

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

DETERMINACION CUANTITATIVA DE HIDROXIMETILFURFURAL (HMF)
EN MIELES VIRGENES Y PROCESADAS DE LOS DEPARTAMENTOS DE
ESCUINTLA Y ZACAPA POR ESPECTROMETRIA VISIBILE



Informe de Tesis
Presentado por Milvia Maritza Rivera Zamora en la Universidad de San Carlos de Guatemala
Presentado por Biblioteca Central

Milvia Maritza Rivera Zamora

Para optar al título de
Químico Farmacéutico

GUATEMALA, MARZO DE 1996.

D2
06
T(180)

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

DECANO	LIC. JORGE RÓDOLFO PEREZ FOLGAR
SECRETARIA	LICDA. ANA LUCRECIA FORTUNY DE ARMAS
VOCAL I	LIC. MIGUEL ANGEL HERRERA GALVEZ
VOCAL II	LIC. GERARDO LEONOEL ARROYO CATALAN
VOCAL III	LIC. RODRIGO HERRERA SAN JOSE
VOCAL IV	BR. ANA MARIA RODAS CARDONA
VOCAL V	BR. HAYRO OSWALDO GARCIA GARCIA

/bid

TESIS QUE DEDICO

A MI HIJO FRANZ DAVED

ACTO QUE DEDICO

A:	EL SEÑOR JESUCRISTO
A MIS PADRES	HERLINDO RIVERA VERA DE RIVERA
A MIS HERMANOS	ERICK Y GILDA
A MI ESPOSO	FRANCIS MULLER
A MI PADRINO	FRANCISCO ANTONIO BERRIOS

AGRADECIMIENTO

A EL LICENCIADO CARLOS HUMBERTO KLEE POR SU AYUDA
INVALUABLE EN LA REALIZACION DE LA PRESENTE TESIS.

I N D I C E

	Página No.
1.- Resumen	1
2.- Introducción	2
3.- Antecedentes	4
4.- Justificaciones	7
5.- Objetivos	8
6.- Hipótesis	9
7.- Materiales y Métodos	10
8.- Resultados	15
9.- Discusión de Resultados	23
10.- Conclusiones	25
11.- Recomendaciones	26
12.- Referencias	27
13.- Anexos	29

1.- RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de determinar el contenido de Hidroximetilfurfural (HMF) en mieles vírgenes y procesadas de los departamentos de Escuintla y Zacapa.

El HMF es un aldehído que se forma en la miel dependiendo de la temperatura y el tiempo de exposición a la misma. Constituye un parámetro de medición de la calidad de la miel. La Norma Regional Europea establece que la miel es de calidad si ésta no contiene más de 40 mg de HMF/ Kg de miel.

Para realizar este trabajo se recolectaron treinta-dos muestras de miel de abejas; dieciseis muestras del departamento de Escuintla y dieciseis del departamento de Zacapa; ocho muestras de miel vírgen y ocho muestras de miel procesada de cada región.

Para cuantificar los niveles de HMF se utilizó ácido barbitúrico y p-toluidina como agente cromógeno. Cada determinación se realizó cuatro veces para un total de sesenticuatro tratamientos a cuatro temperaturas; ambiente, 45, 55 y 65°C.

Las mieles vírgenes y procesadas de los departamentos de Escuintla y Zacapa cumplen con los requisitos de calidad establecidos por la Norma Regional Europea ya que en ninguna de las muestras analizadas se encontró una concentración mayor de 40 mg HMF/Kg de miel.

2.- INTRODUCCION

La miel es la exudación de néctar y sacarina de las plantas, recolectada, modificada y almacenada en el panal por las abejas (Apis mellifera o Apis dorsata) (1).

Las distintas clases de mieles difieren unas de otras según el néctar de las fuentes florales, su mayor o menor contenido de agua, transformaciones de ciertos tipos de azúcares (sacarosa) en otros (dextrosa y levulosa), condiciones de clima y suelo, raza de abejas, estado fisiológico de la colonia, etc; por ello, se puede encontrar mieles de colores muy variadas, desde incoloras, amarillo, amarillo verdoso, oro, ámbar, café oscuro o rojizo hasta casi negro (1).

La miel blanca presenta menor cantidad de ceniza mineral respecto de otras mieles, pero lo más notorio entre los diversos tipos de mieles es la variedad de sabores (2).

Actualmente la apicultura en Guatemala tiene gran importancia, lo que conlleva la introducción de nuevos sistemas para producción y control de la miel (2).

En Guatemala el departamento de Petén es el que presenta mayor producción, siguiéndole Baja Verapaz, Boca Costa Suroriente, Huehuetenango, Franja Transversal del Norte y otros más (2).

Guatemala exporta miel a Austria, Alemania, Holanda, Estados Unidos de Norteamérica, Suiza y Bélgica. Para llevar a cabo dicha exportación, las mieles son sometidas a una serie de ensayos con el propósito de determinar su calidad (3).

