo recuento de levaduras, análisis fisicoquímicos (Color, pH, humedad, A_w , °brix) y un análisis sensorial afectivo, mediante una prueba de aceptación (atributos de apariencia, color, olor, sabor, dulzura, textura y aceptación general). Este estudio concluyó que los tratamientos de pasteurización y descristalizado no provocaron cambios en el color, pH ni A_w de la miel de abeja. El tratamiento de pasteurización redujo la población de levaduras, mientras que el descristalizado y miel sin procesar presentaron conteos superiores al límite permitido (1×10^2 UFC/g) de levaduras. El análisis sensorial afectivo mostró que ni la pasteurización ni el descristalizado provocaron cambios en la aceptación de los atributos sensoriales de la miel. Se recomienda evaluar el efecto de los tratamientos térmicos en la composición de azúcar, contenido de diastasa y del hidroximetilfurfural de la miel.

Palabras clave: Actividad de agua, color, descristalización, levaduras, pasteurización.

Abstract

Honey is a natural food, which, due to its handling at harvest, its hygroscopicity and chemical composition, requires heat treatments that allow a longer shelf life. Pasteurization and decrystallization are the most common used treatments, but they can cause changes in the properties of honey, therefore decreasing consumer acceptance. The objective of this study was to evaluate the physicochemical, microbiological, and sensory changes of honey produced by bees (*Apis mellifera*) when subjected to different heat treatments. A Randomized Complete Block (RCB) design was used, with three replicates for each treatment: De-crystallization (50 ± 3 °C for 5 hours), pasteurization (60 ± 3 °C for 30 minutes) and honey without heat treatment. Each experimental unit experienced a yeast count, physicochemical analysis (Color, pH, humidity, Aw, °brix) and an affective sensory analysis, through an acceptance test (attributes of appearance, color, smell, taste, sweetness, texture, and general acceptance). This study concluded that the pasteurization and decrystallization treatments did not cause changes in color, pH or Aw of the honey. The pasteurization treatment reduced the yeast population, while the decrystallized and unprocessed honey presented counts higher than the allowed limit (1×10^2 CFU/ g) of yeasts. The affective sensory analysis showed that neither pasteurization nor decrystallization caused changes in the acceptance of the sensory attributes of honey. It is recommended to evaluate the effect of heat treatments on the sugar composition, diastase content and hydroxymethylfurfural of honey.

Keywords: Decrystallization, colour, pasteurization, water activity, yeast.

Introducción

La miel es una sustancia dulce producida por las abejas *Apis mellifera*, a partir del néctar de las flores que recolectan, transportan, transforman y combinan con secreciones propias, luego, deshidratan, concentran y almacenan en el panal para que madure y añeje (CXS 12-19811 2019). El consumo de miel ha incrementado en las últimas décadas debido al crecimiento de la población y la preferencia por alimentos naturales (Gallez 2006). La miel es el edulcorante más antiguo y es valorada por el paladar humano por su sabor, dulzura y textura (Visquert 2015). Su composición química depende del origen botánico del néctar colectado por las abejas (Arevalo 2017).

Las abejas recolectan el néctar de las flores y luego de depositarlo dentro del panal, el néctar pasa por un proceso de transformación provocando cambios físicos y químicos, por efecto de la evaporación del agua o la deshidratación del néctar que llega a perder una tercera parte de su contenido de humedad. También ocurre la hidrólisis de la sacarosa provocada por la acción de la enzima invertasa que desdobra este disacárido en azúcares simples: Glucosa y fructosa (Mogel Ordoñez et al. 2005). Luego de los cambios que sufre, el néctar se convierte en miel por lo que, la abeja sella los alveolos con una capa de cera y esta es considerada lista para ser cosechada (Zandamela 2008b).

Los componentes de la miel son mayormente azúcares, en menor cantidad y dependiendo el origen del néctar contiene proteínas, aminoácidos, enzimas, ácidos orgánicos, minerales y polen (Santacruz et al. 2016). Respecto a los microorganismos, la miel se considera un alimento estable, debido a su baja actividad de agua, la cual oscila entre 0.56 y 0.62, lo que podría limitar el crecimiento de la mayoría de microorganismos, con excepción de algunas levaduras y bacterias osmófilas (Cardenas et al. 2008). Las bacterias osmófilas son aquellas que toleran altas concentraciones de azúcar para poder crecer (Libien 2017), mientras que las levaduras en condiciones de humedad por encima de 20%, permiten la fermentación del azúcar en alcohol (Zandamela 2008a).

La miel es un alimento puro y natural, pero es susceptible a contaminación intencional, cruzada y/o accidental durante la recolección, extracción, envasado, almacenamiento y venta (Lugo Melchor et al. 2017). Por lo tanto, para asegurar el disponer de productos apícolas inocuos y de alta calidad desde la recolección de miel hasta llegar a los consumidores, es fundamental un buen control de todas las tareas durante el procesamiento al implementar las Buenas prácticas de Manufactura (Madrid 2020).

Durante el procesamiento se busca asegurar la inocuidad de la miel inactivando principalmente patógenos y microorganismos causante de su descomposición para lo cual se utilizan tratamientos térmicos (Corea 2015). El tratamiento térmico que más se aplica a la miel es el descristalizado o licuación, que pretende limitar la aparición de cristales en la miel sometiéndola a temperaturas entre los 40 a 55 °C aproximadamente por tres horas hasta cuatro días, dependiendo del origen botánico de la miel (Visquert 2015). Otro tratamiento térmico que se aplica es la pasteurización a temperaturas que exceden los 50 °C pero por tiempos más cortos (minutos), esto con el propósito de reducir la carga de microorganismos como lo son las levaduras causantes de fermentación durante la vida anaquel (Escriche et al. 2008).

