

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

Physicochemical quality of honey from honeybees *Apis mellifera* produced in the State of Yucatan during different stages of the production process and blossoms

Yolanda Beatriz Moguel Ordóñez^a, Carlos Echazarreta Gonzalez^b, Rosalva Mora Escobedo^c

RESUMEN

El objetivo fue evaluar la calidad fisicoquímica de las mieles de las abejas melíferas (*Apis mellifera*) producidas en el estado de Yucatán. Se colectaron muestras provenientes de tres etapas de producción (panal, acopio y exportación) y tres periodos de floración (tajonal, tzitzilché y árboles-enredaderas). Los parámetros evaluados fueron humedad, azúcares reductores totales, sacarosa, acidez libre, hidroximetilfurfural (HMF), actividad de la diastasa, actividad de la invertasa y sólidos insolubles en agua (SI), de acuerdo a las técnicas propuestas por la Comisión Europea de la Miel (CEM). Se realizó un análisis de varianza para evaluar diferencias en la calidad de la miel entre las etapas de manejo y periodo de floración. No se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en humedad y azúcares reductores; sin embargo, hubo variaciones ($P < 0.05$) en el contenido de sacarosa, acidez libre, actividad de la diastasa, actividad de la invertasa, HMF y SI. La miel de tajonal presentó el mayor contenido de azúcares reductores (78.5 %), la de tzitzilché de HMF (17.9 mg/kg) y la de árboles-enredaderas en los parámetros de humedad (19.2 %), sacarosa (1.5 %), acidez libre (31.3 meq/kg), actividad de la diastasa (18.7 unidades Schade) y actividad de la invertasa (13.4) ($P < 0.05$). Las mieles obtenidas en las diferentes etapas de producción y tipos de floración colectadas en Yucatán, cumplieron con los requisitos de calidad fisicoquímica establecidos por la CEM; sin embargo, se produjo una disminución de la calidad, debido a la exposición de la miel al calor durante y después de la extracción.

PALABRAS CLAVE: *Apis mellifera*, Miel de abeja, Calidad, Características fisicoquímicas.

ABSTRACT

An evaluation was done of the physicochemical quality characteristics of *Apis mellifera* honeys produced in the State of Yucatan, Mexico. Honey samples were collected during three handling stages (comb honey, delivered honey, export-ready honey) and from three main flowering periods (tajonal, tzitzilche and trees-vines). Evaluated physicochemical characteristics were: moisture; reduced sugars; sucrose; free acidity; hydroxymethylfurfural (HMF); diastase activity; invertase activity; and water insoluble solids (IS). All were analyzed following the techniques proposed by the European Honey Commission (EHC). A statistical analysis (ANOVA) was done to determine differences in quality between honeys from the three flowering periods and in the three handling stages. No significant differences ($P > 0.05$) were found in moisture or reduced sugars between honeys in the different handling stages, though significant differences ($P < 0.05$) were observed in sucrose, free acidity, diastase activity, invertase activity, HMF and IS. Significant differences ($P < 0.05$) were also observed between flowering periods, with tajonal honey having the highest reduced sugars content (78.5 %), tzitzilche honey the highest HMF content (17.9 mg/kg) and tree-vines honey the highest moisture (19.2 %), sucrose (1.5 %), free acidity (31.3 mEq/kg), diastase activity (18.7 Schade units) and invertase activity (13.4). All honey samples met the EHC physicochemical quality standards for export of honey, though physicochemical quality was reduced due to heat exposure before and after honey harvest.

KEY WORDS: *Apis mellifera*, Honey, Quality, Physicochemical characteristics.

Recibido el 15 de enero de 2004 y aceptado para su publicación el 11 de mayo de 2004.

^a CE-Mocochá, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Calle 8A No. 215 x 1 y 3A. Vista Alegre Norte CP 97130, Mérida, Yucatán. moguel.yolanda@inifap.gob.mx. Correspondencia al primer autor.

^b FMVZ- Universidad Autónoma de Yucatán.

^c ENCB- Instituto Politécnico Nacional.

INTRODUCCIÓN

La miel se define como la sustancia dulce elaborada por las abejas a partir del néctar de las flores, las cuales recogen, combinan con sustancias específicas, transforman y almacenan en panales para servir posteriormente como alimento energético⁽¹⁾. La transformación de néctar a miel se produce debido a cambios físicos y químicos. Los primeros se deben principalmente a un proceso de evaporación, en el cual, el néctar pierde hasta una tercera parte de su contenido de humedad durante su almacenamiento en la colmena, y los segundos se deben a la acción de enzimas que las obreras adicionan al néctar, como es la invertasa (sacarasa), la cual hidroliza la sacarosa presente en el néctar a glucosa y fructosa⁽²⁾.

Al final de los procesos de transformación, el néctar es convertido en miel, la cual es una solución sobresaturada de azúcares, y una de las mezclas de carbohidratos más complejas producidas en la naturaleza⁽³⁾. Contiene además pequeñas cantidades de ácidos orgánicos, aminoácidos, minerales, vitaminas, compuestos fenólicos y compuestos volátiles⁽⁴⁾.

La composición química de la miel depende principalmente de las fuentes vegetales de las cuales se deriva, pero también de la influencia de factores externos, como el clima, el manejo de extracción y almacenamiento⁽¹⁾. Un mal manejo de la miel puede reducir su calidad; los factores que más influyen en ello son las altas temperaturas, el tiempo de almacenamiento y contenido de humedad superior a 21 %, los cuales ocasionan fermentaciones, formación de hidroximetilfurfural⁽⁵⁾, pérdida de la actividad enzimática, cambio del sabor, oscurecimiento⁽⁶⁾ y crecimiento microbiano en la miel⁽⁷⁾.