En la actualidad, algunos apicultores se encuentran con el problema que su producto no es aceptado en el exterior debido a que éste tiene niveles de hidroximetilfurfural (HMF) por encima de los límites aceptados (40 mg HMF/Kg de miel) según la Norma Regional Europea (4).

La formación de HMF se debe a diversos factores, tales como tiempo y condiciones de almacenamiento así como aplicación de temperatura durante la obtención de la miel. Esto hace que los niveles de HMF sobrepasen los valores permitidos haciendo perder la calidad de la miel (5).

Los requisitos de estabilidad de la miel son más rigurosos ahora que en el pasado, debido a que es un producto de consumo mundial y puede ser comprado en los supermercados durante todo el año (6).

Con relación a lo expuesto, este trabajo de investigación pretende cuantificar los niveles de HMF en mieles vírgenes y procesadas de los departamentos de Escuintla y Zacapa sometidas a cuatro temperaturas (ambiente, 45, 55 y 65°C) mediante un método espectrofotométrico.

3.- ANTECEDENTES

El interés por determinar los niveles de HMF en miel no es nada nuevo ya que constituye un parámetro muy importante para la medición de la calidad de la miel. Se encuentran estudios que datan desde 1,727, fecha en la que se sometieron a estudio diversos tipos de mieles de procedencia alemana, las cuales presentaron un promedio de HMF de 4.7 ppm, el 93.8% de éstas mieles presentaron 15 ppm, el 5.4% presentaron 40 ppm y el 2.3% presentó valores mayores de 40 ppm; además se determinó que los niveles de HMF pueden constituir un indicador del efecto del calentamiento de la miel durante su extracción, embotellamiento y almacenamiento (7) (8) (anexo 1).

Los cambios de composición que presenta la miel durante el proceso de envasado fueron estudiados por K. Zuercher y H. Hadolh en el año 1,962; se llevó a cabo la determinación de HMF, diastasa e invertasa, encontrando que a 48°C después de cinco días, los valores de diastasa e invertasa decrecieron entre 35-50%, mientras que a 43°C dichas enzimas permanecieron sin presentar alteración alguna, sin embargo, el HMF aumentó a ambas temperaturas después de cinco días (9).

En Francia, M. Gonnet en el año 1,963 determinó el nivel de HMF en diferentes muestras de miel, en las que encontró que todas presentaban por lo menos trazas de HMF. Al someter la miel durante cuatro horas a una temperatura de 80°C los niveles de HMF fueron equivalentes al valor que se encontró cuando a la miel se le agregó 3% de azúcar invertido.

Posteriormente, Gonnet hizo otro estudio en 1,965 sobre el efecto que tiene el tiempo de almacenamiento y la temperatura en diversas mieles, almacenó las mieles durante dos años a 14°C y 20°C, transcurridos los dos años, determinó que los niveles de HMF habían aumentado notablemente (10).

Un estudio similar al anterior fué realizado por Miskiewicz Wieslawel, Krauze Stainslaw y Petrusik Halina, las mieles fueron sometidas a calentamiento, los niveles de HMF fueron determinados por el método colorimétrico de Winkler. Trabajaron ciento diez muestras de diferentes tipos de mieles que fueron almacenadas durante catorce años a temperaturas entre 18°C y 25°C, otras fueron almacenadas a 52, 75 y 100°C durante nueve horas, los niveles de HMF aumentaron hasta veinte veces, sin embargo, el efecto fué marcadamente diferente en otras mieles que no siguieron un patrón de formación de HMF (11).

En Japón, Inove Tetsuo e Iwaida Masahio cuantificaron HMF y detectaron adulteración de la miel natural con un azúcar invertido. Una vez desproteínizado el HMF se le determinó su absorbancia a 245 nm, 284 nm, 285 nm y 325 nm; también fué determinada la concentración de HMF mediante un método colorimétrico haciendo reaccionar P-toluidina y ácido barbitúrico, leyendo las absorbancias a 245 nm, 285 nm y 325 nm; encontraron que los valores correlativos entre los métodos, todos fueron mayores de 0.985 (12).

En 1,965, A.M. Diette en Bélgica hizo un estudio en setentecinco mieles de diferentes orígenes botánicos y geográficos. Determinó que cuando la miel se calienta a 40°C no se forman cantidades considerables de HMF, pero cuando se calienta a 60°C sí (13).

Irene Kushir, Jonathan W. y Mary Subers de Filadelfia, realizaron un estudio sobre el efecto que tiene el tiempo de almacenamiento y la temperatura en la miel, encontrando que los niveles de HMF habían aumentado, por lo que recomendaron una temperatura de 10°C a 15°C para minimizar la formación de HMF (14).

En 1,962, H. Hadorn, K. Zuercher y F. Doevelase realizaron un estudio sobre el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la miel, trabajaron bajo diferentes condiciones de almacenamiento, a temperatura ambiente, a 50°C y pasteurizaron durante cinco minutos. Al establecer los niveles de HMF, pudieron determinar que éstos aumentaron considerablemente (15).