En un estudio realizado por Visquert (2015), se encontró que a 45 °C durante un tiempo no mayor a 72 horas la miel mantiene sus propiedades intrínsecas (pH y Aw). López (2014), encontró que al someter la miel a temperaturas de 45 – 55 y 55 – 60 °C por 35 minutos provocan cambios en humedad, pH, Aw, color y que los panelistas percibieron cambios en la apariencia, dulzura y sabor de la miel.

Corea (2015), aplicó tratamientos de pasteurización a la miel (65 °C por 15 y 21 min) sin encontrar cambios en humedad ni en el color de la miel. Reyes (2012), aplicó un tratamiento de pasteurización en miel a 60 °C por 30 minutos, encontrando que la cantidad de hongos y levaduras en la miel disminuyo después de este tratamiento térmico, sin embargo, pH, Aw y humedad no fueron afectadas por la pasteurización.

Esta investigación puede ser de ayuda para los productores y procesadores de miel para permitirles establecer un tratamiento térmico que mantenga la calidad microbiológica de la miel sin afectar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Por lo anterior, los objetivos de estudio fueron:

Evaluar los cambios fisicoquímicos de la miel *Apis mellifera* al ser sometida a tratamientos térmicos.

Determinar el efecto de los tratamientos térmicos sobre la población de levaduras en la miel.

Determinar los cambios sensoriales percibidos por el consumidor, después de someter la miel de abeja al tratamiento térmico.

Materiales y Métodos

Localización del Estudio

El estudio se realizó en las instalaciones de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras y se inició con la aplicación de tratamientos térmicos a la miel en la Planta Apícola. Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), los análisis microbiológicos en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de Zamorano (LMAZ) y la evaluación sensorial tuvo lugar en el edificio Smith Falck.

Materiales

La miel de abeja (*Apis mellifera*) fue cosechada por un apicultor del departamento de El Paraíso en Honduras en abril del 2020 y almacenada en bodegas de la Planta Apícola de El Zamorano. De acuerdo con la información del apicultor, la posible floración de la cual las abejas recolectaron el néctar pudo ser de árboles de guaba (*Inga edulis*) y de cafetales (*Coffea arabica*).

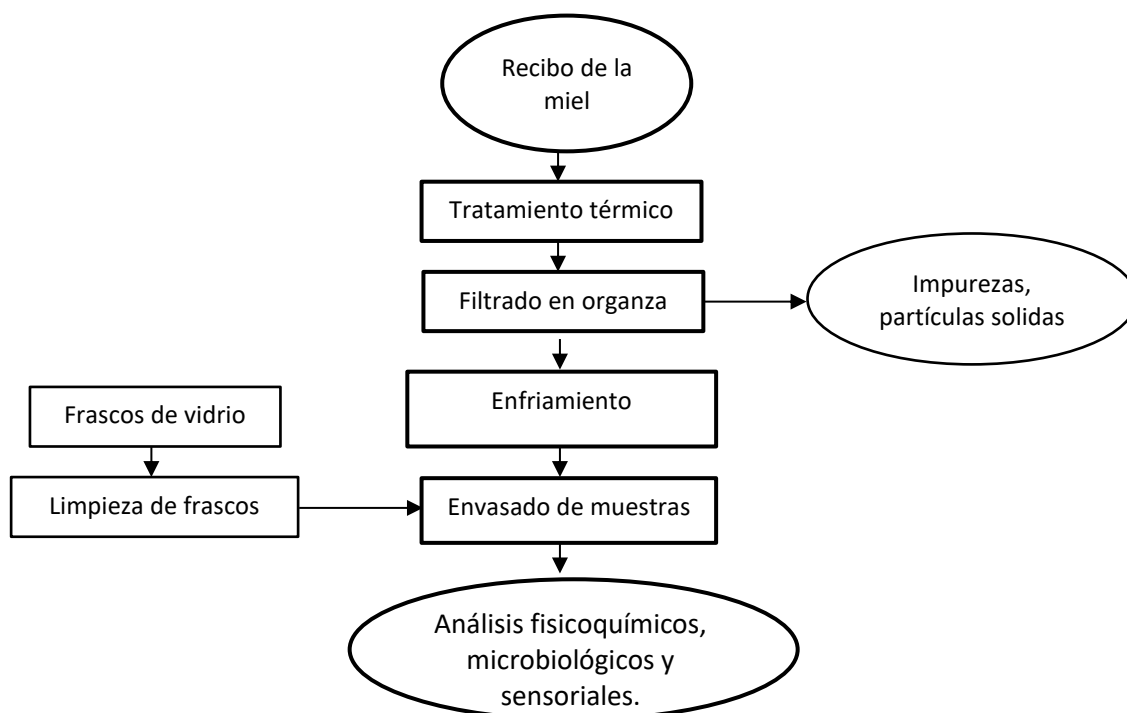
Métodos

Tratamientos Térmicos Aplicados a la Miel de Abeja

La Figura 1 muestra a manera general el flujo de proceso seguido para preparar los tratamientos por evaluar. Seleccionamos el tratamiento más publicado en estudios de investigación con la miel de abeja (La pasteurización) y el tratamiento más aplicado en la industria hondureña (El descristalizado de la miel).

Figura 1

Flujo de proceso de los tratamientos térmicos aplicados en la miel de abejas (Apis mellifera).



Pasteurización de la Miel.