La miel yucateca posee propiedades fisicoquímicas y sensoriales apreciadas en el mercado internacional; sin embargo, la forma de producir, cosechar, envasar y almacenar es poco tecnificada⁽⁸⁾. La apicultura debe estar orientada no sólo a incrementar la producción, sino también a conservar la calidad mediante un manejo adecuado, por lo cual se realizó este trabajo que tuvo como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica de las mieles producidas por

INTRODUCTION

Honey is a sweet substance made by bees from nectar, which they collect from flowers, combine with specific substances, transform and store in combs for later use as an energetic food⁽¹⁾. Transformation of nectar into honey is produced by physical and chemical changes. The physical changes result from evaporation of up to a third of nectar moisture in the comb. The chemical changes are caused by enzymes added by worker bees to the nectar; for example, invertase (sacarase) to hydrolyze sucrose into glucose and fructose⁽²⁾.

The end product of these transformations is honey, a supersaturated sugar solution, and one of the most complex, naturally-produced carbohydrate mixtures⁽³⁾. It also contains small quantities of organic acids, amino acids, minerals, vitamins, phenolic compounds and volatile compounds⁽⁴⁾.

The honey's chemical composition mainly depends on the vegetation sources from which it derives, though external factors like climate, harvesting conditions and storage can also influence it⁽¹⁾. Careless handling of honey can reduce its quality. Amongst the factors that most influence quality are high temperatures, length of storage and moisture content greater than 21 %. They lead to fermentation, high levels of hydroxymethylfurfural⁽⁵⁾, loss of enzymatic activity, changes in flavor, darkening⁽⁶⁾ and microbial growth⁽⁷⁾.

Honey produced in the state of Yucatan, Mexico, has physicochemical and sensorial properties that are desirable in the international market. Harvesting, bottling and storing honey in this region has a very little input of the technology⁽⁸⁾. Apiculture in Yucatan needs to be focused on increasing of production as much as preserving quality through proper handling. Therefore, a study was carried out to evaluate the physicochemical quality of honey from *Apis mellifera* during one production cycle including three main flowering periods and the main stages in the production process.

MATERIALS AND METHODS

Honey samples were collected during 2001 from different locations throughout Yucatan. Climate in

Apis mellifera en Yucatán durante un ciclo de producción apícola proveniente de las tres principales floraciones y durante diversas etapas del proceso de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en diferentes localidades de Yucatán, donde el clima es cálido subhúmedo (AWo) con temperatura media anual de 26 °C⁽⁹⁾. El muestreo de las mieles se realizó durante el ciclo apícola de 2001, en diferentes períodos de floración y etapas de producción. Las mieles se obtuvieron de los tres principales flujos de néctar que se producen; 1) miel de tajonal (*Viguiera dentata*) la cual acontece durante el periodo de diciembre a febrero, 2) miel de tzitzilché (*Gymnopodium floribundum*) obtenida durante el periodo de marzo a mayo y 3) miel de árboles-enredaderas (A-E), principalmente leguminosas y convolvuláceas que se registran durante el periodo de noviembre a diciembre⁽⁸⁾.

Las etapas del proceso de producción fueron: miel en panal, miel de acopio y miel de exportación. La primera se colectó con el fin de obtener mieles con las características de calidad con los mínimos cambios por manejo, que sirviera además como referencia para evaluar las mieles obtenidas en las otras etapas de producción; la de acopio fue extraída y manipulada por los productores, y se obtuvo con el fin de conocer las posibles variaciones de la calidad debido a la extracción y transporte al centro de acopio; por último, la miel de exportación se colectó con el fin de conocer las variaciones en la calidad que pudieran existir en la planta envasadora.

El número de muestras y el lugar de muestreo se obtuvieron de la siguiente forma:

a) Miel en panal: Se muestrearon 10 municipios colectando dos panales en cada uno; el número se determinó de acuerdo a las tablas de muestreo de la MIL-STD-105D⁽¹⁰⁾ obteniéndose un total de 60 panales (20 panales/3 periodos de floración). Los municipios seleccionados representaron en conjunto el 43.6 % de la producción total de miel del estado. El muestreo se realizó directamente en los apiarios

the region is hot subhumid (AWo) with an annual mean temperature of 26 °C⁽⁹⁾. Samples were taken of honeys produced at different flowering periods and at different stages in the process of production. The honeys were produced during three main flowering periods: golden-eye or tajonal (*Viguiera dentata*), which flowers from December to February; canelita or tzitzilche (*Gymnopodium floribundum*), which flowers from March to May; and a wide variety of trees and vines (T-V), which flower from November to December and consist mainly of legumes and convolvuláceas⁽⁸⁾.

The sampled stages of the process of production were: honey from combs, delivered honey, and export honey. Honeys in the first stage were collected to generate a baseline of data on characteristics of honey that had experienced minimum handling. These would be used for evaluating honeys from the following stages. Delivered honey was collected to determine any quality variations resulting from extraction, handling and transportation to packing plants by beekeepers. Finally, export honey was collected to determine variations in quality that occur during filtering and packing for exporting.

The number of samples and places of sampling were as follows:

a) Comb honey. As indicated in the MIL-STD-105D⁽¹⁰⁾ sampling tables, two combs were collected in each of ten sampled municipalities, with a total of 60 combs collected (20 combs / flowering period). The sampled municipalities account for 43.6 % of total honey production in the state of Yucatan. Combs were collected directly at producers' apiaries, ensuring that they were at least 80 % operculated and avoiding exposure to sun and heat. They were placed in plastic bags and transported to the laboratory. Honey was extracted with a stainless steel centrifuge extractor, bottled, labeled and stored at room temperature in the laboratory, for no more than two weeks until analysis.

b) Delivered honey. Samples were taken at two packing plants when beekeepers emptied their drums into the receiving tanks. A minimum of two samples

de los productores, teniendo el cuidado de que los panales presentaran un mínimo de 80 % de operculado y evitando su exposición al sol y al calor. Estos se guardaron en bolsas de plástico y se trasladaron al laboratorio, donde se obtuvo la miel utilizando un extractor centrífugo de acero inoxidable. La miel fue envasada, etiquetada y almacenada a temperatura ambiente hasta su análisis en un tiempo no mayor a dos semanas.

b) Miel de acopio. Las muestras se colectaron en dos centros de acopio al momento en que los productores vertían su miel en los tanques de recepción, tomando como mínimo dos muestras de cada municipio. Se obtuvieron un total de 130 muestras (65 municipios). Se tomaron 500 g de miel, registrando los datos del productor, fecha de cosecha, fecha de venta, tipo de floración y tipo de envase en el cual la miel llegó al centro de acopio.

c) Miel de exportación. Las muestras de esta etapa fueron colectadas de los tanques de almacenamiento del centro de acopio, en los cuales los productores depositaron sus mieles antes de ser envasados en tambores de 200 L para su exportación. De los lotes resultantes (2.7 t) ya homogeneizados y procesados para exportación, se colectaron 500 g por lote.