En Italia, Francesco Constantini, determinó que el HMF presente en la miel natural aumenta de 8.43 a 13.45 mg/Kg cuando la miel se calienta a 55°C por treinta minutos, y de 15.0 a 25.0 mg/Kg cuando se calienta a 78°C (16).

En Guatemala, en 1,991 Ana L. Estrada determinó HMF en mieles comerciales utilizando un método espectrofotométrico. Encontró que el 40% de las mieles estudiadas no cumple con los niveles de HMF establecidos por la Norma Regional Europea (40 mg HMF/Kg de miel) y que la principal diferencia en la concentración de HMF se da entre las diversas marcas de miel que se consumen en el país (17).

4.- JUSTIFICACIONES

La miel que presenta niveles altos de HMF no es aceptada para exportación, ya que la Norma Regional Europea establece como parámetro la determinación de dicho compuesto para verificar la pureza y calidad de la miel.

Lo heterogéneo de la flora en Guatemala da lugar a mieles que presentan diferente grado de susceptibilidad a la formación de HMF. Escuintla y Zacapa son dos departamentos altamente calurosos con condiciones climatológicas (temperatura, humedad, presión, etc.) diferentes; en toda región calurosa es difícil mantener la calidad de la miel, por lo que es importante establecer la temperatura adecuada para su extracción y envasado y así obtener un producto de calidad, apto para exportación, ésto favorecerá el rubro de exportación del país y por ende a los apicultores.

5.- OBJETIVOS

5.1 General

Facilitar información científica al apicultor para que pueda ofrecer, al propio país y a los importadores, miel de calidad (bajo contenido de HMF) según la Norma Regional Europea.

5.2 Específicos

5.2.1 Determinar el contenido de HMF en mieles vírgenes y procesadas procedentes de dos regiones diferentes de Guatemala.

5.2.2 Cuantificar los niveles de HMF por medio de un método espectrofotométrico, en mieles vírgenes y procesadas sometidas a cuatro temperaturas (ambiente, 45, 55 y 65°C).

6.- HIPOTESIS

La miel vírgen procedente de los departamentos de Escuintla y Zacapa presentan diferente concentración de HMF.

7.- MATERIALES Y METODOS

7.1 Universo de Trabajo

Se trabajó sobre miel de abejas producida en los departamentos de Escuintla y Zacapa de cuatro apiarios de cada región.

7.2 Recursos Humanos

Autora: Milvia M. Rivera Zamora

Asesor: Licenciado Carlos Klee

7.3 Recursos Materiales .

7.3.1 Equipo

Espectrofotómetro ultravioleta-visible de doble haz.

Celdas de cuarzo de 1.0 cm de espesor.

Balanza analítica con precisión 0.0001 g.

Baño de temperatura constante.

Cristalería de uso común en el laboratorio.

7.3.2 Reactivos

Acido barbitúrico para análisis.

P-toluidina para análisis.

Isopropanol para análisis.

Acido acético para análisis.

7.4 Procedimiento

7.4.1 Recolecta de Mieles:

Se realizó cuatro recolectas en cuatro apiarios de cada uno de los departamentos, se tomó dieciseis muestras de miel de Escuintla y dieciseis muestras de miel de Zacapa, tanto de miel virgen como procesada para un total de treintidos muestras. Las colmenas se eligieron al azar.

7.4.2 Determinación Cuantitativa de HMF en Miel:

7.4.2.1 Preparación de Reactivos:

Solución de ácido barbitúrico:

Pesar 500 mg de ácido barbitúrico en un matraz volumétrico de 100 ml y llevar a volumen con agua destilada libre de oxígeno.

Solución de p-toluidina:

Pesar 10 gramos de p-toluidina y disolverlos en 50 ml de isopropanol, calentar suavemente en baño María. Trasvasar a un matraz volumétrico de 100 ml con isopropanol y añadir 10 ml de ácido acético glacial. Enfriar y completar a volumen con isopropanol. La solución debe permanecer en un lugar oscuro. Utilizarla hasta que hayn transcurrido veinticuatro horas como mínimo.

Agua Destilada Libre de Oxígeno:

Hacer pasar nitrógeno gaseoso a través de agua destilada en ebullición. Enfriar el agua.

7.4.2.2 Procedimiento

7.4.2.2.1 Preparación de la muestra:

Pesar 10 gramos de la muestra de miel y disolverla sin calentar en 20 ml de agua destilada libre de oxígeno.

Trasvasar cuantitativamente esta solución a un matraz volumétrico de 50 ml y completar a volumen con agua destilada.

La determinación de HMF deberá realizarse inmediatamente después de preparada la muestra.

7.4.2.2.2 Determinación Espectrofotométrica:

En dos tubos de ensayo verter con una pipeta volumétrica, 2 ml de la solución de miel en cada uno; añadir a cada uno de ellos 5 ml de solución de p-toluidina.