La miel de abeja *Apis mellifera* se sometió a tratamiento térmico a 60 °C durante 30 minutos, según lo establecido en el Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Miel del Servicio de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA y CGG 2015). Se utilizó el método de pasteurización en baño maría manteniendo la miel en constante movimiento, sin ser retirada del agua caliente para así lograr una pasteurización homogénea. Cuando la miel alcanzó los 60 ± 3 °C se comenzó a tomar tiempo durante 30 minutos, utilizando un termómetro digital para monitorear la temperatura de la miel.

Culminando el tiempo estipulado se procedió a retirar la muestra de la estufa, se filtró la miel siguiendo las indicaciones que establece el Manual de Buenas Prácticas Manufactura de Zamorano (2020), se dejó enfriar y posteriormente se envasó en frascos de vidrio de 300 gramos. Se rotularon las muestras por cada repetición para hacer los análisis correspondientes.

Descristalización de la Miel.

Se colocó la miel dentro de una marmita de acero inoxidable grado alimenticio, se usó una resistencia eléctrica (1500 W, 220 v) la cual se introdujo en la marmita que ya contenía la miel. Cuando el producto alcanzó la temperatura entre 50 ± 3 °C, se comenzó a tomar tiempo dejándola en tratamiento térmico por 6 horas, controlando constantemente que no sobrepasara la temperatura establecida. Pasado este tiempo, se decantó (reposo para enfriamiento) la miel por un día, luego se tomaron las muestras, se envasaron en botes plásticos y se rotularon para hacer los análisis correspondientes.

Análisis Químicos

Potencial de Hidrogeno (pH)

Se utilizó el potenciómetro digital OHAUS del LAAZ, el cual fue limpiado con agua destilada al analizar cada tratamiento en cada repetición. El potenciómetro fue calibrado antes de cada repetición con solución amortiguadora de pH de 4 y 7.

Humedad (%)

Se midió la humedad con el refractómetro digital marca Pocket modelo PAL 22S, se tomó una muestra de miel de cada tratamiento y se colocó en el lente del refractómetro, se limpió y seco el lente con agua destilada. entre cada muestra para evitar la alteración de resultados.

Actividad De Agua (Aw)

Se utilizó el AquaLab 3TE a través del método AOAC 978.18. Para analizar las muestras de cada tratamiento en cada repetición. Éste midió la Aw por condensación del agua sobre un espejo enfriado utilizando una escala del 0 a 1 a una temperatura aproximada de 25 °C.

Sólidos Solubles (°Brix)

Los sólidos solubles se midieron con un refractómetro digital marca Pocket modelo PAL 22S para analizar cada tratamiento. Se colocó una muestra de miel en el lente del refractómetro por

separado para cada tratamiento, en cada repetición y luego de hacer la lectura el lente se limpió entre cada muestra.

Análisis físico

Color

Se utilizó el equipo Colorflex Hunder con la escala CIE L* a* b* para evaluar el color de las muestras, se midieron tres tratamientos en sus tres repeticiones. El valor L* (luminosidad) donde 100 es color blanco total y 0 color negro. Se usó una escala de -60 a 60, resultados positivos en valor a* indica colores rojos, resultados negativos indican colores verdes. En valor b* resultados positivos indican tonos amarillos y resultados negativos indican colores azules (©HunterLab 2015)

Análisis Microbiológico

Levaduras

Para este análisis se utilizó Agar Rosa de Bengala con Cloranfenicol (ARBC), se hizo dilución 10^{-1} para cada tratamiento en cada repetición. Por cada unidad experimental se tomaron 10 gramos de muestra de miel y se agregaron 90 mL de solución Buffer Fosfato, se homogenizó en el "Stomacher SEWARD 400 Circulator" por 60 segundos. Se tomó 1 mL de dilución de cada muestra homogenizada y 15 mL de agar, se sembró con la técnica de vaciado en placa. Las muestras se dejaron en un periodo de incubación de cinco días a temperatura de 25 a 30 °C con observaciones a los tres y cinco días de incubación.

Análisis Sensorial

Se realizó un análisis sensorial afectivo mediante una prueba de aceptación durante tres sesiones con 35 panelistas no entrenados en cada sesión y se utilizó una escala hedónica de 9 puntos, siendo 1 me disgusta extremadamente y 9 me gusta extremadamente. Los panelistas en cada sesión recibieron una galleta soda más un vaso con agua para neutralizar el paladar y evaluaron los atributos apariencia, color, olor, sabor, dulzura, textura y aceptación general de cada tratamiento.

Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), se evaluaron tres tratamientos (Cuadro 1) con tres repeticiones por tratamiento para un total de nueve unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con separación de medias Duncan para identificar diferencias significativas ($P \leq 0.05$) y también se hizo un análisis de correlación lineal para medir el grado de asociación entre los atributos sensoriales evaluados. Los datos se analizaron con el programa "Statistical Analysis System" (SAS®) versión 9.6.

Cuadro 1

Descripción de los tratamientos térmicos en la miel.

Tratamiento	Tratamiento térmico	Temperatura	Tiempo
TRT 1	Miel sin calentar	--	--
TRT 2	Miel descristalizada	$50 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$	6 horas
TRT 3	Miel pasteurizada	$60 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$	30 minutos

Resultados y Discusión

Análisis Microbiológico

Recuento de Levaduras

Después de someter la miel a tratamiento térmico se encontraron diferencias significativas en cuanto a la supervivencia de levaduras en la miel de abeja con una probabilidad ≤ 0.05 que se muestra en el Anexo A. El Cuadro 2 muestra que la miel pasteurizada redujo la población de levaduras, mientras que la miel sin tratamiento térmico y descristalizada incumple con lo establecido en la Norma Salvadoreña de miel de abejas (NSO 67.19.01:08 2001) ya que tiene conteos superiores a lo permitido de levaduras en miel 1×10^2 UFC/ g.