A cada muestra se le evaluó: humedad, azúcares reductores totales, sacarosa, acidez libre, actividad de la diastasa, actividad de la invertasa, hidroximetilfurfural (HMF) y sólidos insolubles en agua (SI), de acuerdo a las técnicas analíticas propuestas por la Comisión Europea de la Miel (CEM)⁽¹¹⁾.

Se realizó un análisis de varianza para evaluar diferencias en la calidad fisicoquímica de las mieles de *Apis mellifera* obtenidas en Yucatán durante las diferentes etapas del proceso de producción y periodos de floración, y las medias fueron comparadas con la prueba de Duncan, con a un nivel de significancia del 5%⁽¹²⁾. Las variables de respuesta fueron los análisis fisicoquímicos realizados.

RESULTADOS

En los parámetros de humedad y azúcares reductores totales, se encontraron diferencias

were taken per municipality of origin, giving a total of 130 samples from 65 municipalities. Each sample was 500 g, and information on producer, harvest date, sale date, flowering type and container used to transport honey to the center were recorded for each samples.

c) Export honey. Samples were taken from storage tanks at the same packing plants before the honey was placed in 200 L drums for export. Each sample of 500 g was taken from each lot (2.7 t) that had been processed for exporting.

Each sample was analyzed for moisture, total reduced sugars (TRS), sucrose, free acidity, diastase activity, invertase activity, hydroxymethylfurfural (HMF) and water-insoluble solids (IS). Analyses were done following analytical techniques proposed by the European Honey Commission (EHC)⁽¹¹⁾.

Analysis of variance (ANOVA) were performed to evaluate differences in the quality of honeys collected in Yucatan during the three flowering periods and the three stages of the production process. Means were compared with a Duncan test with a 5 % significance level⁽¹²⁾, and response variables were the same traits described above for physicochemical analyses.

RESULTS

Significant differences ($P < 0.05$) were found in moisture content and total reduced sugars between flowering periods, but not between production process. Moisture values for all samples were below the maximum limit (21 %) established by the EHC, though honey collected during the T-V flowering period had the highest values (Table 1).

Tajonal honey increased its moisture content in the progressive stages of production process (17.5 % in comb honey; 18.3 % in delivered honey; 18.2 % in export honey), which did not occur in the tzitzilche or T-V honeys.

Total reduced sugars content in all samples was within quality regulation levels (65 %), though the tajonal honeys had the highest TRS (Table 1).

Cuadro 1. Características de calidad fisicoquímica en las mieles obtenidas en el estado de Yucatán durante los diferentes periodos de floración existentes

Table 1. Physicochemical characteristics of honeys from the State of Yucatan during different flowering periods

	Flowering periods			EHC
	Tajonal	Tzitzilché	Trees and vines	
Moisture, %	18.0 ± 0.8 ^a	17.9 ± 1.1 ^a	19.2 ± 0.7 ^b	21 máx.
TRS, %	78.2 ± 3.2 ^b	77.0 ± 1.4 ^a	77.1 ± 2.9 ^a	65 mín.
Sucrose, %	0.93 ± 0.6 ^a	1.1 ± 0.5 ^a	1.5 ± 0.7 ^b	5 máx.
Free acidity, mEq/kg	27.7 ± 7.9 ^a	29.9 ± 5.9 ^b	31.3 ± 7.2 ^b	40 máx.
DA, Schade units	15.5 ± 5.8 ^b	13.6 ± 5.5 ^a	18.7 ± 5.6 ^c	9 mín.
IA, IN	12.4 ± 3.3 ^{ab}	11.7 ± 3.0 ^a	13.4 ± 4.0 ^b	8 mín.
HMF, mg/kg	4.1 ± 4.0 ^a	17.9 ± 10.2 ^c	8.1 ± 4.9 ^b	40 máx.
IS, %	0.16 ± 0.03 ^a	0.32 ± 0.27 ^b	0.21 ± 0.02 ^a	0.1 máx.

TRS = total reduced sugars; DA= diastase activity; IA = invertase activity; IN=invertase number; HMF = Hydroxymethylfurfural; IS = water insoluble solids.

EHC = European Honey Commission, regulations (1997).

^{abc} Different letter superscripts in the same row indicate significant difference ($P<0.05$).

significativas entre los periodos de floración ($P<0.05$), pero no en las etapas de producción. Los valores de humedad indicaron que todas las muestras estuvieron por debajo del límite máximo establecido por la CEM (21 %); sin embargo, la miel colectada durante la floración de A-E presentó los valores más elevados (Cuadro 1).

En la miel de tajonal se observó un aumento de humedad durante las etapas de producción (17.5, 18.3 y 18.2 % de humedad para las mieles de panal, acopio y exportación, respectivamente), no presentándose dicho comportamiento en las mieles colectados durante las floraciones de tzitzilché y A-E.

El contenido de azúcares reductores totales en las muestras estuvo dentro de las normas de calidad (65 % mínimo), encontrándose que la miel colectada durante la floración de tajonal fue la más rica en azúcares (Cuadro 1).

Se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) en el contenido de sacarosa, acidez libre, actividad de la diastasa e invertasa, HMF y SI entre las etapas del proceso de producción y periodos de floración.

Significant differences were recorded in sucrose, free acidity, diastase and invertase activities, HMF and IS contents between the flowering periods and the stages of production process.

Sucrose content indicated longer aging in the comb honey and less in the delivered honey (Table 2). Of the flowering periods, the T-V honey had the highest sucrose contents, though these were still below the maximum limit (5 %).