Verter con una pipeta 1 ml de agua en uno de los tubos y en el otro 1 ml de ácido barbitúrico, agitar ambos tubos.

El tubo que contiene agua sirve como blanco. La adición de los reactivos debe hacerse en forma ininterrumpida y terminarla en uno o dos minutos. Inmediatamente después de alcanzado el valor máximo (cuatro minutos), se lee la absorbancia de la muestra en el espectrofotómetro con celda de cuarzo de 1.0 cm de espesor contra el blanco o testigo a 550 nm.

7.4.2.2.3 Cálculo y expresión de resultados:

$$\text{mg/Kg HMF} = \frac{\text{Absorbancia}}{\text{Longitud de celda}} \times 19.2$$

7.5 Diseño Experimental

Las muestras experimentales para este trabajo consistieron en miel procedente de los departamentos de Escuintla y Zacapa. Cada determinación se realizó cuatro veces, los tratamientos fueron aleatorizados. Se realizó un Diseño Factorial 4x2x2 para determinar a qué temperatura se produce la mínima concentración de HMF.

Los factores de variación son:

Temperatura (ambiente, 45, 55 y 65°C).

Lugar (Escuintla y Zacapa).

Tipo de Miel (vírgen y procesada).

Para determinar si hay diferencia entre cada uno de los factores o si existe interacción alguna, se realizó un Análisis de Varianza para un Diseño Factorial 4x2x2, con un nivel de significancia de 0.05 α .

Se realizaron comparaciones múltiples para los factores que se indicaron diferentes y para las combinaciones de los factores de variación se realizaron gráficos de interacción.

8.- RESULTADOS

Los datos numéricos que aparecen en las tablas No. 2, 3, 4 y 5 se refieren a la concentración de HMF expresada como la media del Arco-Seno de T; los valores 8, 16, 32 y 64 corresponden al número de determinaciones realizadas.

TABLA No. 1

Tabla de Anova de Análisis de Varianza para tres factores
(temperatura, lugar y tipo de miel).

Variable:	df:	Suma de Cuadrados:	F test:	Valor P:
TEMPERATURA (A)	3	367.7	185.079	0.0001 *
LUGAR (B)	1	2.358	3.561	0.0652
AB	3	29.676	14.937	0.0001 *
TIPO MIEL (C)	1	66.275	100.077	0.0001 *
AC	3	12.76	6.423	0.001
BC	1	0.902	1.362	0.249
ABC	3	0.65	0.327	0.8057
ERROR	48	31.787	0.662	

Cuando $P \leq$ al nivel de significancia $\alpha(0.05)$ indica que hay diferencia significativa; por lo tanto, hay diferencia significativa entre las temperaturas ambiente, 45, 55 y 65°C, entre los dos tipos de mieles vírgen y procesada y hay interacción entre las variables Temperatura-Lugar (AB).

Ver Gráfico de Interacción No. 1 y Anexo No. 2.

TABLA No. 2

Tabla de Incidencia Temperatura - Lugar (AB)

ARCO-SENO DE T

LUGAR / TEMPERATURA	Ambiente	45°C	55°C	65°C	Totales
	8	8	8	8	32
Escuintla	83.663	80.717	70.59	76.938	
	8	8	8	8	32
Zacapa	82.766	83.364	79.186	77.126	
Totales	16	16	16	16	64

La Tabla de Incidencia AB muestra que hay diferencia significativa en la concentración de HMF entre ambos departamentos para las cuatro temperaturas.

Ver Gráfico de Interacción No. 1 y Anexo No. 2.

TABLA No. 3

Tabla de Incidencia Temperatura - Tipo de Miel (AC)

ARCO-SENO DE T

TIPO DE MIEL / TEMPERATURA	Ambiente	45°C	55°C	65°C	Totales
Virgen	8 83.962	8 82.835	8 81.178	8 77.771	32
Procesada	8 82.469	8 81.247	8 77.598	8 76.293	32
Totales	16	16	16	16	64

La Tabla de Incidencia AC muestra que la mínima concentración de HMF se dá a temperatura ambiente en la miel virgen, mientras que la máxima concentración de HMF se observa a sesenticinco grados centígrados para la miel procesada.

Ver Gráfico de Interacción No. 2 y Anexo No. 2.

TABLA No. 4

Tabla de Incidencia Lugar - Tipo de Miel (BC)

ARCO-SENO DE T

LUGAR / TIPO DE MIEL	Virgen	Procesada	Totales
	16	16	32
Escuintla	81.126	79.328	
	16	16	32
Zacapa	81.747	79.475	
Totales.	32	32	64

La Tabla de Incidencia BC muestra que hay diferencia significativa entre las mieles vírgenes y procesadas de ambas regiones respecto a su contenido de HMF.

TABLA No. 5

Tabla de Comparación ARCO-SENO y Porcentaje para
ambos tipos de mieles.