Cuadro 2

Resultados del análisis microbiológico. Recuento de levaduras en la miel de abeja.

Tratamiento	Media (log UFC/g) \pm D.E.
Miel sin calentar	2.20 \pm 0.17 ^a
Miel descristalizada	2.33 \pm 0.31 ^a
Miel pasteurizada	0.00 \pm 0.00 ^b
C.V. (%)	15.09

Nota. ^{ab} Medias seguidas de diferente letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de Variación. D.E. =Desviación Estándar.

La miel puede contaminarse por microorganismos que provienen del polen, también por microorganismos provenientes del tracto digestivo de las abejas o durante las operaciones de procesamiento. La presencia de levaduras osmófilas afecta la calidad de la miel, ya que estas dan origen a la fermentación (Ferrer y Morales 2005). Este estudio coincide con los resultados obtenidos por Reyes (2012) y se comprobó que al someter la miel a temperatura de pasteurización de 60 °C por 30 minutos se logra eliminar el crecimiento de levaduras.

Durante el descristalizado, la miel se sometió por mayor tiempo a calor pero, la mayor carga de microorganismos pudo relacionarse con que las levaduras osmófilas toleran hasta los 47 °C (Camacho et al. 2009), y relacionarse con el tiempo de reposo de la miel luego de esta operación. El

proceso de pasteurización pudo reducir la población de levaduras ya que por encima de los 55 °C y un tiempo mayor a cinco minutos ocurre la muerte de las mismas (Nareja 2018).

Análisis Químicos

Potencial de Hidrogeno (pH)

El Cuadro 3 muestra que independientemente que tratamiento térmico fue aplicado, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el valor pH de la miel ($P \geq 0.05$). Estos resultados coinciden con los de Visquert (2015), quien sometió miel a tratamiento térmico a 75 °C por 4 minutos concluyendo que el valor de pH no varió a pesar del tratamiento térmico.

Cuadro 3

Resultados de análisis químicos: Valor de pH de la miel luego de tratamiento térmico.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Miel sin calentar	3.62 \pm 0.04 ^a
Miel descristalizada	3.61 \pm 0.00 ^a
Miel pasteurizada	3.61 \pm 0.01 ^a
C.V. (%)	0.40

Nota. ^a Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($P \geq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de Variación. D.E. =Desviación

Estándar.

El pH de la miel oscila entre 3.5 – 4.5 y se relaciona con la presencia de ácidos orgánicos como: Glucónico, acético, cítrico y succínico (Becerra 2011), este parámetro se clasifica según el origen botánico de la flor de donde la abeja colecta el néctar (Fattori 2004b). La miel usada en esta investigación proviene de la floración de árboles *Inga edulis*, que se caracteriza por ser de especie *mellifera*, con flores perfumadas, aroma agradable y fenología de floración casi permanente (Farfan Valencia et al. 2010).

Actividad De Agua (Aw)

En el Cuadro 4 se muestra que no hubo diferencias significativas entre tratamientos en relación con sus valores de Aw ($P \geq 0.05$), esto pudo presentarse debido a que el agua ligada en los alimentos se considera difícil de eliminar por su movilidad reducida. El rango de Aw de la miel oscila entre 0.56-0.62 (Cardenas et al. 2008) y coinciden con los valores reportados en este estudio.

Cuadro 4

Resultados de análisis químicos: Aw de la miel luego del tratamiento térmico.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Miel sin tratamiento térmico	0.561 \pm 0.029 ^a
Descristalizado	0.562 \pm 0.032 ^a
Pasteurizado	0.557 \pm 0.026 ^a
C.V. (%)	5.14

Nota. ^a Medias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($P \geq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de Variación. D.E. =Desviación

Estándar.

Acorde con el estudio de Lagos (2020), la actividad de agua depende de la especie de abeja (*A. mellifera* o *T. angustula*) de la cual provenga la miel, pues del tipo de abeja dependerá la que está relacionada con la temperatura de maduración de la miel dentro del panal. Las abejas *Apis mellifera* mantienen la tempera interna del panal entre 37 y 40 °C (Martínez 2015), por lo cual, a mayor temperatura interna de la colmena y el aleteo constante de sus alas, las abejas pueden provocar mayor evaporación del agua de la miel.

Humedad

El Cuadro 5 muestra que hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$, anexo A) en los valores de humedad de los diferentes tratamientos, por lo que el tratamiento térmico de la miel en estudio influyó sobre la pérdida de humedad.

Cuadro 5

Resultados de análisis químicos: Humedad de la miel luego del tratamiento térmico.

Tratamiento	Media (%) \pm D.E.
Miel sin calentar	17.8 \pm 0.15 ^a
Miel descristalizada	17.0 \pm 0.59 ^{ab}
Miel pasteurizada	16.2 \pm 0.61 ^b
C.V. (%)	2.64

Nota. ^{ab} Medias seguidas de diferente letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de Variación. D.E. =Desviación

Estándar.

López (2014), aplicó tratamiento térmico (45-50 y 50-60 °C por 35 minutos) a miel cosechada con 17 y 21% de humedad y encontró que tanto la humedad inicial de cosecha como el tratamiento térmico influye en el descenso de la humedad en la miel después de ser procesada. La aplicación de

tratamientos a la miel reduce su humedad y logra eliminar los microorganismos causantes del deterioro, retrasando así el proceso de fermentación (Subramanian et al. 2007).