For free acidity, 3.7 % of the samples had levels above the maximum limits (40 acid milliequivalents/kg - mEq/kg). The delivered honey was above the limit in 9.6 % of the samples, while the comb honey was only 1.7 %. The export honey was below the limit for free acidity. Amongst flowering periods, the T-V honeys were 13.1 % past the limit, the tzitzilche were 8.9 % past it and the tajonal remained within this limit.

Honeys collected during the T-V flowering period had the highest acidity levels (Table 1), indicating that they were more likely to exceed the EHC limit. In the tajonal honeys, free acidity concentrations were low in the comb (24.5 mEq/kg) and delivered (24.0 mEq/kg) stages, and

Cuadro 2. Características de calidad fisicoquímica de las mieles obtenidas en el estado de Yucatán en diversas etapas de manejo

Table 2. Physicochemical characteristics of honeys from the state of Yucatan during different stages of the production process

	Stages of the production process			EHC
	Comb	Delivery	Export	
Moisture, %	18.3 ± 1.3 ^a	18.4 ± 0.9 ^a	18.3 ± 0.7 ^a	21 máx.
TRS, %	77.9 ± 2.1 ^a	77.0 ± 3.3 ^a	77.3 ± 2.2 ^a	65 mín.
Sucrose, %	1.0 ± 0.7 ^a	1.3 ± 0.6 ^b	1.1 ± 0.9 ^{ab}	5 máx.
Free acidity, mEq/kg	27.8 ± 6.9 ^a	30.5 ± 8.6 ^{ab}	31.3 ± 4.2 ^b	40 máx.
DA, Schade units	16.1 ± 4.1 ^b	13.7 ± 3.3 ^a	14.4 ± 1.7 ^a	9 mín.
IA, IN	13.6 ± 4.1 ^b	12.9 ± 3.3 ^b	11.0 ± 1.3 ^a	8 mín.
HMF, mg/kg	8.2 ± 3.8 ^a	9.8 ± 10.7 ^{ab}	12.2 ± 11.2 ^b	40 máx.
IS, %	0.08 ± 0.03 ^a	0.57 ± 0.27 ^b	0.04 ± 0.02 ^a	0.1 máx.

TRS = total reduced sugars; DA= diastase activity; IA = invertase activity; IN = invertase number; HMF = hydroxymethylfurfural; IS = water insoluble solids.

EHC = European Honey Commission, regulations (1997).

^{abc} Different letter superscripts in the same row indicate significant difference ($P < 0.05$).

El contenido de sacarosa indicó una mayor madurez en la miel de panal y menor en acopio (Cuadro 2). La miel que presentó los mayores contenidos de sacarosa fue la de A-E; sin embargo, todas estuvieron por debajo del límite máximo permitido (5 %).

En cuanto al contenido de acidez libre, se encontró que el 3.7 % de las muestras presentaron niveles por arriba de los límites máximos (40 miliequivalentes de ácido/kg, meq/kg). La etapa de producción que tuvo el mayor porcentaje fuera de norma fue la de acopio, con el 9.6 %. Las mieles de panal indicaron el 1.7 % y las de exportación no mostraron este problema. Entre los diferentes tipos de floración, las mieles de A-E presentaron el 13.1 %, las de tzitzilché el 8.9 % y en las de tajonal no se detectaron muestras de miel fuera de norma.

Las mieles colectadas durante la floración de A-E presentaron los niveles más elevados de acidez (Cuadro 1) indicando que son las más susceptibles a salirse de la norma. En las de tajonal se encontraron bajas concentraciones de acidez libre en las etapas de panal y acopio (24.5 y 24.0 meq/kg, respectivamente); sin embargo, en la de

increased in the export stage (34.7 mEq/kg). The tzitzilche honeys had the lowest free acidity in the comb (27.0 mEq/kg) and export (27.4 mEq/kg) stages and the highest in the delivered (35.2 mEq/kg). Though the T-V honeys had their lowest acidity in the export stage (29 mEq/kg), there were no significant differences ($P > 0.05$) between this and the comb (31.8 mEq/kg) and delivered (33.9 mEq/kg) stages.

Of all the samples, 7.5 % were below the lower diastase activity limit (9 Schade units). Delivered honey had the highest percentage of samples outside the limit (9.9 %) and the tajonal honeys had the highest percentage (13.2 %) amongst the flowering periods. The honeys with the highest diastase levels were the T-V and comb (Tables 1 and 2). No loss of this enzyme was detected between stages of production process for the tajonal or T-V honeys, though this did occur in the tzitzilche honeys (comb, 15.8 Schade units; stored, 12.9; export, 12.1).

The tzitzilche and export honeys had the lowest invertase activity levels. There was a clear drop in invertase activity in the tajonal, tzitzilche and T-V

Figura 1. Actividad de la invertasa en mieles producidas en el estado de Yucatán durante diversas etapas de manejo y períodos de floración

Figure 1. Invertase activity (IA) in honeys produced in the state of Yucatan during different stages of the production process and flowering periods

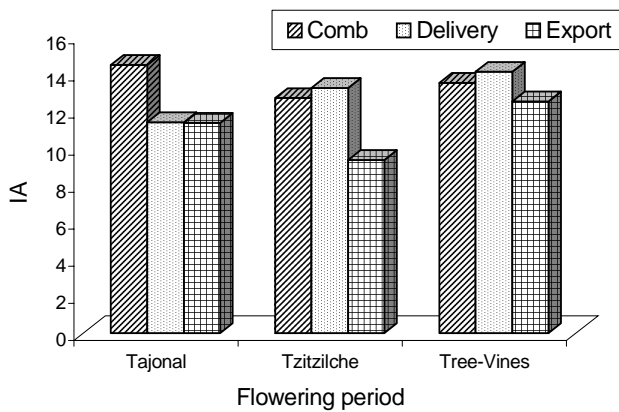
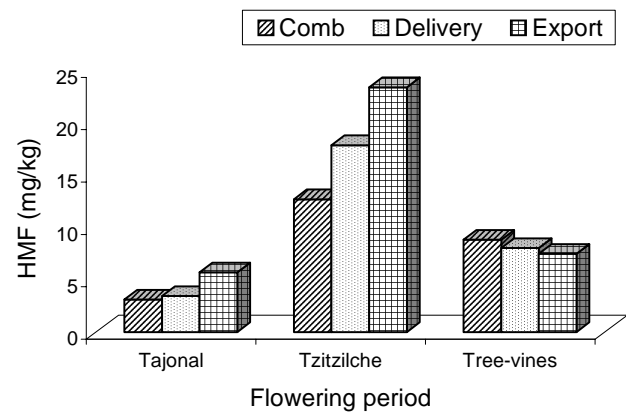