TIPO DE MIEL	ARCO-SENO	PORCENTAJE
Vírgen	81.437	97.78%
Procesada	79.401	96.62%

La Tabla No. 5 visualiza la diferencia significativa entre los dos tipos de mieles respecto a su contenido de HMF. Ver Anexo No. 2

TABLA No. 6

Tabla de Incidencia Temperatura-Lugar-Tipo de Miel

(ABC)

ARCO-SENO DE T

TEMPERATURA	L U G A R				Totales <i>DT</i>
	Escuintla		Zacapa		
	Vírgen	Procesada	Vírgen	Procesada	
	4	4	4	4	16
Ambiente	84.261	83.065	83.663	81.87	
	4	4	4	4	16
Cuarenticinco	81.409	80.026	84.261	82.468	
	4	4	4	4	16
Cincuenticinco	81.409	77.771	80.948	77.425	
	4	4	4	4	16
Sesenticinco	77.425	76.45	78.117	76.136	
Totales	16	16	16	16	64

La Tabla de Incidencia ABC muestra las concentraciones de HMF obtenidas para los tres factores de variación.

Ver Anexo No. 2.

GRAFICO No. 1

GRAFICO DE INTERACCION TEMPERATURA - LUGAR

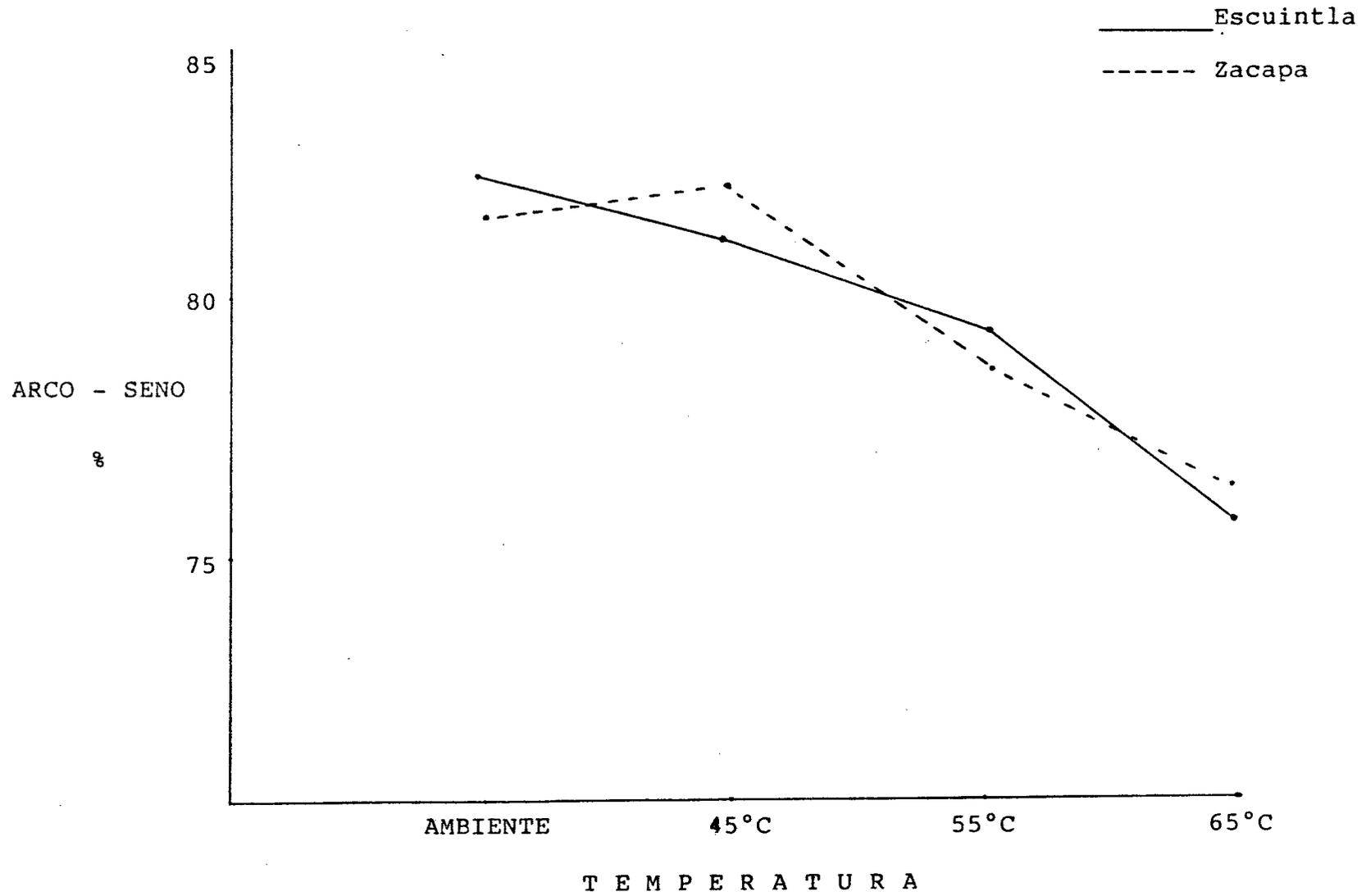
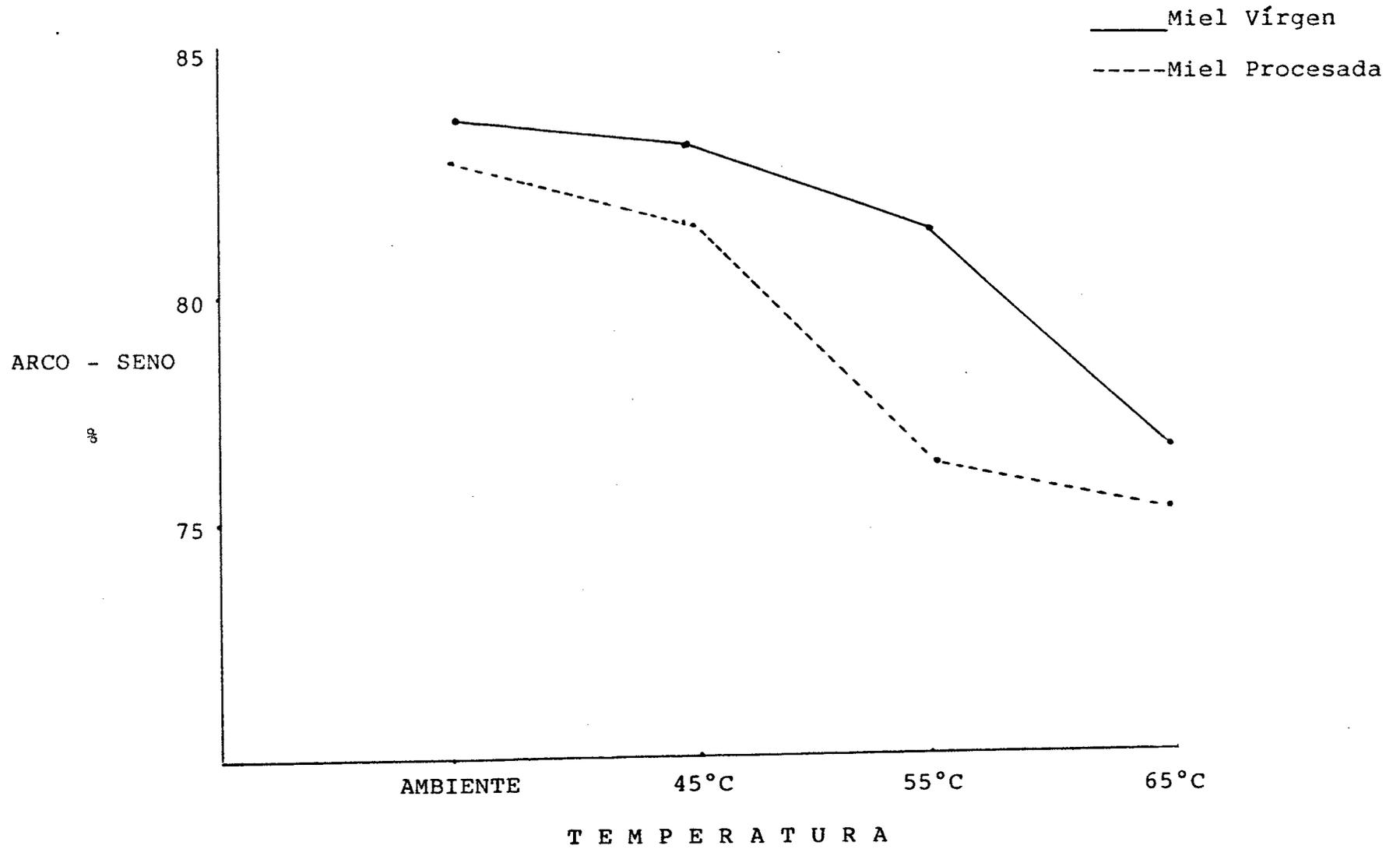


GRAFICO No. 2

GRAFICO DE INTERACCION TEMPERATURA - TIPO DE MIEL



9.- DISCUSION DE RESULTADOS

Las treintidos muestras de miel analizadas mostraron aumento en la concentración de HMF al ser sometidas a diferentes temperaturas, la máxima concentración de HMF se registró cuando la miel procesada de ambas regiones fué sometida a 65°C, esto demuestra que existe aumento en la formación de HMF cuando se eleva la temperatura.