En este estudio, la miel pasteurizada tendió a perder más humedad que la miel descristalizada y pudo relacionarse con el reposo de la miel luego del descristalizado, pues se hace en una marmita al ambiente permitiendo que la miel absorba humedad. La miel pasteurizada se dejó enfriar por menor tiempo, y se envaso en frascos de vidrio cerrados. La miel es considerada un alimento higroscópico por lo que absorbe fácilmente humedad del ambiente (Fattori 2004a).

Grados brix

El Cuadro 6 muestra que se encontró diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el valor de grados brix de la miel luego del tratamiento térmico. La miel sometida a tratamiento con mayor temperatura de procesamiento presentó mayor concentración de sólidos solubles.

Cuadro 6

Resultados de análisis químicos: Grados brix en la miel luego del tratamiento térmico.

Tratamiento	Media \pm D.E.
Miel sin calentar	80.07 \pm 0.59 ^c
Miel descristalizada	80.93 \pm 0.72 ^b
Miel pasteurizada	81.83 \pm 0.76 ^{abc}
C.V. (%)	0.85

Nota. ^{abc} Medias seguidas de diferente letra son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de Variación. D.E.

=Desviación Estándar.

Los grados °Brix están relacionados directamente con el contenido de humedad de la miel (Villalobos y Martínez 2019), por ello el aumento en sólidos totales en la miel pudo presentarse por la disminución del porcentaje de humedad relacionado con los tratamientos utilizados. Esta relación se vuelve notoria en la miel pasteurizada, en la cual se obtuvo el menor porcentaje de humedad, y con ello una mayor concentración de sólidos solubles (81.83%). De igual forma, la propiedad higroscópica de la miel juega un papel importante, pues como se mencionó anteriormente, la miel pasteurizada se envasó más rápidamente evitando que existiera absorción de humedad del ambiente en la miel.

Análisis Físico

Color

El Cuadro 7 indica que no se encontraron diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en los valores $L^*a^*b^*$ de la miel entre los tratamientos térmicos evaluados. En este estudio los tratamientos térmicos aplicados a la miel no influyeron en el color y acorde con los resultados, la miel presentó una coloración amarilla rojiza con una tonalidad clara. La miel puede presentarse en amplias gamas de colores que van desde casi incoloras hasta pardo oscuro.

Cuadro 7

Resultado de análisis físico de color de la miel luego de tratamiento térmico.

Tratamiento	L*	a*	b*
	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.	Media \pm D.E.
Miel sin calentar	60.99 \pm 2.27 ^a	10.06 \pm 1.76 ^a	56.03 \pm 2.82 ^a
Miel descristalizada	61.55 \pm 1.84 ^a	08.94 \pm 0.16 ^a	53.10 \pm 2.11 ^a
Miel pasteurizada	58.64 \pm 1.84 ^a	07.86 \pm 0.40 ^a	52.76 \pm 1.97 ^a
C.V. (%)	4.91	1.51	4.69

Nota. ^a Medias seguidas de la misma letra en misma columna son estadísticamente iguales ($P \geq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de Variación.

D.E =Desviación Estándar.

Independientemente del tratamiento térmico utilizado, el color no cambió, razón por la cual, se sugiere hacer uso de las temperaturas empleadas en este estudio, porque no se afectaría una de las propiedades sensoriales esenciales de la miel. Murillo (2015), indica que el color de la miel depende, en mayor medida del origen botánico del néctar que recolecten las abejas. El origen botánico de donde las abejas recolecten el néctar dará el color a la miel, pigmentos como carotenos, xantofilas y compuestos fenólicos son los encargados de dar color al néctar (Corea 2015).

Análisis Sensorial

Aceptación de aa Apariencia y el Color

El Cuadro 8 nos muestra que estadísticamente los panelistas no encontraron diferencias en la aceptación de la apariencia y color independiente del tratamiento que se le aplicó a la miel de abeja. Los panelistas calificaron las muestras como “me gusta moderadamente” a “me gusta mucho”.

Cuadro 8

Resultado de análisis sensorial: Aceptación de la apariencia y color de la miel de abeja.

Tratamiento	Apariencia Media \pm D.E.	Color Media \pm D.E.
Miel sin calentar	7.37 \pm 1.31 ^a	7.44 \pm 1.28 ^a
Miel descristalizada	7.44 \pm 1.36 ^a	7.53 \pm 1.30 ^a
Miel pasteurizada	7.40 \pm 1.24 ^a	7.57 \pm 1.19 ^a
C.V. (%)	17.59	16.73

Nota. ^aMedias seguidas de la misma letra en misma columna son estadísticamente iguales ($P \geq 0.05$). C.V. (%) = Coeficiente de Variación.

D.E. = Desviación Estándar. Escala hedónica (1= me disgusta extremadamente y 9= me gusta extremadamente).

El color es un atributo que ayuda al consumidor a determinar si acepta o rechaza un producto, la decisión de adquirir un producto depende en gran parte de la apariencia y la uniformidad que es percibido por el sentido de la vista (López Camelo 2003). A través de un análisis de correlación se identificó que existe relación positiva entre la aceptación de apariencia con aceptación del color (Anexo C, Coeficiente de Pearson = 0.80026 y $P < 0.0001$) es decir, que a medida que aumente la aceptación del color aumentará la aceptación de la apariencia.

En un estudio de mercado realizado por CEPAC (2010), encontró que los consumidores consideran el color como un parámetro de calidad, y que además, prefieren colores claros en la misma. Por tanto, colores más claros en la miel, son asociados con mayor calidad para la población en edades entre los 18 años y mayores de 46 años.