Figura 2. Contenido de hidroximetilfurfural (HMF) en mieles producidas en el estado de Yucatán durante diversas etapas de manejo y períodos de floración

Figure 2. Hydroxymethylfurfural (HMF) content in honeys produced in the state of Yucatan during different stages of the production process and flowering periods



exportación la acidez se incrementó (34.7 meq/kg). En las de tzitzilché, los niveles más bajos de acidez libre se encontraron en las etapas de panal y exportación (27.0 y 27.4 meq/kg, respectivamente), siendo de 35.2 meq/kg en la de acopio. Las mieles de A-E, a pesar de presentar la menor acidez en la etapa de exportación (29 meq/kg), no tuvieron diferencias ($P > 0.05$) entre las otras etapas de manejo (panal, 31.8 meq/kg y acopio, 33.9 meq/kg).

El 7.5 % del total de las muestras estuvieron fuera del límite inferior de actividad de la diastasa (9 unidades Schade). En relación a las etapas de manejo, la miel de acopio presentó el mayor porcentaje de muestras fuera de norma (9.9 %) y entre períodos de floración, la miel de tajonal obtuvo el mayor porcentaje con el 13.2 %.

Las mieles que presentaron los valores más elevados de diastasa fueron las de A-E y panal (Cuadros 1 y 2). No se observó pérdida de la enzima entre etapas de manejo en las mieles de tajonal y A-E; sin embargo, en las mieles colectadas durante la floración de tzitzilché sí se observó dicho efecto (15.8, 12.9, 12.1 unidades Schade para panal, acopio y exportación, respectivamente).

honeys through the progressive stages of the production process (Figure 1). However, only 2.3 % of samples fell beyond the limit of 8 IN.

For HMF content, the tzitzilche (Table 1) and export (Table 2) honeys had the highest concentrations. A very low percentage of the total samples (1.9 %) was outside the limit (maximum 40 mg/kg). All of these samples were from tzitzilche honeys.

There was a clear increase in HMF concentration in the tajonal and tzitzilche honeys from the comb to export stages (Figure 2). The highest levels in the tzitzilche honeys were markedly above those of the tajonal and T-V honeys.

All (100%) of the delivered honey samples exceeded the established maximum IS limit (0.1 %), though this was sorted out in the cleaning process at the processing plants (Table 2). The delivered tzitzilche honeys had the highest percentage (0.83 %) of impurities (Figure 3).

DISCUSSION

Honey moisture content is used as an indicator of aging and capacity to keep stable during storage⁽¹¹⁾.

En el caso de la enzima invertasa, las mieles de tzitzilché y las de exportación fueron las que presentaron las menores actividades enzimáticas.

No obstante de presentar un porcentaje muy bajo (2.3%) de muestras fuera de la norma (8 Números de Invertasa NI, mínimo), existió una disminución de la actividad de la enzima invertasa en las mieles de tajonal, tzitzilché y A-E en las diferentes etapas de manejo (Figura 1).

Con relación al contenido de HMF la miel de tzitzilché (Cuadro 1) y la etapa de exportación (Cuadro 2) fueron las que presentaron las mayores concentraciones. El porcentaje de mieles fuera de la norma (40 mg/kg máximo) fue muy bajo (1.9 %); sin embargo, el total de dichas muestras se encontraron en las mieles de tzitzilché.

Como se puede observar en la Figura 2, existió un aumento de la concentración de HMF en las mieles de tajonal y principalmente tzitzilché desde la etapa de panal, la cual estuvo muy por arriba de las mieles de tajonal y A-E en sus niveles más altos.

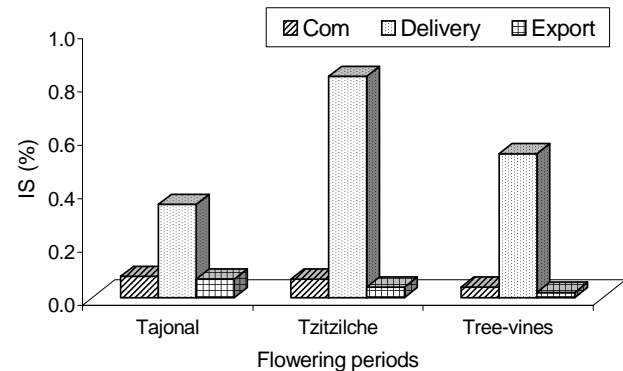
El 100 % de la miel de acopio estuvo fuera del límite máximo establecido (0.1 %) para los SI, aunque dicho problema se eliminó en el proceso de limpieza en las plantas procesadoras (Cuadro 2), siendo la miel de tzitzilché de acopio, la que presentó el mayor porcentaje de impurezas (0.83 %) (Figura 3).