A temperatura ambiente, la miel vírgen del departamento de Escuintla presentó 0.08 mg HMF/Kg de miel y la miel procesada presentó 0.16 mg HMF/Kg de miel, esto significa que ambos tipos de miel son de calidad ya que llenan los requisitos que establece la Norma Regional Europea, menos de 40 mg HMF/Kg de miel. Los valores bajos de HMF se deben a que los apicultores obtienen una producción a pequeña escala por lo que utilizan coladores manuales para extraer la miel y no es sometida a tratamiento con calor en el filtrado ni en el envasado.

La miel vírgen del departamento de Zacapa presentó a temperatura ambiente una concentración de 0.20 mg HMF/Kg de miel y la miel procesada 0.25 mg HMF/Kg de miel, estas mieles también son de calidad ya que están comprendidas dentro que establece la Norma en cuestión. Estas mieles son igualmente procesadas a las procedentes de los apiarios del departamento de Escuintla.

La tabla de incidencia Temperatura-Lugar_Tipo de Miel (ABC) muestra los resultados obtenidos de la cuantificación de HMF, los cuales permiten ver que hay aumento en la formación de HMF cuando la temperatura se eleva; que las mieles de los departamentos de Escuintla y Zacapa son significativamente diferentes respecto a su concentración de HMF y que tanto la miel vírgen como la procesada de ambas regiones son alteradas por la acción del calor provocando un aumento en la concentración de HMF.

Para una adecuada interpretación el gráfico de interacción Temperatura-Lugar (gráfico No. 1) muestra que la miel de Zacapa (vírgen y procesada) presenta una mayor concentración de HMF que la de Escuintla, por lo que son significativamente diferentes respecto a su contenido de HMF.

El gráfico de interacción Temperatura-Tipo de Miel (gráfico No. 2) visualiza el comportamiento de las mieles vírgenes y procesadas de ambas regiones al ser tratadas a cuatro temperaturas. La miel procesada presenta mayor concentración de HMF que la miel vírgen; nótese el cambio a los 55°C.

10.- CONCLUSIONES

- 10.1 Las mieles vírgenes y procesadas de los departamentos de Escuintla y Zacapa cumplen con los requerimientos de calidad exigidos por la Norma Regional Europea.
- 10.2 La menor concentración de HMF, se encontró a temperatura ambiente en la miel virgen procedente del departamento de Escuintla.
- 10.3 La formación de HMF se ve favorecida al aumentar la temperatura.
- 10.4 Para conservar la pureza y calidad de la miel, la temperatura ambiente es la adecuada para su extracción y envasado.
- 10.5 De acuerdo al análisis estadístico efectuado, las mieles vírgenes de los departamentos de Escuintla y Zacapa son significativamente diferentes respecto a su contenido de HMF.
- 10.6 La concentración de HMF fue significativamente diferente para las cuatro temperaturas (ambiente, 45, 55 y 65°C).
- 10.7 En ninguna de las muestras analizadas se encontró una concentración de HMF mayor de 40 mg HMF/Kg de miel.

11.- RECOMENDACIONES

- 11.1 Crear programas educacionales para los apicultores para que puedan producir, manipular y vender miel de calidad al propio país y a los importadores.
- 10.2 Realizar estudios sobre las principales enzimas que participan en el proceso de fermentación de la miel para obtener miel de calidad.
- 10.3 Continuar los estudios sobre la concentración de HMF de la miel de otros departamentos de la República de Guatemala con el propósito de obtener información científica acerca del comportamiento de la miel frente a diversas temperaturas y otros tratamientos a que pueda ser sometida.

12.- REFERENCIAS

- 1.- Chichester CO. Advances in Food Research. Vol. 24.
U.S.A.: Board, 1978. 36 p.
- 2.- León MC. Evaluación de la Calidad de la Miel de Abejas sin Marca Comercial que se Expende en la Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos (tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1992.
35 p.
- 3.- Norma Regional Europea Recomendada para la Miel.
Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias.
Comisión del Codex Alimentarius, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
Italia, 1969. 23 p.
- 4.- Manual de Apicultura. INTECAP. Guatemala, 1980.
- 5.- Smith FG. Beekeeping in the Tropics. London: Logmans, 1960. 211 p.
- 6.- Herschdierfer SM. Quality Control in the Food Industry. Vol. I. London & New York: Academic Press, 1967.
- 7.- Chemical Abstracts. Key to the World's Chemicals Literature. A publication of Chemical Abstracts Service Published Weekly by the American Chemical Society.
Vol. 57, 1962.

- 8.- Ref. 7. Vol. 75, 1971. 27 p.
- 9.- Ref. 7. Vol. 58, 1963. 32 p.
- 10.- Ref. 7. Vol. 59, 1963. 37 p.
- 11.- Ref. 7. Vol. 74, 1971. 25 p.
- 12.- Ref. 7. Vol. 72, 1970. 40 p.
- 13.- Ref. 7. Vol. 63, 1965. 37 p.
- 14.- Ref. 7. Vol. 61, 1964. 34 p.
- 15.- Ref. 7. Vol. 58, 1963. 34 p.
- 16.- Ref. 7. Vol. 73, 1970. 40 p.
- 17.- Estrada AL. Determinación de Hidroximetilfurfural en Mieles Comerciales de Guatemala: Universidad de San Carlos (tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia) 1991. 32 p.