Aceptación de la textura

El Cuadro 9 nos indica que independientemente del tratamiento térmico aplicado los panelistas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas con una probabilidad ≥ 0.05 , Anexo B), en la aceptación y de la textura de la miel, obteniendo la valoración de “me gusta moderadamente” a “me gusta mucho” en escala hedónica de nueve puntos.

Los consumidores tienden a preferir miel con textura líquida (Valega 2005), en este estudio las muestras presentadas a los panelistas mostraban textura fluida, es así que los tratamientos térmicos aplicados en este estudio conservan en la miel la textura aceptada por los consumidores.

Cuadro 9

Resultado de análisis sensorial: Aceptación de la textura de la miel de abeja.

Tratamiento	Media ± DE
Miel sin calentar	7.75 ± 1.19 ^a
Miel descristalizada	7.66 ± 1.36 ^a
Miel pasteurizada	7.57 ± 1.25 ^a
CV (%)	16.55

Nota. ^aMedias seguidas de la misma letra son estadísticamente iguales ($P \geq 0.05$). CV (%) = Coeficiente de Variación. D.E =Desviación

Estándar. Escala hedónica (1= me disgusta extremadamente y 9= me gusta extremadamente).

Aceptación General, Sabor y Dulzura

El Cuadro 10 nos indica que independientemente del tratamiento térmico aplicado los panelistas no encontraron diferencias en cuanto al sabor, dulzura, y aceptación general de la miel. Es decir, no existen diferencias significativas ($P \geq 0.05$) es decir que los tratamientos térmicos evaluados no provocaron rechazo o disminución de la aceptación. La valoración de los atributos fue de “me gusta moderadamente” a “me gusta mucho” en escala hedónica de nueve puntos.

Cuadro 10

Resultado de análisis sensorial: Aceptación general, sabor y dulzura de la miel de abeja.

Tratamiento	Sabor	Dulzura	Aceptación General
	Media ± D.E.	Media ± D.E.	Media ± D.E.
Miel sin calentar	7.57 ± 1.13 ^a	7.47 ± 1.21 ^a	7.60 ± 1.10 ^a
Miel descristalizada	7.50 ± 1.32 ^a	7.49 ± 1.56 ^a	7.68 ± 1.11 ^a
Miel pasteurizada	7.33 ± 1.43 ^a	7.47 ± 1.51 ^a	7.60 ± 1.08 ^a
CV (%)	17.36	19.12	14.38

Nota. ^aMedias seguidas de la misma letra en misma columna son estadísticamente iguales ($P \geq 0.05$). CV (%) = Coeficiente de Variación.

D.E. =Desviación Estándar. Escala hedónica (1= me disgusta extremadamente y 9= me gusta extremadamente).

El análisis de correlación (Anexo C, Coeficiente de Pearson = 0.76106, 0.74940 y $P < 0.0001$), nos indica que hay una relación alta positiva lo que significa que a medida la aceptación del sabor y de la dulzura aumenten, la aceptación general de la miel será mayor. El tratamiento de pasteurización tiende a provocar la pérdida de sabores (Aguas et al. 2010) sin embargo, en este estudio se determinó que los panelistas no fueron capaces de percibir el cambio de sabor y dulzura entre tratamientos. López (2014), aplicó un tratamiento térmico a miel de abeja y en el análisis sensorial los panelistas no

encontraron diferencias, lo que pudo ser ocasionado por el hecho que la miel está compuesta por un mayor porcentaje de fructosa que hace que se mantenga su sabor dulce.

Conclusiones

Los tratamientos de pasteurización y descristalizado aplicados en este estudio no provocan cambios en el color, pH y Aw de la miel de abeja.

El tratamiento de pasteurización modifica la población de levaduras y la mantuvo dentro de los límites establecidos por la norma salvadoreña para miel de abeja, mientras que el descristalizado no modificó la población de levaduras incumpliendo con dicha norma.

El análisis sensorial afectivo mostró que ni la pasteurización ni el descristalizado provocaron cambios en la aceptación de los atributos sensoriales de la miel.

Recomendaciones

Evaluar el efecto de estos tratamientos térmicos en la composición de azúcar, contenido de diastasa y del hidroximetilfurfural de la miel porque también son referentes de la calidad de la miel.

Hacer recuentos de levaduras de la miel inmediatamente al finalizar el descristalizado y definir tecnologías y tiempos de enfriamiento o reposo de la miel que permitan menores recuentos de levaduras.

Evaluar los mismos tratamientos térmicos de este estudio con otro tipo de miel para evaluar si ocurren cambios en sus características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales.

Evaluar otras combinaciones de temperatura y tiempo diferentes a las de este estudio para verificar en qué rango se pueden presentar cambios fisicoquímicos y sensoriales que puedan afectar la calidad de la miel.