DISCUSIÓN

La humedad en la miel es utilizada como un indicador de la madurez y capacidad de permanecer estable durante el almacenamiento⁽¹¹⁾. Se ha reportado que mieles obtenidas durante periodos de altas precipitaciones (época de lluvias) presentan un mayor contenido de humedad que las mieles producidas durante épocas de bajas precipitaciones (sequía)⁽¹³⁾. Las mieles de A-E se producen en la época de lluvias y las de tajonal en la de sequía⁽⁸⁾, encontrándose en la primera, la humedad promedio más alta y en la segunda la más baja. Estos resultados indican que la miel de A-E es la más expuesta a presentar fermentaciones, por lo que se debe tener el mayor cuidado en seleccionar panales completamente

Figura 3. Contenido de sólidos insolubles en mieles producidas en el estado de Yucatán durante diversas etapas de manejo y períodos de floración

Figure 3. Insoluble solids (IS) content in honeys produced in the state of Yucatan during different stages of the production process and flowering periods



Honeys produced during rainy season have higher moisture contents than those produced during drier periods⁽¹³⁾. Of the three studied flowering periods, the T-V occurs in the rainy season and the tajonal in the dry season⁽⁸⁾, which is reflected in the higher moisture content of the T-V honeys and the lower content of the tajonal honeys. Consequently, the T-V honeys are more likely to develop fermentations. Therefore, great care should be taken at harvest to choose T-V combs that are completely sealed to avoid high moisture content in honeys.

In a study of tajonal honeys in the delivery stage, Sauri and Mangas⁽¹⁴⁾ recorded an average moisture content of 18.9 %, similar to the 18.3 % observed for the same honey at the same stage in the present study. Nonetheless, this is still relatively high in comparison to contents at the comb stage (17.5 %), and is probably due to the beekeepers not waiting enough time for the combs to age before harvesting.

Another factor affecting moisture content may be the percentage of sealed cells. Moguel *et al.*⁽¹⁵⁾ reported that tajonal honey combs with 100% sealed had 16.3 % moisture and those with 50 % operculation had 18.5 %. This suggests that higher moisture content at the delivered stage may result from beekeepers harvesting combs that are near 50 % sealed cells.

operculados para evitar la presencia de altas humedades en la miel de este periodo de floración.

Sauri y Mangas⁽¹⁴⁾ en un estudio realizado con mieles de tajonal durante la etapa de acopio, encontraron un valor promedio de 18.9 % de humedad, el cual fue similar al obtenido en este trabajo en dicha miel y etapa de muestreo (18.3 %); sin embargo, resultó muy alta si se compara con la encontrada a nivel de panal (17.5 %). Estas diferencias pueden deberse a que los productores, no esperan el tiempo adecuado de maduración de los panales para la cosecha.

Moguel *et al.*⁽¹⁵⁾ encontraron que panales muestreados durante el periodo de floración de tajonal y que contaban con el 100 % y 50 % de celdas operculadas, presentaron un 16.3 % y 18.5 % de humedad respectivamente, indicando que la mayor humedad en acopio puede deberse a que los productores cosechan los panales con porcentajes de operculado cercanos al 50 %.

En relación al contenido de azúcares reductores, se encontraron que las mieles de tajonal fueron superiores a las de tzitzilché y A-E. Esta mayor concentración de azúcares probablemente influyó en la cristalización de las mieles de tajonal, lo cual no sucedió en las de tzitzilché y A-E. Se ha reportado que la miel cristaliza cuando se presentan algunas condiciones como: baja humedad, una relación glucosa/agua superior a 2.1 y una relación fructosa/glucosa inferior a 1.1. Mieles con una relación glucosa/agua inferiores a 1.7 tienden a permanecer líquidas por largo tiempo⁽¹⁶⁾.

Moguel *et al.*⁽¹⁷⁾ reportaron que la relación glucosa/agua y fructosa/glucosa encontrada en la miel de tajonal fue de 2.08 y 1.08, para tzitzilché 1.81 y 1.23 y para A-E 1.78 y 1.16, respectivamente. La de tajonal se encuentra en los límites de las relaciones mencionadas por Assil *et al.*⁽¹⁶⁾, por lo que dichas relaciones pueden estar influyendo en la cristalización de la misma. Las de tzitzilché se encontraron alejadas de dichas relaciones, pero las de A-E estuvieron muy cerca de la relación 1.1 de fructosa/glucosa; sin embargo, se caracterizan por ser mieles que no cristalizan⁽⁸⁾.

The tajonal honeys were higher in reduced sugars content than the tzitzilche and T-V honeys. This higher concentration of sugars probably explains the crystallization observed in the tajonal honeys, which did not occur in the tzitzilche and T-V honeys. Honey crystallizes under specific circumstances: low moisture content; a glucose/water ratio greater than 2.1; and a fructose/glucose ratio less than 1.1. Honeys with a glucose/water ratio less than 1.7 tend to stay liquid for long periods⁽¹⁶⁾.

Moguel *et al.*⁽¹⁷⁾ reported glucose/water and fructose/glucose ratios of 2.08 and 1.08 in tajonal honey, 1.81 and 1.23 in tzitzilche honey and 1.78 and 1.16 in T-V honey. Of these three honeys the tajonal is at the limit reported by Assil *et al.*⁽¹⁶⁾, meaning that these ratios may be influencing its crystallization. The tzitzilche honeys were far from these limit ratios, and the T-V quite close (1.1 fructose/glucose ratio), though both are known not to crystallize⁽⁸⁾.

Though there were no significant overall differences in TRS between the different stages of production process, the T-V honeys had a lower TRS concentration in the delivered stage (76.2 %) than in the comb stage (78.0 %). This indicates shorter aging in the harvested honeys, and coincides with the higher moisture contents recorded in the delivered honey (19.6 %) than in the comb honey (18.9 %). This means that as moisture content increases, sugar content decreases, confirming that producers do not wait for at least 80% of the cells to be sealed before harvesting.

Sucrose content at the comb stage in the tajonal and T-V honeys was relatively high. Given that sucrose comes from nectar, which is hydrolyzed into glucose and fructose by invertase, and that high sucrose content indicates a honey has been improperly aged. It is likely that the producers in the present study are harvesting combs before they are completely aged.

Free acidity is an indirect measure of honey freshness and expresses acidity, independent of the acids present in a honey. Gluconic acid is the most

A pesar de no encontrarse diferencias entre etapas de producción, en la miel de A-E se observó una menor concentración de azúcares reductores totales en la etapa de acopio (76.2 %) comparada con la de panal (78.0 %). Este resultado indica una menor madurez en las mieles cosechadas por los productores, lo cual coincide con las mayores humedades encontradas en las mieles de acopio (19.6 %), comparadas con la de panal (18.9 %). Estos resultados indican que a mayor humedad, menor contenido de azúcares, confirmando que los productores no esperan que los panales se encuentren al menos con un mínimo del 80 % de celdas selladas antes de realizar la extracción.