13.- ANEXOS

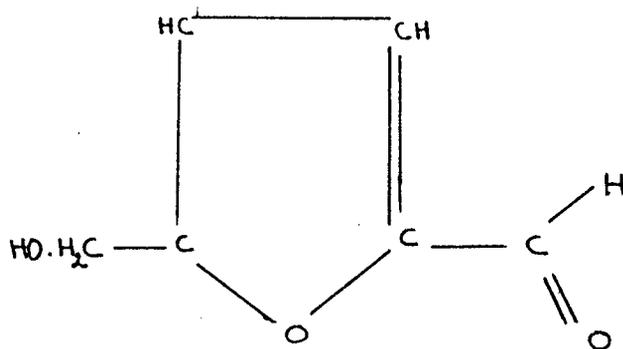
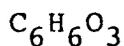
ANEXO No. 1

HIDROXIMETILFURFURAL

El HMF es un aldehído que se forma en la miel dependiendo de la temperatura y el tiempo de exposición a la misma. Constituye un parámetro de medición de la calidad de la miel. La Norma Regional Europea establece que la miel es de calidad si ésta no contiene más de 40 mg HMF/Kg de miel.

La miel recién extraída contiene pequeña cantidad de HMF. En cambio si es almacenada a altas temperaturas o bien se entibia o calienta, ello da lugar a que los azúcares contenidos en la miel, especialmente los de la fructosa (levulosa) se transformen en HMF por deshidratación.

La fórmula estructural es la siguiente:



ANEXO No. 2

TRATAMIENTO DE DATOS

Para tener una mejor estimación de la varianza debido a que los resultados están cerca de 100% de transmitancia, se utilizó Arco-Seno. Esta prueba transforma el porcentaje en grados.

$$\text{Arco-Seno} = \text{Sen}^{-1} \sqrt{\frac{\%}{100}}$$

Todos los resultados de los tratamientos fueron transformados con esta prueba:

Escuintla

Apiario Miraflores

Temperatura Ambiente

Miel Virgen

No. de Muestra	Porcentaje Transmitancia (%T)				\bar{X}	Arco-Seno
1	99	99	99	99	99	84.26
2	99	99	99	99	99	84.26
3	99	99	99	99	99	84.26
4	99	99	99	99	99	84.26

No. de Muestra	Miel Procesada				\bar{X}	Arco-Seno
	Porcentaje		Transmitancia (%T)			
1	98	98	98	99	98	81.87
2	98	97	98	98	98	81.87
3	97	97	98	97	97	80.02
4	98	97	97	97	97	80.02

Prueba LSD (Mínima Diferencia Significativa de Fisher)

TEMPERATURAS	PROMEDIOS	PORCENTAJES
Ambiente	83.215	98.60%
Cuarenticinco	82.041	98.08%
Cincuenticinco	79.388	96.61%
Sesenticinco	77.032	94.96%

$$LSD = t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{2CMe}{n}}$$

$$LSD = 0.564$$

grados de libertad = 48

$$n = 16$$

$$CMe = 0.662$$

$$t_{\alpha/2} = 1.96$$

ui & uj = grupos o tratamientos.

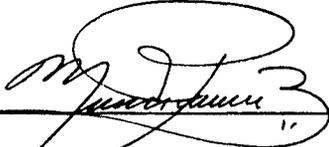
$$H_0: u_i = u_j$$

$$H_a: u_i \neq u_j$$

$$1.96 > 0.564$$

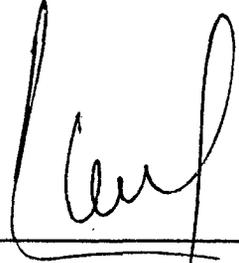
Si $|u_i - u_j| \geq LSD$ entonces H_0 se rechaza.

(f)


Milvia M. Rivera

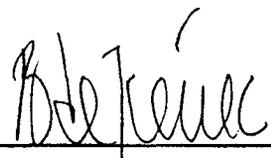
Autora

(f)

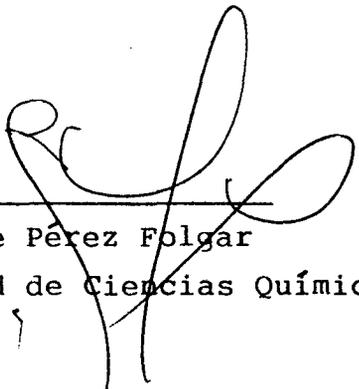

Lic. Carlos H. Klee

Asesor

(f)


Licda. Beatriz Batres de Jiménez
Directora, Escuela de Química Farmacéutica

(f)


Lic. Jorge Pérez Folgar
Decano, Facultad de Ciencias Químicas
y farmacia.