Referencias

- ©HunterLab. 2015. The basics of color perception and measurement. [sin lugar]. <https://cutt.ly/LnyowRU>.
- Aguas Y, Olivero R, Cury K. 2010. Determinación de adulteración y aceptabilidad de mieles (apis mellifera) comercializadas en Cartagena, bolívar, Colombia. *Rev Colombiana Cienc Anim.* 2(2):349. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8298/tesis276.pdf?sequence=1>. doi:10.24188/recia.v2.n2.2010.314.
- Arevalo ST. 2017. Agua en los alimentos [Tesis]. Iquitos, Perú: Universidad Nacional de la Amazonía Peruana; [consultado el 5 de mar. de 2021]. <https://cutt.ly/vnyoilC>.
- Becerra LK. 2011. Efecto de diferentes concentraciones de la miel de abeja sobre el crecimiento “in vitro” de Streptococcus β - hemolítico grupo A de Lancefield. [Tesis]. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo; [consultado el 6 de mar. de 2021]. <https://cutt.ly/Hnyox00>.
- Bucio Villalobos CM, Martinez J. 2019. Utilización de microondas para descristalizar miel producida por las abejas doesticas (Apis mellifera); [consultado el 18 de may. de 2021]. 4. <https://cutt.ly/1nyonUu>.
- Camacho A, Giles M, Ortegón A, Palao M, Serrano B, Velázquez O. 2009. Método para la determinación de bacterias coliformes, coliformes fecales y Escherichia coli por la técnica de diluciones en tubo múltiple (Número más Probable o NMP). 2ª ed. México: UNAM (978-607-97548-0-8); [consultado el 28 de abr. de 2021]. <https://cutt.ly/knyoRyL>.
- Cardenas C, Villat C, Laporte G, Noia M, Mestorino N. 2008. Características microbiológicas de la miel, revision bibliográfica; [consultado el 25 de abr. de 2021]. 3(1-2):29–34. <https://cutt.ly/mnyo86p>.
- [CEPAC] Centro Educativo para Altas Capacidades. 2010. Estudio del mercado de miel y sub productos. MORI; [consultado el 25 de abr. de 2021]. <https://cutt.ly/LnypiOt>.
- Corea AR. 2015. Evaluación de indicadores de deterioro de miel de diferentes especies de abejas [Tesis de postgrado]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia; [consultado el 6 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6900/1/AGI-2020-T022.pdf>.
- CXS 12-19811. 2019. Norma para la Miel. [sin lugar]: [sin editorial]. 8 p. (12). 2019; [actualizado 2019; consultado el 15 de dic. de 2020]. <https://cutt.ly/anypggt>.
- Escriche I, Visquert M, Carot JM, Domenech E, Fito P. 2008. Effect of Honey Thermal Conditions on Hydroxymethylfurfural Content Prior to Pasteurization. *Food sci. technol. int.* 14(5_suppl):29–35. doi:10.1177/1082013208094580.
- Farfan Valencia F, Baute Balcazar JE, Sanchez Arciniegas PM, Menza Franco HD. 2010. Guamo Santafereño en sistemas agroforestales con café. Federación nacional de caferetos de Colombia. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/339/1/avt0396.pdf>.
- Fattori S. 2004a. “La miel” propiedades, composición y análisis físico - químico. Argentina: [sin editorial]; [consultado el 19 de may. de 2021]. 243 p. <https://cutt.ly/qnya8QS>.
- Fattori S. 2004b. “LA MIEL” Propiedades, Composición Y Análisis Físico - Químico [Tesis]. Buenos Aires, Argentina: Universidad de Buenos Aires. 243 p; [consultado el 26 de mar. de 2021]. <https://>

www.apiservices.biz/documents/articulos-es/la_miel_propiedades_composicion_y_analisis_fisico-quimico.pdf.

- Ferrer P, Morales M. 2005. Determinación de la calidad microbiológica de la miel [Tesis]. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República; [consultado 06.05.21]. <https://cutt.ly/jnysh2W>.
- Gallez LM. 2006. Los colores, aromas y texturas de nuestras mieles. AgroUNS; [consultado 5.13.2021]. (6). <https://core.ac.uk/download/pdf/153565975.pdf>.
- Lagos HB. 2020. Efecto de la pasteurización en miel de abeja (*Apis mellifera*) y miel de abeja melipona (*Tetragonisca angustula*) [Tesis]. Tegucigalpa, Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 25 p; [consultado el 21 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6900/1/AGI-2020-T022.pdf>.
- Libien Y. 2017. Microbiología de los alimentos: Grupos de bacterias en alimentos. Mexico: Universidad Autónoma del Estado de Mexico; [consultado el 18 de dic. de 2020]. <https://cutt.ly/GnysxZL>.
- López AM. 2014. Efecto de la humedad de la miel y temperatura de descristalizado en la calidad de la miel procesada. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 30 p; [consultado el 13 de may. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3356/1/AGI-2014-T026.pdf>.
- Lugo Melchor OY, Alvarado C, Ramirez EL. 2017. Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos. 1ª ed. Guadalajara, Jalisco, Mexico: [sin editorial]. ISBN: 978-607-97548-0-8.
- Madrid AC. 2020. Manual de Buenas Prácticas de Manufactura para la cosecha y procesamiento de miel de abeja (*Apis mellifera*) producida en El Merendón, San Pedro Sula, Honduras. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 47.p; [consultado el 17 de abr. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6905/1/AGI-2020-T027.pdf>.
- Martínez DJ. 2015. Estandarización de protocolo para la división de nidos de la especie *Tetragonisca angustula* y evaluación de su adaptación a diferentes diseños de colmenas en La Mesa (Cundinamarca) [Tesis]. Colombia: Universidad de Cundinamarca. 74 p; [consultado el 20 de may. de 2021].
- Mogel Ordoñez YB, Echazarreta C, 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. 43:323–334. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61343303>.
- Murillo KP. 2015. Evaluación del método de descristalizado en las características física, químicas y sensoriales de la miel de abeja (*Apis mellifera*) [Tesis, Licenciatura]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. https://www.apiservices.biz/documents/articulos-es/frescura_calidad_y_adulteraciones_de_la_miel.pdf.
- Nareja D. 2018. Aprovechamiento de cascara de plátano (*Musa sapientum*) para la producción de bioetanol [Tesis]. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas Mexico: Universidad de Ciencias y artes de Chiapas; [consultado el 20 de may. de 2021]. <https://cutt.ly/8nydp6F>.
- NSO 67.19.01:08. 2001. Miel de abejas. Especificaciones (Segunda Actualización). [sin lugar]: [sin editorial]. 2001; [actualizado 2001]. <https://cutt.ly/EnydI59>.
- Reyes HD. 2012. Efecto de la pasteurización y proveedor apícola en las características microbiológicas y químicas de la miel de abeja [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1012/1/AGI-2012-T038.pdf>.