La sacarosa proviene del néctar, la cual es hidrolizada en glucosa y fructosa debido a la acción de la enzima invertasa⁽²⁾. Su presencia en concentraciones elevadas, indica que la miel no ha sido madurada adecuadamente⁽¹¹⁾. Se observó un mayor contenido de sacarosa en la etapa de acopio en las mieles de tajonal y A-E, lo cual confirma que los productores cosechan los panales no completamente maduros.

El contenido de acidez libre es una medida indirecta de la frescura en la miel y expresa la acidez independientemente de los ácidos presentes. Se ha encontrado que el ácido glucónico es el más abundante y procede principalmente de la descomposición de la glucosa, debido a la acción de la enzima glucosa oxidasa presente de manera natural en la miel. Como producto intermedio en esta descomposición se produce la gluconolactona, que también influye en la concentración de la acidez⁽¹⁸⁾. Los altos valores de acidez encontrados en las mieles de A-E pueden deberse a que permanecen mayor tiempo en la colmena que las otras, lo cual puede influir en el aumento de este parámetro.

Sauri y Mangas⁽¹⁴⁾ encontraron un valor de acidez de 25.9 meq/kg para miel de tajonal, que resulta similar a la encontrada en este estudio a nivel panal y acopio; no obstante, existió una mayor concentración de ésta en la etapa de exportación, probablemente debido al calentamiento que la miel se sometió para evitar su cristalización en los

abundant acid in honey and mainly comes from glucose decomposition from the oxidase glucose enzyme naturally present in honey. Gluconolactone is an intermediate product in this process and also affects acidity concentration⁽¹⁸⁾. The high acidity values in the T-V honeys may result from their being in the hive longer than the other honeys, causing this parameter to rise.

Sauri and Mangas⁽¹⁴⁾ reported acidity of 25.9 mEq/kg for tajonal honey, which is similar to the tajonal at the comb and delivered stages in the present study. At the export stage, however, acidity content was higher, probably due to heating of the honey to prevent crystallization in storage tanks and mixing with T-V honeys, both supported by an observed darkening of the honeys and a decreased tendency to crystallize.

The tzitzilche honey had the highest acidity in the delivered stage, likely due to the very high temperatures (37 °C) during the production period⁽⁹⁾, a factor that can raise acidity in honeys. Acidity in the tzitzilche honeys was lower at the export stage because, once at the processing center, they were mixed with tajonal honeys from the previous harvest period.

Bees add diastase and invertase to nectar during the aging process, and high concentrations of either indicate that a honey has not been heated or stored for long periods^(5,19). Both enzymes were found to decrease throughout the three stages in all three honey types, probably as a result of sun exposure, and consequent heating, during harvest. Diastase and invertase activities were higher in the T-V honeys, likely because the nectar in this flowering period is more dilute and the bees manipulate the honey for longer before it is properly aged, thus incorporating more enzymes into it. Persano *et al.*⁽²⁰⁾ reported that invertase enzyme content varied considerably between three types of unifloral honeys, ranging from 6.1 IN in *Erica* spp., to 12.8 IN in *Tilia* spp., to 21.0 IN in *Eucalyptus* spp. In the same study, multifloral honey had a concentration of 15.4 IN, similar to the 18.2 IN for T-V honey in the present study.

Honey does not naturally contain HMF, but it can derived from the loss of two water molecules of

tanques de almacenamiento y a la mezcla con mieles de A-E, ya que se observó un oscurecimiento y disminución en la tendencia a la cristalización.

La miel de tzitzilché presentó una mayor acidez en la etapa de acopio. Esto puede deberse a que durante el periodo de producción, se registran temperaturas de 37 °C⁽⁹⁾, siendo un factor que produce un aumento en la acidez de las mieles. En la de exportación, el nivel de acidez fue menor debido a que fueron mezcladas en la planta procesadora con mieles de tajonal almacenadas del período anterior.

Las enzimas diastasa e invertasa son adicionadas por las abejas al néctar durante el proceso de maduración. Su presencia en concentraciones elevadas indica que las mieles no han sido calentadas o almacenadas por largos periodos^(5,19).

Se encontró una pérdida de las enzimas en las etapas de manejo en los tres tipos de mieles, lo que pudo deberse a que se expusieron al sol, y por lo tanto, a calentamientos durante la cosecha. La actividad de las enzimas diastasa e invertasa fueron superiores en la miel de A-E, probablemente debido a que el néctar de dicha floración es más diluida, y a que las abejas manipulan mayor tiempo la miel hasta obtener la madurez adecuada, incorporando mayor cantidad de enzimas. Persano *et al.*⁽²⁰⁾ encontraron que el contenido de enzima invertasa varió considerablemente en los diferentes tipos de mieles uniflorales como; *Erica* spp, *Tilia* spp y *Eucalyptus* spp (6.1, 12.8 y 21.0 NI, respectivamente). Para miel multifloral reportó una concentración de 15.4 NI que resultó semejante a la encontrada en la miel de A-E (18.2 NI).

El HMF no existe de forma natural en la miel; es un compuesto formado por la pérdida de dos moléculas de agua en la fructosa, y su presencia es un indicador de envejecimiento o calentamiento⁽²¹⁾. El valor más elevado de HMF fue observado en la miel de tzitzilché y el mínimo en la de tajonal, debido posiblemente a que la miel de tzitzilché se cosecha en una época con altas temperaturas⁽⁹⁾ y la miel de tajonal se produce en la época menos calurosa del año. Otro factor que puede influir en

fructose. Its presence indicates long storing periods and heating⁽²¹⁾. The highest HMF value in the present study was in the tzitzilche honey, while the lowest was in the tajonal, probably because tzitzilche honeys are harvested when temperatures are high and tajonal honeys during the coolest season of the year⁽⁹⁾. Acid concentration may also affect HMF formation⁽¹⁹⁾ which coincides with the tzitzilche honey having the highest acidity.