- Santacruz EI, Martínez Benavides J, Jurado Gámez H. 2016. Identificación de flora y análisis nutricional de miel de abeja para la producción apícola. 14(1):37. doi:10.18684/BSAA(14)37-44.
- [SENASICA] Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria, [CGG] Coordinación General de Ganadería. 2015. Manual de Buenas Prácticas de Producción de miel; [consultado el 3 de mar. de 2021]. https://www.mieldemalaga.com/data/manual_manufactura_miel.mex.pdf.
- Subramanian R, Umesh Hebbar H, Rastogi NK. 2007. Processing of Honey: A Review. International Journal of Food Properties. 10(1):127–143. doi:10.1080/10942910600981708.
- Valega O. 2005. Todo sobre la miel. <http://saludpublica.bvsp.org.bo/cc/bo40.1/documentos/609.pdf>.
- Valladares C. 2020. Manual de Buenas Prácticas de Manufactura de Zamorano. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- Villalobos, Martínez. 2019. Utilización de microondas para descristalizar miel producida por las abejas doméstica (*Apis mellifera*). 4:934–940. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/133.pdf>.
- Visquert M. 2015. Influencias de las condiciones térmicas en la calidad de la miel. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia; [consultado el 12 de feb. de 2021]. <https://cutt.ly/KnyWxt3>.
- Zandamela. 2008a. Caracterización físico-química y evaluación de la miel de Mozambique. Bellaterra: Universidad Autónoma de Barcelona; [consultado el 16 de abril de 2021]. <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5701/emfzm1de1.pdf?sequence=1>.
- Zandamela. 2008b. Caracterización físico-química y evaluación sanitaria de la miel de Mozambique [Tesis]. Cerdanyola del Valles, España: Universidad Autónoma de Barcelona; [consultado el 10 de abr. de 2021]. <http://www.fao.org/3/x4616s/x4616s.pdf>.

Anexos**Anexo A**

Probabilidades estadísticas de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos.

Variable	TRT	REP	Modelo
pH	0.9246	0.3228	0.5830
Aw	0.8174	0.0026	0.0074
Brix	0.0010	0.0027	0.0012
Humedad	0.0192	0.1742	0.0373
L*	0.5063	0.7588	0.7097
a*	0.1398	0.4335	0.2328
b*	0.3249	0.6209	0.4913
Levaduras	0.0083	0.2782	0.0151

Anexo B*Probabilidades estadísticas de los análisis sensoriales.*

Atributo	TRT	REP	PANELISTA	MODELO
Apariencia	0.8220	0.0463	<.0001	<.0001
Color	0.3525	0.0243	<.0001	<.0001
Olor	0.9102	0.0140	<.0001	<.0001
Sabor	0.2625	0.3670	0.0003	0.0002
Dulzura	0.9919	0.0301	0.0031	0.0034
Textura	0.3367	0.0204	<.0001	<.0001
Aceptación General	0.7430	0.6378	<.0001	<.0001

Anexo C

Correlación entre atributos sensoriales después del tratamiento térmico de la miel.

	Aceptación General	Apariencia	Color	Olor	Sabor	Dulzura	Textura
Aceptación general	1.00000	0.59071 <.0001	0.60925 <.0001	0.65970 <.0001	0.76106 <.0001	0.74940 <.0001	0.72544 <.0001
Apariencia	0.59071 <.0001	1.00000	0.80026 <.0001	0.60611 <.0001	0.43743 <.0001	0.36267 <.0001	0.49923 <.0001
Color	0.60925 <.0001	0.80026 <.0001	1.00000	0.65636 <.0001	0.44597 <.0001	0.35309 <.0001	0.52043 <.0001
Olor	0.65970 <.0001	0.60611 <.0001	0.65636 <.0001	1.00000	0.56234 <.0001	0.51056 <.0001	0.56755 <.0001
Sabor	0.76106 <.0001	0.43743 <.0001	0.44597 <.0001	0.56234 <.0001	1.00000	0.75961 <.0001	0.58119 <.0001
Dulzura	0.74940 <.0001	0.36267 <.0001	0.35309 <.0001	0.51056 <.0001	0.75961 <.0001	1.00000	0.63756 <.0001
Textura	0.72544 <.0001	0.49923 <.0001	0.52043 <.0001	0.56755 <.0001	0.58119 <.0001	0.63756 <.0001	1.00000

Anexo D

Formato hoja de evaluación sensorial.

HOJA DE EVALUACION SENSORIAL

Fecha: __/__/__

Instrucciones:

A continuación se le presentan tres muestras de miel. Por favor evalúe cada una de ellas de izquierda a derecha. Indique el grado en el que le gusta o disgusta cada atributo de cada muestra escribiendo el número correspondiente en la columna de código de la muestra. Limpie su paladar comiendo un pedazo de galleta y tome agua antes y después de evaluar cada muestra.

PUNTAJE	DESCRIPCIÓN
1	Me disgusta extremadamente
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta poco
5	Ni me gusta/ Ni me disgusta
6	Me gusta poco
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta extremadamente

ATRIBUTO	CÓDIGO:	CÓDIGO:	CÓDIGO:
Apariencia			
Color			
Olor			
Sabor			
Dulzura			
Textura			
Aceptación general			

Comentarios:

¡Gracias por tu participación!