Insoluble solids (IS) was the only parameter exceeding established limits in all three blossoms in the delivered stage. The IS percentage is directly dependent upon honey handling and high concentrations are a sign of improper handling during harvest. Observed impurities included bees, larvae, wax, hair, sticks and leaves, among others. These were largely eliminated when the honey was filtered and cleaned in the processing plant. However, a high IS content at the delivered honey is a hygiene risk⁽¹¹⁾, since large amounts of impurities can cause a honey to exceed the set limits for microbiological content.

CONCLUSIONS AND IMPLICATIONS

Honeys produced in Yucatan meet the physicochemical quality requirements established in international regulations. However, honey quality decreases as it moves through the stages of the production process. To prevent this, care should be taken to protect honeys from high temperatures during harvest, transport to storage, and processing in processing plants. Beekeepers should filter the honey to lower impurities levels in their honey to decrease the possibility of microbe loads higher than those permitted in hygiene regulations and consequently loss of access to export markets.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by the CONACYT-SISIERRA through project 19990701016.

End of english version

la formación de HMF es la concentración de ácidos⁽¹⁹⁾, condición que se cumple en la miel de tzitzilché.

Los sólidos insolubles, fue el único parámetro que estuvo fuera de la norma en las mieles de los tres periodos de floración en la etapa de acopio. Es importante hacer notar, que su porcentaje depende directamente del manejo de la miel, y que altas concentraciones significan un inadecuado manejo durante la cosecha. Se observaron impurezas como; abejas, larvas, cera, cabellos, ramas y hojas principalmente. Los sólidos se redujeron al someter la miel a un proceso de filtración y limpieza en la planta procesadora. No obstante, la gran cantidad de SI encontrada a nivel acopio, indica un riesgo sanitario⁽¹¹⁾, ya que una gran cantidad de impurezas podría contribuir a que ésta rebasara las especificaciones de calidad microbiológica.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

Las mieles producidas en Yucatán, cumplieron con los requisitos de calidad fisicoquímica establecidos en las normas internacionales; sin embargo, existió una disminución de la calidad de la miel entre las diferentes etapas de manejo. Esto indica que es necesario evitar exponerlas a altas temperaturas durante la cosecha, transporte al centro de acopio y procesamiento en la planta envasadora, con la finalidad de proteger la calidad. Es importante también, que los productores eviten altos porcentajes de impurezas en la miel, ya que existe una mayor probabilidad de que presenten cargas microbianas superiores a las permitidas en las normas de calidad sanitaria, y por lo tanto, un riesgo en el cierre a las exportaciones.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado por el CONACYT-SISIERRA al proyecto 19990701016 del cual se derivó el presente manuscrito.

LITERATURA CITADA

1. Crane E. A book of honey. Oxford Univ Press; 1980.
2. Dustmann J. Honey, quality and its control. *Ame Bee J* 1993;(9):648-651.
3. Swallow K, Low N. Analysis and quantification of carbohydrates in honey using HPLC. *J Agric Food Chem* 1990;38(9):1828-1832.
4. White J. Composición y propiedades de la miel. Mc Gregor SE. México Limusa; 1979.
5. Sancho MT, Muniategui S, Huidobro F, Simal J. Aging of honey. *J Agric Food Chem* 1992;40:134-138.
6. Gómez P. Color de la miel. *Ame Bee J* 1990;264-271.
7. Schocken-Iturrino R, Carneiro M, Kato E, Sorbara J, Rossi O, Gerbasí L. Study of the presence of the spores of clostridium botulinum in honey in Brazil. *Inmol Medic Microb* 1999;24(3):379-382.
8. Echazarreta M, Quezada E, Medina M, Pasteur K. Beekeeping in the Yucatan peninsula: development and current status. *Bee World* 1997;73(3):115-127.
9. Duch G. La conformación territorial del estado de Yucatán. Los componentes del medio físico. Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Regional de la Península de Yucatán, México; 1988.
10. López P. Diseño estadístico de experimentos. Coedición de la Universidad Autónoma de Yucatán y la Universidad de la Habana; 1994.
11. Bogdanov S, Martín P, Lullman C. Harmonised methods of the European Honey Commission. *Apidologie* 1997; Extra issue 1:59.
12. Snedecor G, Cochran W. Statistical methods. 7th ed. Ames Iowa USA: Iowa State Univ. Press; 1980.
13. González G, González C, Pérez S, Gómez O. Características fisicoquímicas de la miel producida en el estado de Durango [resumen]. IX Seminario de Apicultura. Colima, Colima. 1995.
14. Sauri D, Mangas A. Estudio de algunos factores de calidad de tahonal recolectada en Yucatán. *Gestión tecnológica CONACYT* 1986;(4):45-51.
15. Moguel O, Mora E, Jaramillo F. Relación entre el porcentaje de opérculo de panales y la madurez de la miel de tajonal (*Viguiera dentata*) [resumen]. XXXIX Reunión de investigación pecuaria, México, D.F. 2003:208.
16. Assil H, Sterling R, Sporns P. Crystal control in processed liquid honey. *J Food Sci* 1991;56(4):1034-1038.
17. Moguel O, Echazarreta G, Mora E. Evaluación de la calidad fisicoquímica de la miel de abeja producida en el estado de Yucatán [resumen]. XXXVI Reunión de investigación pecuaria, Sonora 2000:253.
18. Mato I, Huidobro F, Sánchez P, Muniategui S, Fernández M, Sánchez T. Enzymatic determination of total D-gluconic acid in honey. *J Agric Food Chem* 1997;45:3550-3553.
19. White J. The role of HMF and diastasa assays in honey quality evaluation. *Bee World* 1994;75(3):104-117.
20. Persano O, Gioia P, Pulcini P. Invertase activity in honey. *Apidologie* 1999;(30):57-65.
21. White J. Quality evaluation of honey; role of HMF and diastase assays. *Ame Bee J* 1992;132(11):737-743.